

INOVACE ZAŘÍZENÍ NA VÝROBU FILTRŮ

Bc. Plíšek David

Sekce - STROJÍRENSTVÍ,

Fakulta strojní, 2. ročník

Navazující magisterský studijní program – INOVAČNÍ A PRŮMYSLOVÉ INŽENÝRSVÍ

Abstrakt: Tato práce se zabývá inovací výrobního procesu vzduchových filtrů prostřednictvím návrhu jednoúčelového stroje. V úvodní části jsou představeny tři rozdílné koncepty zařízení, lišící se použitými principy polohování. Pro objektivní posouzení jednotlivých variant jsou stanovena hodnotící kritéria, na jejichž základě je pomocí vícekritériální metody AHP vybráno nejvhodnější řešení. Závěrečná část práce se zaměřuje na detailní konstrukční návrh zvoleného konceptu.

Klíčová slova: Koncepty, metoda AHP, jednoúčelový stroj, konstrukční návrh

1 Úvod

Cílem této práce je **inovace výrobního procesu sestavování filtrů** prostřednictvím návrhu nového **jednoúčelového stroje**. Navrhované zařízení má za úkol realizovat všechny potřebné operace na jednom místě, a to s minimálními zásahy obsluhy do výrobního procesu.

Požadovaný **takt** výroby činí **30 sekund** na jeden kus, což tedy odpovídá výstupu dvou kusů minutu. V tomto čase musí zařízení umožnit jak založení vstupních dílů, tak odběr hotového výrobku. Zařízení musí být navrženo tak, aby jej mohl obsluhovat pouze **jeden pracovník**. Současně nesmí být překročen maximální **zástavbový prostor 2000 × 4000 mm**.

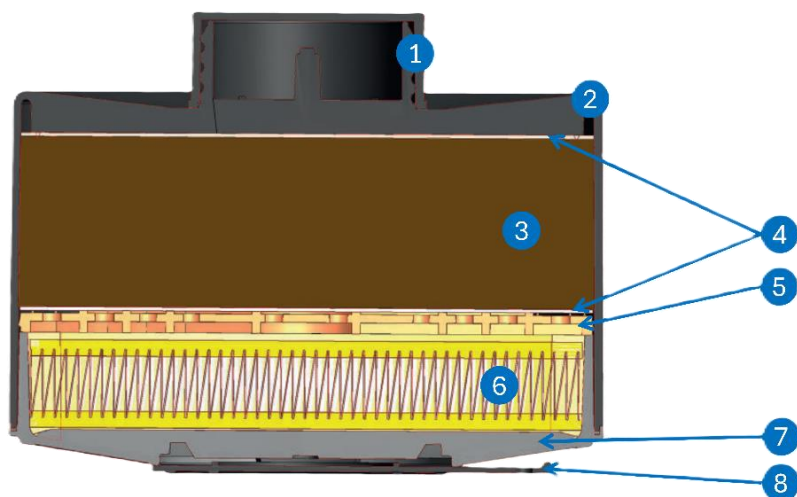
Jednoúčelový stroj musí zároveň respektovat **stávající technologický postup**, který není možné měnit. Ten zahrnuje následující výrobní operace:

- **nasypání aktivního uhlí** – doba operace 15 sekund (případně 10 sekund při použití nového násypného zařízení),
- **změření objemu nasypaného uhlí,**
- **ustavení dělicího víka,**
- **lisování uhlí do kompaktní formy** – 10 sekund silou 4 000 N,
- **ustavení víka s částicovým filtrem,**
- **svaření víka s tělem filtru pomocí ultrazvukové svářečky** – 10 sekund.

2 Vyráběný produkt

Vyráběným produktem je filtr určený pro **plynové masky** a **polomasky**. Tento produkt nachází uplatnění především u bezpečnostních složek a v profesích, kde dochází ke kontaktu s látkami ohrožujícími zdraví [1].

