

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA STROJNÍ

Studijní program: B 2341 Strojírenství
Studijní zaměření: Konstrukce průmyslové techniky

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Návrh manipulačního zařízení pro výrobní linku

Autor: **Martin ŠKRLETA**

Vedoucí práce: **Doc. Ing. Jaroslav KRÁTKÝ, Ph.D.**

Akademický rok 2013/2014

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

Fakulta strojní

Akademický rok: 2013/2014

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Martin ŠKRLETA**
Osobní číslo: **S10B0207K**
Studijní program: **B2341 Strojírenství**
Studijní obor: **Konstrukce průmyslové techniky**
Název tématu: **Návrh manipulačního zařízení pro výrobní linku**
Zadávající 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:

Proveďte rešerši v dané oblasti. Zpracujte tematiku z hledisek principů, srovnání jednotlivých koncepcí, konstrukčních provedení, užitných vlastností a aplikací.

Základní technické údaje:

Technické parametry jsou uvedeny v příloze zadání.

Osnova bakalářské práce:

1. Vypracování konstrukčního návrhu včetně systémové specifikace a variant koncepčních návrhů, výběr optimálního řešení
2. Zajištění klíčových vlastností konstrukčního návrhu s potřebnými technickým výpočty a hodnocením
3. Vypracování potřebné technické dokumentace a technologického postupu
4. Komplexní hodnocení navrženého řešení



V Plzni dne 23. září 2013

Rozsah grafických prací: **dle potřeby**
Rozsah pracovní zprávy: **30-40 stran A4**
Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**
Seznam odborné literatury:

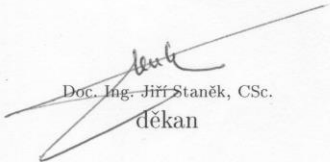
HOSNEDL, S., KRÁTKÝ, J. Příručka strojního inženýra : obecné strojní části. 1, Spoje, otočná uložení, hřídelové spojky, akumulátory mechanické energie. **Praha: Computer Press, 1999**

KRÁTKÝ, J., KRÓNEROVÁ, E. Obecné strojní části 2 : základní a složené převodové mechanismy. **ZČU Plzeň: ZČU Plzeň, 2011**

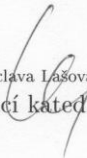
Podkladový materiál, výkresy, katalogy, apod. poskytnuté zadavatelem úkolu.

Vedoucí bakalářské práce: **Doc. Ing. Jaroslav Krátký, Ph.D.**
Katedra konstruování strojů
Konzultant bakalářské práce: **Doc. Ing. Jaroslav Krátký, Ph.D.**
Katedra konstruování strojů

Datum zadání bakalářské práce: **23. září 2013**
Termín odevzdání bakalářské práce: **27. června 2014**


Doc. Ing. Jiří Staněk, CSc.
děkan




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

V Plzni dne 23. září 2013

Prohlášení o autorství

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

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

V Plzni dne:

.....

podpis autora

Poděkování

Tímto bych rád poděkoval vedoucímu bakalářské práce Doc. Ing. Jaroslavu Krátkému, Ph.D. za odbornou pomoc, cenné a velice praktické rady a připomínky. Rovněž bych rád poděkoval své přítelkyni Kristýně Zapletalové za pravopisné a grafické korekce textů.

ANOTAČNÍ LIST BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

AUTOR	Příjmení Škrleta	Jméno Martin		
STUDIJNÍ OBOR	B2351 „Konstrukce průmyslové techniky“			
VEDOUCÍ PRÁCE	Příjmení (včetně titulů) Doc. Ing. KRÁTKÝ, Ph.D.	Jméno Jaroslav		
PRACOVIŠTĚ	ZČU - FST - KKS			
DRUH PRÁCE	DIPLOMOVÁ	BAKALÁŘSKÁ	Nehodící se škrtněte	
NÁZEV PRÁCE	Návrh manipulačního zařízení pro výrobní linku			

FAKULTA	strojní	KATEDRA	KKS	ROK ODEVZD.	2014
----------------	---------	----------------	-----	--------------------	------

POČET STRAN (A4 a ekvivalentů A4)

CELKEM	121	TEXTOVÁ ČÁST	100	GRAFICKÁ ČÁST	20
---------------	-----	---------------------	-----	----------------------	----

<p style="text-align: center;">STRUČNÝ POPIS (MAX 10 ŘÁDEK)</p> <p>ZAMĚŘENÍ, TÉMA, CÍL POZNATKY A PŘÍNOSY</p>	<p>Bakalářská práce obsahuje konstrukční návrh jednoúčelového manipulátoru pro výrobní linku. Práce obsahuje teoretický rozbor zahrnující rozdělení manipulátorů, řešení pohybů a konstrukční skupiny manipulátorů. V praktické části byl manipulátor kompletně navržen v programu SolidWorks 2013 a „kritická“ část simulována pomocí integrovaného modulu tohoto programu. Následuje cenový odhad a možnosti přestavby při změně přenášených břemen.</p>
<p style="text-align: center;">KLÍČOVÁ SLOVA</p> <p style="text-align: center;">ZPRAVIDLA JEDNOSLOVNÉ POJMY, KTERÉ VYSTIHUJÍ PODSTATU PRÁCE</p>	<p style="text-align: center;">manipulátor, konstrukce, pneumatický válec, vedení, vakuová technika, profil, CAD, počítačová simulace</p>

SUMMARY OF BACHELOR SHEET

AUTHOR	Surname Škrleta	Name Martin	
FIELD OF STUDY	B2351 „Construction of industrial technology“		
SUPERVISOR	Surname (Inclusive of Degrees) Doc. Ing. KRÁTKÝ, Ph.D.	Name Jaroslav	
INSTITUTION	ZČU - FST - KKS		
TYPE OF WORK	DIPLOMA	BACHELOR	Delete when not applicable
TITLE OF THE WORK	Proposal handling equipment for production line		

FACULTY	Mechanical Engineering	DEPARTMENT	KKS	SUBMITTED IN	2014
----------------	---------------------------	-------------------	-----	---------------------	------

NUMBER OF PAGES (A4 and eq. A4)

TOTALLY	121	TEXT PART	100	GRAPHICAL PART	20
----------------	-----	------------------	-----	-----------------------	----

BRIEF DESCRIPTION TOPIC, GOAL, RESULTS AND CONTRIBUTIONS	<p>Bachelor sheet includes the engineering design of dedicated manipulator for product line. The bachelor sheet contains theoretical analysis involving the breakdown of manipulators, solution of movements and construction groups of manipulator. In practical part manipulator was completely design in program SolidWorks 2013 and „critical“ part was simulated by integrated module of this program. The following part contains cost estimate and possibilities of rebuilding in the case of changing burden transmitted.</p>
KEY WORDS	<p style="text-align: center;">manipulator, construction, pneumatic cylinder, conduct, vacuum technology, profile, CAD, computer stimulation</p>

Obsah

Úvod.....	9
1 Klasifikace průmyslových robotů a manipulátorů	10
1.1 Jednoučelové manipulátory	10
1.1.1 Podavače.....	10
1.1.2 Synchronní jednoučelové manipulátory	11
1.1.3 Programovatelné jednoučelové manipulátory	12
1.2 Univerzální manipulátory	13
1.2.1 Synchronní univerzální manipulátory	14
1.2.2 Programovatelné univerzální manipulátory	14
2 Podstata pohybu manipulátorů.....	16
2.1 Kinematické dvojice	16
2.2 Struktura dle kinematiky pohybů	20
2.2.1 Sériová kinematická struktura	20
2.2.2 Paralelní kinematická struktura.....	21
3 Konstrukční skupiny manipulátorů	22
3.1 Rámy manipulátorů	22
3.1.1 Svařované konstrukce	23
3.1.2 Stavebnicové konstrukce.....	24
3.2 Pohybové ústrojí.....	25
3.2.1 Elektrické pohony	25
3.2.2 Pneumatické pohony	26
3.2.3 Převod pohybů.....	28
3.2.4 Vedení pohybů	32

3.3	Uchopení kusů	37
3.3.1	Mechanické uchopení.....	37
3.3.2	Podtlakové uchopení	38
3.3.3	Magnetické uchopení	39
4	Výběr nejvhodnějších konstrukčních variant	41
4.1	Stručný popis zadání.....	41
4.2	Kinematické schéma.....	42
4.3	Výběrová kritéria konstrukce	43
4.3.1	Svislá část rámu.....	43
4.3.2	Vodorovná část rámu	44
4.3.3	Pohon pojezdu	45
4.3.4	Pohon zdvihu.....	47
4.3.5	Vedení supportu	49
4.3.6	Uchopení komponentů	50
5	Konstrukční řešení	52
5.1	Zadání:	52
5.2	Návrh pracoviště.....	53
5.3	Výpočet kotvy.....	57
5.4	Výpočet vedení	58
5.5	Stromová struktura	61
5.6	Odhad nákladů	62
	Závěr.....	65
	Seznam obrázků a tabulek	66
	Seznam použité literatury.....	68
	Použitý software	71
	Seznam příloh	71

Úvod

Oblast manipulačních zařízení je velmi široká. Manipulačním zařízením může být i například výtah či pojízdné schody pro přepravu osob. Téma bakalářské práce je tedy pojato výhradně jako přeprava či změna pozice materiálu, polotovarů a produktů prováděné zařízením vůči zemi nepohyblivým. Nebude se tedy jednat o dopravní techniku, vozidla, plavidla, stroje letecké dopravy a techniku pro přepravu osob.

Postupem času se ukázalo, že řadě odvětví průmyslu lze výrazně ulehčit a vše zrychlit užitím techniky. Člověk je omezen svou výkonností, přesností následkem fyzické a psychické únavy. Pomocí techniky je tak možné zavést operační či mezioperační manipulaci. Význam automatizace je zcela zřejmý u hromadné či sériové výroby. Ta se nejčastěji řeší tvrdou automatizací (jednoúčelovými stroji).

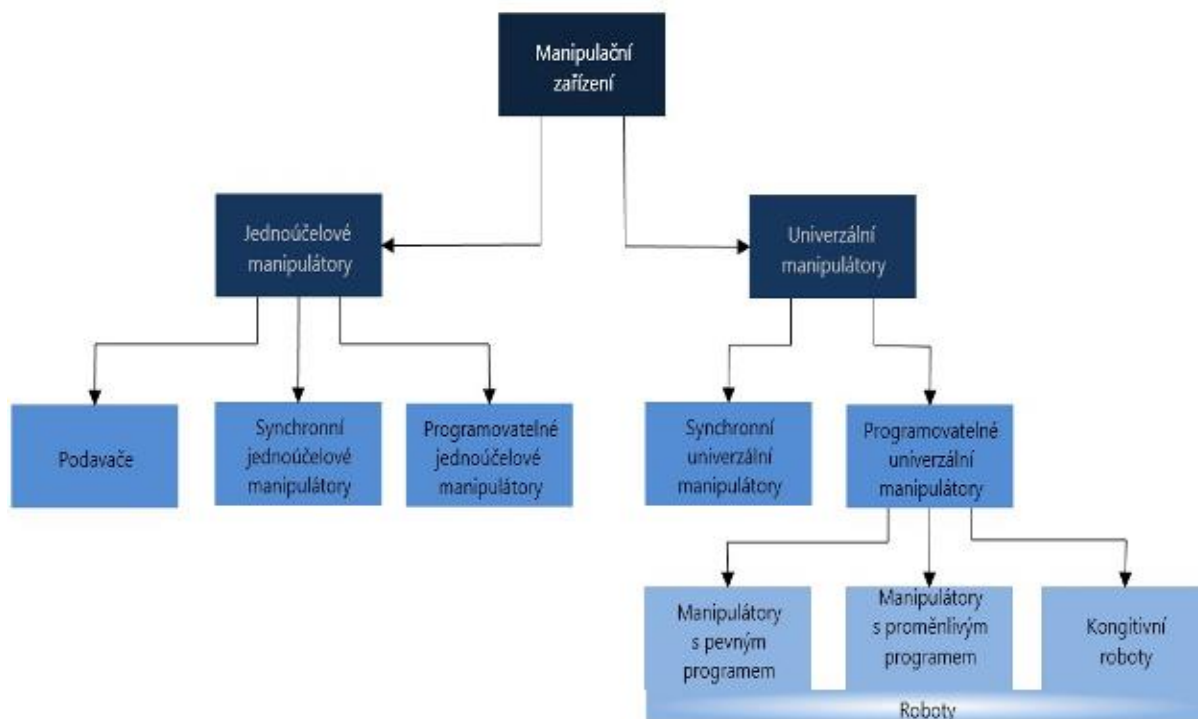
Robotizace významně kultivuje lidskou práci, ulehčuje od fyzické námahy, jednotvárnosti a je velkým pomocníkem v rizikových prostředích a při ochraně lidského zdraví. Dává nám též možnost uplatnění vysoce kvalifikovaných lidí, nárůst kultury práce a kvalitnějšího způsobu života snížením ceny výrobků důsledkem vyšší produktivity. Jasným ukazatelem je vývoj cen automobilů a jejich dostupnost napříč všemi společenskými vrstvami.

V první části práce je teoretický rozbor provedení, konstrukčních celků a jejich vlastností.

Druhou částí práce je samotný návrh jednoúčelového manipulátoru pro přepravu břemen s nízkou hmotností. Kapitoly jsou rozčleněny od výběru nejvhodnějších variant řešení po samotný konstrukční návrh, cenový odhad a časovou náročnost výroby.

1 Klasifikace průmyslových robotů a manipulátorů

Obrázek č. 1: Rozdělení manipulátorů dle funkce a účelu použití



Zdroj: Vlastní zpracování (2014), podle Rumíšek (1990)

1.1 Jednoúčelové manipulátory

Do této skupiny patří manipulátory nejjednodušší – podavače, manipulační zařízení ovládané člověkem – synchronní manipulátory a manipulátory programovatelné.

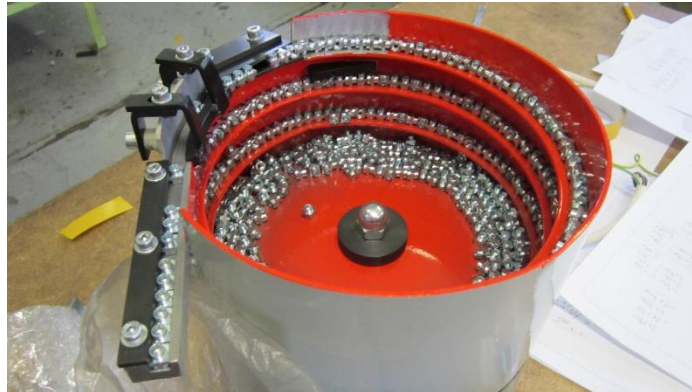
Jednoduché konstrukční řešení s omezeným rozsahem pohybů určené pouze pro požadovanou aplikaci.

Pomocí těchto manipulátorů lze řešit celou řadu aplikací. Někdy je zbytečné používat manipulátory univerzální, a to z ekonomických důvodů. (Rumíšek, 1990)

1.1.1 Podavače

Jsou to nejjednodušší jednoúčelové manipulátory. Bývají často součástí stroje či výrobní linky a pohon bývá často řešen odvozením od těchto zařízení. (Rumíšek, 1990)

Obrázek č. 2: Vibrační podavač



Zdroj: JAVY spol. s r.o. (2013)

1.1.2 Synchronní jednoúčelové manipulátory

Synchronní manipulátor bez řídicího systému je ovládán manuálně člověkem.

Úkolem je multiplikovat sílu, moment a pohybové možnosti člověka (manipulace s nebezpečnými předměty, lékařství, rizikové práce, vědecké a vojenské účely). Jsou nezávislé na obsluhovaném stroji či pracovišti. Zpětná vazba je tvořena výhradně člověkem. Dnes se velice často setkáváme s miniaturami či dálkovým řízením těchto manipulátorů. Častým názvem jsou teleoperátory. (Rumíšek, 1990)

Obrázek č. 3: Lékařský teleoperátor



Zdroj: Rej.cz (2009)

1.1.3 Programovatelné jednoúčelové manipulátory

Jsou řízeny aritmeticky. Nejsou závislé na obsluhovaném stroji pohonem ani funkcí. Často je nazýváme jako jednoúčelové průmyslové roboty. (Rumíšek, 1990)

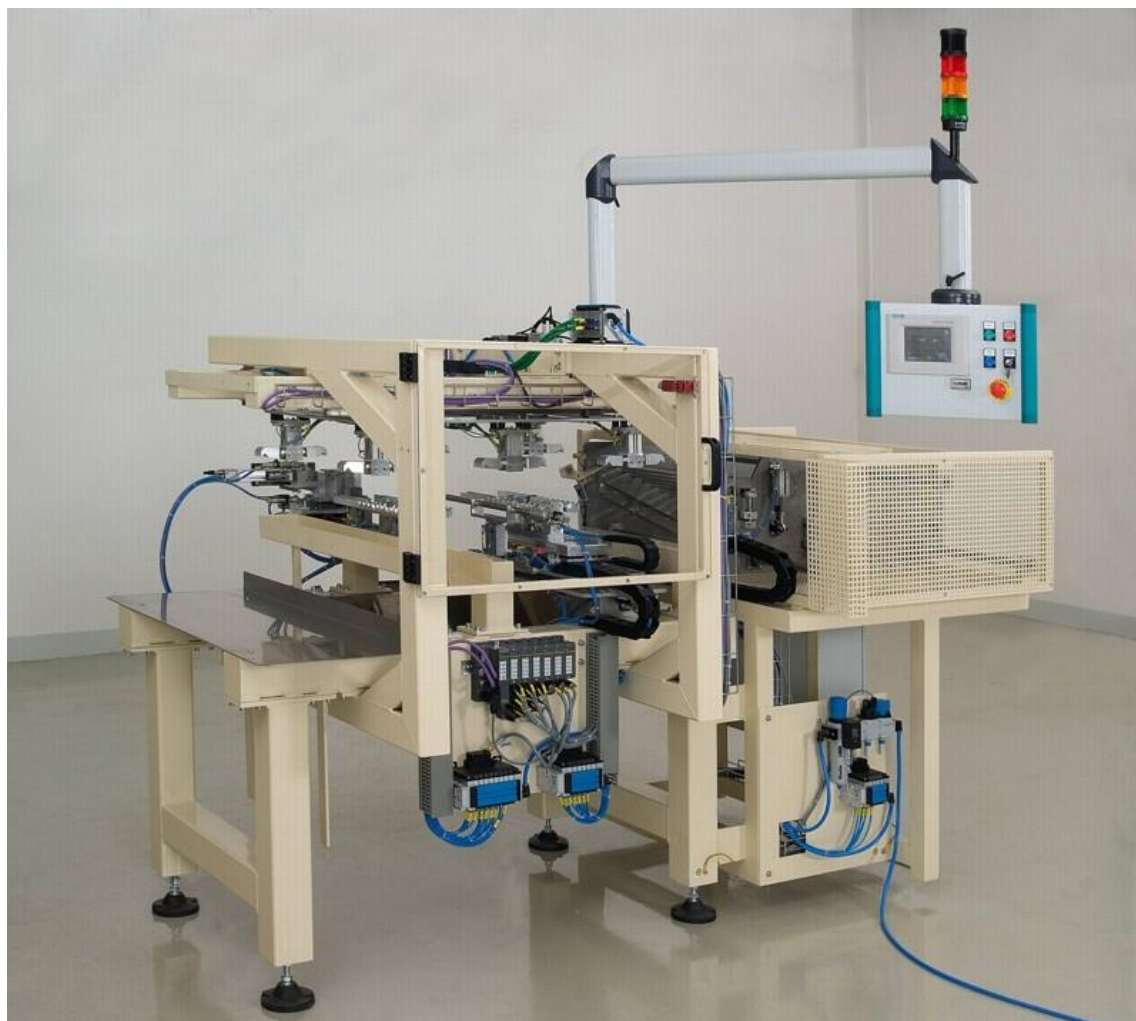
Manipulátory s pevným programem

Obsahují automatický řídicí systém. Avšak při změně programu jde o výraznější zásah. Výhodou je nízká cena a relativně vysoká úroveň spolehlivosti. (Rumíšek, 1990)

Manipulátory s pružným programem

Mají automatický řídicí systém a změna programu je rychlá. Fungují samočinně, avšak je možný výběr z několika programových variant, např. určitá změna rozměrů manipulovaných předmětů. To zajišťuje vyšší univerzálnost a tato oblast je přechodnou skupinou k manipulátorům univerzálním. (Rumíšek, 1990)

Obrázek č. 4: Jednoučelový programovatelný manipulátor



Zdroj: Krofian (2010)

1.2 Univerzální manipulátory

Spektrum užití je výrazně širší než u manipulátorů jednoučelových. Potřebné vlastnosti manipulátoru se snažíme sjednotit a zúžit na ekonomickou variantu pro aplikace stávající a plánované. Jejich použitelnost však nebývá omezena stroji ani součástmi. Jsou osazeny vlastním řízením, dají se používat na rozličných pracovištích a je možné je osadit širokým spektrem úchopných hlavic. (Rumíšek, 1990)

Specifika:

- kinematické parametry,
- požadovaná přesnost,
- maximální možné zatížení (únosnost a tuhost),
- servisní parametry. (Rumíšek, 1990)

1.2.1 Synchronní univerzální manipulátory

Obdoba synchronních jednoúčelových manipulátorů z daleko širším účelem použití. Klasickým příkladem by byl manipulátor s různorodými těžkými břemeny v logistice. (Rumíšek, 1990)

1.2.2 Programovatelné univerzální manipulátory

Manipulátory s pevným programem

Často se označují jako průmyslové roboty první generace. Při provádění manipulace se program nemění. Manipulátory jsou jednodušší.

Manipulátory s pružným programem

Bývají označovány jako průmyslové roboty druhé generace. Program se často sám upravuje a generuje při reakci na podněty, např. pomocí senzorů a čidel. V současné době se jedná o nejvyšší třídu v průmyslu.

Kognitivní roboty

Umělá inteligence, kde se program generuje automaticky na základě vložených algoritmů. Prozatím velmi vzácně užívané zejména v kosmickém programu. (Rumíšek, 1990)

Obrázek č. 5: Univerzální manipulátory



Zdroj: Young Engineers (2014)

2 Podstata pohybu manipulátorů

Rozvojem automatizace je možné využít rozličných možností dodavatelů specializovaných systémů, modulů a portálů. Zejména při manipulaci s předměty o nižších hmotnostech.

Možnosti řešení:

- přímočaré portály,
- prostorové portály,
- paralelní kinematické systémy (tripody). (Fischer, 2004)

Poloha v prostoru

- poloha v prostoru je dána souřadnicovým systémem (x, y, z) ,
- orientací $(\varphi_x, \varphi_y, \varphi_z)$. (Fischer, 2004)

2.1 Kinematické dvojice

Manipulátory jsou z konstrukčního pohledu složité mechanismy. Jejich součástí jsou různé konstrukční celky. Elementární části se nazývají členy. Jeden člen je vždy pevný, nazýváme jej rámem a pohyb ostatních členů je vyšetřován vzhledem k němu. Pohyb je realizován pomocí kloubů, táhel, vedení aj.

Konstrukce jednotlivých dílů je z hlediska mechaniky nahrazována jednoduššími celky – modely a jeho vazbami. Jednotlivé členy jsou mezi sebou vázány pomocí kinematických dvojic.

Kinematická dvojice je sestava ze dvou konstrukčních prvků, které jsou mezi sebou provázány vzájemným stykem povrchů 2 členů mechanismu.

Označme jedno těleso r a druhé těleso s . Poloha členu s je vzhledem k členu r určena šesti parametry, a to 3 soustavami počátku os soustavy x_s, y_s, z_s , které jsou spojeny s členem soustavy druhého tělesa x_r, y_r, z_r . Zbývající parametry jsou Eulerovy úhly, ty vyjadřují pootočení souřadnicových soustav vůči sobě.

Po připojení některé z reálných vazeb ztrácí těleso r vůči, s některé ze stupňů volnosti. Které stupně volnosti ztrácí, určuje druh a třída kinematické dvojice. (Fischer, 2004)

Vzorec určující počet stupňů volnosti mezi členy:

$$W_{sr} = 6 - m_{sr},$$

kde W_{sr} = počet stupňů volnosti, m_{sr} = počet reálných vazeb r vůči s

$W_{sr} = 0$ staticky určité (nepohyblivé),

$W_{sr} > 0$ a < 6 pohyblivé, je nutné najít reakce a zatížení pro rovnováhu,

$W_{sr} < 0$ staticky neurčité (nepohyblivé).

Třídy kinematických dvojic

Kinematické dvojice zařazujeme do 5 tříd, a to dle počtu vazeb. Jedná se o vazby teoretické, proto je tření mezi elementy zanedbáváno.

Kinematické dvojice se zařazují do tříd, stanovených dle toho, kolik stupňů volnosti odejmeme dvojici popisovaných elementů. Tříd je tak pět, použití šesté by znamenalo již pevnou vazbu a další třídy pak staticky neurčité dvojice. (Fischer, 2004)

První třída

Představuje bodový styk. Odjímáme tak pouze 1 stupeň volnosti. Bodový styk bývá realizován dotykem konkrétního bodu prvního elementu, s plochou druhého. (Fischer, 2004)

Druhá třída

Představuje křivkový styk. Odjímáme tak 2 stupně volnosti. Křivkový styk bývá realizován dotykem konkrétního bodu prvního elementu na křivku druhého. Klasickým příkladem je tak kladka na vačce. (Fischer, 2004)

Třetí třída

Představuje vazbu tělesa na pevný bod. Odjímáme tak 3 stupně volnosti. Klasickým příkladem je zde kloub, pevně uložený na čep umožňující rotaci kolem os. (Fischer, 2004)

Čtvrtá třída

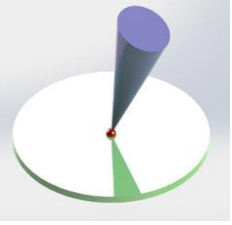
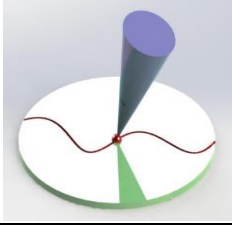
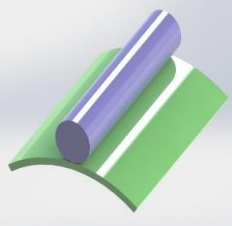
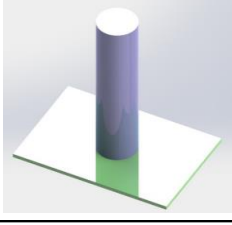
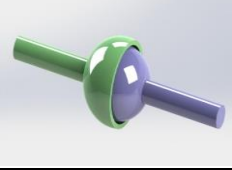
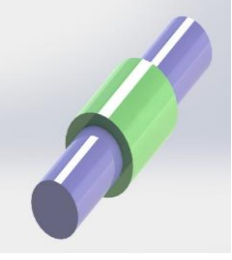
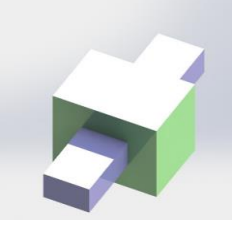
Představuje vazbu tělesa na posuvný kloub. Odjímáme tak 4 stupně volnosti. Klasickým příkladem je pak radiální ložisko, to umožní rotaci a zároveň možnost posunutí hřídele, ve směru osy této rotace. (Fischer, 2004)

Pátá třída

Představuje vazbu tělesa na válcový kloub opatřený dorazem. Odjímáme tak 5 stupňů volnosti. Klasickým příkladem je pak axiálně-radiální ložisko, to umožní rotaci v ose hřídele (Fischer, 2004).

Níže uvedená přehledová tabulka tento popis upřesňuje a zároveň poskytuje názornou představu o dané problematice. Rám je vždy zobrazen zelenou barvou a pohyblivý element modře.

Tabulka č. 1: Třídy kinematických dvojic

Druh kinematické dvojice			Geometrie styku	Kinematika styku		Statika styku
Třída	Název	Schéma	Stykový útvar	Možný nezávislý pohyb	Počet °V	Počet složek reakcí
1	obecná		bod	2 posuvy po ploše a 3 rotace	5	1
2	křivková		bod	1 posuv po křivce a 2 rotace	4	2
	válcová		přímka	2 posuvy a 2 rotace		
3	rovinná		rovina	2 posuvy a 1 rotace	3	3
	sférická		kulová plocha	3 rotace		
4	rotačně posuvná		válcová plocha	1 posuv a 1 rotace	2	4
5	posuvná		rovinné plochy	1 posuv	1	5

Zdroj: Vlastní zpracování (2014), podle Fischer (2004)

2.2 Struktura dle kinematiky pohybů

2.2.1 Sériová kinematická struktura

Rotační a translační kinematické dvojice jsou řízeny sériově. Takto je vyráběna převážná většina dnešních manipulátorů. Jejich nevýhodou je pak nízká tuhost, statické a dynamické kmitání. Další nevýhodou je rovněž nižší manévrovatelnost mezi překážkami. Přesnosti dosahují řádů desetin milimetru. Na koncovém členu se chyba nasčítá z navazujících kinematických dvojic. (Fischer, 2004)

Obrázek č. 6: Sériová struktura

LR Mate 200iC



Zdroj: American Robot Sales, Inc. (2013)

2.2.2 Paralelní kinematičká struktura

Jednotlivé členy jsou řazeny paralelně. Používané varianty mají od 3 (tripod) po 6 (hexapod) vzpěrných ramen. Podoba jednotlivých ramen přitom může být naprosto totožná. Tuhost je poměrně vysoká a dosahované přesnosti jsou vyšší než u struktury sériové, pohybují se v rozmezí setin milimetru. (Fischer, 2004)

Mezi hlavní nevýhody však patří vysoké nároky na systém řízení (výrazné zlepšení příchodem počítačového řízení). Je zde i možnost vzniku kolize mezi jednotlivými rameny. (Fischer, 2004)

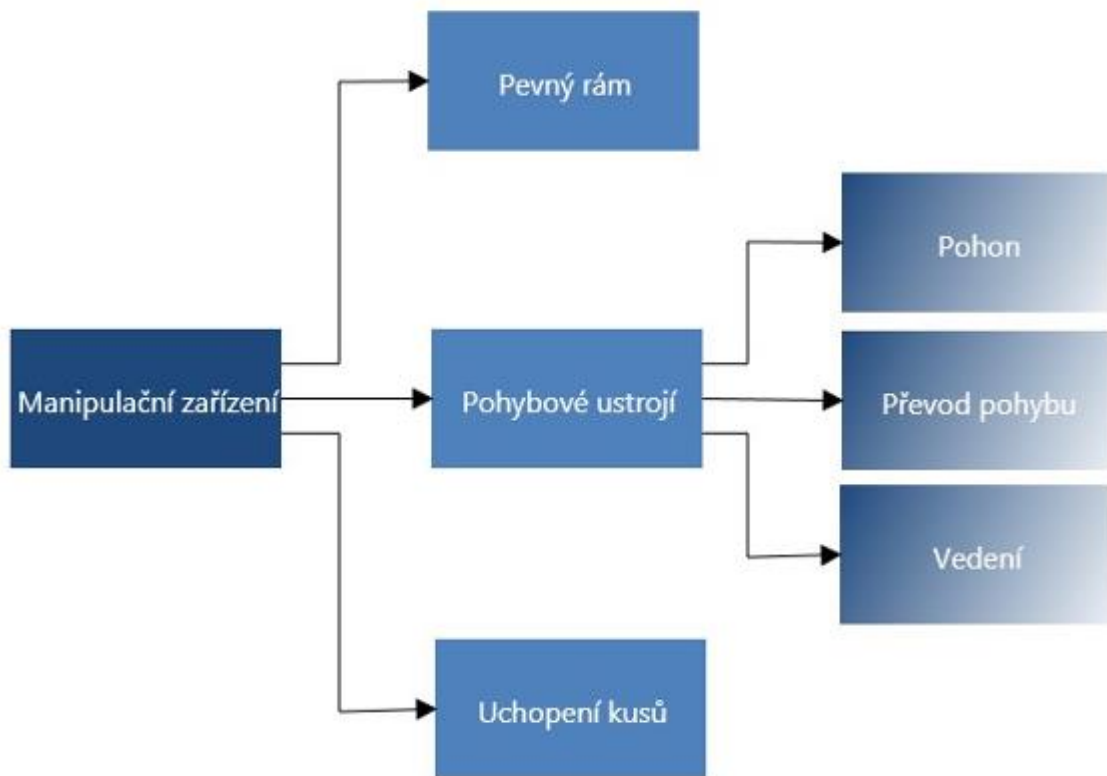
Obrázek č. 7: Paralelní struktura



Zdroj: AutomationWorld (2009)

3 Konstrukční skupiny manipulátorů

Obrázek č. 8: Konstrukční skupiny manipulátorů



Zdroj: Vlastní zpracování (2014)

3.1 Rámy manipulátorů

Požadavky ráků

a) Pevnost

Je třeba vzít úvahu působení několika vlivů, a to:

- síly tíhové, které jsou dány jak hmotností břemen, tak hmotností vlastních konstrukčních prvků manipulátorů,
- síly dynamické vznikající pohybem, rozběhem a bržděním,
- vnější síly od ostatních zařízení vznikající během technologických operací, působení obsluhy aj.

b) Tuhost

Konstrukci je třeba posoudit rovněž z hlediska tuhosti pro dosažení požadované přesnosti a polohy (natočení). Tuhost rovněž ovlivňuje součinnost jednotlivých konstrukčních podskupin, tření a opotřebením mechanismů. Součet odchylek pak určí výslednou přesnost manipulátoru. Tuhost je závislá na:

- použitím materiálu,
- geometrickým charakteristikám zatěžovaných částí,
- druhu zatížení.

Konstrukce rámu

Rámem uvažujeme tuhé části s ohledem na uvedené. Z konstrukčního pohledu je zde velice široké spektrum možností.

Z pohledu manipulační techniky jsou významné zejména 2 skupiny.

- svařované konstrukce,
- stavebnicový systém.

Další možností je kombinace uvedených skupin, montované celky, užití kompozitních materiálů aj.

3.1.1 Svařované konstrukce

Svařované konstrukce mohou být provedeny z různých materiálů, nejčastěji to bývá ocel popř. duralové slitiny. Nespornou výhodou ocelových konstrukcí je pevnost a tuhost při zachování menších rozměrů. Mezi nevýhody pak patří jejich hmotnost a nízké možnosti úprav či přestavování. Tento způsob výroby rámu je nejužívanější a nejdostupnější.

Obrázek č. 9: Svařovaná konstrukce



Zdroj: TRIOM (2007)

3.1.2 Stavebnicové konstrukce

Velice zajímavý je i tento systém. Největší výhodou je univerzální užití, možnosti přenastavení, úprav. Klasickým příkladem je užití systému hliníkových profilů. Nevýhodou je dosažení nižších tuhostí a pevností výsledných konstrukcí, proto se užití zužuje pouze na přenášení lehkých břemen. Ideální by tak mohlo být užití v elektrotechnice. Klasickým dodavatelem těchto systémů je například firma Haberkorn/Ulmer nabízející širokou škálu produktů. Dodávaný rozměr je od 20x10 až po 320x160mm (Haberkorn, 2013). Další nespornou výhodou je i řada příslušenství, jako matice se šrouby do drážek profilů, madla, klouby, spojky aj.

Obrázek č. 10: Stavebnicová konstrukce



Zdroj: Alucomplast (datum nenalezeno)

3.2 Pohybové ústrojí

3.2.1 Elektrické pohony

Mají velké výhody a bývají u manipulátorů nejužívanější. Transformuje se zde elektrická energie na mechanickou. Vlastnosti vyjadřují vnější charakteristiky. (Matička, 1986)

Elektrické pohony se rozdělují na:

- stejnosměrné - sériové, derivační, s cizím buzením, kompaundní,
- střídavé,
- synchronní,
- asynchronní s kotvou na krátko a kroužkovou kotvou. (Matička, 1986)

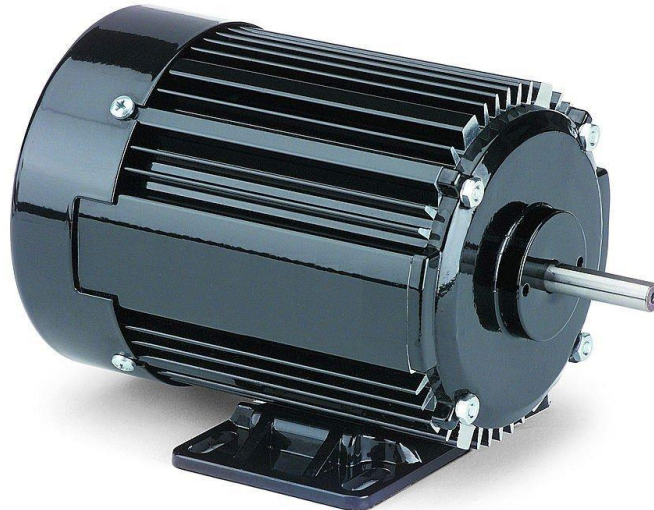
Výhody elektrických pohonů

- jednoduchost,
- nízká hmotnost,
- nízká cena,
- libovolná pracovní poloha,
- možnost dálkového řízení,
- možnost regulace otáček,
- přizpůsobitelnost zařízení,
- čistota, hospodárnost, spolehlivost, bezpečnost. (Matička, 1986)

Nevýhody elektrických pohonů

- nebezpečí zranění,
- nutný přívod elektrické energie,
- požadavek na vysokou kvalitu periferních zařízení. (Matička, 1986)

Obrázek č. 11: Elektromotor



Zdroj: Direct Industry (2014)

3.2.2 Pneumatické pohony

Základní částí je pneumotor, který spadá do kategorie objemových strojů. Médium je stlačený vzduch z centrálního rozvodu, ten předá výkon na přímočarý vratný nebo rotační pohyb. Například ve výbušném prostředí je pneumatický pohon vhodnější než použití elektromotorů. (Matička, 1986)

Pneumatické pohony rozdělujeme:

- pístové,
- lamelové,
- zubové. (Matička, 1986)

Rotační pneumatické motory se příliš nepoužívají pro nízkou účinnost. Předností je jednoduchá konstrukce, snadné řízení, ekologie provozu, možnost akumulace energie, možnost přetížitelnosti a jsou téměř bezodpadové. Vhodné je zejména užití přímočarého

pohybu motorů, které mají zdvihy i několik metrů. Médium – stlačený vzduch je nutné zbavit prachových částic a nasýtit olejovou mlhou pro zlepšení třecích vlastností.

Nevýhodou je nízká účinnost a velké ztráty stlačeného vzduchu v potrubí. Oproti hydraulice je zde i daleko nižší maximální tlak. Pneumatické pohony mají měkkou charakteristiku.

Pro konstrukci manipulátoru v této práci je tedy vhodné užití výhradně přímočarých pohybů. (Matička, 1986)

Základní rozdělení pneumatických pohonů:

- válce s pístnicí,
- bez pístnicové válce,
- kyvné pohony,
- tandemové válce,
- pohony s vedením,
- zářázková vedení,
- upínací válce,
- měchy. (Matička, 1986)

Obrázek č. 12: Pneumatické válce



Zdroj: GM Technik (2008)

3.2.3 Převod pohybů

Při pohybech je zapotřebí vedení, jejichž stručný přehled je uvedený v následující kapitole a přenos sil a zatížení mezi jednotlivými uzly, popřípadě i transformace pohybu na jiný druh. (Krátký, 2011)

Základní skupiny těchto mechanismů z hlediska kinematiky pohybu jsou tedy:

- posuv - rotace (ozubená kola, řemeny, řetězy, třecí kola aj.),
- rotace - rotace (a převod opačný k čemuž se užívá kuličkových šroubů, ozubených hřebenů aj.),
- rotace - obecný pohyb (a opačný převod zejména u vaček). (Krátký, 2011)

Složení převodových mechanismů:

- rám - z pohledu konstrukce statická, nehybná část poskytující uložení pro pohyblivé členy,
- vstupní a výstupní člen (hnací člen a hnaný člen) – přenos na hnaný člen může být přímý (bezprostředním dotykem) nebo nepřímý (pomocí vložených mezičlenů).

Transformace sil může probíhat pomocí normálových sil nebo za pomoci třecích účinků). Z hlediska vzájemné polohy těchto členů mohou být rovnoběžné, různoběžné, popřípadě mimoběžné. (Krátký, 2011)

Základní vztahy pro výpočty převodových poměrů:

- Převodový poměr – zde rozlišujeme dle druhu transformace pohybu,

$$i_{12} = \omega_1 \div \omega_2 = n_1 \div n_2 \text{ v případech převodu rotace – rotace}$$

$$i_{12} = \omega_1 \div v_2 \text{ v případech rotace – posuv}$$

- Účinnost je definována jako $\eta = P_1 \div P_2$,
- Závislost mezi výkonem, momentem a úhlovou rychlostí.

$$P = M \times \omega [W]$$

$$\omega = 2 * \pi * n \left[\frac{ot}{min} \right]$$

$$P_1 \div P_2 = (M_1 * \omega_1) \div (M_2 * \omega_2) = (M_1 \div M_2) * i = 1 \div \eta$$

$$M_1 = M_2 * i * \eta [Nm]$$

kde i_{12} = převodový poměr [-], ω = úhlová rychlost $\left[\frac{ot}{min} \right]$, n = počet otáček [-],

M = točivý moment [Nm], P = výkon [W]

Základní skupiny mechanismů:

- ozubená kola / ozubený hřeben,
- třecí převody,
- pohybové šrouby,
- řetězové převody,
- řemenové převody. (Krátký, 2011)

Z pohledu této práce je předem vybrána skupina řemenových převodů, kterým bude věnována pozornost v další části práce z důvodu užití v konstrukčním řešení.

Řemenové převody:

Slouží k převodům rotačních pohybů mezi sebou a to buď ve smyslu stejném, nebo smyslu opačném, druhá varianta je realizovatelná překřížením řemene. Komponenty jsou nejčastěji nakupovány, řemeny v metrážích, řemenice pak nejčastěji ve formě polotovarů, které se při výrobě zařízení upravují na uvažovaný způsob usazení na hřídel. Jedná se o velice

ekonomický a tichý převod. Vzhledem materiálu řemenů je výhodou i částečné pohlcování dynamických účinků samotným řemenem, ten bývá nejčastěji pryžový a pro zvýšení pevnosti je možné jej nakupovat ve variantách s vláknovými výztužemi. (Krátký, 2011)

Výhody řemenových převodů:

- tichý chod,
- nízké provozní a pořizovací náklady,
- pružnost záběru,
- možnost odchylek při montáži,
- prokluz v případě přetížení (to neplatí v případě ozubených řemenů). (Krátký, 2011)

Nevýhody řemenových převodů:

- pro prokluz nemusí být převod zaručen (zde je výhodnější použití ozubených),
- nutnost předepnutí při montáži,
- nižší tuhost převodu,
- opotřebení formou natahování řemenu,
- rozsah provozních teplot (lze řešit vrstvami např. teflonu či jiných poddajných materiálů),
- v případech prokluzu plochých řemenů vzniká statický náboj. (Krátký, 2011)

Dle tvaru řemenu rozdělujeme na:

- ploché,
- klínové,
- kruhové. (Krátký, 2011)

Dle provedení na:

- ozubené,
- hladké. (Krátký, 2011)

Stavební struktura:

- věnec - povrch odpovídající tvaru řemenu,
- náboj - přenos zatížení z hřídele na řemenici,
- tělo řemenice - odlehčení či plné kotouče a žebra. (Krátký, 2011)

Užité materiály řemenů:

- pryž (popřípadě s vnitřní vláknovou výztuží, dnes nejužívanější varianta),

- textil,
- textilní vlákna,
- plasty. (Krátký, 2011)

Užité materiály řemenic:

- šedá litina,
- ocel (i formou svařenců),
- slitiny hliníku,
- plasty. (Krátký, 2011)

Základní výpočty plochých řemenů:

- Potřebné předepnutí
$$Fp = \frac{F1 + F2}{2} = \frac{F}{2} * \frac{e^{f\beta} + 1}{e^{f\beta} - 1} [N],$$

kde f-součinitel tření (pryž 0,75 [-]); β úhel opásání [$^{\circ}$]

- Podmínky rovnováhy $F = \frac{2Mk}{D1} = F2 - F1 [N]$

- Namáhání tahem $\sigma_t = \frac{F1}{S} [MPa]$

- Namáhání ohybem $\sigma_o = \frac{E_0}{t - (d_1 - t)} [MPa],$

kde t- tloušťka řemenu [mm]; E_0 – modul pružnosti [MPa]

- Životnost řemenu – je dána počtem ohybu řemenů při jeho provozu a vycházíme tak z ohybové frekvence dané: $f_o = \frac{v * z}{L} \leq f_{od} [1/s]$

kde v – obvodová rychlost [m/s]; z – počet řemenic; L – délka řemenu [mm]; f_{od} - dovolená frekvence ohybů

- Délka řemenu $\sin \gamma = \frac{D1 - D2}{2a}; \beta = 180^{\circ} - 2\gamma$

$$L = (2a * \cos \gamma) + \left(\beta [Rad] * \frac{D1}{2} \right) + (180^{\circ} + 2\gamma) [Rad] * \frac{D2}{2} [mm]$$

Obrázek č. 13: Ozubený řemen



Zdroj: W. H. Müller, s.r.o. (2014)

3.2.4 Vedení pohybů

Vedení realizuje 2 základní druhy pohybů a to pohyb rotační a přímočarý. Ačkoli je možné vyvození pohybů obecných pomocí širokého sortimentu, pro méně nákladné a složité konstrukce, jsme schopni obecnějších pohybů docílit pomocí výše zmiňovaných pohybů základních.

Mezi přední dodavatele vedení patří například firma THK, Schneeggerger, Hepco aj.

Rotační pohyb

Pro zajištění rotačních pohybů, jsou nejdostupnější a nejvíce rozšířená ložiska. Mohou být radiální, axiální popřípadě i ložiska axiálně-radiální. Mezi přední dodavatele patří firma SKF. Ložiska jsou normována a jedná se o velice rozsáhlou kapitolu. (THK, 2014)

Mezi zvláštní případy, v mnoha aplikacích hojně užívaných, patří například:

- Křížová ložiska – jejich výhodou je schopnost přenosu zatížení ve všech směrech axiálních i radiálních. Válečky jsou uspořádány ortogonálně. Přenášejí i ohybový (klopný) moment. (THK, 2014)

Obrázek č. 14: Křížové ložisko



Zdroj: THK (2006a)

- Vačkové kladky – jedná se o jehlová ložiska kompaktních rozměrů, pevně spojená s hřídelí. Nejčastějším případem využití je sériové uspořádání jako vodící lišty vačkových mechanismů či lineárních vedení. (THK, 2014)

Obrázek č. 15: Vačkové kladky



Zdroj: THK (2006b)

- Kluzně uložená sférická ložiska – jsou samo nastavitelná a umožňují značnou úhlovou výchylku. Velice vhodná jsou pro velká zatížení při pomalých chodech. (THK, 2014)

Obrázek č. 16: Kluzně uložené sférické ložisko



Zdroj: THK (2006c)

- Kulové čepy – jsou složeny z kulových ložisek opatřených čepy. Jejich dominantou je možnost plynulých pohybů při minimálních vůlích. Mají velice nízkou míru opotřebení díky možnostem uhlových vychylek a jsou vhodné pro široké množství aplikací. (THK, 2014)

Obrázek č. 17: Kulový čep



Zdroj: THK (2006d)

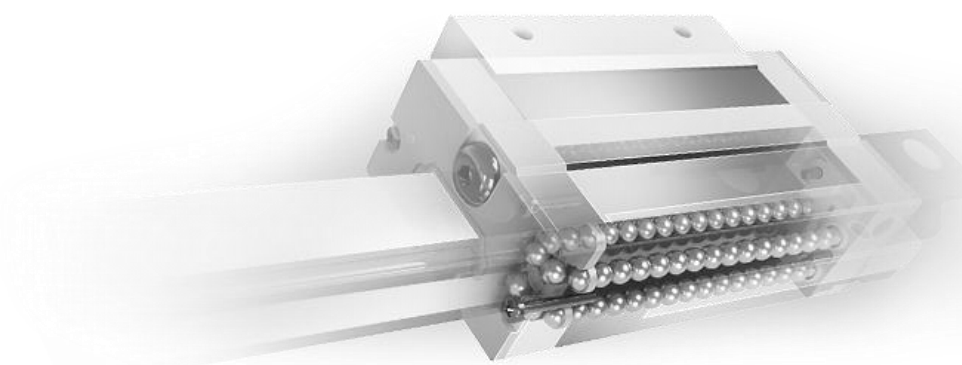
Lineární pohyb

Řešení lineárních pohybů je z hlediska manipulační techniky zcela klíčové. K dispozici je široký sortiment aplikací lišících se svou vhodností zejména v posuvových rychlostech, přesnostech vedení a ekonomické náročnosti. (THK, 2014)

- Lineární vedení – v dnešní době nejužívanějším typem lineárních vedení. Nespornou výhodou je možnost velkých zatížení v řádech 100 000 N, vysoká tuhost a nízký koeficient valivého odporu. Další nespornou výhodou je i možnost zatížení mimo osu posuvu, byť tím výrazně klesá životnost. Konstruktivně je vedení řešeno jako drážková

kolejnice, osazená vozíkem s oběhovými kuličkami a to i ve více řadách. Kuličky jsou vedeny v oběhu a je nutné je v určitých intervalech přimazávat pomocí maznic, které bývají součástí. Z hlediska konstrukce je rovněž možná velká variabilita přídavných stíracích a ochranných přírub pro zajištění shrnutí nečistot, které se tak dostávají do oběhu jen v malé míře. Z vlastní zkušenosti jsem se setkal s aplikacemi, kdy brusný prach různých druhů keramik téměř není možné stírat. Tento problém lze částečně vyřešit přidáním tlakových zásobníků maziva za úroveň těchto stíracích elementů. Lineární vedení jsou často volena pro velkou přesnost a úsporu ekonomických nákladů při provozu. Hojnou oblastí užívání jsou například obráběcí stroje. Pro užití v elektrotechnickém či lékařském průmyslu jsou k dispozici miniaturní řady těchto vedení. (THK, 2014)

Obrázek č. 18: Lineární vedení



Zdroj: Hiwin (datum nenalezeno)

- Kládková vedení – Jsou složena z vodících, kolejnic, kladek a desek či profilů, tvořících uložení těmto rotačním elementům. Standardně jsou vedení a kládky vyráběny z kalených, broušených ocelí, přírubové desky pak z ocelí či slitin hliníku pro úsporu hmotnosti. Kolejnice mohou být profilových typů nebo ve formě kulatin zasazených do přídržovacích lišt. Kládky osazené na desce jsou pak řešeny z jedné strany jako fixní a protilehlé pak excentricky pro vymezení vůle a tuhosti chodu. Výhodou je poměrně jednoduchá konstrukce v porovnání s lineárním vedením, což se značně odráží na ceně. Pro vyšší rychlosti a počty cyklů při nízkých zatíženích se jeví rovněž jako vhodnější varianta z hlediska opotřebení a snadnější údržby, proto jsou favoritem pro volbu vedení u této práce. (THK, 2014)

Obrázek č. 19: Kladkové vedení



Zdroj: Teatechnik (2007)

- Lišty křížových válečkových ložisek – tato varianta obsahuje dvě lišty s tvarovými drážkami ve formě protikusů. Rozsah pohybu je omezený a jako valivý prvek mezi těmito lištami jsou užity ortogonálně uspořádané válečky. Hlavní dominantou je pak velice přesný a jemný pohyb. (THK, 2014)

Obrázek č. 20: Lišty křížových válečkových ložisek



Zdroj: THK (2006e)

- Lineární ložiska – vodící pouzdra, která se používají v kombinaci s LM nebo vodícími hřídelemi. Umožňují tak velice přesný pohyb s minimálním třením. Častým příkladem užití bývá kombinace dvou těchto vedení, a přenos pohybu, realizovaný kuličkovým šroubem. Tento druh vedení je velice dobře dostupný, nenáročný na údržbu a poskytující dostatečnou přesnost. Nevýhodou je pak omezení délky těchto vedení,

není možné užívat podpěr a vyhnout se tak většímu průhybu či zamezit vzpěru. Za tímto účelem jsou pak k dispozici verze s částečnou mezerou. (THK, 2014)

Obrázek č. 21: Lineární ložisko



Zdroj: CNCshop (2010)

3.3 Uchopení kusů

Pracovní hlavice bývá umístěna na konci pohybového systému. Provedení je uzpůsobeno požadované aplikaci. Z činnosti manipulátoru je třeba nastavovat polohy pracovní hlavice a její orientaci. Vzhledem k jejímu umístění ji lze také nazvat výstupní hlavici. Úchopné hlavice zajišťují zachycení při manipulaci s objekty. Síly, které působí na objekt, jsou v rovnováze. Uchopení je doprovázeno mechanickým stykem. (Rumíšek, 1990)

3.3.1 Mechanické uchopení

Pasivní

Patří mezi nejjednodušší prostředky uchycení objektů. Užívají se různé typy tvarových uchycovacích prvků, čepů, čelistí. Ty jsou označovány právě jako prvky pasivní. Často užívaná jsou prizmatická lůžka. Úchopná síla je vyvozena vlastní tíhou objektů, která je přitlačuje k pevným částem. Pohyb tak musí být plynulý, aby nedocházelo k vypadnutí objektů. Je rovněž třeba respektovat maximální možná zrychlení. (Rumíšek, 1990)

Aktivní

Mezi aktivní uchopení spadají mechanická chapadla. Obvykle jsou osazena pohyblivými čelistmi, což jsou aktivní prvky. Spektrum řešení je velice široké a ovládány mohou být také několika druhy pohonů a to nejčastěji:

- elektrickými,
- pneumatickými. (Rumíšek, 1990)

Obrázek č. 22: Úchopná hlavice



Zdroj: SMC (datum nenalezeno)

3.3.2 Podtlakové uchopení

Pasivní

Klasickým příkladem jsou deformační přísavky z pryže. K vytvoření přitlačné síly dochází po přitisknutí přísavek na objekt, se kterým je manipulováno. Deformací je zmenšen objem vnitřního prostoru a při zpětném pohybu, kdy dojde, ke zpětnému zvětšování prostoru dojde k podtlaku. Úchopná síla je závislá jak na vlastnostech přísavky, tak na vlastnostech a povrchu uchopovaných objektů. (Rumíšek, 1990)

2 základní druhy:

- na čep – delší poddajná část umožní i přisátí mírně zakřiveného povrchu,

- s odpruženým pístem – pokud není zaručena dostatečná hladkost povrchu, díky odpruženému pístu, je možné zajišťovat podtlak při určitých netěsnostech. (Rumíšek, 1990)

Aktivní prvky

Jsou označovány jako podtlakové komory. Síla přítlaku je vyvozována buď vývěvou nebo ejektorem. (Rumíšek, 1988)

Obrázek č. 23: Vakuová technika



Zdroj: Kovaz (2014)

3.3.3 Magnetické uchopení

Používají se u manipulace s feromagnetickými materiály. Největší uplatnění lze nalézt u křehkých výrobků, kde hrozí deformace z důvodu velké upínací síly. Další výhodou je možnost snadnější detekce uchopení či měření objemů, pomocí elektrických veličin. Z pohledu bezpečnosti jsou tyto hlavice rozepínací při průchodu proudu, a proto zůstane břemeno pevně ukotveno i při jeho výpadku (Rumíšek, 1990). Opět je možné členění na:

Pasivní

V tomto případě se jedná o permanentní magnety. Taková manipulace je vhodná pro lehčí, méně hmotné objekty a nastává problém s uvolňováním těchto objektů. Toto uvolňování je podobné ostatním druhům pasivních úchopných hlavic. (Rumíšek, 1990)

Aktivní

Konstrukční řešení je obdobné s výjimkou užití elektromagnetů a výhody z toho plynoucí, jako např. snadné uvolňování, přenos značně hmotných a rozměrných břemen. (Rumíšek, 1990)

Obrázek č. 24: Elektromagnetické uchopení



Zdroj: Profi magnet (2010)

4 Výběr nejvhodnějších konstrukčních variant

Cílem této části práce je koncepce řešení jednoúčelového dvouosého manipulátoru, dle požadovaných parametrů.

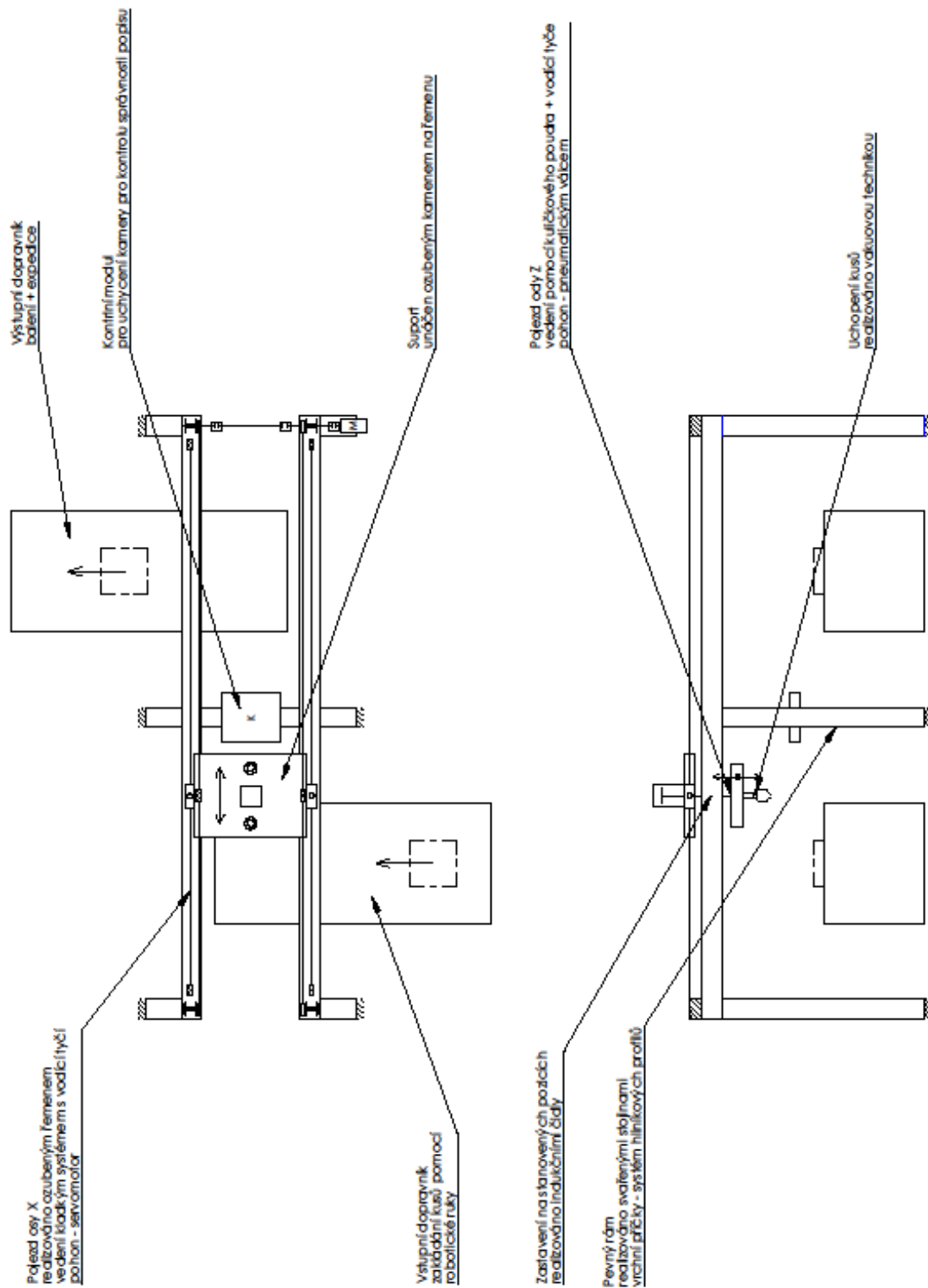
4.1 Stručný popis zadání.

Přenášenými břemeny jsou součásti elektrotechnických zařízení o velmi nízkých hmotnostech. Je vyžadován přenos určitého počtu kusů za jednotku času. Bude zvolena přenosová rychlost a tomu odpovídající počet přenášených břemen na jedno upnutí, dle požadavků potencionálního zákazníka.

Zařízení bude pracovat kontinuálně, po dobu ranní pracovní směny, bez účasti operátorů výroby. Nutné servisní zásahy budou prováděny v době plánovaného pozastavení pracovní činnosti.

4.2 Kinematické schéma

Obrázek č. 25: Kinematické schéma



Zdroj: Vlastní zpracování (2014)

4.3 Výběrová kritéria konstrukce

Výběr variant byl hodnocen čistě empiricky. Zvažovány byly hlavní uvedené kladné a záporné aspekty, kterým byla stejným způsobem přidělena míra důležitosti. Výsledná varianta se jeví jako ekonomicky i funkčně nejvýhodnější.