Filtr se skládá z těla, aktivního uhlí jako filtračního materiálu, dělicího víka, papírového skládaného filtru proti pevným částicím a víka. Součástí těla filtru a dělicího víka je filtrační tkanina, která je na tyto díly umístěna ještě před vstupem na inovované výrobní zařízení. Další komponenty, jako krycí víčka a samolepky, nejsou osazovány na navrhovaném pracovišti, ale až v pozdější fázi výroby filtru.

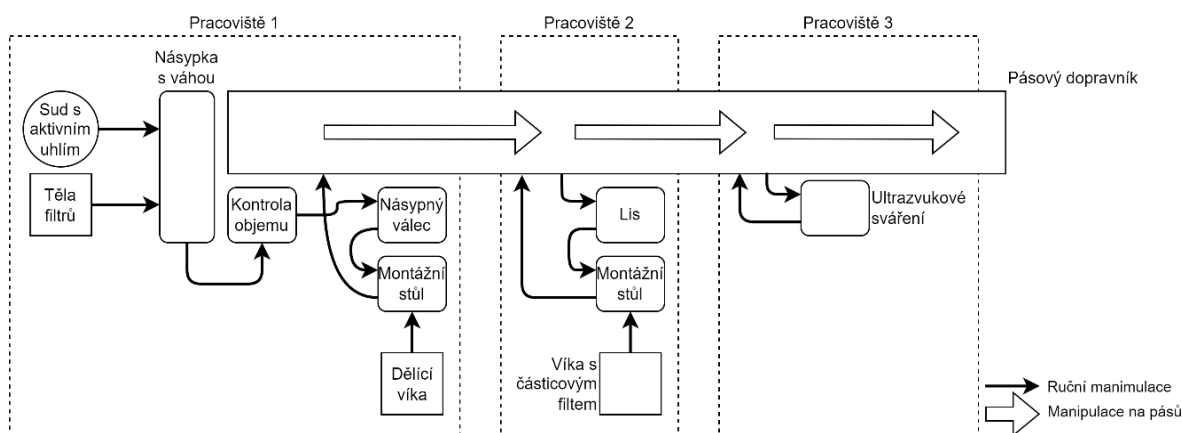


1 – Krycí víčko závitu, 2 – Tělo filtru, 3 – Aktivní uhlí, 4 – Filtrační tkanina, 5 – Dělicí víko, 6 – Částicový filtr, 7 – Víko filtru, 8 – Víčko vstupního otvoru

Obr. 2.1 Popis filtru, upraveno [2]

3 Inovovaný proces

Současný výrobní proces je složený ze třech pracovišť, které jsou rozloženy podél pásového dopravníku. První zajišťuje nasypání aktivního uhlí do těla filtru, druhé lisuje uhlí do kompaktní podoby a třetí provádí svaření víka s tělem filtru. V rámci těchto pracovišť jsou umístěny i zbývající komponenty, jako jsou dělicí víko, částicový filtr a víko filtru.



Obr. 3.1 Nitkový diagram současného pracoviště

4 Koncepty

Celkem byly vytvořeny **tři různé koncepty**. Ve všech případech byly záměrně zanedbány bezpečnostní prvky, jako je krytování či bezpečnostní tlačítka, aby byly koncepty přehlednější a snadněji porovnatelné. První dva koncepty vycházejí z **konvenčních řešení**, zatímco třetí koncept odpovídá **moderním trendům automatizace**.