4.3.1 Svislá část rámu

Tabulka č. 2: Svislá část rámu

	Varianta	Klady	Zápory	Vybraná varianta
Svislá část rámu	Svařovaná konstrukce	pevnost,tuhost	přestavba	Svařovaná konstrukce
		jednoduchost	úpravy	
		cena	-	
	Systém hliníkových profilů	přestavba	cena	
		úpravy	pevnost	
		-	tuhost	
Požadované vlastnosti:	Dostatečná pevnost a tuhost, jednoduché provedení, cena			
Stručné zdůvodnění výběru:	<i>Pro tuhost rámu není nutné je osazovat příslušenstvím a výroba svařenců není nákladná.</i>			
	<i>Po vizuální stránce jsou rovněž nejvhodnější variantou.</i>			

Zdroj: Vlastní zpracování (2014)

Svislá část rámu byla určena s výrazným předdimenzováním pro možnost budoucí přestavby zařízení. Je tvořena ocelovými 4HR profily 150x150x5 a statické napětí je tak vyvozeno prakticky jen vlastní vahou a je zanedbatelné.

4.3.2 Vodorovná část rámu

Tabulka č. 3: Vodorovná část rámu

	Varianta	Klady	Zápory	Vybraná varianta
Vodorovná část rámu	Svařovaná konstrukce	pevnost, tuhost	cena	Systém hliníkových profilů
		jednoduchost	pevnost	
		cena	tuhost	
	Systém hliníkových profilů	přestavba	cena	
		úpravy	pevnost	
		-	tuhost	
Požadované vlastnosti:	Nízká hmotnost, dostatečná pevnost a tuhost, možnost přestavby a nastavování poloh periferií, cena			
Stručné zdůvodnění výběru:	<i>Pro osazení řadou periferních zařízení a nastavení poloh v drážkách a dostatečnou tuhost.</i>			
	<i>Široký sortiment montážních a jiných prvků. Velice snadná přestavba této části.</i>			

Zdroj: Vlastní zpracování (2014)

Tato varianta byla prověřena metodou konečných prvků, podkladové materiály jsou součástí přílohy. Prověření bylo demonstrativního charakteru a dle očekávání byla tato skupina výrazně předdimenzována. Statické napětí v části osazené vedením na největším ramenu dosahuje do 10 MPa.

Detailní popis je k nalezení v katalogu výrobce Haberkorn (2013).

4.3.3 Pohon pojezdu

Tabulka č. 4: Pohon pojezdu¹

	Varianta	Klady	Zápory	Vybraná varianta
Pohon pojezdu	Elektrický asynchronní	jednoduchost	nemožnost polohování	Elektrický krokový
		cena	přívod elektrické energie	
		údržba	-	
		dostupnost	-	
	Elektrický krokový	polohování	přívod elektrické energie	
		regulace	cena	
		údržba	-	
	Pneumatický	jednoduchost	úprava vzduchu	
		cena	skladování vzduchu	
		dostupnost	polohování	
	Hydraulický	jednoduchost	úprava kapalin	
		vyvození síly	údržba	
		možnost polohování	ekologie	
	Spalovací	přívod energie	regulace	
-		cena		
-		dostupnost		
-		ekologie		
Požadované vlastnosti:	možnost polohování, snadná údržba, snadná regulace, dostatečný krouticí moment, dostupnost, cena			
Stručné zdůvodnění výběru:	<i>Pro nutnost polohování, byť není zapotřebí velká přesnost.</i>			
	<i>Po ekonomické stránce a pro zjednodušení konstrukce.</i>			

Zdroj: Vlastní zpracování (2014)

¹ viz příloha D

Jako pohon byl vytipován servomotor s převodovkou firmy Lenze GST04-2S VCR 06F41RS0B0 0,51 kW, i28, 333. Parametry a točivý moment je stanoven se značnou rezervou. (Lenze, 2014)

4.3.4 Pohon zdvihu

Tabulka č. 5: Pohon zdvihu²

	Varianta	Klady	Zápory	Vybraná varianta
Pohon zdvihu	Elektrický asynchronní	jednoduchost	nemožnost polohování	Pneumatický
		cena	přívod elektrické energie	
		údržba		
		dostupnost		
	Elektrický krokový	polohování	přívod elektrické energie	
		regulace	cena	
		údržba		
	Pneumatický	jednoduchost	úprava vzduchu	
		cena	skladování vzduchu	
		dostupnost	polohování	
	Hydraulický	jednoduchost	úprava kapalin	
		vyvození síly	údržba	
		možnost polohování	ekologie	
	Spalovací	přívod energie	regulace	
		cena		
		dostupnost		
		ekologie		
Požadované vlastnosti:	Jednoduchost, dostatečná síla a zdvih, kompaktní rozměry, dostupnost, údržba, cena			
Stručné zdůvodnění výběru:	<i>Pro ekonomicky nejvýhodnější variantu s plně postačujícími vlastnostmi.</i>			
	<i>Dobrá regulace rychlostí škrčením.</i>			

Zdroj: Vlastní zpracování (2014)

² Viz příloha E

Pohon zdvihu musí zajišťovat dostatečnou pracovní sílu pro manipulaci s břemenem.

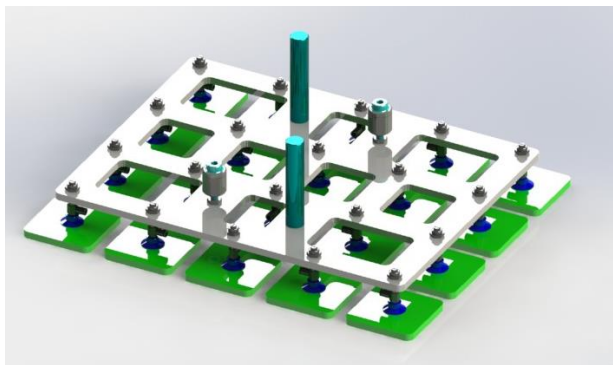
Válec byl vybrán ze standardní série firmy Festo (2014) a to konkrétně:

ADN-32-20-A-P-A (536271) při teoretické síle 416N, a to při zpětném chodu a tlaku 6 barů.

Vzhledem k tomu, že byl užit ve dvojici je vyvozená síla = 832 N.

Hmotnost zdviháných břemen včetně desky, vakuové techniky, kompenzačních hlavice, vodících tyčí a spojovacího materiálu činí 6,7 kg, proto je i takto malý válec mnohanásobně předimenzován i při uvažování sil dynamických. Užit byl pro minimální cenový rozdíl od menších variant. Po vizuální stránce se tato varianta jeví jako optimální. (Festo, 2014)

Obrázek č. 26: Deska zdvihu



Zdroj: Vlastní zpracování (2014)

4.3.5 Vedení supportu

Tabulka č. 6: Vedení supportu

	Varianta	Klady	Zápory	Vybraná varianta
Vedení supportu	Pohybový šroub	přesnost	údržba	Kladkové vedení
		plynulost chodu	hmotnost	
		vedení + posuv	cena	
		tichý chod		
		možné zatížení		
	Lineární vedení	tichý chod	údržba	
		přesnost	hmotnost	
		možné zatížení	cena	
		plynulost chodu		
	Kladkové vedení	cena	možné zatížení	
		jednoduchost	nižší přesnost	
		hmotnost		
		údržba		
		tichý chod		
	Požadované vlastnosti:	Dostatečná tuhost, jednoduchost, nízká hmotnost, snadná údržba, snadná montáž, cena		
Stručné zdůvodnění výběru:	<i>Pro ekonomicky nejvýhodnější variantu s plně postačujícími vlastnostmi.</i>			
	<i>Velice snadné nastavení tuhosti excentrickou proti kladkou a snadná montáž.</i>			

Zdroj: Vlastní zpracování (2014)

Jako vedení bylo stanoveno kladkové vedení firmy Haberkorn/Ulmer s označením ložiskových jednotek 0029426/0029428 (excentrická kladka) při počtu 4 dvojic s únosností

celku přes 30000N. Vlastní váha supportu může vyvodit sílu o velikosti až 6000 N (včetně přenášených břemen). Tato varianta je z pevnostního hlediska vyhovující.

Detailní popis je k nalezení v katalogu výrobce Haberkorn (2013)

4.3.6 Uchopení komponentů

Tabulka č. 7: Uchopení komponentů³

	Varianta	Klady	Zápory	Vybraná varianta
Uchopení komponentů	Mechanické	jednoduchost	regulace síly	Podtlakové
		cena	jemnost úchopu	
		přesnost	přívod elektrické energie	
		únosnost		
		tuhost		
	Podtlakové	jemnost úchopu	nutnost užití periferií	
		cena	únosnost	
			tuhost	
	Magnetické	bezpečnost	nelze uchopit plast	
		únosnost	cena	
tuhost		přívod elektrické energie		
Požadované vlastnosti:	Dostatečná síla úchopu, jemnost, jednoduchost, cena			
Stručné zdůvodnění výběru:	<i>Pro ekonomicky výhodnou variantu a snadnou regulaci síly.</i>			
	<i>Nejjemnější uchopení lehkých dílů. Silikonové přísavky mají velice jemné dosednutí a odpružení.</i>			

Zdroj: Vlastní zpracování (2014)

³ Viz příloha F

Uchycení jednotlivých kusů o váze do 0,1 kg je realizováno přísavkou Festo (2014) EGS-30-SS-HD-QS (189174) o přídržné síle 40,8 N při podtlaku 0,7 bar. Tímto je nutné konstatovat, že předimenzování je zejména z důvodu větší stability u větší záchytné plochy a je počítáno s vyvozením menšího podtlaku. Plně postačující bude podtlak 0,1 bar.

5 Konstrukční řešení

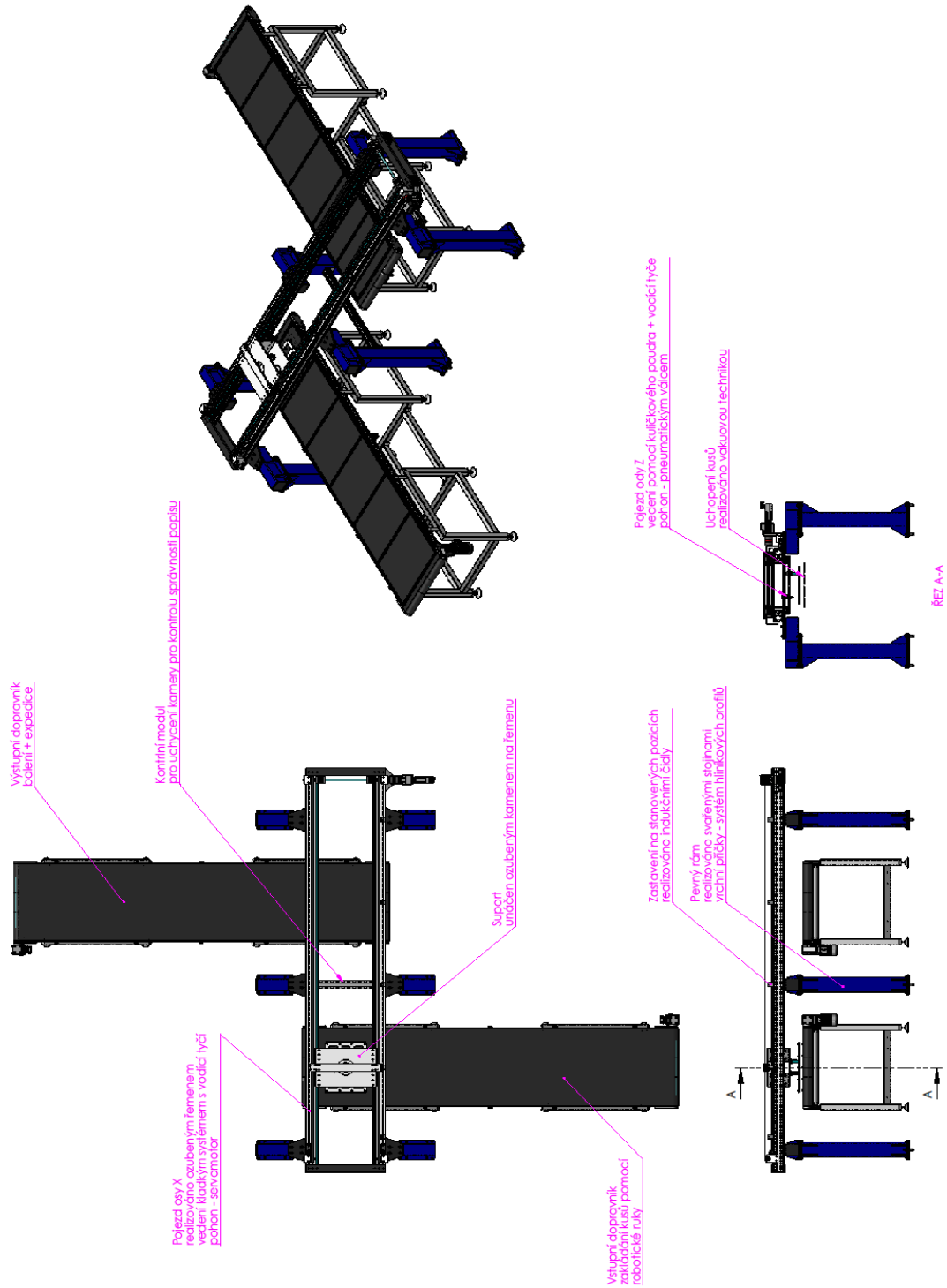
V konstrukčním řešení jsou použity položky uvedené výše, z důvodu přehlednosti byly zařazeny vždy za výběrovou tabulku včetně odkazů na podrobnější popis.

5.1 Zadání:

- Typ manipulátoru: dvouosý manipulátor,
- Rozměr stroje: 4m x 6,5m,
- Přenosové rychlosti: 1 m/s realizované ozubeným řemenem a lineárním, vedením
- Zrychlení: $0,2 \text{ m/s}^2$
- Délky pojezdů: 4 m,
- Hmotnost břemen: do 0,1kg (plastové díly pro elektrotechnický průmysl) kdy bude uchopeno 20 ks v jedno cyklu,
- Rozměry zakládáných dílů: +/- 100 x 100 x 10 mm,
- Uchycení: vakuová technika.

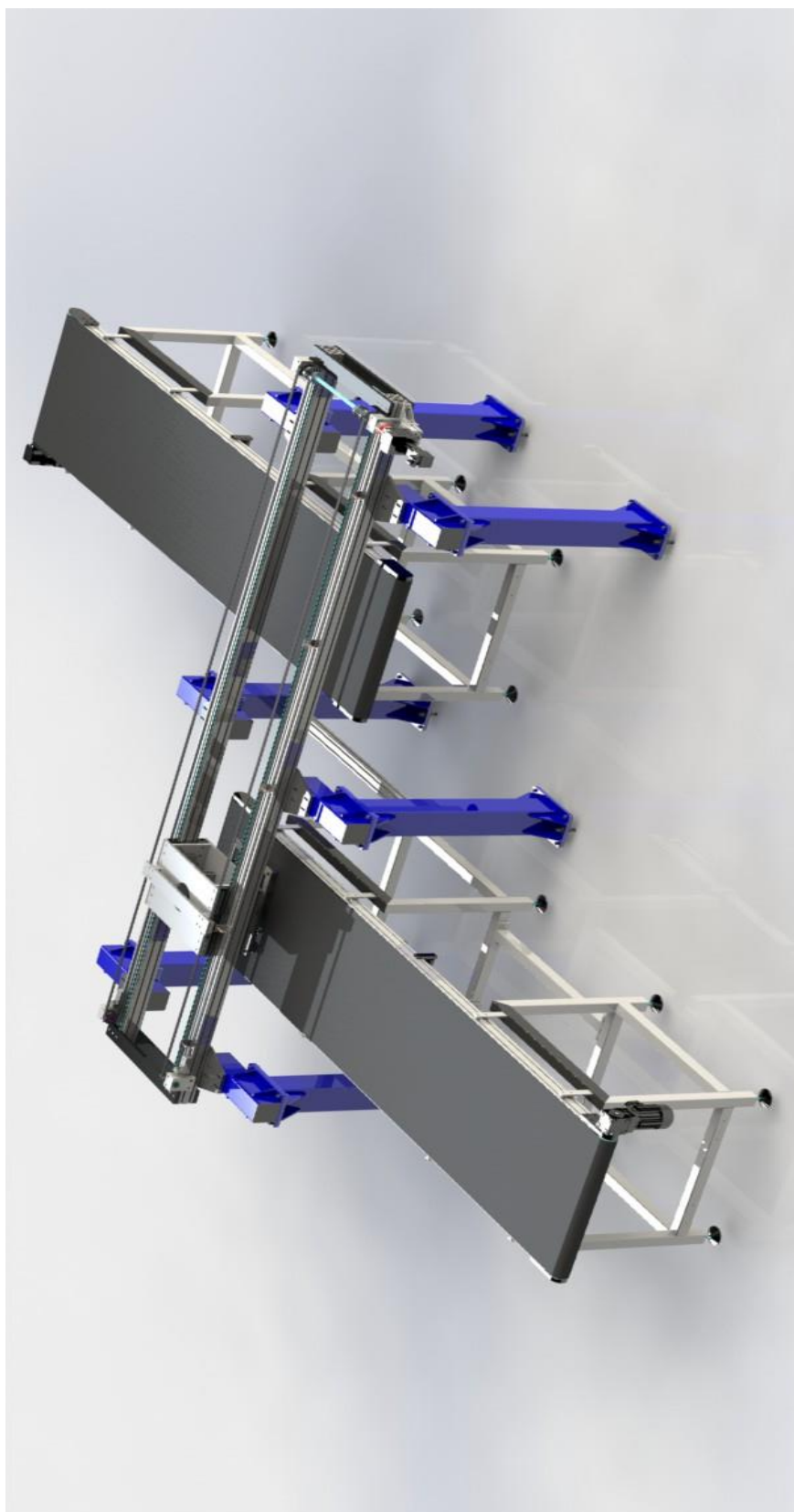
5.2 Návrh pracoviště

Obrázek č. 27: Schéma navrženého zařízení



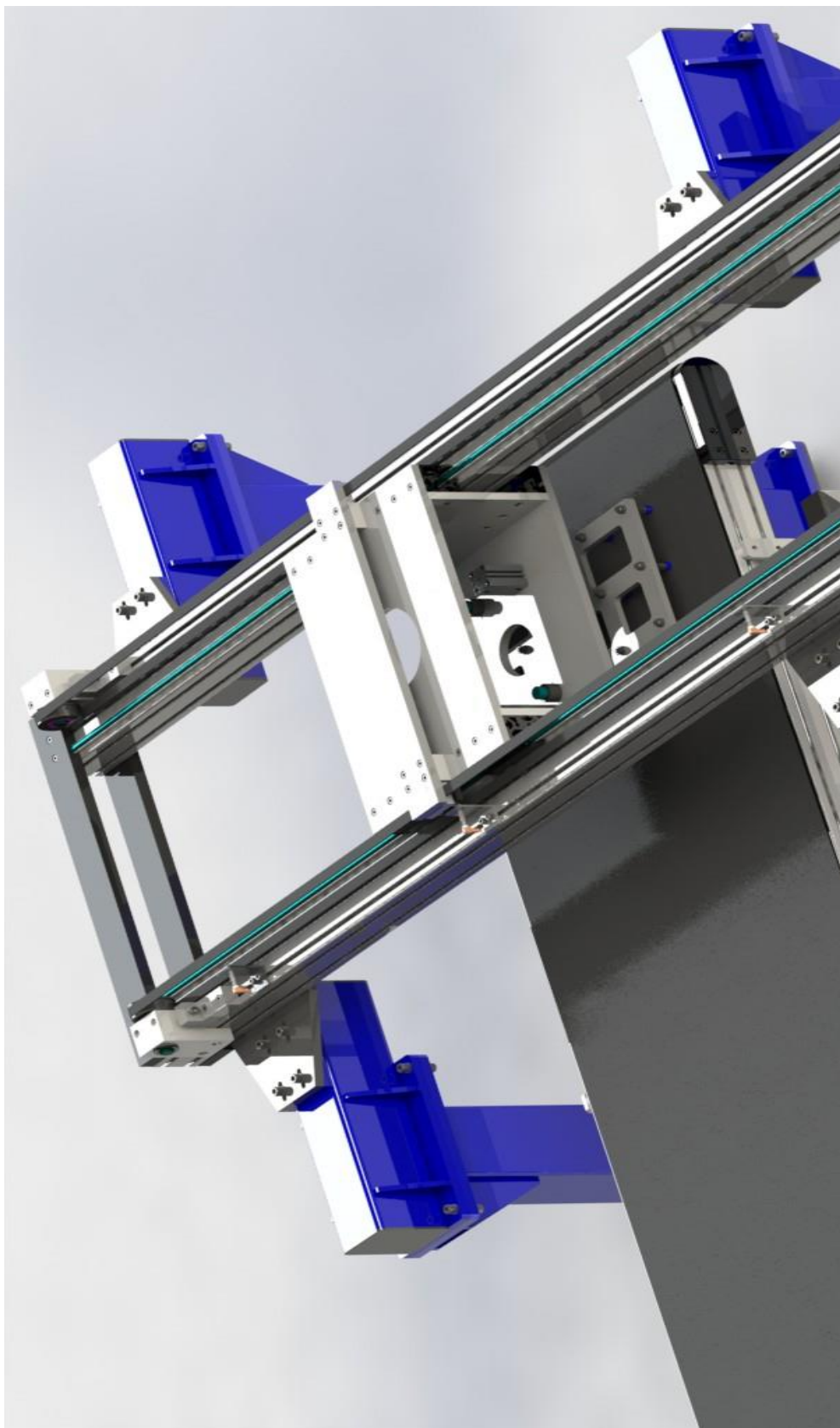
Zdroj: Vlastní zpracování (2014)

Obrázek č. 28: Renderovaný náhled celkového pohledu



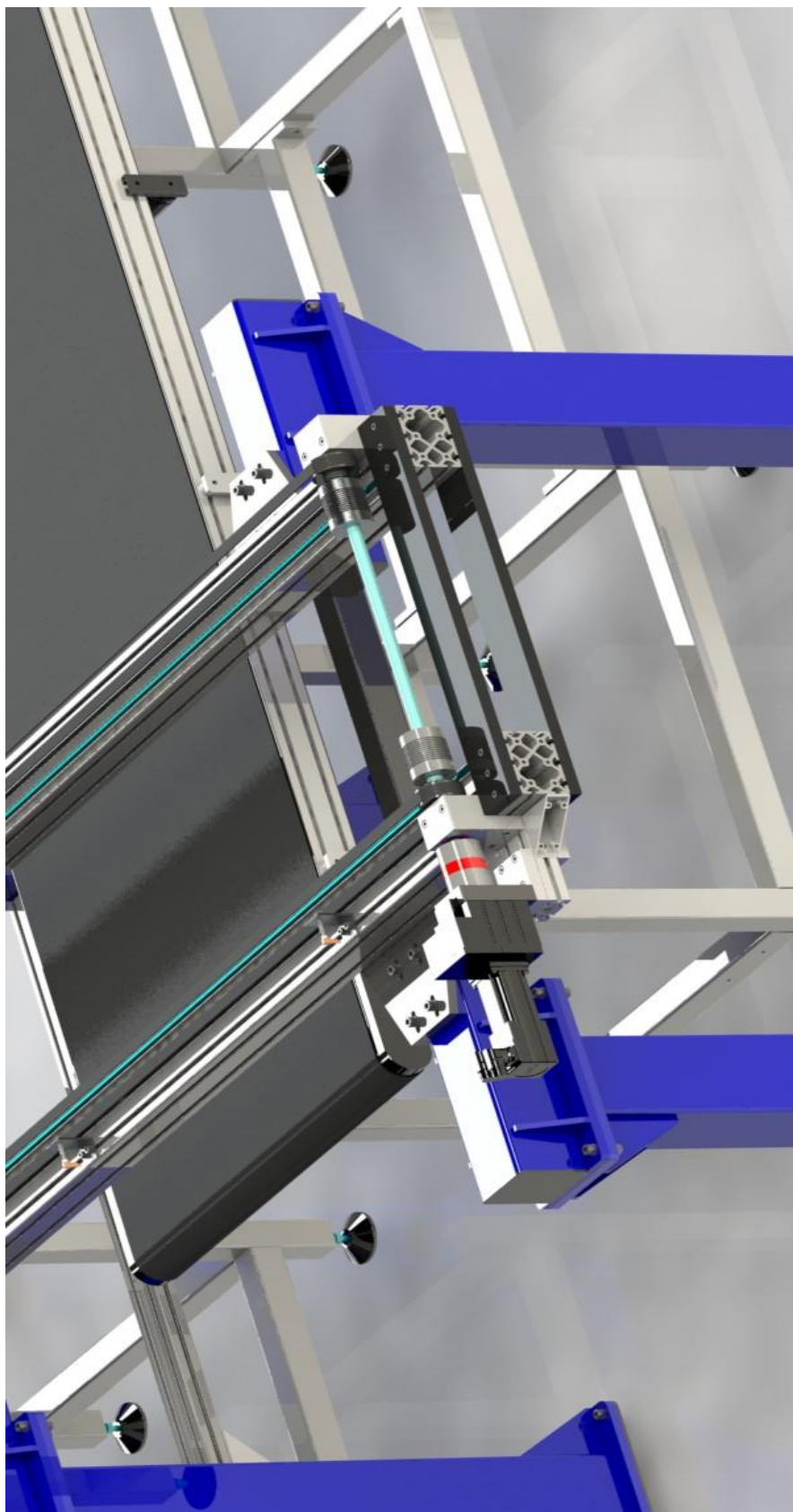
Zdroj: Vlastní zpracování (2014)

Obrázek č. 29: Renderovaný náhled supportu



Zdroj: Vlastní zpracování (2014)

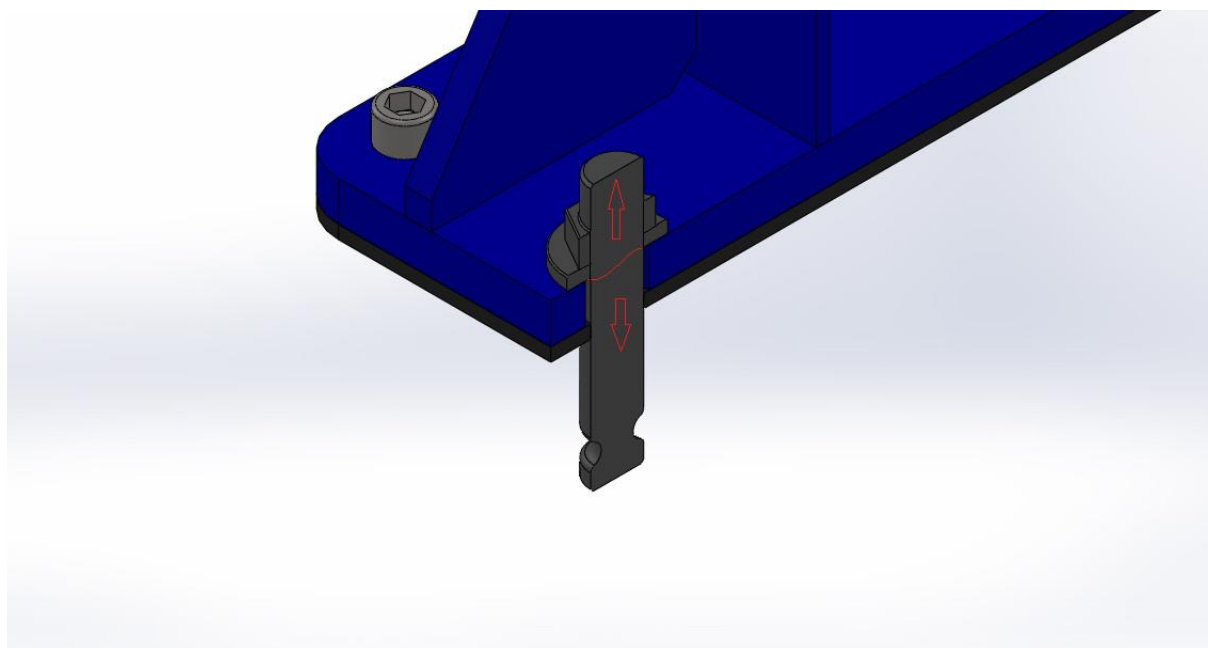
Obrázek č. 30: Renderovaný náhled pohonu



Zdroj: Vlastní zpracování (2014)

5.3 Výpočet kotvy

Obrázek č. 31: Řez kotvou



Zdroj: Vlastní zpracování (2014)

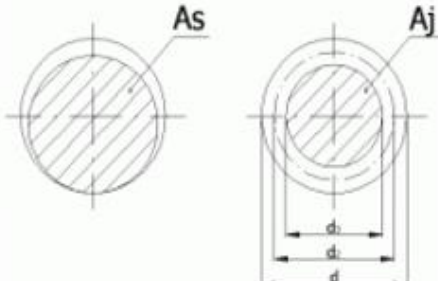
Tabulka č. 8: Tabulka mechanických vlastností šroubů

Třída pevnosti šroubu podle ISO 898	3.6	4.6	4.8	5.6	5.8	6.8	8.8	9.8	10.9	12.9
Třída pevnosti dřívější(ČSN)	4A	4D	4S	5D	5G	6G	8E	-	10K	12K
Označení šroubů bez zatížení podle tvrdosti	11H	11H	11H	14H	14H	22H	22H	-	33H	45H
Mez pevnosti jmenovitá R_m (MPa)	300	400	400	500	500	600	800	900	1000	1200
Mez kluzu jmenovitá R_e popř. jmenovitá $R_{p0,2}$	180 -	240 -	320 -	300 -	400 -	480 -	- 640	- 720	- 900	- 1080
Třída pevnosti matice:										
a) s plnou zatížitelností	4	4	4	5	5	6	8	9	10	12
b) s omezenou zatížitelností	04	04	04	04	05	05	-	-	-	-
c) bez zatížení	11H	11H	11H	11H	14H	14H	17H	-	22H	-

Tučné značky jsou přednostní.

Zdroj: Leinveber (2003)

Obrázek č. 32: Vzorec výpočtu průměru

$$A_S = \frac{F}{\sigma_D} \quad A_S = \frac{\pi}{4} \cdot \left(\frac{d_2 + d_3}{2} \right)^2 \quad A_j = \frac{\pi \cdot d_3^2}{4}$$


Zdroj: Leinveber (2003)

$F = 1700\text{N}$ (vlastní zatížení a možnost nedbalého zatížení obsluhou)

$\sigma_d = 800 \text{ [MPa]}$ (dle ČSN 02 1005 – 8.8)

$A_s = \text{M20x 2 -6g} - [17,55 \text{ mm}]$ (dle ČSN 01 4013) (Leinveber, 2003)

$$\sigma = \frac{F}{A} = \frac{1700}{14,55} = 98,87 \leq \sigma_d \text{ [MPa]} - \text{vyhovuje}$$

$$k = \frac{\sigma_d}{\sigma} = \frac{800}{98,87} = 8$$

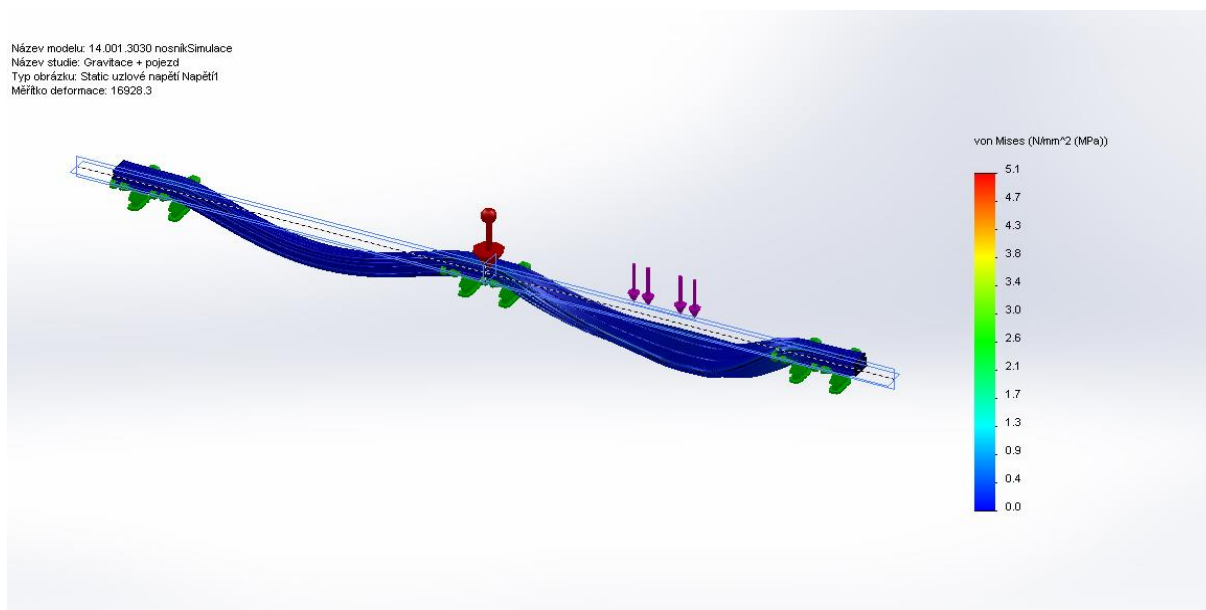
Závít šroubu je počítán na otláčení a střih pouze tehdy, jedná-li se o nenormalizovanou součást.

5.4 Výpočet vedení

Výpočet byl proveden metodou konečných prvků, příslušná zpráva je součástí přílohy č. B

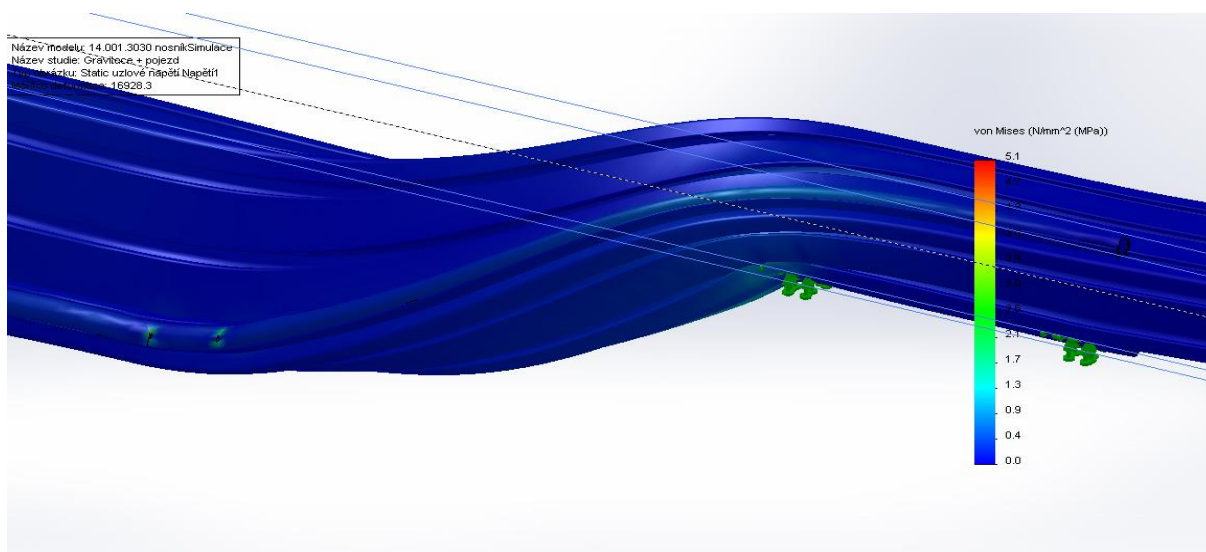
Zobrazené ilustrace jsou pouze jako orientační.

Obrázek č. 33: Napětí nosníku



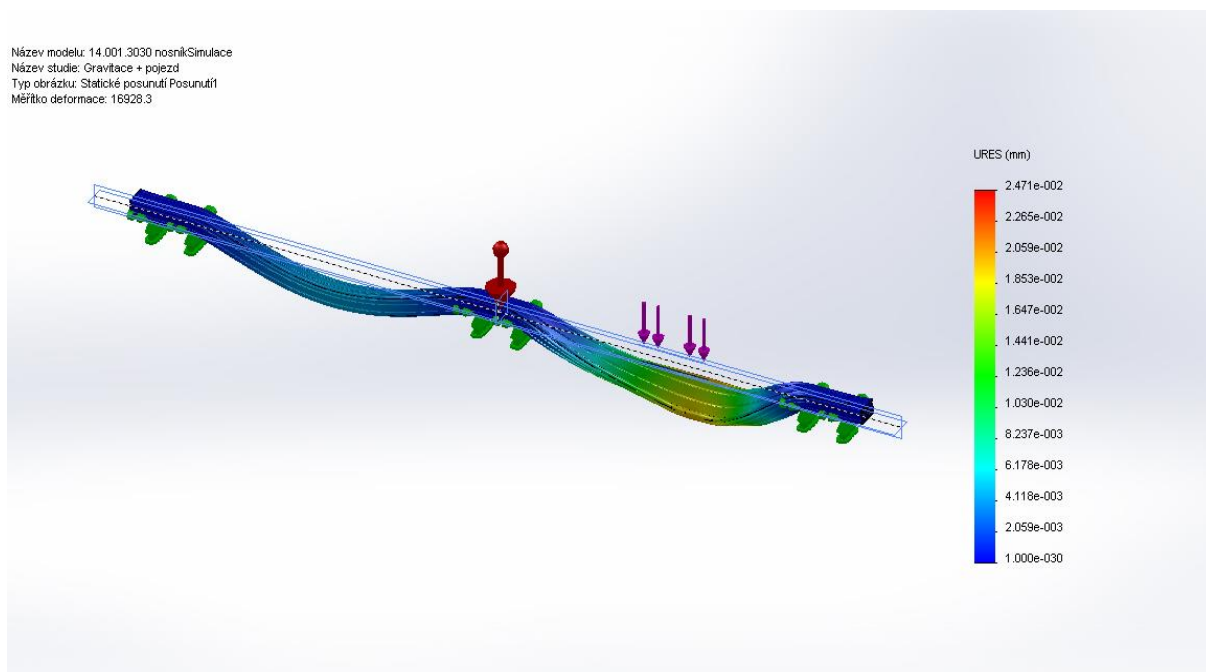
Zdroj: Vlastní zpracování (2014)

Obrázek č. 34: Napětí nosníku - detail



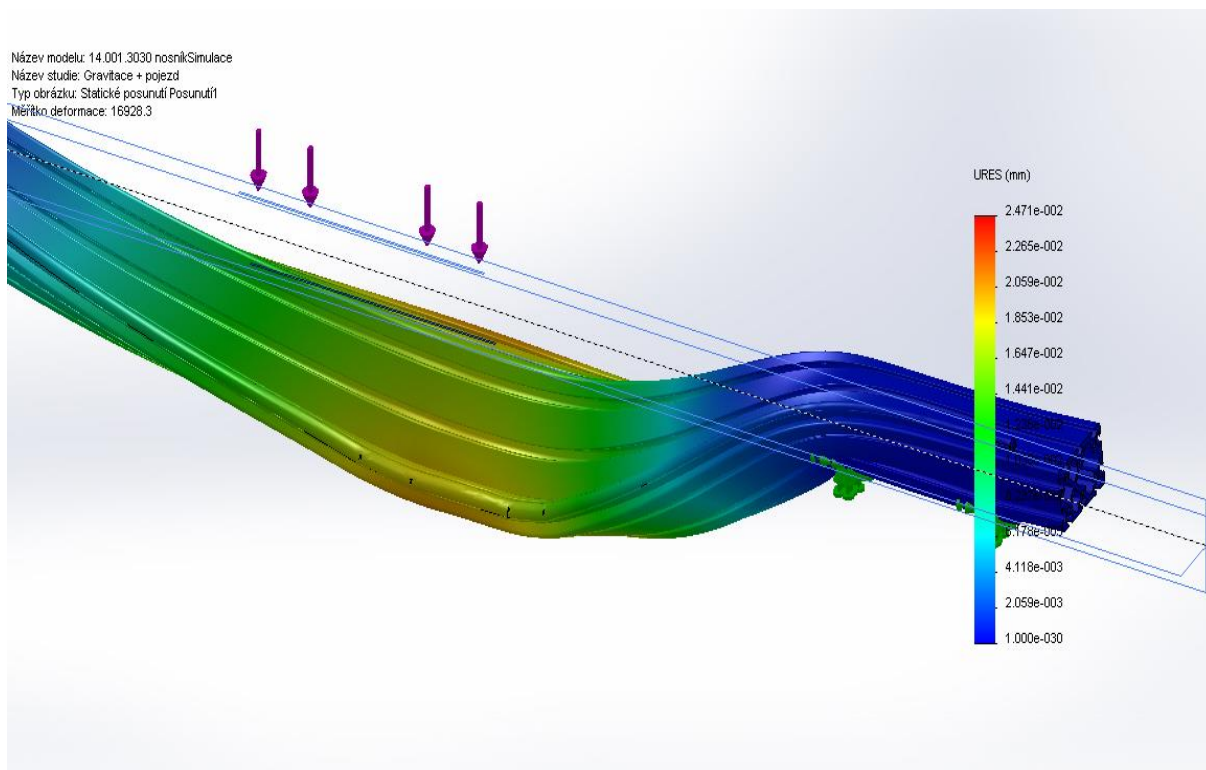
Zdroj: Vlastní zpracování (2014)

Obrázek č. 35: Deformace nosníku



Zdroj: Vlastní zpracování (2014)

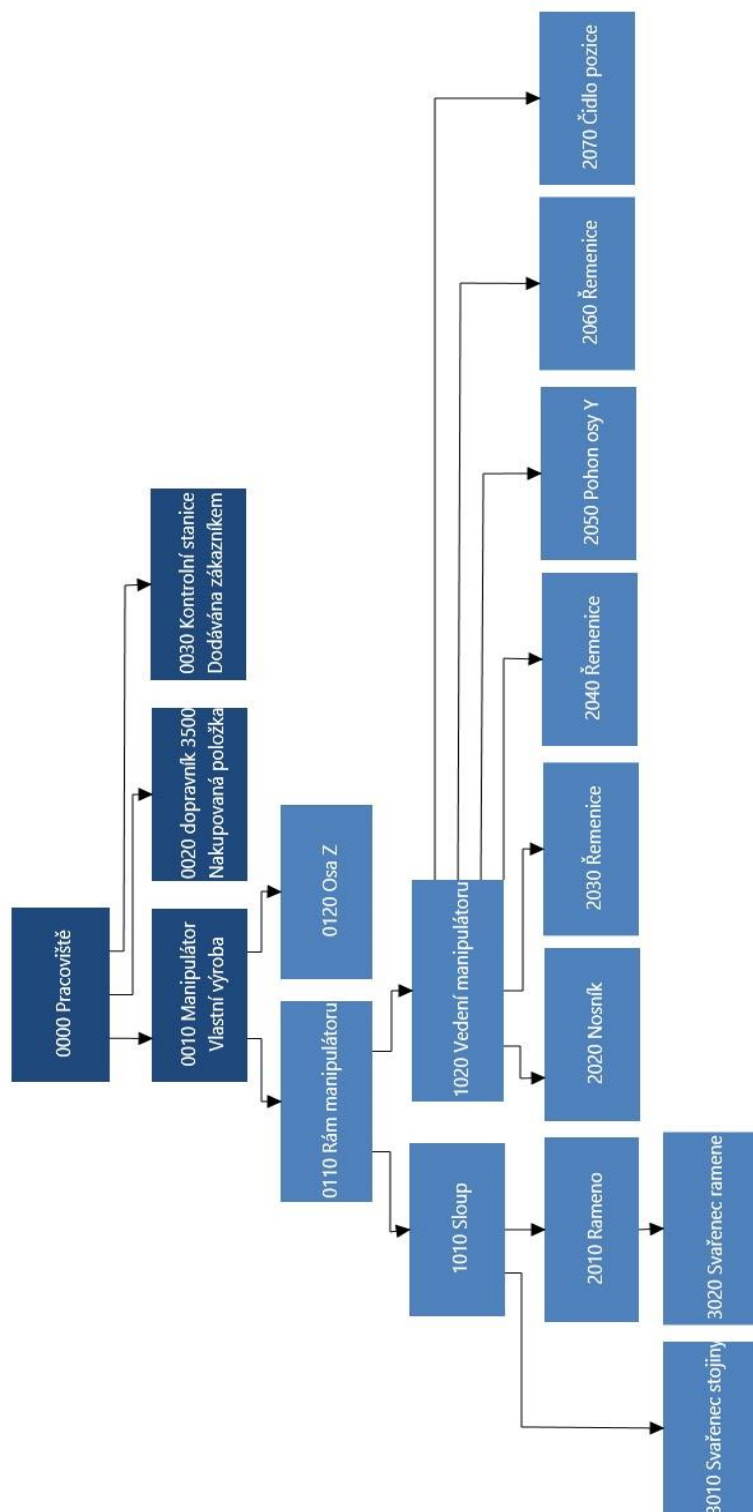
Obrázek č. 36: Deformace nosníku - detail



Zdroj: Vlastní zpracování (2014)

5.5 Stromová struktura

Obrázek č. 37: Stromová struktura sestav a podsestav



Zdroj: Vlastní zpracování (2014)

5.6 Odhad nákladů

Tabulka č. 9: Standardní ceník operací

Standardní ceník operací:		
Operace:	Druh:	Cena (Kč):
konstrukce	-	600/hod
kooperace	-	600/hod
technologie	-	600/hod
výroba	CNC	800/hod
	klasická frézka	400/hod
montáž/svařovna	-	400/hod
kontrola	-	400/hod
balné	-	2500
expedice	-	1000/10km

Zdroj: Vlastní zpracování (2014)

Tabulka č. 10: Ceny operací vztažené na zařízení

Ceny operací vztažené na zařízení:		
Operace:	Náročnost:	Cena (Kč):
konstrukce	100 hod	60000
kooperace	20 hod	12000
technologie	30 hod	18000
montáž	80 hod	32000
kontrola	16 hod	6400
balné	na položku	2500
expedice	20 km	2000
zprovoznění + zapojení	na položku	35000
proškolení obsluhy + návody	na položku	10000
		177900

Zdroj: Vlastní zpracování (2014)

Tabulka č. 11: Ceník nakupovaných položek

Ceník nakupovaných položek:							
Pozice:	Název položky:	Dodavatel:	Objednáací číslo:	Rozměr:	Počet (ks):	Jednotková cena (Kč):	Suma (Kč):
.0030	dopravník	Haberkorn	80MD 880x3500x1000	– pohon vytipován výrobce	2	46000	92000
7471,2	pojistný kroužek 20	Praktik		DIN 471	6	6	36
7472,4	pojistný kroužek 42	Praktik		DIN 472	2	6	12
7501	úhelník	Haberkorn		80x80	6	180	1080
7503	noha	Alutec	409916	M16x112	16	220	3520
7803	ložisková jednotka	Item	29426		4	480	1920
7804	ložisková jednotka	Item	29428		4	510	2040
7805	spojka	Lenze	Rotex 28	D1 = 20, D2 = 20	1	740	740
7806	řemen	Lenze	Power-grip GT 1-8200	8MR-20	2	2850	5700
7807	ložisko	SKF	6004	20x42x12	8	182	1456
7808	deska řemenu	Lenze	13091417	8M-20 HTD/GT	2	450	900
7814	pero	Praktik	ČSN 02 2562	6e7x6x28	3	5	15
7816	spojka	Lenze		KTR- Toolflex 38	2	920	1840
7817	vedení	Hennlich		FJUM-01 pr. 25	2	480	960
7818	záslepka	Praktik		120x120	12	48	576
8001	válec	Festo	536271	ADN-32-20-A-P-A	2	1890	3780
8002	kompenzační hlavice	Festo	6140	FK-M10X1.25	2	1200	2400
8003	přísavka	Festo	189174	ESG-30-SS-HD-QS_2_03	20	498	9960
9007	indukční čidlo	Sick	1040886	IME08-04PSZTOS	5	380	1900
9009	GST04-2S VCR 06 F41	Lenze	GST04-2S VCR 06 F41 MCS06F41-RS0B0	0,51kW,i 28,333	1	9800	9800
98xx	spojovací materiál	Ingomat	šrouby, matice, matice do drážek, podložky	DIN	X	4500	4500

Zdroj: Vlastní zpracování (2014)

Tabulka č. 12: Ceník vyráběných podskupin

Ceník vyráběných podskupin (dle hierarchie stromového kusovníku) :								
Pozice:	Název položky:	Materiál (Kč):	Svařování (Kč):	Povrchové úpravy (Kč):	Obrábění dílů (Kč):	Počet (ks):	Jednotková cena (Kč):	Suma (Kč):
110	rám manipulátoru	3200	0	1500	2200	1	6900	6900
120	osa Z	6400	0	1400	7800	1	15600	15600
1010	sloup	4100	3200	2600	1200	6	11100	66600
2020	nosník	6800	0	0	400	2	7200	14400
2030	Řemenice	900	0	600	800	2	2300	4600
2040	Řemenice	900	0	300	2200	1	3400	3400
2050	pohon osy Y	1800	0	0	800	1	2600	2600
2060	Řemenice	1900	0	300	2200	1	4400	4400
2070	čidlo pozice	100	0	0	200	5	300	1500
								120000

Zdroj: Vlastní zpracování (2014)

Tabulka č. 13: Celková cena výrobku

Celková cena výrobku:	
operace vztahené na zařízení:	177900
ceník nakupovaných dílů:	145135
ceník vyráběných podskupin:	120000
suma	443035
celková cena s 20% marží:	531642

Zdroj: Vlastní zpracování (2014)

Závěr

Cílem bakalářské práce bylo navrhnout jednoúčelový manipulátor, splňující veškeré požadavky uvedené v zadání. Prověření kritických uzlů a řádné vytipování komponent vyhovujících po funkční, ekonomické a v neposlední řadě i estetické stránce. Zároveň byl kladen velký důraz na možnost budoucích úprav zařízení, pro předpoklad, že v sériové výrobě může nastat určitá variabilita provedení a je tak z hlediska dobrého jména, referencí a spokojeného zákazníka dobré být připraven i v tomto směru. Uvažované zařízení je dimenzováno pro možnost několikanásobně většího zatížení, předpokládá chod v čistém prostředí, bez přítomnosti vyšších hodnot vlhkosti. Konstrukční řešení bylo kompletně zpracováno v 3DCAD systému Solid Works a je součástí této práce a možným podkladem k vytvoření detailní výrobní dokumentace a následné technologické přípravy.

Součástí této práce je analýza problému, ta byla omezena z hlediska rozsahu na celky, týkající se bezprostředně této práce, byť možných variant při rozhodování výběru nejvhodnějších řešení je daleko širší spektrum. Tyto položky byly zpětně z práce v určité míře odebrány, aby výsledná práce neztrácela na jednoznačnosti.

K výběru jednotlivých elementů, autora vedli dosavadní sice nevelké zkušenosti s obdobnými zařízeními a teoretická příprava při bakalářském studiu, dodávající větší jistotu a systematičnost. Každá z vytipovaných či navržených částí byla prověřena dle údajů výrobců, metodou výpočtů a empirickými zkušenostmi, byť každé rozhodnutí nemůže být obsahem této práce pro omezenost rozsahu. Rovněž z pohledu tržního by bylo vytváření takto podrobných zpráv značně neekonomické.

Vzhledem k tomu, že tato práce je ukončena ukázkou výrobní dokumentací, nemůže být vyloučena přítomnost chyby v konstrukci i přes veškerou snahu o pečlivé vypracování detailů, jak to v oboru jednoúčelových strojů bývá.

Seznam obrázků a tabulek

Obrázek č. 1: Rozdělení manipulátorů dle funkce a účelu použití	10
Obrázek č. 2: Vibrační podavač.....	11
Obrázek č. 3: Lékařský teleoperátor	12
Obrázek č. 4: Jednouúčelový programovatelný manipulátor	13
Obrázek č. 5: Univerzální manipulátory	15
Obrázek č. 6: Sériová struktura	20
Obrázek č. 7: Paralelní struktura	21
Obrázek č. 8: Konstrukční skupiny manipulátorů	22
Obrázek č. 9: Svařovaná konstrukce	24
Obrázek č. 10: Stavebnicová konstrukce.....	25
Obrázek č. 11: Elektromotor.....	26
Obrázek č. 12: Pneumatické válce.....	28
Obrázek č. 13: Ozubený řemen	32
Obrázek č. 14: Křížové ložisko	33
Obrázek č. 15: Vačkové kladky.....	33
Obrázek č. 16: Kluzně uložené sférické ložisko.....	34
Obrázek č. 17: Kulový čep	34
Obrázek č. 18: Lineární vedení.....	35
Obrázek č. 19: Kladkové vedení.....	36
Obrázek č. 20: Lišty křížových válečkových ložisek	36
Obrázek č. 21: Lineární ložisko.....	37
Obrázek č. 22: Úchopná hlavice.....	38
Obrázek č. 23: Vakuová technika	39
Obrázek č. 24: Elektromagnetické uchopení	40

Obrázek č. 25: Kinematické schéma	42
Obrázek č. 26: Deska zdvihu	48
Obrázek č. 27: Schéma navrženého zařízení	53
Obrázek č. 28: Renderovaný náhled celkového pohledu.....	54
Obrázek č. 29: Renderovaný náhled supportu	55
Obrázek č. 30: Renderovaný náhled pohonu	56
Obrázek č. 31: Řez kotvou.....	57
Obrázek č. 32: Vzorec výpočtu průměru	58
Obrázek č. 33: Napětí nosníku.....	59
Obrázek č. 34: Napětí nosníku - detail	59
Obrázek č. 35: Deformace nosníku	60
Obrázek č. 36: Deformace nosníku - detail	60
Obrázek č. 37: Stromová struktura sestav a podsestav	61
Tabulka č. 1: Třídy kinematických dvojic	19
Tabulka č. 2: Svislá část rámu	43
Tabulka č. 3: Vodorovná část rámu	44
Tabulka č. 4: Pohon pojezdu	45
Tabulka č. 5: Pohon zdvihu	47
Tabulka č. 6: Vedení supportu.....	49
Tabulka č. 7: Uchopení komponentů.....	50
Tabulka č. 8: Tabulka mechanických vlastností šroubů.....	57
Tabulka č. 9: Standardní ceník operací.....	62
Tabulka č. 10: Ceny operací vztažené na zařízení.....	62
Tabulka č. 11: Ceník nakupovaných položek.....	63
Tabulka č. 12: Ceník vyráběných podskupin	64
Tabulka č. 13: Celková cena výrobku	64

Seznam použité literatury

Monografické publikace

FISCHER J., KACER J., KAULER J. Kinematika pohybu robotických systémů. Skripta VA v Brně, 2004.

KRÁTKÝ, Jaroslav; KRÓNEROVÁ, Eva a kol. Obecné strojní části 2: základní a složené přechodové mechanismy. V Plzni: Západočeská univerzita, 2011. 265 s. ISBN 978-80-261-0093-5

LEINVEBER, Jan; VÁVRA, Pavel. *Strojnické tabulky: pomocná učebnice pro školy technického zaměření*. 1. vyd. Úvaly: Albra, 2003. xv, 865 s. ISBN 80-86490-74-2

MATIČKA, Robert a TALÁCKO, Jaroslav. *Konstrukce manipulátorů a průmyslových robotů: Určeno pro stud. fak. strojní*. [2.] dotisk [3. vyd.]. Praha: ČVUT, 1986. 179 s.

RUMÍŠEK, Pavel. *Automatizace výrobních procesů*. V Praze: Čs. redakce MON, 1990. 192 s. ISBN 978-80-214-0221-8

LENZE - Konkrétní nabídka obchodního zástupce Vladislava Trýba společnosti Lenze, 2014

Elektronické zdroje

Alucomplast. *Hliníkové profily, parapety hliníkové tažené*. [online]. datum nenalezeno [cit. 2014-02-08]. Dostupné z: <http://www.alucomplast.cz/default.aspx?pg=0e2f5e40-6c19-4eb1-b658-5c1b3a7ca08d>

American robot sales. *Irmate 200ic*. [online]. 2013 [cit. 2014-01-30]. Dostupné z: <http://www.americanrobotsales.com/LRMATE/Irmate200ic.JPG>

Automation World. *Robot Vendors Persevere*. [online]. 12.6.2009 [cit. 2014-01-30]. Dostupné z: <http://www.automationworld.com/manufacturing-assets/robot-vendors-persevere>

CNC shop. *SMA uzavřený linearset*. [online]. 2010 [cit. 2014-03-02]. Dostupné z: <http://www.cncshop.cz/sma-uzavreny-linearset>

Direct industry. *Elektromotoren*. [online]. 2014 [cit. 2014-02-10]. Dostupné z: http://img.directindustry.de/images_di/photo-g/elektromotoren-asynchrone-drehstrommotoren-frequenzumrichterbetrieb-9033-2303739.jpg

Festo. *Kompaktní válce ADN*. [online]. 2014 [cit. 2014-03-05]. Dostupné z: https://www.festo.com/cat/cs_cz/products_ADN_AEN

GM Technik. *Pneumatický válec, pneumatický ventil, regulátor tlaku PARKER*. [online]. 10.12.2008 [cit. 2014-02-10]. Dostupné z: <http://www.gmtechnik.cz/rychlospojky-ludecke/pneumatika-parker.htm>

Haberkorn. *Přehledový katalog*. [online]. duben 2013 [cit. 2014-02-03]. Dostupné z: <http://www.haberkorn.cz/files/book/HU-prehledovy-katalog/#1/z>

Hiwin. *Lineární vedení*. [online]. datum nenalezeno [cit. 2014-02-24]. Dostupné z: <http://www.hiwin.cz/cz/produkty/linearni-vedeni>

Javy. *Kruhové vibrační podavače*. [online]. 25.1.2013 [cit. 2014-01-29]. Dostupné z: http://www.javy.cz/o_nas.htm

Kovaz. *Vakuové přísavky*. [online]. 2014 [cit. 2014-03-02]. Dostupné z: <http://www.hydraulika-pneumatika.cz/vakuove-prisavky-c861/>

Krofian. *Manipulace*. [online]. 2010 [cit. 2014-01-29]. Dostupné z: <http://www.krofian.cz/manipulace/>

Profimagnet s.r.o.. *Obdélníkový elektromagnet*. [online]. 2010 [cit. 2014-03-02]. Dostupné z: <http://www.profimagnet.cz/page.php?page=2121>

Rej.cz. *Fotogalerie*. [online]. 2009 [cit. 2014-01-29]. Dostupné z: <http://olomoucky.rej.cz/fotky/2009/robot3.jpg>

SMC. *Nové elektrické pohony a úchopné hlavice*. [online]. datum nenalezeno [cit. 2014-03-02]. Dostupné z: <http://www.smc.cz/document.asp?id=1264>

T.E.A. Technik s.r.o.. *Lineární vedení Alurol*. [online]. 2007 [cit. 2014-02-26]. Dostupné z: <http://www.teatechnik.cz/alurol-1/>

THK. *Kluzně uložené sférické ložisko*. [online]. 2006c [cit. 2014-02-20]. Dostupné z: <http://www.thk.com/?q=cz/node/3672>

THK. *Křížové ložisko s vnitřní i vnější rotací.* [online]. 2006a [cit. 2014-02-18]. Dostupné z: <http://www.thk.com/?q=cz/node/3774>

THK. *Kulový čep.* [online]. 2006d [cit. 2014-02-24]. Dostupné z: <http://www.thk.com/?q=cz/node/3673>

THK. *Lišta křížového válečkového ložiska.* [online]. 2006e [cit. 2014-03-02]. Dostupné z: <http://www.thk.com/?q=cz/node/3659>

THK. *Stahnutí katalogu a kontaktní formulář.* [online]. 2014 [cit. 2014-02-11]. Dostupné z: https://tech.thk.com/cz/cat_claim/catalog_list.php

THK. *Váčková kladka.* [online]. 2006b [cit. 2014-02-20]. Dostupné z: <http://www.thk.com/?q=cz/node/3670>

Triom. *Katalogové listy.* [online]. 2007 [cit. 2014-02-03]. Dostupné z: <http://www.triom.cz/produkty-docs/produkty/katalogove-listy/124309962RM.pdf>

V. H. Müller, s.r.o.. *Ozubené řemeny z polyuretanu.* [online]. 2014 [cit. 2014-02-11]. Dostupné z: <http://www.whm.cz/produkty/ozubene-remeny-remenice>

Young engineers. *Seetech robot integration.* [online]. 2014 [cit. 2014-01-30]. Dostupné z: <http://www.youngengineers.co.uk/wp-content/uploads/2014/01/seetech-robot-integration.jpg>