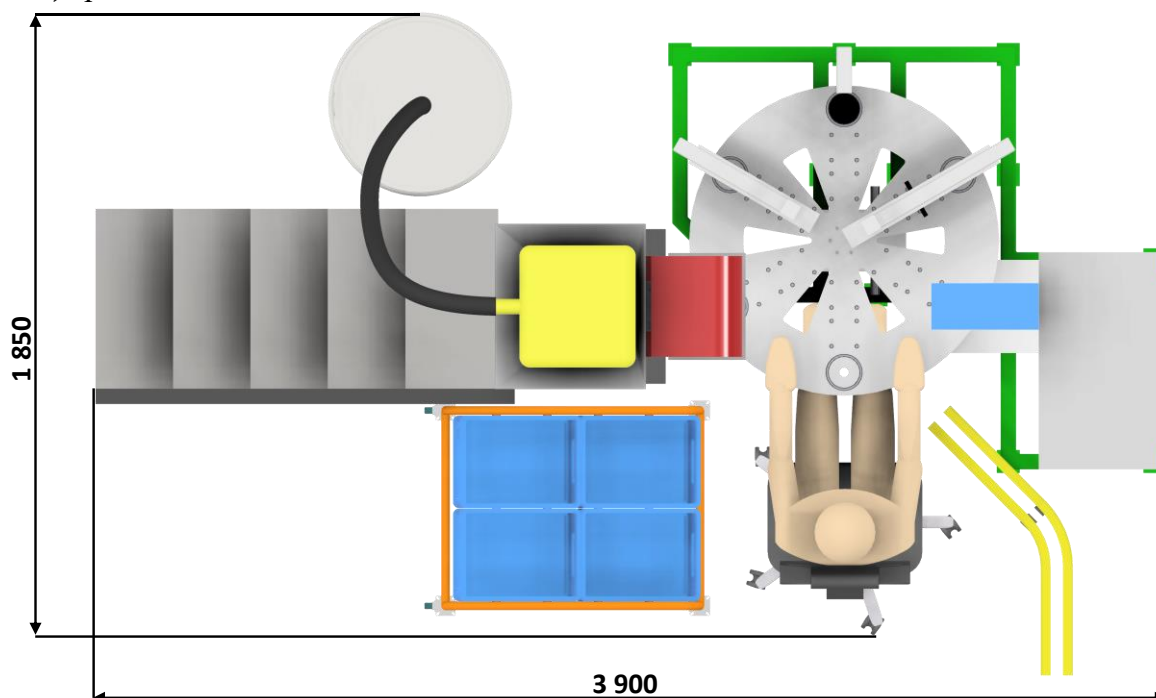
Bezpečnostní prvky jsou doplněny při konstrukčním zpracování vítězného konceptu.

1.1 Koncept 1

Prvním navrženým konceptem je **karusel**, což je výrobní zařízení využívající **rotační pohyb** k polohování výrobku na jednotlivá pracoviště. Pomocná a manipulační zařízení jsou rozmístěna kolem rotační části stroje.

Jednotlivé díly filtru jsou umístěny na **rotujícím kotouči**, který se periodicky roztáčí a zastavuje. Každé zastavení odpovídá jedné pracovní pozici. Pracovní zařízení je navrženo se sedmi pozicemi, přičemž první a sedmá pozice sdílejí stejné místo. Předpokládané pracovní pozice jsou následující:

- 1) pozice založení dílů filtru, respektive vyndání hotového filtru,
- 2) pozice nasypání aktivního uhlí,
- 3) pozice měření objemu společně s umístěním dělicího víka,
- 4) pozice lisování,
- 5) pozice umístění víka filtru s filtrační vložkou,
- 6) pozice ultrazvukového svařování.



Obr. 4.1 Koncept 1 horní pohled s rozměry

Na obrázku 4.1 je zobrazen horní pohled na koncept 1 s uvedenými předpokládanými rozměry.