Použitý software

[1] Solid Works 2012 x64 Edition, Dassault Systèmes SolidWorks Corp., 2012

[2] Microsoft® Office 2013 - © 1983 – 2013 Microsoft Corp. 2013

[3] PDFsam; Andrea Vacondino 2012

Seznam příloh

Příloha A: Výkresová dokumentace

Příloha B: Simulace nosníků metodou konečných prvků

Příloha C: Kusovník dílů

Příloha D: Podklady k servomotoru Lenze – GST04-2S VCR 06 F41 MCS06F41-RS0B0

Příloha E: Podklady k pneumatickému válci Festo – ADN 32-20-A-P-A

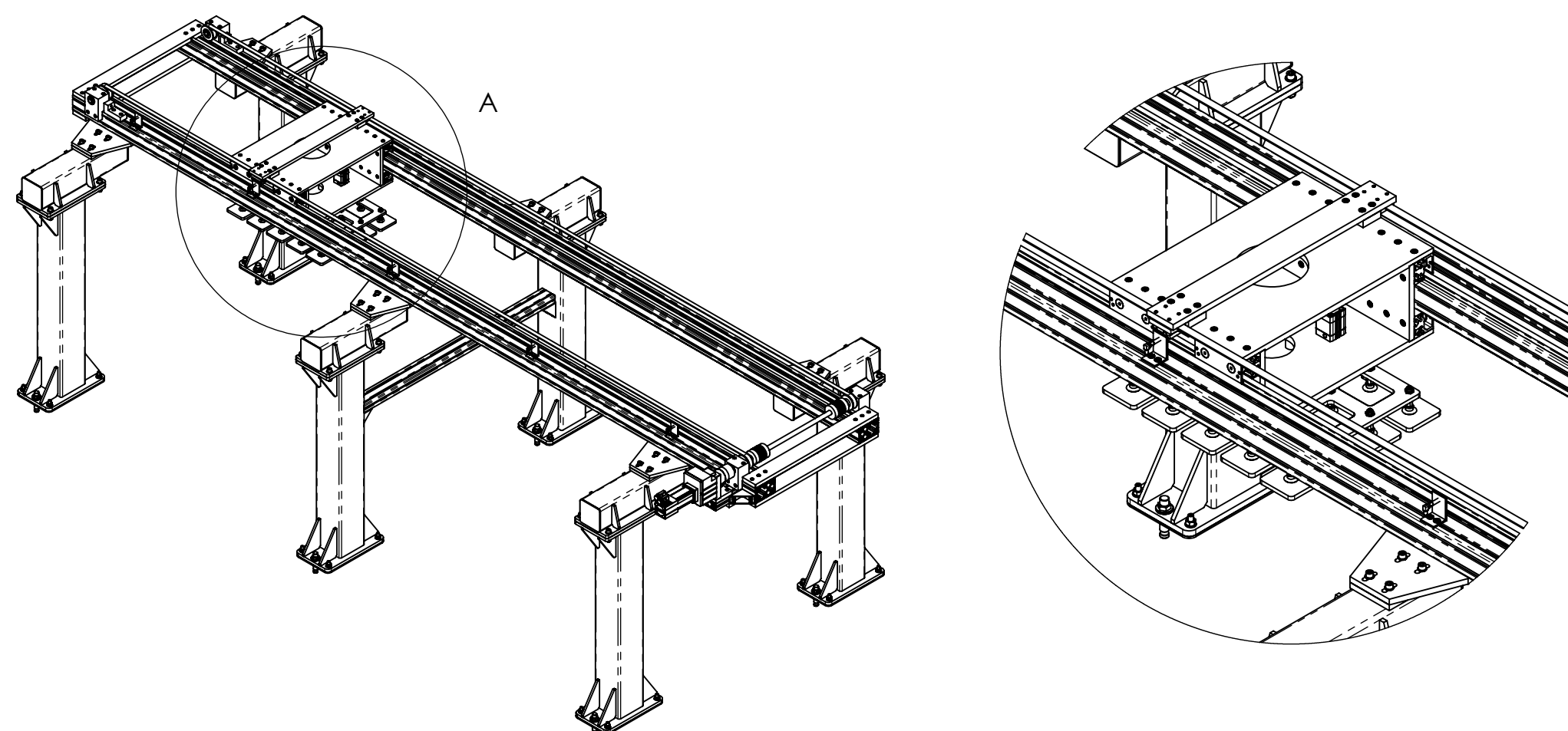
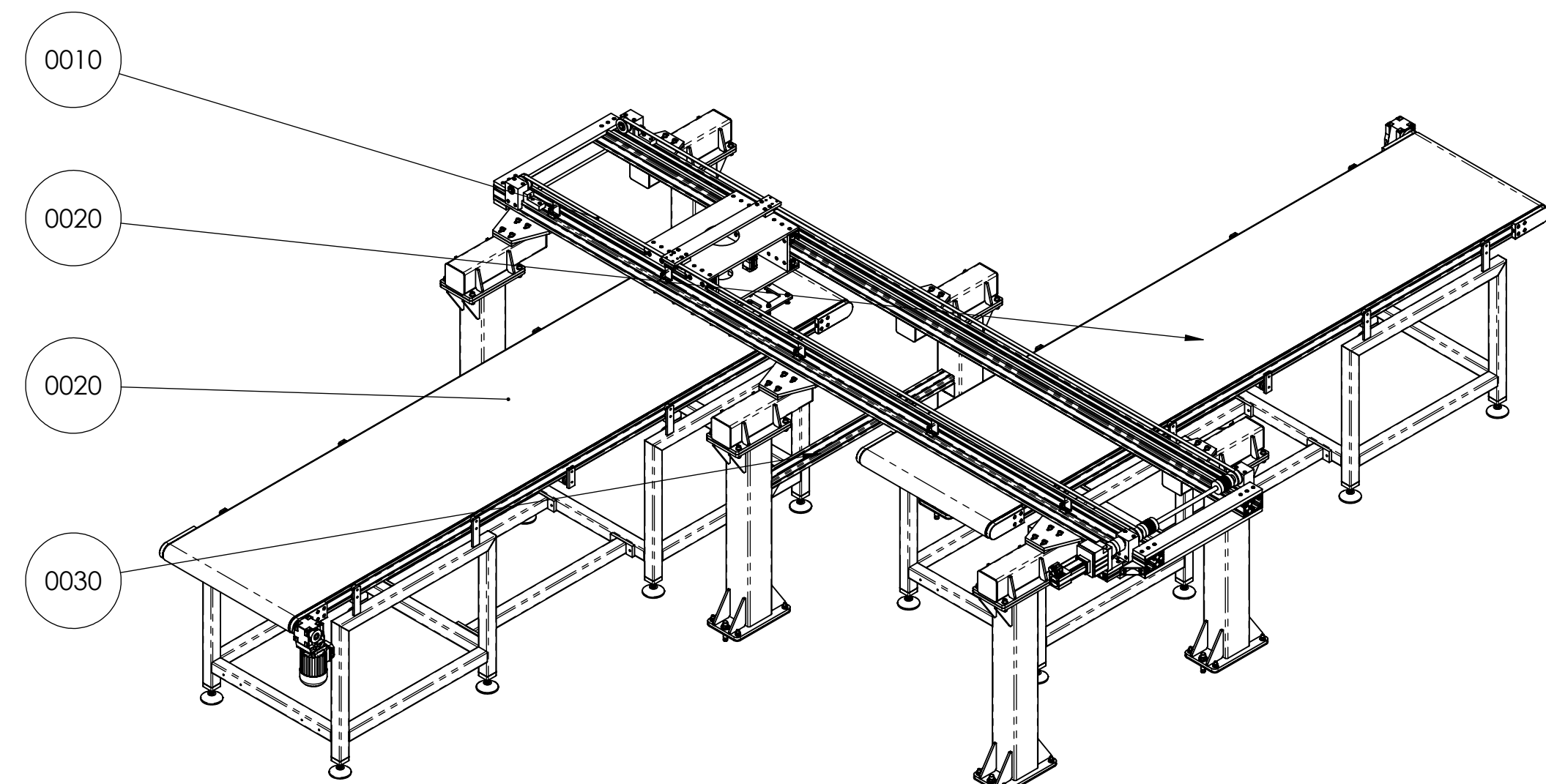
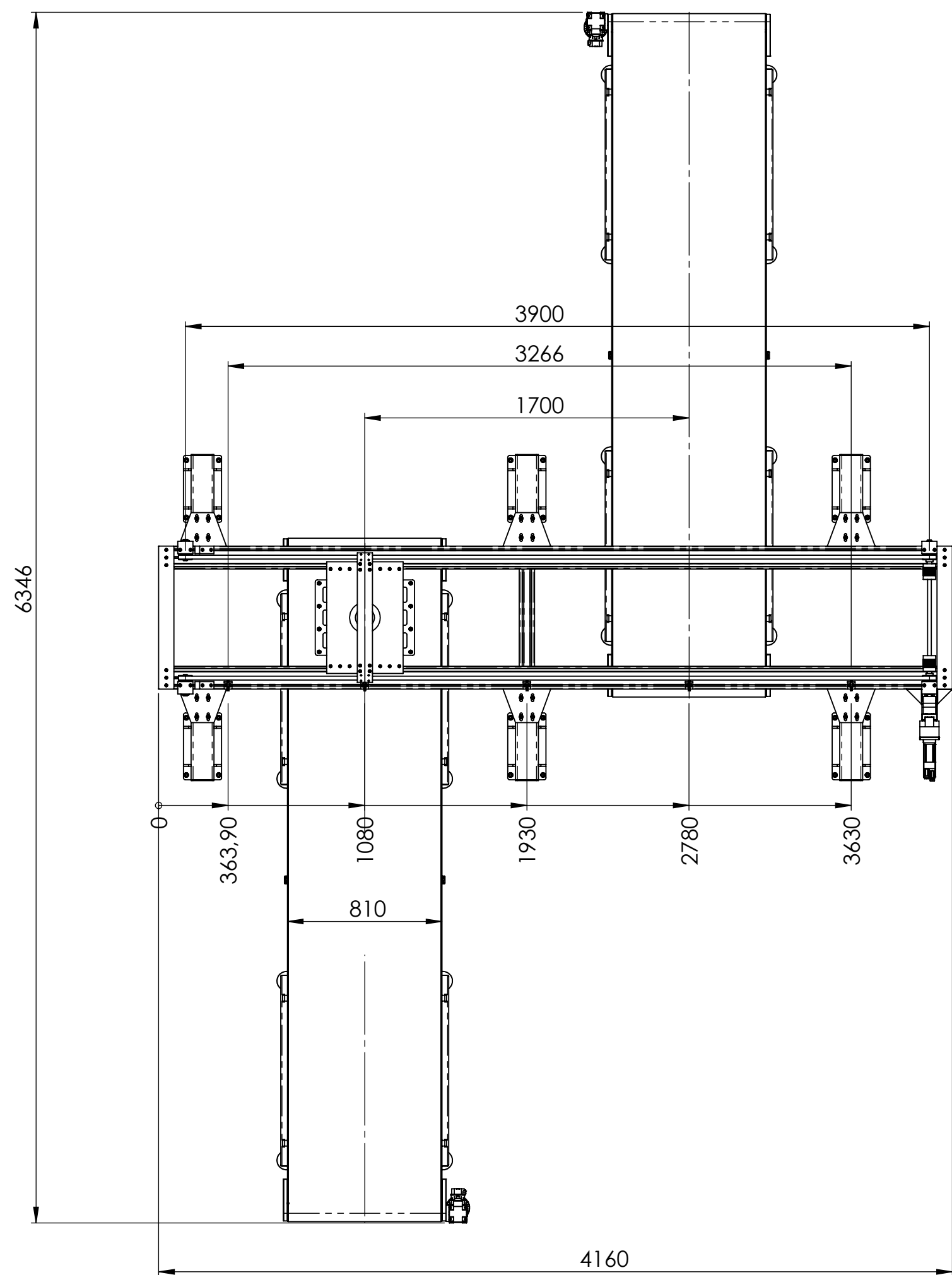
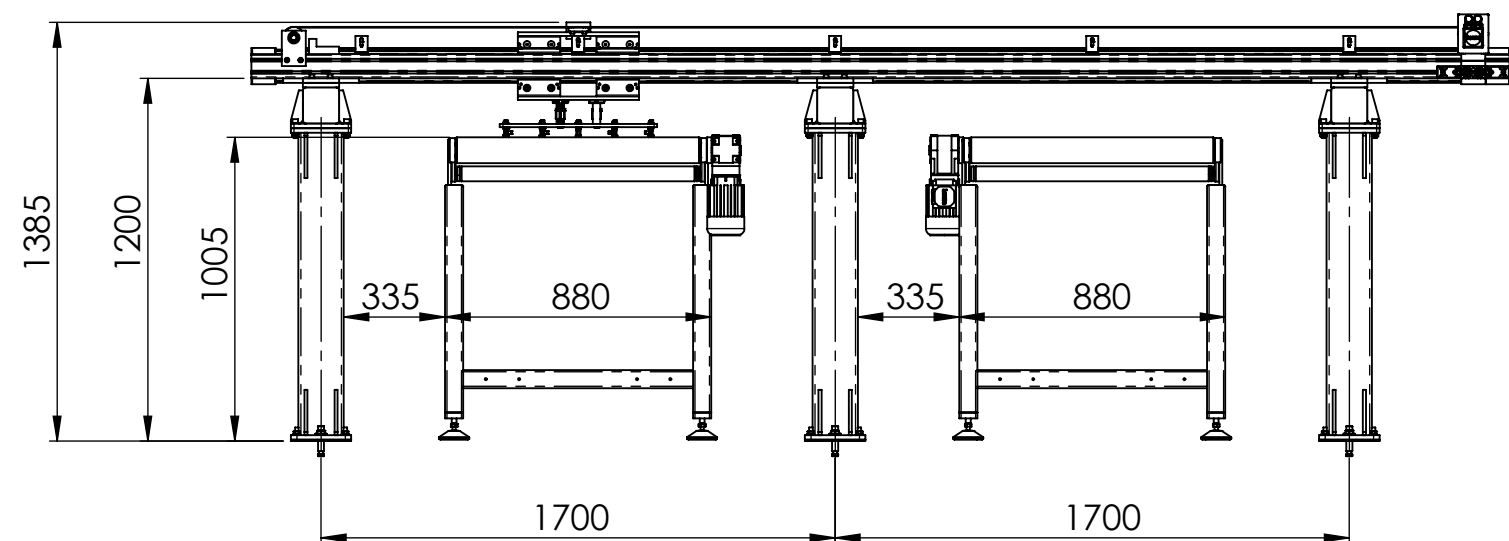
Příloha F: Podklady k přísavce Festo – ESG-30-SS-HD-QS

Příloha G: Seznam jednotek a veličin

Příloha H: 3D CAD DATA

Příloha A

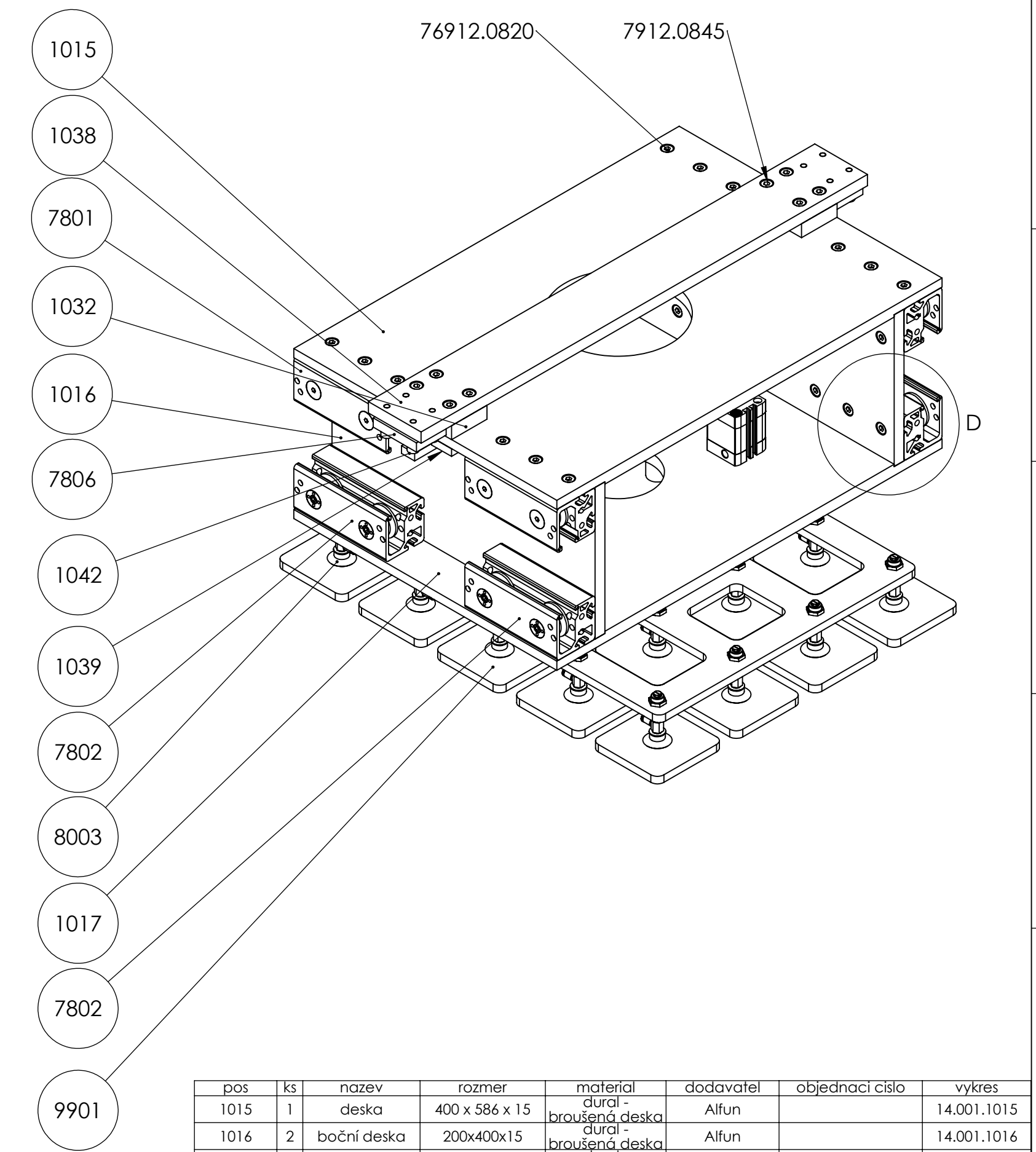
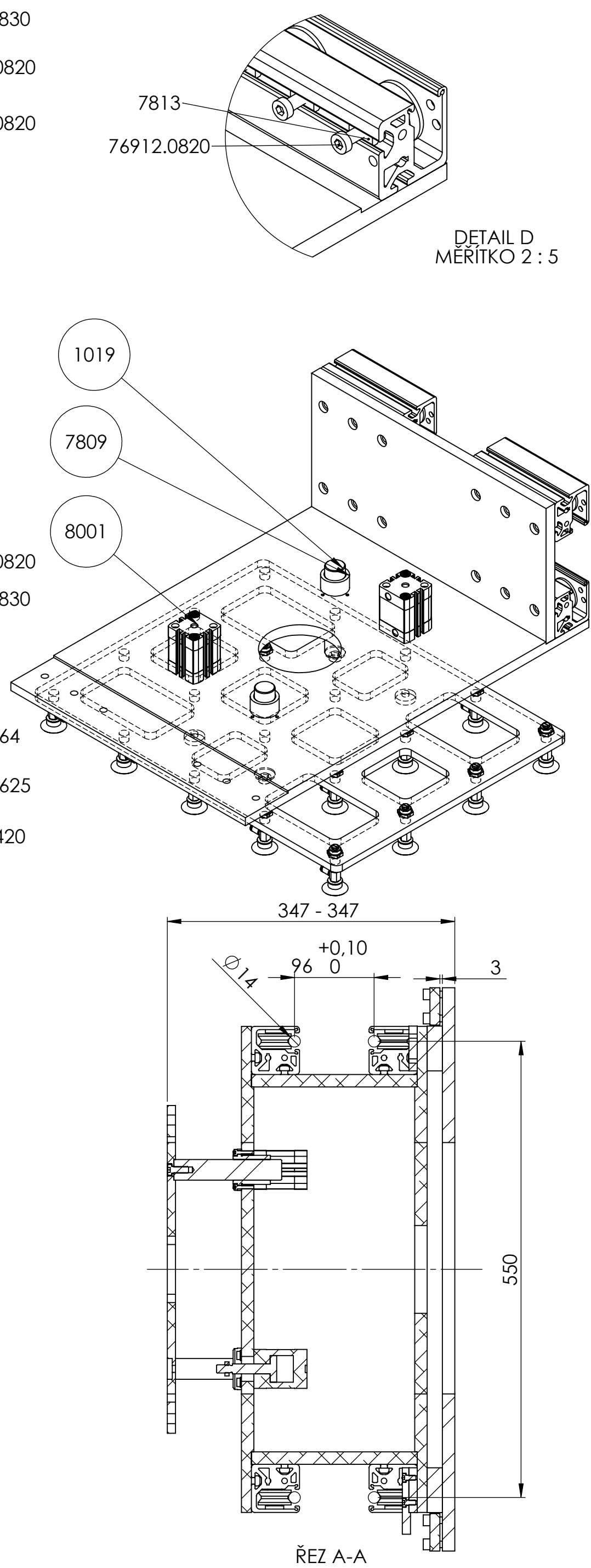
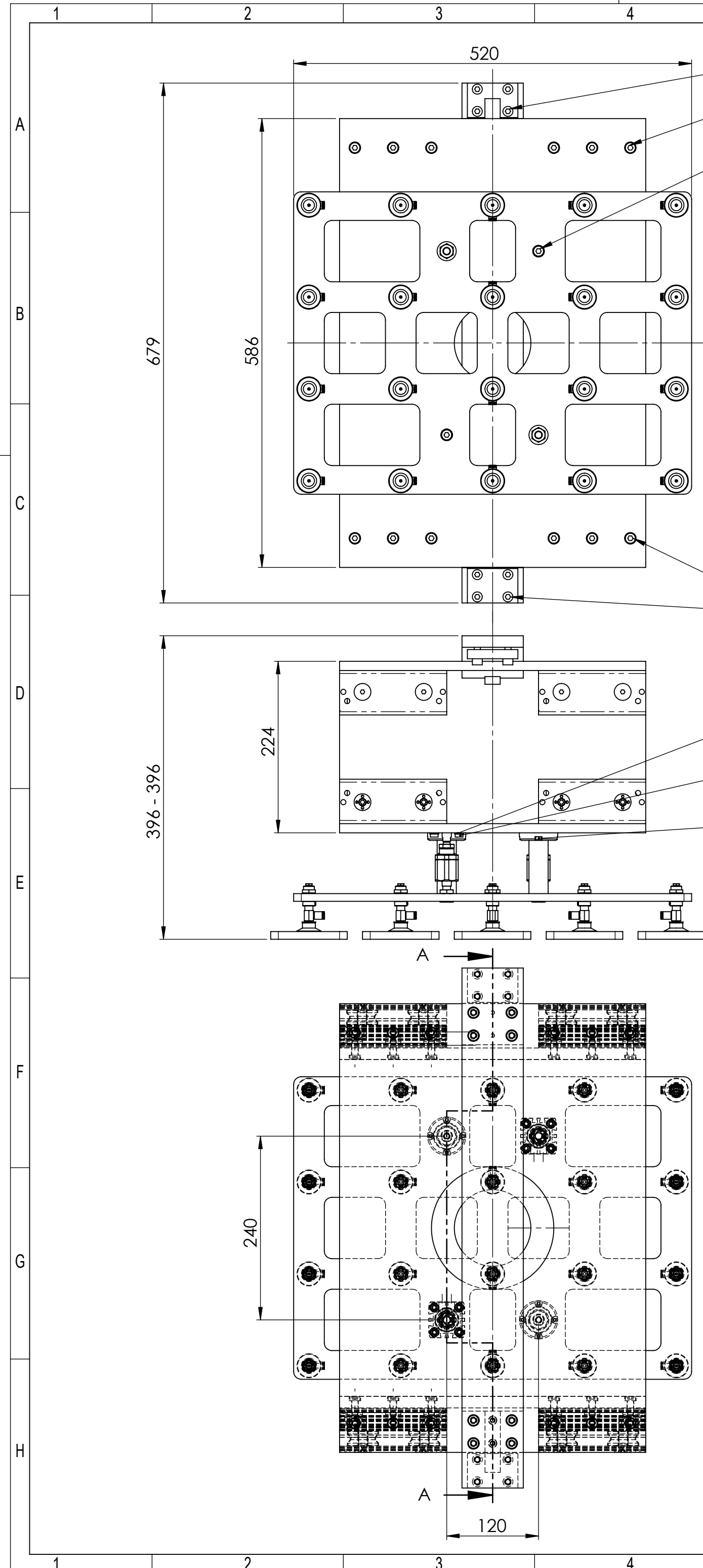
Výkresová dokumentace v programu SolidWorks 2013
(4 listy – volně ložené v chlopních)



DETAIL A
MÉRITKO 2 : 25

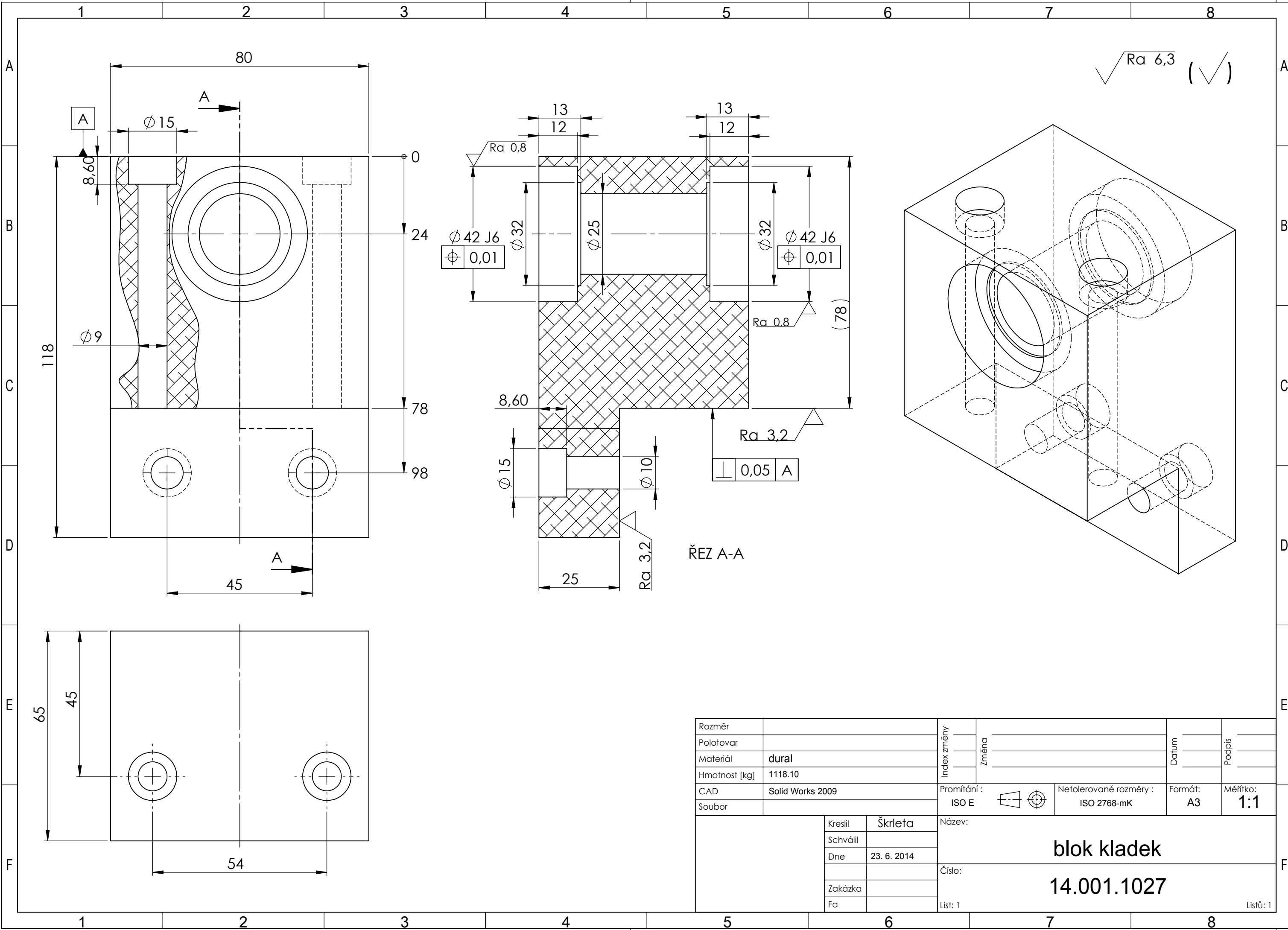
pos	ks	nazev	rozmer	material	dodavatel	objednaci cislo	vykres
0020	2	dopravník 3500					14.012.0020
0010	1	manipulátor					14.001.0010
0030	1	kontrolní stanice					14.001.0030

Rozměr		Index změny		Změna		Datum	Podpis		
Polotovar									
Materiál									
Hmotnost [kg]	1309.72								
CAD	Solid Works 2009	Promítání :	ISO E	Netolerované rozměry :	ISO 2768-mK	Formát:	A2		
Soubor						Měřítka:	1:25		
	Kreslil	Škřeta	Název:	pracoviště					
	Schválil								
	Dne	23. 6. 2014	Číslo:					14.001.0000	
	Zakázka		Líst: 1						
	Fa								