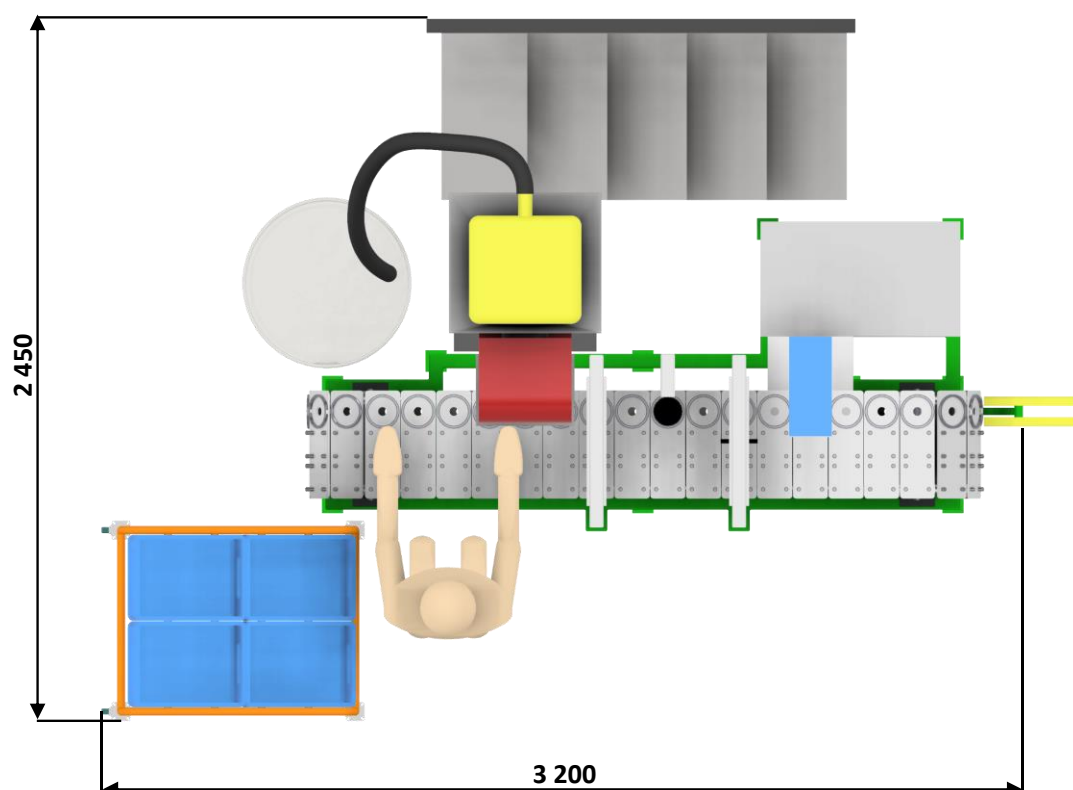
K polohování kotouče je použita indexovací převodovka, která zajistí přesné pootočení o stanovený úhel a zastavení na pozici po stanovenou dobu. Manipulace dílu na kotouči jsou použity lineární elektrické a pneumatické pohony v kombinaci chapadly a přísavkami.

1.2 Koncept 2

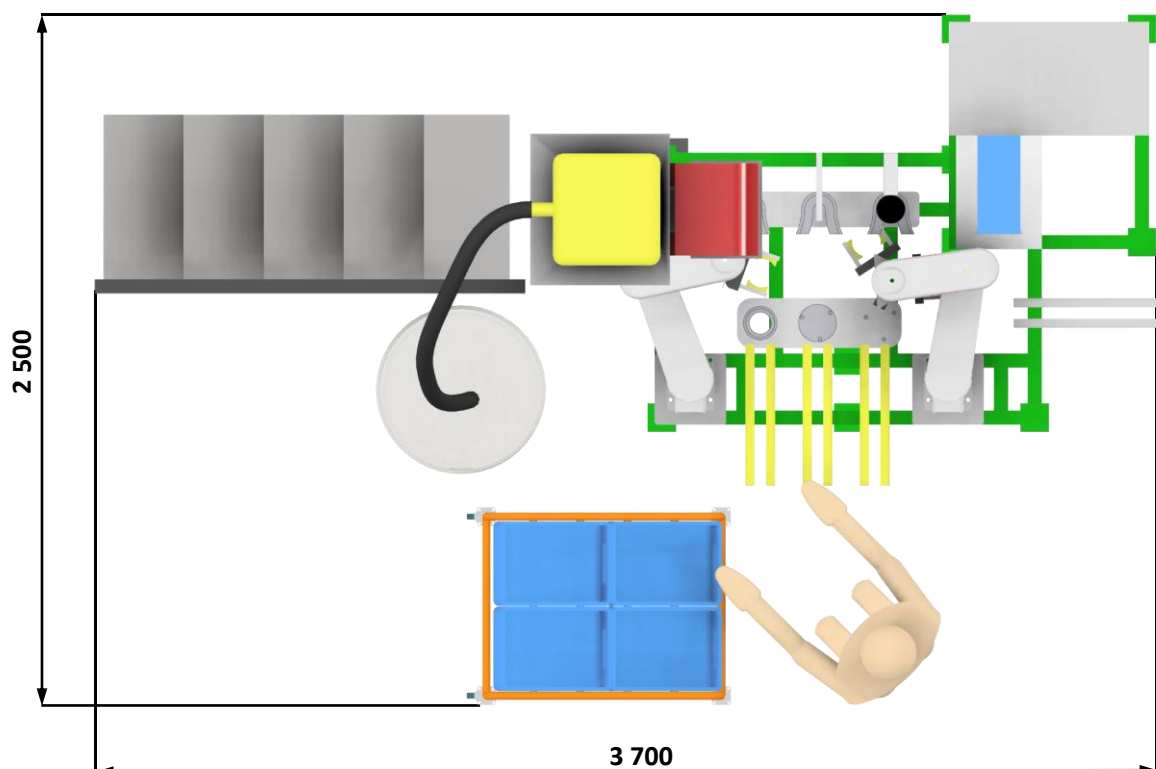
Druhým navrženým konceptem je **řetězový dopravník**. Toto výrobní zařízení využívá **lineární pohyb** řetězu k přesnému polohování výrobků na jednotlivá pracoviště. Pomocná a manipulační zařízení jsou rozmístěna podél dopravního systému.

Tento koncept využívá stejných sedmi pracovních pozic jako v případě karuselu. Hlavním rozdílem je, že pozice 1 a 7 již nesdílejí stejné umístění. Filtr je odebrán pomocí skluzu. Na obrázku 4.2 je zobrazen horní pohled na koncept 1 s uvedenými předpokládanými rozměry.

K polohování řetězu je opět použita indexovací převodovka. Manipulace s díly je shodná s konceptem 1.



Obr. 4.2 Koncept 2 horní pohled s rozměry



Obr. 4.3 Koncept 3 horní pohled s rozměry

1.3 Koncept 3

Posledním navrženým konceptem je **robotické pracoviště**. Na rozdíl od předchozích konceptů využívá odlišný princip manipulace s díly, kdy veškeré pohyby zajišťuje **průmyslový robot**. Jeho pohyb na pracovišti lze přirovnat k činnosti lidského operátora, přičemž provádí veškeré potřebné operace s vysokou přesností a opakovatelností.

Čas taktu je příliš nízký pouze pro jednoho robota, z tohoto důvodu je nutné zavést kooperaci dvou robotů. Na obrázku 4.3 je zobrazen horní pohled na koncept 1 s uvedenými předpokládanými rozměry.

Použitým typem robotů je Scara. Hlavním důvodem je vysoká přesnost a opakovatelnost [3].

5 Výběr konceptu

Výběr vhodného konceptu byl proveden pomocí metody **AHP** na základě stanovených kritérií. Jednalo se o kritéria zástavbový prostor, náročnost na obsluhu, náklady na zařízení, přesnost polohování a využití standardizovaných komponent.

Jako vítězný koncept vhodný pro konstrukční zpracování byl vybrán na základě výsledků **koncept 1** neboli karusel.