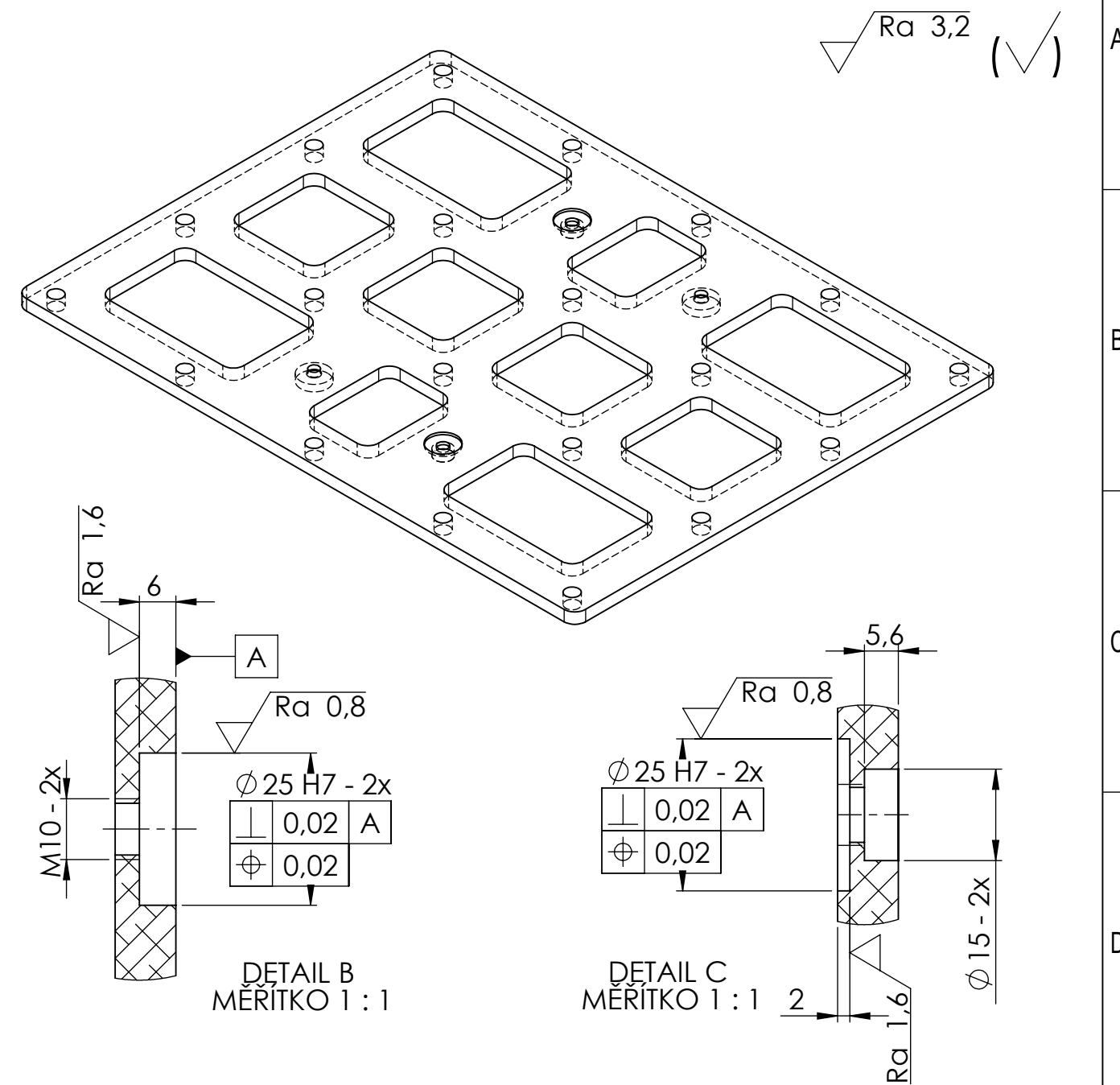
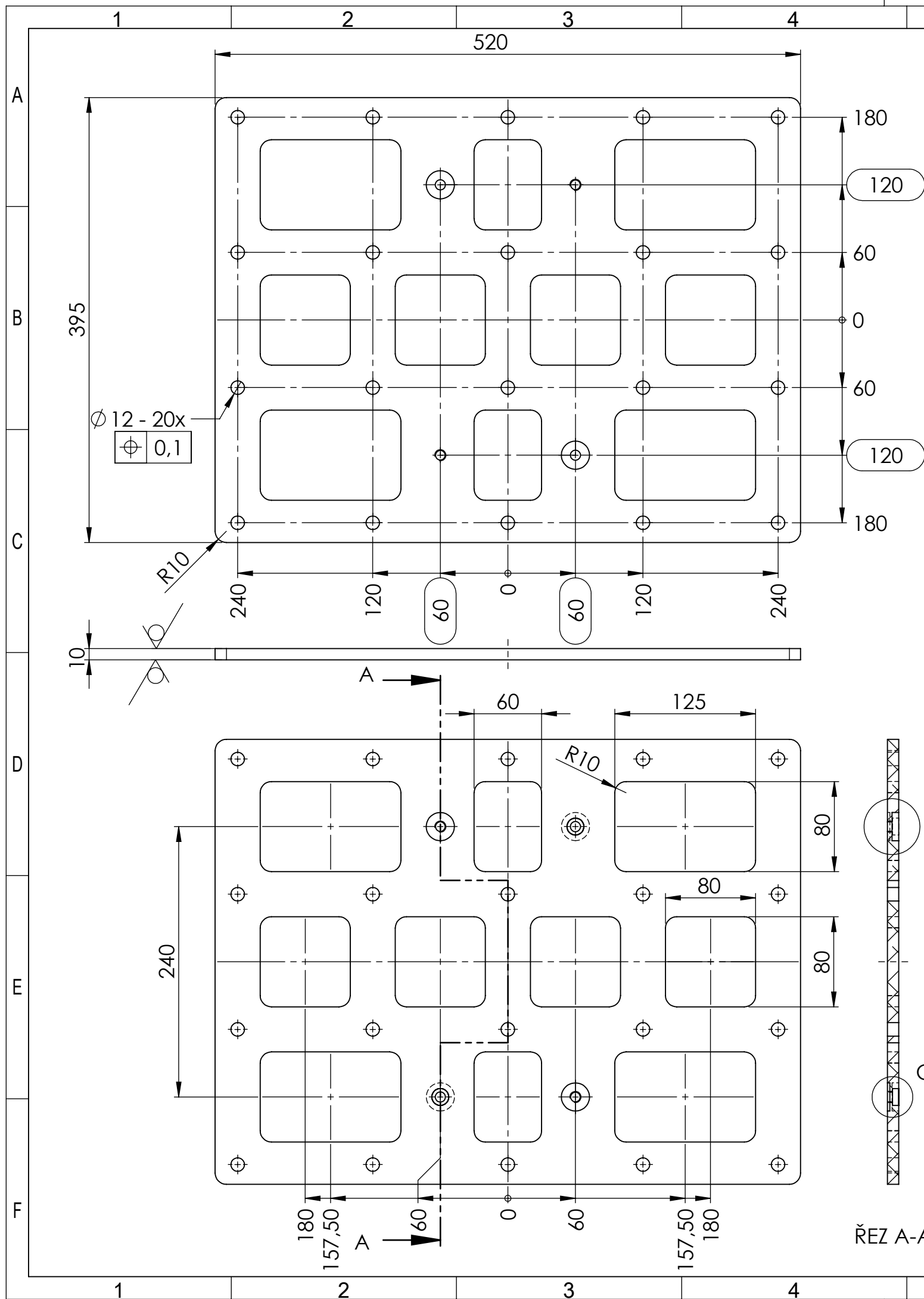


pos	ks	nazev	rozměr	materiál	dodavatel	objednací číslo	vykres
1015	1	deska	400 x 586 x 15	dural - broušená deska	Alfun		14.001.1015
1016	2	boční deska	200x400x15	dural - broušená deska	Alfun		14.001.1016
1017	1	deska	400x568x15	dural - broušená deska	Alfun		14.001.1017
1019	2	distanční tyč	pr.25 x 130		Praktik		14.001.1019
1032	2	unášec	80x54x8,5	11 373	Ferona		14.001.1032
1038	1	plo	80x67x15	11 373	Alfun		14.001.1038
1039	2	matici	80x54x10	11 373	Ferona		14.001.1039
1042	1	plo	80 x 20 x 10	11 373	Ferona		14.001.1042
1044	1	deska	395x520x10	dural - broušená deska	Alfun		14.001.1044
76912.0612	2	inbus	M6x12			DIN 6912	
7801	4	ložisková jednotka		dural + 15 142	Item	0029426	
7912.0845	8	šroub s vnitřním 6HR	M8x45			DIN 912	
76912.0820	50	inbus	M8x20			DIN 6912	
7912.0420	8	šroub s vnitřním 6HR	M4x20			DIN 912	
76912.0625	8	inbus	M6x25			DIN 6912	
7125.064	8	podložka 6,4	DIN 125				
7813	48	matici	V8STM8	ocel	Haberkorn	0.0.480.48	
7802	4	ložisková jednotka		dural + 15 142	Item	0029428	
7806	2	deska řemenu vedení	8M-20 HTD/GT FJUM-01 pr.25		Lenze	13091417	
7912.0830	8	šroub s vnitřním 6HR	M8x30			DIN 912	
8001	2	válec	ADN-32-20-A-P-A		Festo	536271	
8002	2	kompenzační hlavice	FK-M10X1.25		Festo	6140	
8003	20	přisavka	ESG-30-SS-HD-QS	silikon	Festo	189174	
9901	20	zakládání díl	100x 100 x 10	polyethylen	zákazník	Z 9901	14.001.9901

Rozměr		Index změny		Datum	
Polotovár		Změna			Podpis
Materiál					
Hmotnost [kg]					
CAD	Solid Works 2009	Promítání :	ISO E	Netolerované rozměry :	ISO 2768-mK
Soubor				Formát:	A2
	Kreslil Škřeta	Název:	osa Z		
	Schválil	Dne	23. 6. 2014		
	Zakázka	Číslo:	14.001.0120		
	Fa	Líst: 1			



Rozměr		Index změny	Změna	Datum	Podpis
Polotovár					
Materiál	dural				
Hmotnost [kg]	1118.10				
CAD	Solid Works 2009	Promítání :	ISO E	Netolerované rozměry :	Formát: A3
Soubor				ISO 2768-mK	Měřítka: 1:1
	Kreslil	Škrleta	Název:	blok kladek	
	Schválil		Číslo:		
	Dne	23. 6. 2014			
	Zakázka				
	Fa			Líst: 1	Měřítka:
					Lístů: 1



Rozměr		Index změny		Změna		Datum		Podpis	
Polotovár									
Materiál	dural - broušená deska								
Hmotnost [kg]	3446.59								
CAD	Solid Works 2009	Promítání :	ISO E	Netolerované rozměry :	ISO 2768-mK	Formát:	A3	Měřítko:	1:4
Soubor									
	Kreslil	Škrleta	Název:						
	Schválil		deska						
	Dne	23. 6. 2014							
	Zakázka		Číslo:						
	Fa		14.001.1044						
			List: 1						
			Listů: 1						

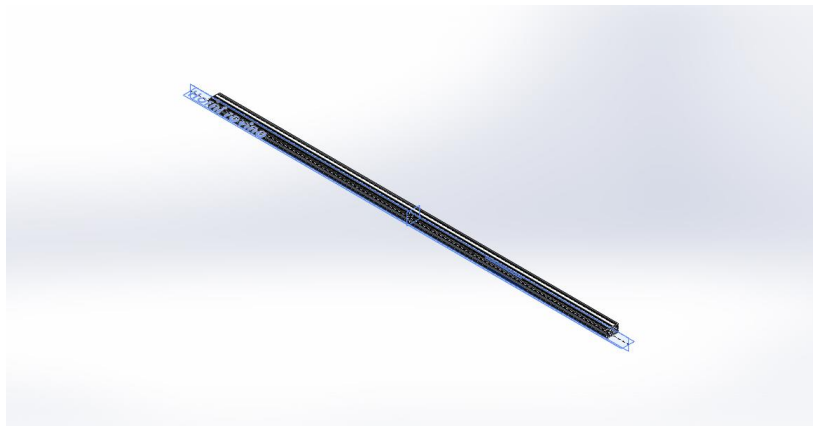
Příloha B

Simulace nosníku metodou konečných prvků v programu SolidWorks 2013
(12 listů)

Martin Škrleta
Husova 411
Holýšov 34662
Telefon: 607116772

Simulace 14.001.3030 nosníkSimulace

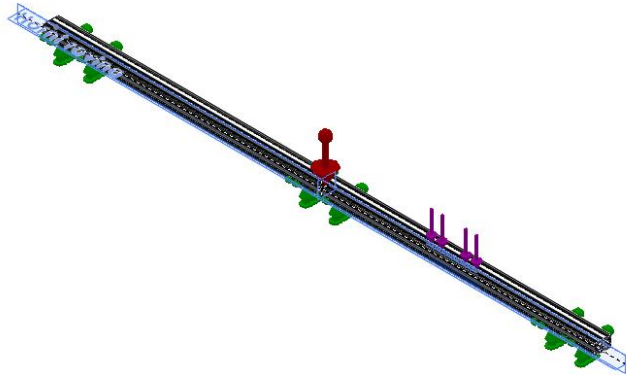
Datum: 16. února 2014
Designer: Martin Škrleta
Název studie: Gravitace + pojezd
Typ analýzy: Static



Popis

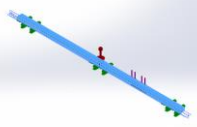
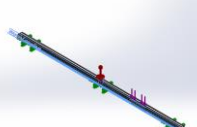
Simulace stanovuje napětí a průhyb.
Zatěžující síly jsou váha support + síly gravitační.

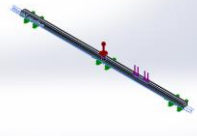
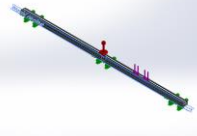
Informace o modelu



Název modelu: 14.001.3030 nosníkSimulace
 Aktuální konfigurace: Výchozí

Objemová těla

Název a odkaz dokumentu	Považováno za	Objemové vlastnosti	Složka dokumentu/Datum změny
Odebrat vysunutím1 	Objemové tělo	Hmotnost:45.2562 kg Objem:0.0167616 m ³ Hustota:2700 kg/m ³ Hmotnost:443.511 N	C:\Users\Martin\Desktop\Simulace - BP\14.001.1011 nosníkSimulace.SLDPRT Feb 15 17:13:28 2014
Vysunout2 	Objemové tělo	Hmotnost:0.98756 kg Objem:0.000365763 m ³ Hustota:2700 kg/m ³ Hmotnost:9.67809 N	C:\Users\Martin\Desktop\Simulace - BP\14.001.1012 držák vodící tyčeSimulace.SLDPRT Feb 15 17:02:17 2014
Vysunout2 	Objemové tělo	Hmotnost:0.98756 kg Objem:0.000365763 m ³ Hustota:2700 kg/m ³ Hmotnost:9.67809 N	C:\Users\Martin\Desktop\Simulace - BP\14.001.1012 držák vodící tyčeSimulace.SLDPRT Feb 15 17:02:17 2014

<p>Odebrat vysunutím1</p> 	<p>Objemové tělo</p>	<p>Hmota:4.80284 kg Objem:0.000615749 m³ Hustota:7800 kg/m³ Hmotnost:47.0678 N</p>	<p>C:\Users\Martin\Desktop\Simulace - BP\14.001.1013 vodící tyčSimulace.SLDPRT Feb 15 22:50:35 2014</p>
<p>Odebrat vysunutím1</p> 	<p>Objemové tělo</p>	<p>Hmota:4.80284 kg Objem:0.000615749 m³ Hustota:7800 kg/m³ Hmotnost:47.0678 N</p>	<p>C:\Users\Martin\Desktop\Simulace - BP\14.001.1013 vodící tyčSimulace.SLDPRT Feb 15 22:50:35 2014</p>

Vlastnosti studie

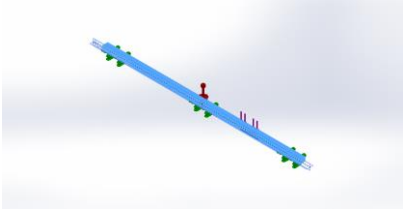
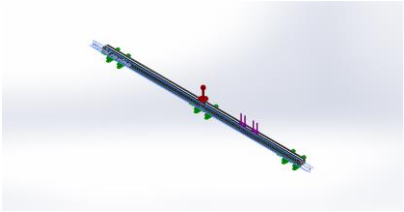
Název studie	Gravitace + pojezd
Typ analýzy	Static
Typ sítě	Objemová síť
Teplotní účinek:	Zapnuto
Možnost teplotních účinků	Včetně teplotního zatížení
Teplota nulového napětí	298 Kelvin
Včetně účinků tlaku z proudění ze SolidWorks Flow Simulation	Vypnuto
Typ řešiče	FFEPlus
Účinek předpětí:	Vypnuto
Měkká pružina:	Vypnuto
Vnitřní síly:	Vypnuto
Nekompatibilní možnosti spojení	Automatické
Velké posunutí	Vypnuto
Vypočítat reakční síly v pevném spoji těl	Zapnuto
Třecí	Vypnuto
Adaptivní síťování:	Vypnuto
Složka výsledků	Dokument SolidWorks (C:\Users\Martin\Desktop\Simulace - BP)

Jednotky

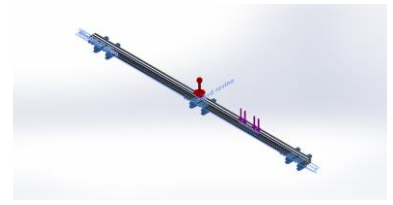
Systém jednotek:	SI (MKS)
Délka/Posunutí	mm
Teplota	Kelvin
Úhlová rychlost	rad/s
Napětí/tlak	N/m ²

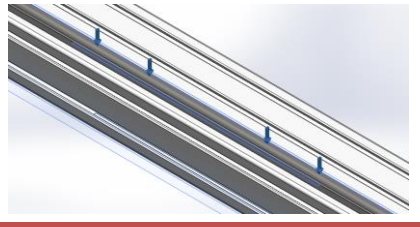


Vlastnosti materiálu

Odkaz modelu	Vlastnosti	Součásti
	<p>Název: Směs kovů 1060</p> <p>Typ modelu: Lineární elastický izotropní</p> <p>Výchozí kritérium selhání: Neznámý</p> <p>Mez kluzu: 2.75742e+007 N/m²</p> <p>Pevnost v tahu: 6.89356e+007 N/m²</p> <p>Modul pružnosti: 6.9e+010 N/m²</p> <p>Poissonova konstanta: 0.33</p> <p>Hustota: 2700 kg/m³</p> <p>Modul pružnosti ve smyku: 2.7e+010 N/m²</p> <p>Součinitel tepelné roztažnosti: 2.4e-005 /Kelvin</p>	<p>Objemové těleso 1(Odebrat vysunutím1)(14.001.1011 nosníkSimulace-1), Objemové těleso 1(Vysunut2)(14.001.1012 držák vodící tyčeSimulace-1), Objemové těleso 1(Vysunut2)(14.001.1012 držák vodící tyčeSimulace-2)</p>
Data křivky:N/A		
	<p>Název: Obyčejná uhlíková ocel</p> <p>Typ modelu: Lineární elastický izotropní</p> <p>Výchozí kritérium selhání: Neznámý</p> <p>Mez kluzu: 2.20594e+008 N/m²</p> <p>Pevnost v tahu: 3.99826e+008 N/m²</p> <p>Modul pružnosti: 2.1e+011 N/m²</p> <p>Poissonova konstanta: 0.28</p> <p>Hustota: 7800 kg/m³</p> <p>Modul pružnosti ve smyku: 7.9e+010 N/m²</p> <p>Součinitel tepelné roztažnosti: 1.3e-005 /Kelvin</p>	<p>Objemové těleso 1(Odebrat vysunutím1)(14.001.1013 vodící tyčSimulace-1), Objemové těleso 1(Odebrat vysunutím1)(14.001.1013 vodící tyčSimulace-2)</p>
Data křivky:N/A		

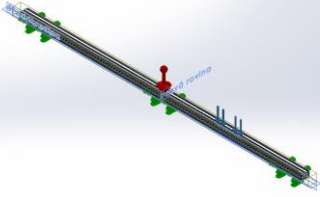
Zatížení a uchycení

Název uchycení	Obrázek uchycení	Detaily o uchycení		
Fixní-1		Entity: 12 ploch Typ: Fixní geometrie		
Výsledné síly				
Součásti	X	Y	Z	Výsledný
Reakční síla(N)	-32.5309	887.351	115.361	895.41
Reakční moment(N-m)	0	0	0	0

Název zatížení	Načíst obrázek	Detaily o zatížení
Gravitace-1		Odkaz: Horní rovina Hodnoty: 0 0 -9.81 Jednotky: SI
Síla-1		Entity: 4 ploch Typ: Použit normálovou sílu Hodnota: 300 N

Definice spojky

Kontaktní informace

Kontakt	Obrázek kontaktu	Vlastnosti kontaktu
Globální kontakt		Typ: Spojený Součásti: 1 součástí Možnosti: Kompatibilní sít'

Informace o síti

Typ sítě	Objemová síť
Použité síťování:	Síť na základě zakřivení
Jakobiho body	4 Body
Maximální velikost elementu	124.151 mm
Minimální velikost elementu	24.8302 mm
Kvalita sítě	Vysoká (kvadratická)
Pro selhané díly generovat nekompatibilní síť	Zapnuto

Informace o síti - Detaily

Uzlů celkem	459629
Elementů celkem	247314
Maximální poměr stran	3222.6
% prvků s poměrem stran < 3	0.97
% prvků s poměrem stran < 10	67.9
% narušených prvků (Jakobian)	0
Doba dokončení sítě (hh:mm:ss):	00:07:02
Název počítače:	ASUS



Detaily o čidle

Výsledné síly

Reakční síly

Sada výběru	Jednotky	Součet X	Součet Y	Součet Z	Výsledný
Celý model	N	-32.5309	887.351	115.361	895.41

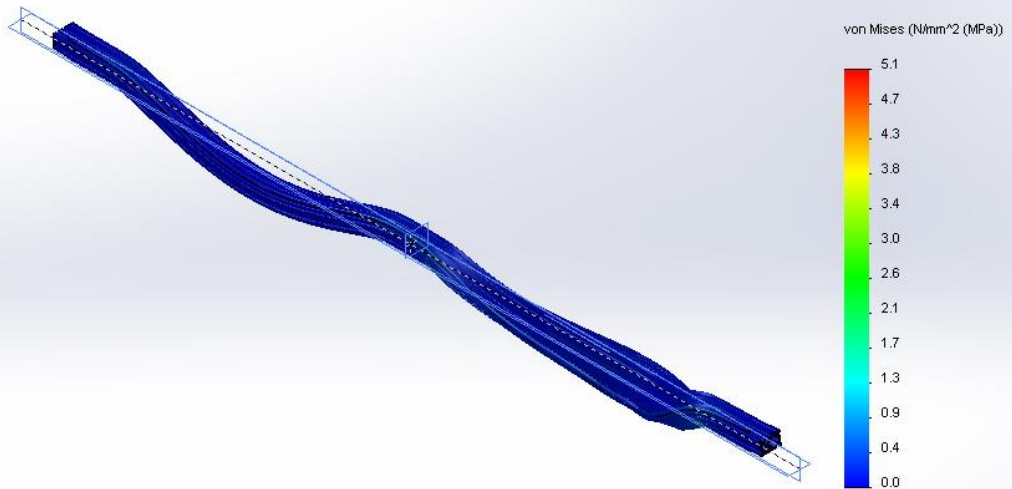
Reakční momenty

Sada výběru	Jednotky	Součet X	Součet Y	Součet Z	Výsledný
Celý model	N-m	0	0	0	0

Výsledky studie

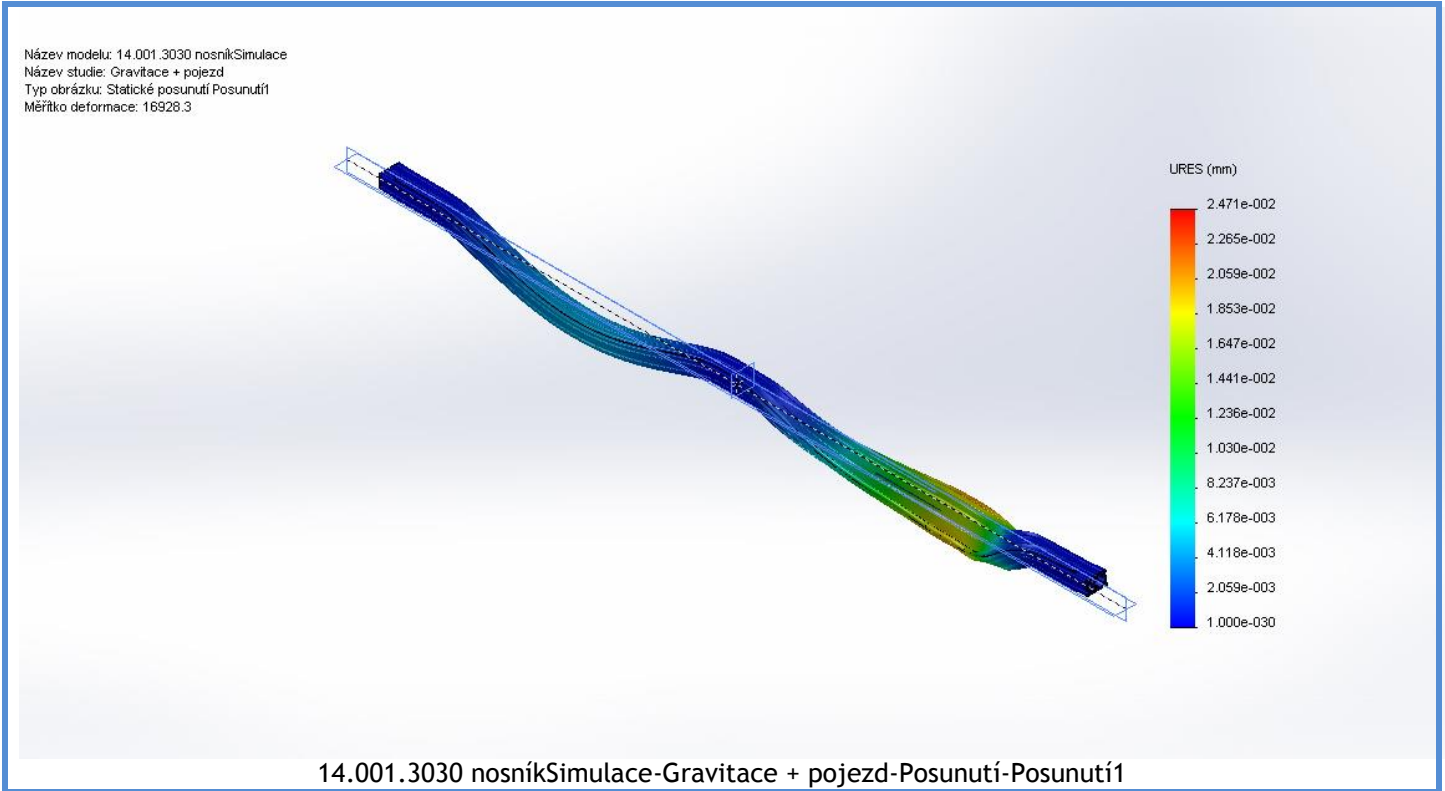
Název	Typ	Min	Max
Napětí1	VON: von Mises napětí	6.84069e-005 N/mm ² (MPa) Uzel: 406	5.11947 N/mm ² (MPa) Uzel: 456650

Název modelu: 14.001.3030 nosníkSimulace
 Název studie: Gravitace + pojezd
 Typ obrázku: Static uzlové napětí Napětí1
 Měřítko deformace: 16928.3

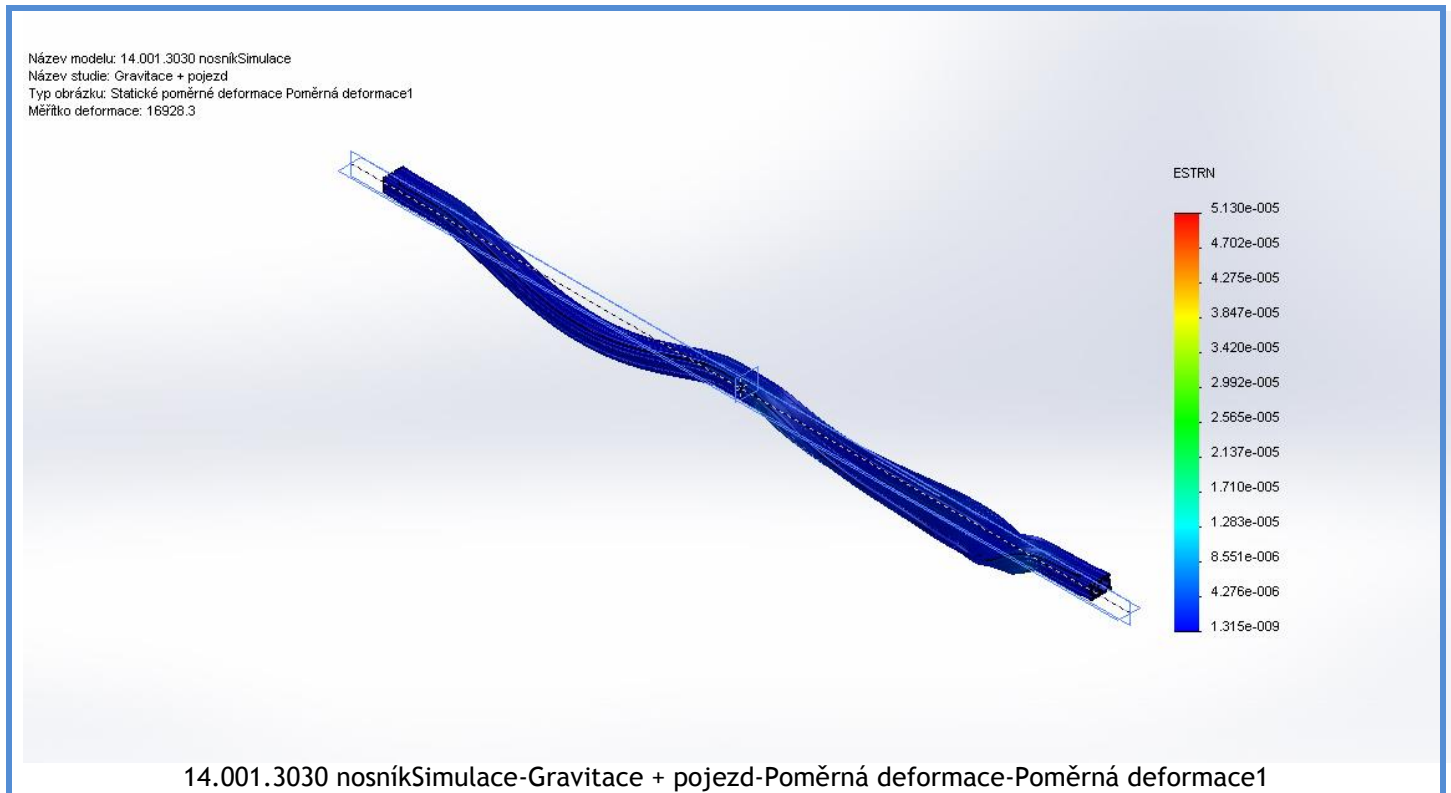


14.001.3030 nosníkSimulace-Gravitace + pojezd-Napětí-Napětí1

Název	Typ	Min	Max
Posunutí1	URES: Výsledné posunutí	0 mm Uzel: 11	0.0247107 mm Uzel: 446280



Název	Typ	Min	Max
Poměrná deformace1	ESTRN: Ekvivalentní poměrná deformace	1.31484e-009 Element: 135499	5.12974e-005 Element: 84837



Závěr

Simulace jednoznačně prokázala, že je nosník po pevnostní i tuhostní stránce zcela vyhovující.

Příloha C

Kusovník dílů v programu Excel 2013
(3 listy)

Pozice	Ks	Název	Rozměr	Materiál	Dodavatel	Objednací číslo	Vykres
1001	6	základna	350x200x15	11_373	Ferum	X	14.001.1001
1002	6	stojina	150x150x5	11_373	Ferum	X	14.001.1002
1003	6	horní deska	350x200x15	11_373	Ferum	X	14.001.1003
1004	6	základna	350x200x15	11_373	Ferum	X	14.001.1004
1005	6	nosník ramena	4HR 120x120x5	11_373	Ferum	X	14.001.1005
1006	36	výztuha	150x100x10	11_373	Ferum	X	14.001.1006
1007	24	výztuha	110x40x10	11_373	Ferum	X	14.001.1007
1008	6	deska ramena	250x250x15	11_373	Ferum	X	14.001.1008
1009	6	závitová deska	220x120x15	11_373	Ferum	X	14.001.1009
1011	2	nosník	120x80	dural	Haberkorn	X	14.001.1011
1012	4	držák vodící tyče	8/14	dural	Haberkorn	29434	14.001.1012
1013	4	vodící tyč	pr.14	vodící tyč	Haberkorn	X	14.001.1013
1014	4	příčka	80x20x750	11_523	Ferum	X	14.001.1014
1015	1	deska	400x586x15	dural - broušená deska	Alfun	X	14.001.1015
1016	2	boční deska	200x400x15	dural - broušená deska	Alfun	X	14.001.1016
1017	1	deska	400x568x15	dural - broušená deska	Alfun	X	14.001.1017
1018	1	deska	100x80x20	dural	Alfun	X	14.001.1018
1019	2	distance	pr.25 x 130	vodící tyč	Praktik	X	14.001.1019
1021	2	řemenice	26-8M-20	dural	Lenze	26-8M-20	14.001.1021
1022	4	podložka	Ø40x10	12_050	Ferum	X	14.001.1022
1023	2	řemenice	26-8M-20	dural	Lenze	26-8M-20	14.001.1023
1024	2	podložka	Ø30x5	12_050	Ferum	X	14.001.1024
1025	2	hřídel	Ø35x120	12_050	Ferum	X	14.001.1025
1026	2	blok kladek	80x120x70	dural	Alfun	X	14.001.1026
1027	2	blok kladek	80x120x70	dural	Alfun	X	14.001.1027
1028	2	podložka	Ø30x5	12_050	Ferum	X	14.001.1028
1029	1	tyč	Ø25x160	12_050	Ferum	X	14.001.1029
1031	2	odtláčování	100x50x40	11_373	Ferum	X	14.001.1031
1032	2	unašeč	80 x 54 x 18,5	11_373	Ferona	X	14.001.1032
1033	1	tyč	Ø20x420	12_050	Ferum	X	14.001.1033
1034	1	nosník boční	80x40 standart	dural	Item	2604	14.001.1034
1035	1	držák motoru	80x30x125	11_523	Ferum	X	14.001.1035
1036	1	tyč	Ø25x202	12_050	Ferum	X	14.001.1036
1037	1	výztuha	160x80x20	dural	Alfun	X	14.001.1037

1038	1	plo	80x679x15	11_373	Alfun	X	14.001.1038
1039	2	matice	80x54x10	11_373	Ferum	X	14.001.1039
1041	5	držák čidla	60x40x4	dural	Alfun	X	14.001.1041
1042	1	plo	80x20x10	11_373	Ferum	X	14.001.1042
1043	6	základna	350x200x5	11_373	Ferum	X	14.001.1043
1044	1	deska	395x520x10	dural - broušená deska	Alfun	X	14.001.1044
30	2	dopravník	80MD – 880x3500x1000	ocel/pryž/dural	Haberkorn	523562	14.001.0030
7471,2	6	pojistný kroužek 20	DIN 471	12_071	Praktik Plzeň	X	X
7472,42	2	pojistný kroužek 42	DIN 472	12_071	Praktik Plzeň	X	X
7501	2	úhelník	80x80	dural	Haberkorn	X	X
7801	4	ložisková jednotka	58x58x140	dural + 15_142	Item	29426	X
7802	4	ložisková jednotka	58x58x140	dural + 15_142	Item	29428	X
7803	1	spojka	D1 = 20, D2 = 20	X	Lenze	Rotex 28	X
7804	2	řemen	8MR-20	pryž/skelná vlákna	Lenze	Power-grip GT I-8200	X
7805	8	ložisko	20x42x12	17_240	SKF	6004	X
7806	2	deska řemenu	8M-20 HTD/GT	dural	Lenze	13091417	X
7807	3	pero	6e7x6x28	11_600	Praktik	ČSN 02 2562	X
7808	2	spojka	D1 = 20, D2 = 20	X	KTR	Toolflex 38M	X
7809	2	vedení	FJUM-01 pr.25	X	Hennlich	X	X
7811	12	záslepka	120x120	silon	Praktik	X	X
7812	12	kotva	Maxima M20	ocel	Ingomat	51540	X
8001	2	válec	ADN-32-20-A-P-A	ocel/dural	Festo	536271	X
8002	2	kompensační hlavice	FK-M10X1.25	X	Festo	6140	X
8003	20	přísavka	ESG-30-SS-HD-QS_2_03	silikon	Festo	189174	X
9007	5	indukční čidlo	IME08-04PSZTOS	X	Sick	1040886	X
9009	1	GST04-2S VCR 06 F41	0,51kW,i 28,333	X	Lenze	GST04-2S VCR 06 F41 MCS06F41-RS01	X
711252.0810	10	šroub s čočkovou hlavou s přírubou	M8x15	ocel	Fabory	BN 11252	X
7125.064	8	podložka	6,4	ocel	Fabory	DIN 123	X
7125.105	24	podložka	10,5	ocel	Fabory	DIN 124	X
7125.13	72	podložka	13	ocel	Fabory	DIN 125	X
76325.0830	12	kolík	8x30	ocel	Fabory	DIN 6325	X
76912.0612	2	inbus	M6x12	ocel	Fabory	DIN 6912	X
76912.0625	8	inbus	M6x25	ocel	Fabory	DIN 6912	X
76912.0820	50	inbus	M8x20	ocel	Fabory	DIN 6912	X

7813	142	matice	V8STM8	ocel	Haberkorn	0.0.480.48	X
7912.0420	8	šroub s vnitřním 6HR	M4x20	ocel	Fabory	DIN 912	X
7912.0516	6	šroub s vnitřním 6HR	M5x16	ocel	Fabory	DIN 912	X
7912.0814	8	šroub s vnitřním 6HR	M8x14	ocel	Fabory	DIN 912	X
7912.0820	60	šroub s vnitřním 6HR	M8x20	ocel	Fabory	DIN 912	X
7912.0825	11	šroub s vnitřním 6HR	M8x25	ocel	Fabory	DIN 912	X
7912.0830	8	šroub s vnitřním 6HR	M8x30	ocel	Fabory	DIN 912	X
7912.0845	8	šroub s vnitřním 6HR	M8x45	ocel	Fabory	DIN 912	X
7912.0880	8	inbus	M8x80	ocel	Fabory	DIN 912	X
7912.1050	24	inbus	M10x50	ocel	Fabory	DIN 912	X
7912.1255	24	inbus	M12x55	ocel	Fabory	DIN 912	X
7913.0510	4	stavěcí šroub s vnitřním 6HR a kužel.zaobleným	M5x10	ocel	Fabory	DIN 913	X
7913.1240	24	stavěcí šroub s vnitřním 6HR a kužel.zaobleným	M12x40	ocel	Fabory	DIN 913	X
7934.12	48	matice	M12	ocel	Fabory	DIN 934	X
40	1	kontrolní modul	dodán zákazníkem	X	X	X	X
9901	20	zakládání díl	100x 100 x 10	polyethylen	zákazník	Z 9901	14.001.9901

	vyráběné položky
	nakupované položky
	spojovací materiál
	díly zákazníka

Příloha D

**Podklady k servomotoru Lenze – GST04-2S VCR 06 F41 MCS06F41-RS0B0
(4 listy)**



$M_{2GN} \leq 71 \text{ Nm}$

GST04-2S				06CC41	06FC41	06IC41	09DC41	09FC38	09HC41	09LC41
	M_{2GN}	J_G		...500	...500	...500	...500	...500	...500	...500
			M_1	0.6	1.2	1.5	2.3	3.1	3.8	4.5
			n_1	4050	4050	4050	4050	3750	4050	4050
			I_{M230}	2.6	2.9	3.2	4.6	5	6.8	8.4
			I_{M400}	1.3	1.5	1.6	2.3	2.5	3.4	4.2
			P_N	0.25	0.51	0.64	1	1.2	1.6	1.9
			J_M	0.17	0.25	0.33	1.13	1.53	1.93	2.83
			M_2				6	9	11	13
2.956	39	0.34	c				4.3	3.2	2.6	2.2
			$n_{2 \text{ Eck}}$				1370	1269	1370	1370
			$n_{2 \text{ th}}$				1186	1127	1077	1041
			M_2				7	10	12	14
3.333	42	0.32	c				4	3.1	2.4	2.1
			$n_{2 \text{ Eck}}$				1215	1125	1215	1215
			$n_{2 \text{ th}}$				1041	989	945	912
			M_2			6	9	12	15	18
4.053	45	0.31	c			5.5	3.6	2.7	2.2	1.8
			$n_{2 \text{ Eck}}$			999	999	925	999	999
			$n_{2 \text{ th}}$			997	930	887	850	805
			M_2			6	10	14	17	20
4.571	48	0.3	c			5.2	3.4	2.6	2	1.7
			$n_{2 \text{ Eck}}$			886	886	820	886	886
			$n_{2 \text{ th}}$			876	816	778	746	694
			M_2		6	7	11	15	19	23
5.187	50	0.22	c		6	4.8	3.1	2.4	1.9	1.6
			$n_{2 \text{ Eck}}$		781	781	781	723	781	781
			$n_{2 \text{ th}}$		781	781	781	723	753	689
			M_2		7	8	13	17	21	25
5.85	53	0.22	c		5.6	4.5	2.9	2.2	1.8	1.5
			$n_{2 \text{ Eck}}$		692	692	692	641	692	692
			$n_{2 \text{ th}}$		692	692	692	641	648	594
			M_2		7	9	14	19	23	28
6.4	55	0.19	c		5.3	4.3	2.8	2.1	1.7	1.4
			$n_{2 \text{ Eck}}$		633	633	633	586	633	633
			$n_{2 \text{ th}}$		633	633	633	586	600	553
			M_2		8	10	15	21	26	31
7.04	57	0.26	c		5	4	2.6	2	1.6	1.3
			$n_{2 \text{ Eck}}$		575	575	575	533	575	575
			$n_{2 \text{ th}}$		565	545	506	482	431	400
			M_2		9	11	18	24	29	35
8	59	0.26	c		4.5	3.6	2.4	1.8	1.4	1.2
			$n_{2 \text{ Eck}}$		506	506	506	469	506	506
			$n_{2 \text{ th}}$		490	472	438	405	364	339
			M_2		10	13	20	27	33	39
9.01	63	0.19	c		4.3	3.4	2.2	1.7	1.4	1.1
			$n_{2 \text{ Eck}}$		450	450	450	416	450	450
			$n_{2 \text{ th}}$		450	450	450	412	368	341
			M_2		11	14	22	29	36	43
9.856	65	0.17	c		4.1	3.2	2.1	1.6	1.3	1.1
			$n_{2 \text{ Eck}}$		411	411	411	381	411	411
			$n_{2 \text{ th}}$		411	411	411	380	344	321
			M_2		13	16	25	34	41	
11.2	60	0.17	c		3.3	2.6	1.7	1.3	1	
			$n_{2 \text{ Eck}}$		362	362	362	335	362	
			$n_{2 \text{ th}}$		362	362	348	306	278	
			M_2		14	18	28	38	46	
12.571	69	0.13	c		3.4	2.7	1.8	1.4	1.1	
			$n_{2 \text{ Eck}}$		322	322	322	298	322	
			$n_{2 \text{ th}}$		322	322	322	298	291	

$M \dots$ [Nm]
 $n \dots$ [min^{-1}]
 $J \dots$ [kgcm^2]

$P \dots$ [kW]
 $I \dots$ [A]
 $i [-]$
 $c [-]$

GST [Nm]

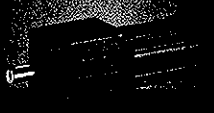
GST□□-□S (MCS)

$M_{2GN} \leq 71 \text{ Nm}$

GST04-2S				06CC41	06FC41	06IC41	09DC41	09FC38	09HC41	09LC41
i	M_{2GN}	J_G	M_1	...500	...500	...500	...500	...500	...500	...500
			n_1	4050	4050	4050	4050	3750	4050	4050
			I_{M230}	2.6	2.9	3.2	4.6	5	6.8	8.4
			I_{M400}	1.3	1.5	1.6	2.3	2.5	3.4	4.2
			P_N	0.25	0.51	0.64	1	1.2	1.6	1.9
			J_M	0.17	0.25	0.33	1.13	1.53	1.93	2.83
			M_2	8	16	21	32	43		
14.286	61	0.12	c	5.3	2.6	2.1	1.4	1		
			$n_{2 \text{ Eck}}$	284	284	284	284	263		
			$n_{2 \text{ th}}$	284	284	284	280	254		
			M_2		18	22	34	46	57	
15.4	70	0.1	c		3.2	2.5	1.7	1.3	1	
			$n_{2 \text{ Eck}}$		263	263	263	244	263	
			$n_{2 \text{ th}}$		263	263	263	244	263	
			M_2	10	20	25	39			
			c	4.9	2.5	2	1.3			
17.5	62	0.1	$n_{2 \text{ Eck}}$	231	231	231	231			
			$n_{2 \text{ th}}$	231	231	231	231			
			M_2	11	22	28				
			c	5.1	2.6	2				
19.36	70	0.06	$n_{2 \text{ Eck}}$	209	209	209				
			$n_{2 \text{ th}}$	209	209	209				
			M_2	12	25	32				
22	62	0.06	c	4	2	1.6				
			$n_{2 \text{ Eck}}$	184	184	184				
			$n_{2 \text{ th}}$	184	184	184				
			M_2	14	29	36				
			c	4	2	1.6				
24.933	71	0.04	$n_{2 \text{ Eck}}$	162	162	162				
			$n_{2 \text{ th}}$	162	162	162				
			M_2	16	33	41				
			c	3.1	1.6	1.3				
28.333	63	0.04	$n_{2 \text{ Eck}}$	143	143	143				
			$n_{2 \text{ th}}$	143	143	143				

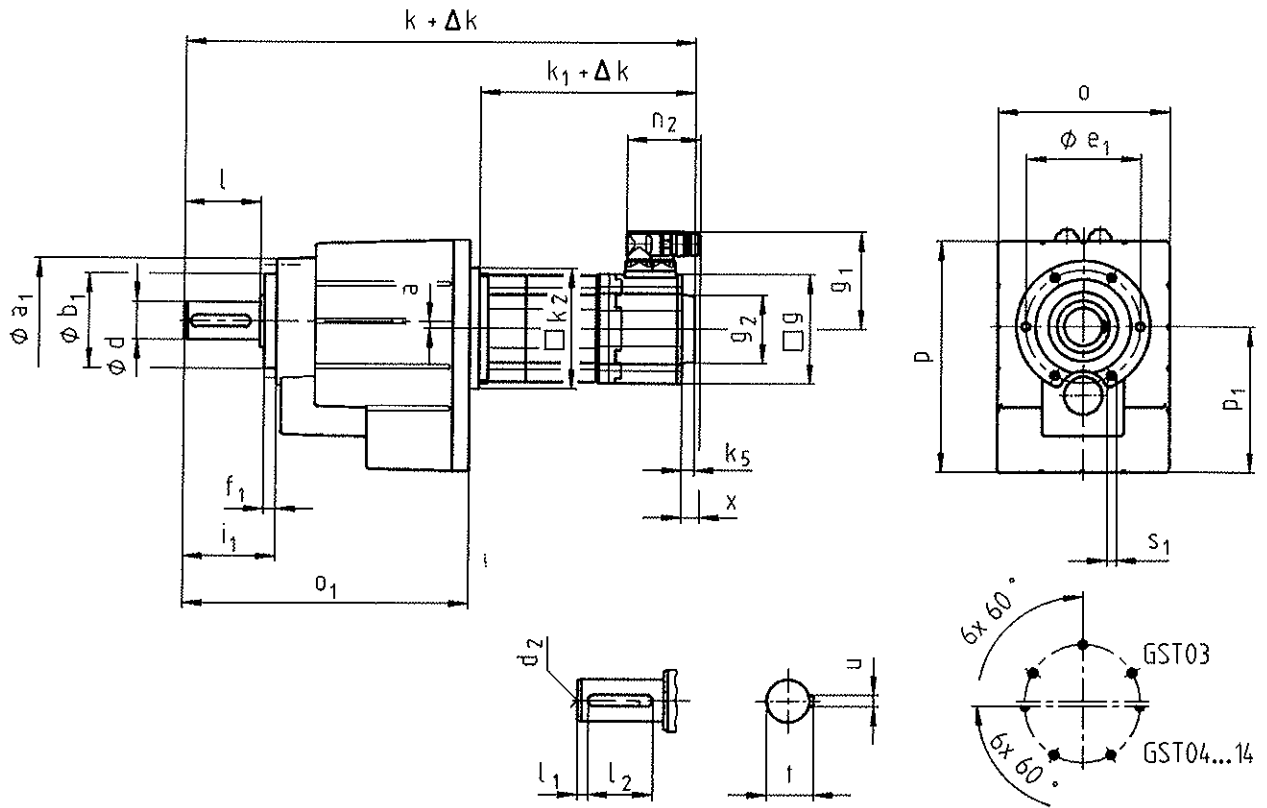
$M \dots [\text{Nm}]$
 $n \dots [\text{min}^{-1}]$
 $J \dots [\text{kgcm}^2]$

$P \dots [\text{kW}]$
 $I \dots [\text{A}]$
 $i \dots [-]$
 $c \dots [-]$



GST [mm]

GST□□-25 (MCS)



GST□□-25 VCR ... RSO

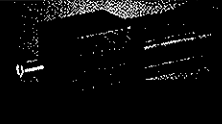
		06C C41	06F C41	06I C41	09D C41	09F C38	09H C41	09L C41	12D C20	12D C41	12H C15	12H C30	12H C35	12L C20	12L C41
GST03...	k	279 ²⁾	309 ²⁾	339 ²⁾											
	k	291 ³⁾	321 ³⁾	351 ³⁾											
GST04...	k	319	349	379	371	391	411	451							
GST05...	k	349	379	409	401	421	441	481	418			458			498
GST06...	k	375	405	435	427	447	467	507	444			484			524
GST07...	k				483	503	523	563	500			540			580
GST09...	k								563			603			643
...RSO B0 ¹⁾	Δ k							0							
...RSO P□ ¹⁾	Δ k		19						20						
	k ₁	132	162	192	183	203	223	263	188			228			268
	k ₂		66				91					118			
	g		62				89					116			
...RSO	k ₅		0				13					14			
	g ₂		□ 62				Ø 67					Ø 72			
	g ₁		76				90					105			
	n ₂		64							78					
	x				21								18		

¹⁾ → □ 801 - SRS / SRM / ECN / EQN / EQI / C20

²⁾ d=14

³⁾ d=20

⁴⁾ GST05: 12DC20 ... 12LC41



GST□□-2S VCR ... RSO

		14D C15	14D C36	14H C15	14H C32	14L C15	14L C32	14P C14	14P C32	19F C14	19F C30	19J C14	19J C30	19P C14	19P C30
GST06...	k	460		500		540		580							
GST07...	k	516		556		596		636		555		595		655	
GST09...	k	579		619		659		699		618		658		718	
GST11...	k	636		676		716		756		675		715		775	
GST14...	k									765		805		865	
...RSO B0 ¹⁾	Δ k							0							
...RSO P□ ¹⁾	Δ k				28					34			44		
	k ₁	201		241		281		321		220		260		320	
	k ₂				145							195			
	g				143							192			
...RSO	k ₅				24							15			
	B ₂							Ø 78							
	B ₁			116		147	116	147	141	172	141	172	141	172	
	n ₂			78		94	78	94	78	94	78	94	78	94	
	x			16		38	16	38	16	36	16	36	16	36	

¹⁾ → □ 801 - SRS / SRM / ECN / EQN / EQI / C20

GST□□-2S VCR

	o	o ₁	p	P ₁	a
GST03...	90	127 ²⁾ 139 ³⁾	100	64	2
GST04...	100	174	129	77	0
GST05...	115	214	156	98	1
GST06...	145	243	194	121	2
GST07...	180	302	245	155	3
GST09...	222	370	304	194	4
GST11...	270	433	378	243	4
GST14...	328	533	470	306	6

²⁾ d=14

³⁾ d=20

	d	l	l ₁	l ₂	d ₂	u	t	a ₁	b ₁ h7	e ₁	f ₁	i ₁	s ₁ 6x60°
GST03...	14	28	4	20	M5	5	16	71	48	61	8	39	M5x10
GST04...	20	40	5	28	M6	6	22.5	72				51	
GST05...	25	50	4	40	M10	8	28	88	58	74	9	62	M6x12
GST06...	30	60	6	45	M10		33	109	70	90	10	74	M8x14
GST07...	40	80	7	63	M16	12	43	140	100	120	13	97	M10x18
GST09...	50	100		80	M16	14	53.5	174	120	145	15	120	M12x20
GST11...	60	120	8	100	M20	18	64	215	150	185	18	143	M16x26
GST14...	80	160	15	125	M20	22	85	265	195	230	22	187	M20x34

d ≤ 50mm: k6; d > 50mm: m6

Příloha E

Podklady k pneumatickému válci Festo – ADN 32-20-A-P-A
(1 list)

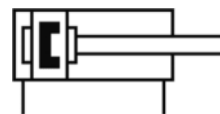
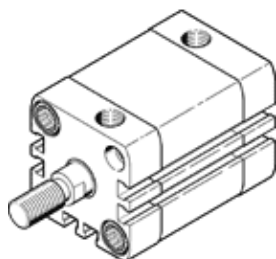
kompaktní válec ADN-32-20-A-P-A

č. dílu: 536271

★ standardní sortiment

FESTO

dle ISO 21287, se snímáním krajních poloh, s vnějším závitem na pístnici.



katalogový list

parametr	hodnoty
zdvih	20 mm
průměr pístu	32 mm
závit na pístnici	M10x1,25
tlumení	P: pružné tlumicí kroužky/desky na obou stranách
montážní poloha	libovol.
odpovídá normě	ISO 21287
konec pístnice	vnější závit
snímání polohy	pro čidla
varianty	jednostranná pístnice
provozní tlak	0.6 ... 10 bar
provozní režim	dvojčinný
provozní médium	stlačený vzduch podle ISO8573-1:2010 [7:4:4]
upozornění pro provozní a ovládací médium	provoz s přimazáváním olejem je možný (v jiných režimech se vyžaduje)
okolní teplota	-20 ... 80 °C
energie nárazu v koncových polohách	0.4 J
teoretická síla při 6 barech, zpětný chod	415 N
teoretická síla při 6 barech, dopředný chod	483 N
typ upevnění	dle volby: průchozí dírou vnitřním závitem příslušenstvím
připojení pneumatiky	G1/8
upozornění k materiálu	ve shodě s RoHS
informace o materiálu víka	hliník legovaný pro tváření eloxovaný
informace o materiálu těsnění	TPE-U(PUR)
informace o materiálu pístnice	vysoce legovaná ocel
informace o materiálu trubky válce	hliník legovaný pro tváření hladce eloxováno

Příloha F

Podklady k přísavce Festo – ESG-30-SS-HD-QS
(11 listů)

Přísavky ESG

FESTO



Suction grippers ESG-30

č. dílu: 189174

FESTO



katalogový list

Obecný katalogový list - jednotlivé hodnoty závisí na Vaší konfiguraci.

parametr	hodnoty
průměr přísavky	30 mm
montážní poloha	svisle
Special characteristics	antistatický
konstrukce	připojení vakua shora boční připojení vakua s výškovým vyrovnáním with long height compensator
přířazení držáku přísavky	velikost 4
tvar přísavky	kulatý plochý tvar Round deep kulat., výjimečně hlubok. kulatý, skládaný tvar 1,5 měchu kulat., 3,5 násobný měch
provozní médium	atmosférický vzduch podle ISO 8573-1:2010 [7::-:]
třída odolnosti korozi KBK	1
okolní teplota	-30 ... 200 °C
připojení vakua	G1/8 M14x1 PK-4 QS-6
upozornění k materiálu	prosté mědi a PTFE ve shodě s RoHS
informace o materiálu přísavky	BR FPM NBR PUR VMQ (silikon) Vulkollan®

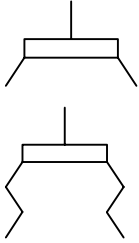
Přísavky ESG

hlavní údaje

FESTO

Přehled výrobků

Přísavky



Vakuové přísavky Festo přesvědčí svou funkcí a kvalitou.

Rozsáhlá modulární nabídka přísavek různého tvaru, materiálu a velikosti a také výběr ze stavebnice – nejrůznější držáky, vyrovnávání úhlu i výšky

a filtry Vám umožní obrovský výběr kombinací pro rozmanité oblasti použití.

Přísavky ESG

→ 6

modulární stavebnice výrobků s více než 2000 variantami

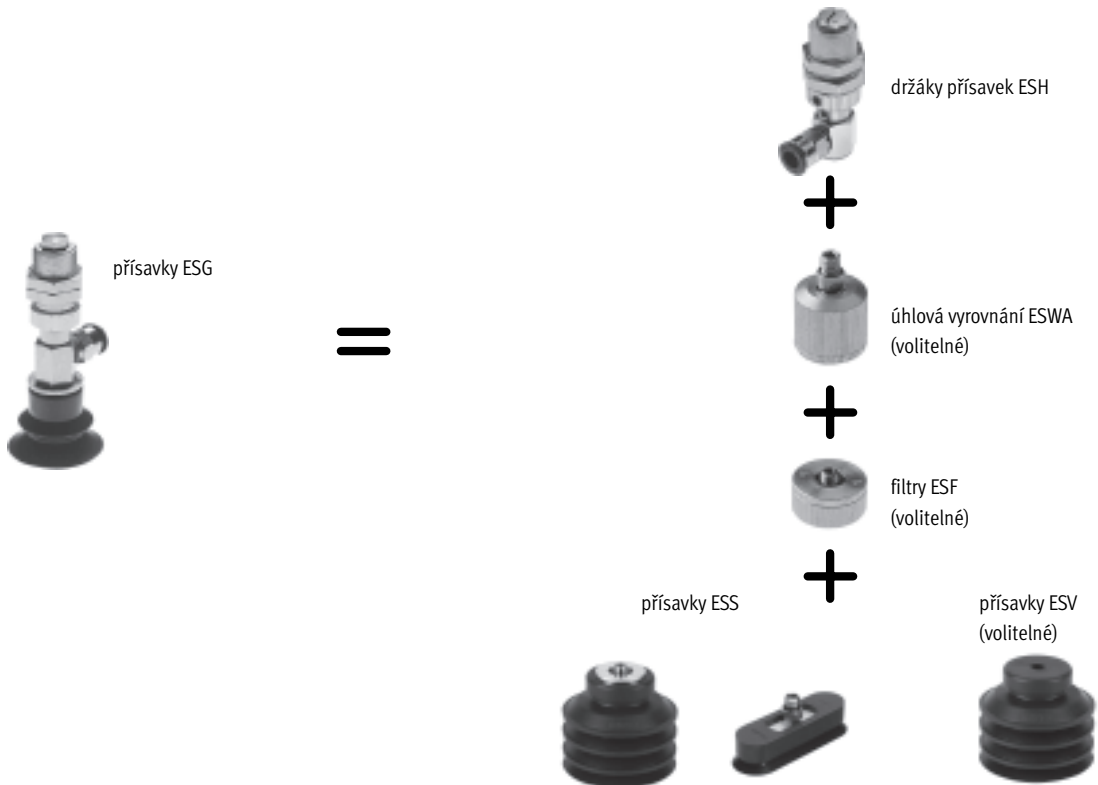
■ vhodné řešení pro přepravu výrobků s různými hmotnostmi, povrchy a tvary

■ vybírat lze:
– 15 Ø přísavek
– 6 různých materiálů, i antistatické
– 6 tvarů přísavek
– mnoho držáků přísavek
– volitelné příslušenství (filtr a vyrovnání úhlu)

■ mnoho variant
■ vhodné řešení pro každou úlohu
■ hodně možností použití pro různé teplotní rozsahy a povrchy materiálů
■ přísavky ze silikonu jsou schváleny pro potravinářský průmysl

sestava přísavky jako kompletní řešení

sestava přísavky složená ze samostatných dílů



Přisavky ESG

přehled dodávek

FESTO

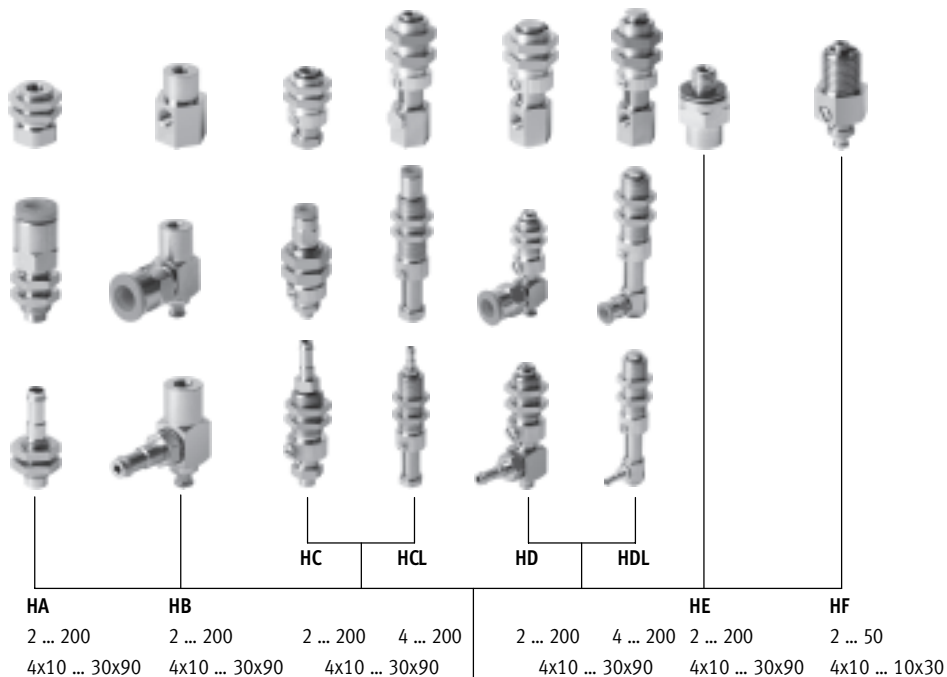
Držáky přísavek

připojení závitem G
pro přísavky s \varnothing 60 ... 200 mm
pro velikosti přísavek 15x45 ... 30x90 mm

nástrčná připojení QS
pro přísavky s \varnothing 2 ... 50 mm
pro velikosti přísavek 4x10 ... 10x30 mm

nátrubky PK
pro přísavky s \varnothing 2 ... 50 mm
pro velikosti přísavek 4x10 ... 10x30 mm

typ držáku
pro přísavky s \varnothing {mm}
pro velikosti přísavek [mm]

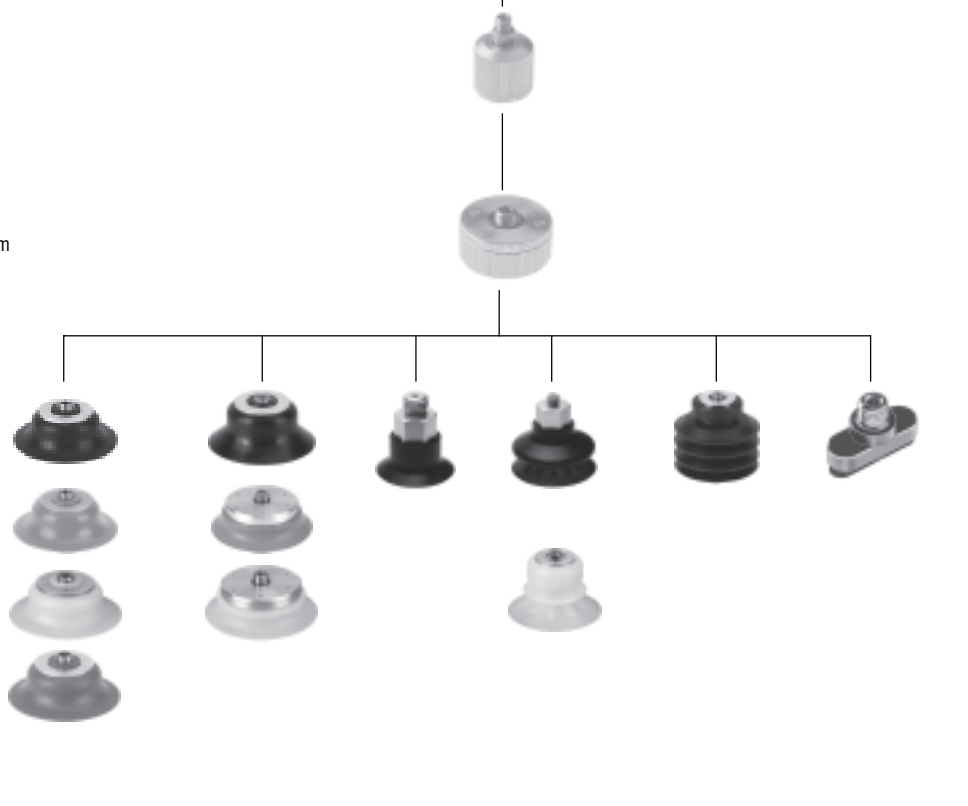


Úhlová vyrovnání
pro přísavky s \varnothing 10 ... 100 mm
velikosti držáku pouze 3, 4 a 5

Filtry
pro přísavky s \varnothing 10 ... 50 mm
pro velikosti přísavek 4x10 ... 30x90 mm
velikosti držáku pouze 3 a 4

Přísavky

- materiály:
- nitrilkaučuk (NBR)
pro přísavky s \varnothing 2 ... 200 mm
 - butadien-kaučuk (BR)
antistatický
pro přísavky s \varnothing 2 ... 50 mm
 - polyuretan (PU)
pro přísavky s \varnothing 2 ... 200 mm
 - silikon (SI)
pro přísavky s \varnothing 2 ... 200 mm
 - fluorkaučuk (FPM)
pro přísavky s \varnothing 2 ... 200 mm
 - Vulkollan® (GT/BT)
pro \varnothing přísavek 30 ... 100 mm



Tvar přísavky
pro přísavky s \varnothing {mm}

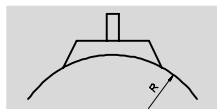
kruhový tvar	kruhová, obzvlášť hluboká	zvonovitě	měch 1,5 měchu	měch 3,5 měchu	oválné
2 ... 200	15 ... 100	30 ... 100	10 ... 80	10 ... 50	4x10 ... 30x90

Sestavy přísavek ESG Ø 20 ... 50

technické údaje

FESTO

Funkce



— — rozsah teplot
-30 ... +200 °C



typ přísavky:

- kruhový tvar, plochý tvar
- kruhové, obzvlášť hluboké
- kruhové, skládané 1,5x
- kruhové, skládané 1,5x, Vulkollan®
- kruhové, skládané 3,5x
- kruhové, zvonovité
- oválné, ploché

Obecné technické údaje – přísavky						
Ø přísavky	připojení přísavky	přidrzná síla	objem přísavky	min. poloměr	odpružení	hmotnost
[mm]	[mm]	při jmenovitém provozním tlaku -0,7 bar	[cm ³]	[mm]	[mm]	[g]
kruhový tvar, plochý tvar						
20	M6x1	16,3	0,318	60	–	6,4
30	M6x1	40,8	0,867	110	–	9
40	M6x1	69,6	1,566	230	–	16,3
50	M6x1	105,8	2,387	330	–	22
kruhové, obzvlášť hluboké						
20	M6x1	17	0,840	30	–	6,4
30	M6x1	37,2	2,120	50	–	9,2
40	M6x1	67,6	4,040	80	–	16,9
50	M6x1	103,6	7,900	100	–	23,4
kruhové, skládané 1,5x						
20	M6x1	12,9	1,600	40	6,0	6,7
30	M6x1	26,2	4,070	80	8,0	9,9
40	M6x1	52,3	8,870	90	9,5	18,7
50	M6x1	72,6	14,230	150	11	24,7
kruhové, skládané 1,5x, Vulkollan®						
40	M6x1	59	–	35	9	18
50	M6x1	100	–	40	10	24
kruhové, skládané 3,5x						
20	M6x1	8,2	2,750	50	7,0	6,9
30	M6x1	20,8	9,470	80	10,5	12,2
40	M6x1	42,4	19,720	100	12,8	21,9
50	M6x1	63,4	38,920	180	17,5	32,1
kruhové, zvonovité						
30	M6x1	36	–	26	3,5	12
40	M6x1	64	–	35	5,5	14
50	M6x1	97	–	40	8	17

Sestavy přísavek ESG Ø 20 ... 50

technické údaje

FESTO

Obecné technické údaje – přísavky						
Ø přísavky	připojení přísavky	přidrzná síla při jmenovitém provozním tlaku -0,7 bar	objem přísavky	min. poloměr výrobku	odpružení	hmotnost
[mm]	[mm]	[N]	[cm ³]	[mm]	[mm]	[g]
oválné, ploché						
4x10 ...	M6x1	2	0,064	–	–	2
4x20	M6x1	3,4	0,112	–	–	2,5
6x10	M6x1	2,9	0,106	–	–	2
6x20	M6x1	5,9	0,196	–	–	2,5
8x20	M6x1	8	0,256	–	–	2,5
8x30	M6x1	10,9	0,376	–	–	3
10x30	M6x1	15,2	0,350	–	–	2,9

Materiály přísavek						
materiál	N	U	S	F	NA	T
tvrdost Shore	60 ±5	60 ±5	50 ±5	60 ±5	50 ±5	72
barva	černá	modrá	průhledná	šedá	černá s bílým bodem	červenohnědá
materiál	nitrilkaučuk	polyuretan	silikon	fluorkaučuk	butadien-kaučuk, antistatický	Vulkollan®
upozornění k materiálu	odpovídá RoHS prosté mědi a PTFE					

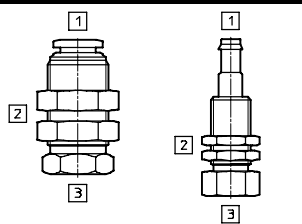
Okolní podmínky – přísavky						
materiál	N	U	S	F	NA	T
teplota okolí [°C]	-10 ... +70	-20 ... +60	-30 ... +180	-10 ... +200	-10 ... +70	-10 ... +80
odolnost korozi KBK ¹⁾	1					2

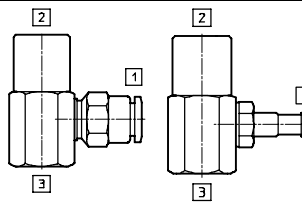
- 1) Třída odolnosti korozi 1 dle normy Festo 940 070: konstrukční díly s nižšími nároky na odolnost korozi. Ochrana při přepravě a skladování. Díly bez prováděných požadavků na vzhled povrchu, např. ve vnitřním prostoru nebo pod krytem.
Třída odolnosti korozi 2 dle normy Festo 940 070: konstrukční díly s mírnějšími nároky na odolnost korozi. Vnější viditelné části s požadavky především na vzhled povrchu, který je vystaven přímému kontaktu s okolní pro průmysl běžnou atmosférou, respektive látkami, jako jsou chladicí látky a maziva.

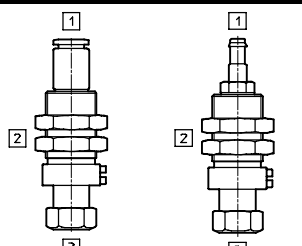
Sestavy přísavek ESG Ø 20 ... 50

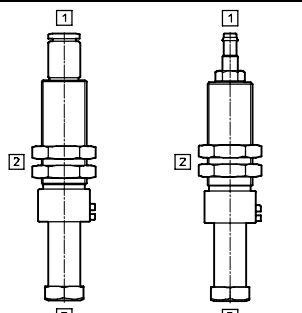
technické údaje

FESTO

Držáky přísavek velikosti 4		připojení vakua 1	
		QS6	PK-4
typ držáku HA			
	upevňovací závit 2	M14x1	M12x1
	max. dotahovací moment [Nm]	21	14
	připojení přísavky 3	M6x1	M6x1
	rozsah teplot [°C]	0 ... +60	-10 ... +60
	materiály	ocel, polyacetal, nitrilkaučuk	ocel
	hmotnost [g]	30	23

typ držáku HB		připojení vakua 1	
		QS6	PK-4
typ držáku HB			
	upevňovací závit 2	M6x1	M6x1
	připojení přísavky 3	M6x1	M6x1
	rozsah teplot [°C]	0 ... +60	-10 ... +60
	materiály	ocel, polyacetal, nitrilkaučuk	ocel
	hmotnost [g]	27	25

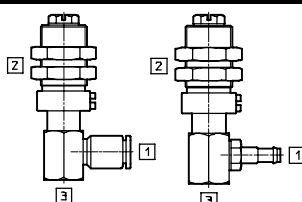
typ držáku HC		připojení vakua 1	
		QS6	PK-4
typ držáku HC			
	upevňovací závit 2	M14x1	M14x1
	max. dotahovací moment [Nm]	21	21
	připojení přísavky 3	M6x1	M6x1
	odpružení [mm]	6	6
	min. síla pružiny [N]	5	5
	síla pružiny max. [N]	10	10
	rozsah teplot [°C]	0 ... +60	-10 ... +60
	materiály	ocel, polyacetal, nitrilkaučuk	ocel
	hmotnost [g]	33	31

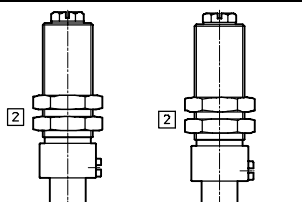
typ držáku HCL		připojení vakua 1	
		QS6	PK-4
typ držáku HCL			
	upevňovací závit 2	M14x1	M14x1
	max. dotahovací moment [Nm]	21	21
	připojení přísavky 3	M6x1	M6x1
	odpružení [mm]	20	20
	min. síla pružiny [N]	1	1
	síla pružiny max. [N]	9	9
	rozsah teplot [°C]	0 ... +60	-10 ... +60
	materiály	ocel, polyacetal, nitrilkaučuk	ocel
	hmotnost [g]	47	46

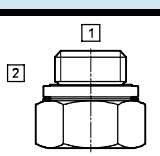
Sestavy přísavek ESG Ø 20 ... 50

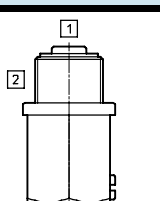
technické údaje

FESTO

Držáky přísavek velikosti 4		připojení vakua ¹	
typ držáku HD		QS6	PK-3
	upevňovací závit ²	M14x1	M14x1
	max. dotahovací moment [Nm]	21	21
	připojení přísavky ³	M6x1	M6x1
	odpružení [mm]	6	6
	min. síla pružiny [N]	5	5
	síla pružiny max. [N]	10	10
	rozsah teplot [°C]	0 ... +60	-10 ... +60
	materiály	ocel, polyacetal, nitrilkaučuk	ocel
	hmotnost [g]	45	43

typ držáku HDL		připojení vakua ¹	
		QS6	PK-3
	upevňovací závit ²	M14x1	M14x1
	max. dotahovací moment [Nm]	21	21
	připojení přísavky ³	M6x1	M6x1
	odpružení [mm]	20	20
	min. síla pružiny [N]	1	1
	síla pružiny max. [N]	9	9
	rozsah teplot [°C]	0 ... +60	-10 ... +60
	materiály	ocel, polyacetal, nitrilkaučuk	ocel
	hmotnost [g]	65	63

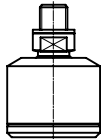
typ držáku HE		připojení vakua ¹	
		přímé	
	upevňovací závit ²	G ¹ / ₈	
	max. dotahovací moment [Nm]	9	
	připojení přísavky ³	M6x1	
	rozsah teplot [°C]	-10 ... +60	
	hmotnost [g]	11	
materiály		ocel, polyacetal	

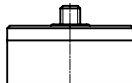
typ držáku HF		připojení vakua ¹		
		přímé		
	upevňovací závit ²	M14x1		
	max. dotahovací moment [Nm]	21		
	připojení přísavky ³	M6x1		
	odpružení [mm]	6		
	min. síla pružiny [N]	6		
	síla pružiny max. [N]	12		
	rozsah teplot [°C]	-10 ... +60		
	materiály		ocel, polyacetal, nitrilkaučuk	
	hmotnost [g]	52		

Sestavy přísavek ESG Ø 20 ... 50

technické údaje

FESTO

Úhlová vyrovnání ESWA		
upevňovací závit		M6x1
	konstrukce	kulový kloub s kyvným úhlem ±15°
	max. dotahovací moment [Nm]	2,4
	rozsah teplot [°C]	0 ... +60
	materiály	těleso: hliník, poniklovaný, filtr: polyvinylfluorid; těsnění: nitrilkaučuk
	hmotnost [g]	19

Vakuové filtry ESF			
velikost držáku		4A	4B
	průtok max. [l/min]	260	270
	jemnost filtru [µm]	10	
	rozsah tlaku [bar]	-0,95 ... +4	
	rozsah teplot [°C]	0 ... +60	
	materiály	těleso: hliník, poniklovaný, filtr: polyvinylfluorid; těsnění: nitrilkaučuk	
	hmotnost [g]	19	

Sestavy přísavek ESG – kruhový tvar

údaje pro objednávky – stavebnice výrobků

FESTO

[M] Minimální údaje					
velikost držáku	č. stavebnice	funkce úchopu	Ø přísavky	tvar přísavky/materiál přísavky	
1	189167 189168	ESG	2 4	SN, SU, SS, SF, SNA EN, EU, ES, EF	
2	189169 189170		6 8	BN, BU, BS, BT CN, CS	
3	189171 189172		10 15	GT	
4	189173 189174 189175 189176		20 30 40 50		
5	189177 189178 189179		60 80 100		
6	189180 189181		150 200		
Příklad objednávky					
189167			ESG	2	SN

Tabulka pro objednávky – přísavky Ø 2 ... 50 mm

velikost	Ø 2	Ø 4	Ø 6	Ø 8	Ø 10	Ø 15	Ø 20	Ø 30	Ø 40	Ø 50	podmínky	kód	zadání
velikost držáku	1		2		3		4						
[M] č. stavebnice	189167	189168	189169	189170	189171	189172	189173	189174	189175	189176			
funkce úchopu	vakuové přísavky, kruhový tvar										ESG	ESG	
Ø přísavky [mm]	2	4	6	8	10	15	20	30	40	50		-...	
standardní přísavka	nitřilkaučuk (NBR)										-SN		
	polyuretan (PU)										-SU		
	silikon (SI)										-SS		
	fluorkaučuk (FPM)										-SF		
	butadien-kaučuk (BR), antistatický										-SNA		
obzvlášť hluboká přísavka	-					nitřilkaučuk (NBR)					-EN		
	-					polyuretan (PU)					-EU		
	-					silikon (SI)					-ES		
	-					fluorkaučuk (FPM)					-EF		
skládaná, 1,5 měchu	-				(NBR)	-	nitřilkaučuk (NBR)				-BN		
	-				(PU)	-	polyuretan (PU)				-BU		
	-				(SI)	-	silikon (SI)				-BS		
	-					-	termoplast				-BT		
skládaná, 3,5 měchu	-				(NBR)	-	nitřilkaučuk (NBR)				-CN		
	-				(SI)	-	silikon (SI)				-CS		
zvonovitá	-					-	termoplast				-GT		
držák přísavky	vnější závit, 2 matice, připojení shora										-HA		
	vnitřní závit, přívod ze strany										-HB		
	vnější závit, 2 matice, připojení shora, krátké vyrovnání výšky										-HC		
	vnější závit, 2 matice, připojení shora, dlouhé vyrovnání výšky										-HCL		
	vnější závit, 2 matice, připojení ze strany, krátké vyrovnání výšky										-HD		
	vnější závit, 2 matice, připojení ze strany, dlouhé vyrovnání výšky										-HDL		
	vnější závit, připojení shora, pro našroubování										-HE		
	vnější závit, připojení shora, krátké vyrovnání výšky, pro našroubování										-HF		
zapojení	nástrčná koncovka pro hadici z plastu										[1]	-QS	
	nátrubek pro hadici z plastu										[1]	-PK	
[O] úhlové vyrovnání	-				kloubový díl s vybočením max. 30°						-WA		
filtr	-				filtr						-F		
vložka přísavky	-				slinutá		slinutá				[2]	-ES	

[1] QS, PK ne s držákem přísavky HE, HF

[2] ES pouze v kombinaci s CN, CS volitelná

Sestavy přísavek ESG – kruhový tvar

FESTO

údaje pro objednávky – stavebnice výrobků

M Minimální údaje		O Volitelné		
držák přísavky	zapojení	úhlové vyrovnání	filtr	vložka přísavky
HA HB HC HCL HD HDL HE HF	QS PK G	WA	F	ES
- HA	- QS	-	-	-

Tabulka pro objednávky – přísavky Ø 60 ... 200 mm								
velikost	Ø 60	Ø 80	Ø 100	Ø 150	Ø 200	podmínky	kód	zadání
velikost držáku	5			6				
M č. stavebnice	189177	189178	189179	189180	189181			
funkce úchopu	vakuové přísavky, kruhový tvar						ESG	ESG
Ø přísavky [mm]	60	80	100	150	200		-...	
standardní přísavka	nitřilkaučuk (NBR)						-SN	
	polyuretan (PU)						-SU	
	silikon (SI)						-SS	
	fluorkaučuk (FPM)						-SF	
obzvlášť hluboká přísavka	nitřilkaučuk (NBR)					-	-EN	
	polyuretan (PU)					-	-EU	
	silikon (SI)					-	-ES	
	fluorkaučuk (FPM)					-	-EF	
skládaná, 1,5 měchu	-	nitřilkaučuk (NBR)	-				-BN	
	-	polyuretan (PU)	-				-BU	
	-	silikon (SI)	-				-BS	
	-	termoplast	-				-BT	
zvonovité	termoplast			-			-GT	
držák přísavky	vnější závit, 2 matice, připojení shora						-HA	
	vnitřní závit, přívod ze strany						-HB	
	vnější závit, 2 matice, připojení shora, krátké vyrovnání výšky						-HC	
	vnější závit, 2 matice, připojení shora, dlouhé vyrovnání výšky						-HCL	
	vnější závit, 2 matice, připojení ze strany, krátké vyrovnání výšky						-HD	
	vnější závit, 2 matice, připojení ze strany, dlouhé vyrovnání výšky						-HDL	
	vnější závit, připojení shora, pro našroubování					-	-HE	
zapojení	připojení závitem					3	-G	
O úhlové vyrovnání	kloubový díl s vybočením max. 30°			-			-WA	

3 nelze kombinovat s HE

Příloha G

Seznam jednotek a veličin (6 listů)

Důležité fyzikální veličiny a jejich jednotky

- výběr z ČSN ISO 31-0 01 1300 až ČSN ISO 31-4 01 1300 [Veličiny 1994]
- výběr z dalších zdrojů a konvencí

NÁZEV VELIČINY	Obecně		Doporučeno pro FST	
	ZNAČKA VELIČINY	MEZIN. ZNAČKA JEDNOTKY SI vč. jejich dekadických násobků/dílů a uznané CIPM	ZNAČKA VELIČINY	MEZIN. ZNAČKA JEDNOTKY SI, dekadické nás./díly SI a uznané CIPM
Část 1: Prostor a čas ČSN ISO 31-1 01 1300 (výběr)				
úhel, (rovinný úhel)	α, β, γ ϑ, φ	rad °, ', ''	α, β, γ $\vartheta, \varphi, \dots$	rad ° (na desetinná místa)
délka	l, L	m	l, L $a, b, c, d \dots$	mm, m, μm , km
šířka	b		b, B, \dots	
výška	h		h, H, \dots	
tloušťka	d, δ		t, \dots	
poloměr	r, R		r, R	
průměr	d, D		d, D	
délka dráhy	s		s, \dots	
vzdálenost	d, r		l, L $a, b, c, d \dots$	
kartézské souřadnice	x, y, z		x, y, z	
poloměr křivosti	ρ		ρ	
plocha	$A, (S)$	m^2	S	mm^2, m^2
objem	V	m^3	V	mm^3, m^3
čas, čas. interval, trvání	t	s, min, h, d	t	s, min, h, d, rok
úhlová rychlost	ω	rad/s	ω	rad/s
úhlové zrychlení	α	rad/s ²	α	rad/s ²
rychlost, složky rychlosti	v, c u, v, w	m/s	v	m/s, m/min, mm/min, km/h
zrychlení	a	m/s ²	a	m/s ²
(zrychlení volného pádu), gravitační zrychlení	g	m/s ²	g	m/s ²
Část 2: Periodické a příbuzné jevy ČSN ISO 31-2 01 1300 (výběr)				
perioda, doba kmitu	T	s	T	s
kmitočet, frekvence	f	Hz	f	Hz
(frekvence otáčení), otáčky za min., ot.za sek.	n	s ⁻¹ , r/min, r/s	n	s ⁻¹ , ot/min, ot/s (konvence)
úhlový kmitočet	ω	rad/s, s ⁻¹	ω	rad/s, s ⁻¹

NÁZEV VELIČINY	Obecně		Doporučeno pro FST	
	ZNAČKA VELIČINY	MEZIN. ZNAČKA JEDNOTKY SI vč. jejich dekadických násobků/dílů a uznané CIPM	ZNAČKA VELIČINY	MEZIN. ZNAČKA JEDNOTKY SI, dekadické nás./díly SI a uznané CIPM
Část 3: Mechanika				
ČSN ISO 31-3 01 1300 (výběr)				
hmotnost	m	kg	m	kg
(objemová hmotnost), hustota (hmotnosti)	ρ	kg/m ³	ρ	kg/m ³
moment setrvačnosti	I, J	kg · m ²	J	kg · m ²
síla	F	N	F	N
tíha, tíhová síla	$F_g, (G),$ $(P), (W)$		F_g	
moment síly	M	N · m	M	N · m, N · mm
moment dvojice	M		M	
točivý moment	M, T		M_t	
tlak	p	Pa	p	MPa
normálové napětí	σ		σ	
(smykové napětí), tečné napětí (<i>konvence</i>)	τ		τ	
poměrné prodloužení	ε, e	1	ε	1
zkos	γ		γ	
(Poissonův poměr), Poissonovo číslo	μ, ν	1	μ	1
modul pružnosti v tahu	E	Pa	E	MPa
modul pružn. ve smyku	G		G	
(osový) kvadratický moment průřezu	I_a, I	m ⁴	I	mm ⁴
polární (kvadratický) moment průřezu	I_p	m ⁴	I_p	mm ⁴
průřezový modul	Z, W	m ³	W	mm ³
dynam. součinitel tření	$\mu, (f)$	1	f	1
statický součinitel tření	$\mu_s, (f_s)$		f_s	
(dynamická) viskozita	η	Pa · s	η	Pa · s
kinematická viskozita	ν	m ² /s	ν	m ² /s
energie	E	J	E	J
práce	$W, (A)$		A	
potenciální energie	E_p, V, Φ		E_p	
kinetická energie	E_k, T		E_k	
výkon	P	W	P	W, kW, MW
účinnost	η	1	η	1

NÁZEV VELIČINY	Obecně		Doporučeno pro FST	
	ZNAČKA VELIČINY	MEZIN. ZNAČKA JEDNOTKY SI vč. jejich dekadických násobků/dílů a uznané CIPM	ZNAČKA VELIČINY	MEZIN. ZNAČKA JEDNOTKY SI, dekadické nás./díly SI a uznané CIPM
Část 4: Teplo				
ČSN ISO 31-4 01 1300 (výběr)				
termodynamická teplota	$T, (\Theta)$	K	T	K
Celsiova teplota	t, \mathcal{G}	°C	t	°C
teplotní součinitel délkové roztažnosti	α_l	K ⁻¹	α_l	K ⁻¹
teplo, množství tepla	Q	J	Q	J
součinitel tepelné vodivosti	$\lambda, (\chi)$	W/(m · K)	λ	W/(m · K)
součinitel prostupu tepla	$K, (k)$	W/(m ² · K)	k	W/(m ² · K)
součinitel přestupu tepla	$h, (\alpha)$		α	

NÁZEV VELIČINY	Obecně		Doporučeno pro FST	
	ZNAČKA VELIČINY	MEZIN. ZNAČKA JEDNOTKY SI vč. jejich dekadických násobků/dílů a uznané CIPM	ZNAČKA VELIČINY	MEZIN. ZNAČKA JEDNOTKY SI, dekadické nás./díly SI a uznané CIPM
Část 5: Různé (a) Další zdroje a konvence (výběr)				
posunutí od deformace	u	m	u	mm
natočení od deformace	φ	rad	φ	rad
tuhost	k	N/m	k	N/mm, N/m, N/ μ m
podajnost	p	m/N	p	mm/N, m/N, μ m/N
viskozní tlumení	b	N · s/m	b	N · s/m
torzní tuhost	k_φ	N · m/rad	k_φ	N · mm/rad, N · m/rad
torzní poddajnost	p_φ	rad/(N · m)	p_φ	rad/(N · mm), rad/(N · m)
torzní viskozní tlumení	b_φ	N · m · s/rad	b_φ	N · m · s/rad
dovolená hodnota pro tlak	p_D	Pa	p_D	MPa
mez pevnosti pro normálová napětí	σ_p		σ_p	
- mez pevnosti v tahu	R_m, σ_{pt}		σ_{pt}, R_m	
mez kluzu pro normálová napětí	σ_k		σ_k	
- mez kluzu v tahu	R_e, σ_{kt}		σ_{kt}, R_e	
mez úměrnosti pro normálová napětí	σ_u		σ_u	
dovolená hodnota pro stat. normál. napětí	σ_D		σ_D	
(základní) mez únavy pro normálová napětí	σ_C		σ_C	
mez únavy pro vrub pro normálová napětí	σ_C^*		σ_C^*	
mez pevnosti pro tečná napětí	τ_p		τ_p	
mez kluzu pro tečná napětí	τ_k		τ_k	
dovolená hodnota pro stat. tečná napětí	τ_D		τ_D	
(základní) mez únavy pro tečná napětí	τ_C		τ_C	
mez únavy pro vrub pro tečná napětí	τ_C^*		τ_C^*	

NÁZEV VELIČINY	Obecně		Doporučeno pro FST	
	ZNAČKA VELIČINY	MEZIN. ZNAČKA JEDNOTKY SI vč. jejich dekadických násobků/dílů a uznané CIPM	ZNAČKA VELIČINY	MEZIN. ZNAČKA JEDNOTKY SI, dekadické nás./díly SI a uznané CIPM
Část 5: Různé (b) Další zdroje a konvence (výběr)				
bezpečnost	s, k	1	s	1
bezp. vůči mezi pevnosti	s_p, k_p		s_p	
bezp. vůči mezi kluzu	s_k, k_k		s_k	
bezp. vůči mezi únavy	s_c, k_c		s_c	
bezpečnost výsledná	s_v, k_v		s_v	
bezpečnost val. ložisek vůči trvanlivosti	s_d		s_d	
bezpečnost val. ložisek vůči statické únosnosti	s_o		s_o	
bezpečnost val. ložisek vůči mezním otáčkám	s_n		s_n	

NÁZEV VELIČINY	Obecně		Doporučeno pro FST	
	ZNAČKA VELIČINY	MEZIN. ZNAČKA JEDNOTKY SI vč. jejich dekadických násobků/dílů a uznané CIPM	ZNAČKA VELIČINY	MEZIN. ZNAČKA JEDNOTKY SI, dekadické nás./díly SI a uznané CIPM
Část 5: Různé (c) Další zdroje a konvence (výběr)				
index značek veličin pro směr souřadnice x	x	-	x	-
index značek veličin pro směr souřadnice y	y		y	
index značek veličin pro směr souřadnice z	z		z	
index značek veličin pro obvodový směr	o	-	o	-
index značek veličin pro radiální směr	r		r	
index značek veličin pro axiální směr	a		a	
index značek veličin pro tečný směr (obecně)	t	-	t	-
index značek veličin pro normálový směr (ob.)	n		n	
index značek veličin pro osový směr (obecně)	x, o		x	
index značek veličin pro otáč. pohyb (obecně)	φ	-	φ	-
index značek veličin při tření	f	-	f	-
index značek veličin pro tah	t	-	t	-
index značek veličin pro tlak	d		d	
index značek veličin pro ohyb	o		o	
index značek veličin pro smyk	s		s	
index značek veličin pro krut	k		k	
index značek veličin pro dolní hodnotu kmitu	d, D	-	d, D	-
index značek veličin pro horní hodnotu kmitu	h, H		h, H	
index značek veličin pro střední složku kmitu	m, M		m, M	
index značek veličin pro amplit. složku kmitu	a, A		a, A	

Příloha H

3D CAD DATA v programu SolidWorks 2013
(součástí dodaného CD)