Tab. 5.1 Výsledek výběru

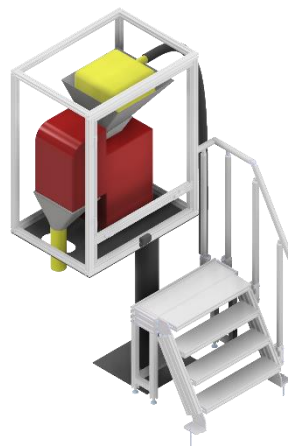
Hodnocení konceptů	
Koncept 1	54%
Koncept 2	15%
Koncept 3	32%

6 Konstrukční zpracování

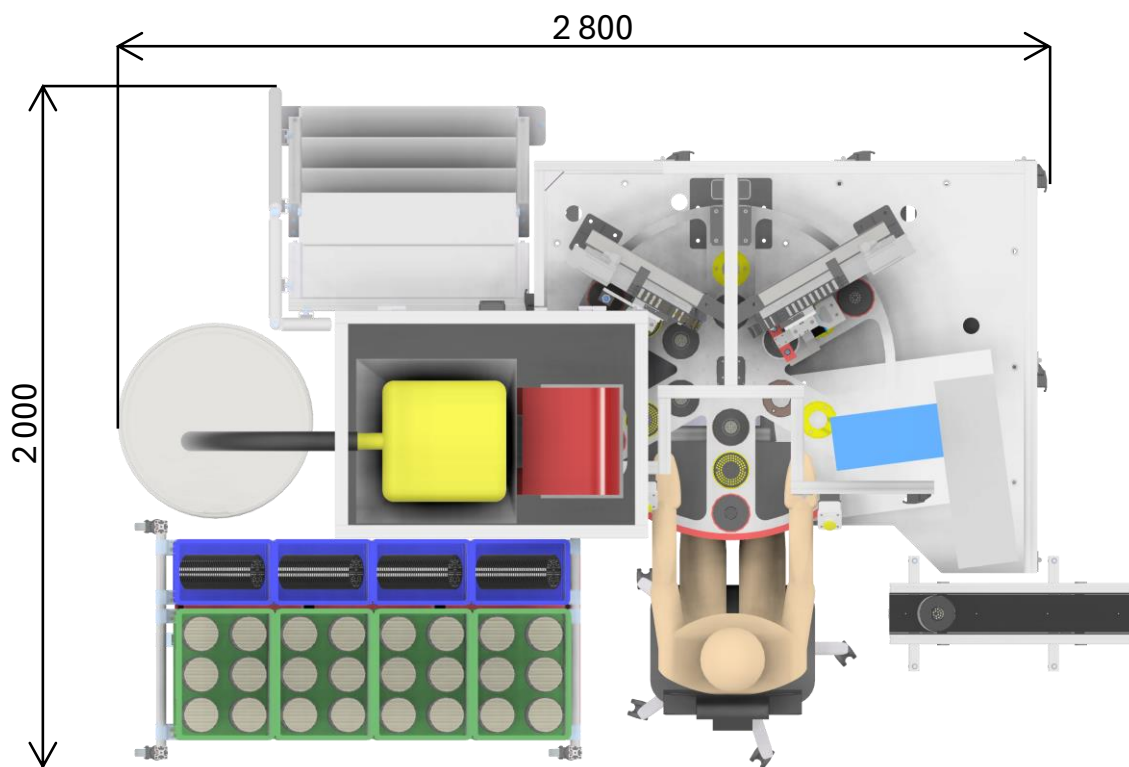
V této kapitole je popsán konstrukční návrh vítězného konceptu. Na obrázku 6.3 je zobrazen horní pohled na navržené výrobní zařízení současně s uvedenými dosaženými rozměry. Navržené zařízení dosáhlo rozměrů **2 000 mm × 2 800 mm**. Znamená to tedy, že se vešlo do požadovaných zástavbových rozměrů. Takt dosažený výrobním strojem 30 sekund. Během tohoto času musí dojít k provedení procesů na jednotlivých pozicích a pootočení na další pozici.



Obr. 6.1 Zakládací pozice



Obr. 6.2 Násypka



Obr. 6.3 Horní pohled na výrobní zařízení

V následujících podkapitolách jsou detailněji popsány jednotlivé části výrobního zařízení.

6.1 Pozice 1

Na této pozici dochází k **zakládání vstupních dílů** do zakládacích pozic (**Obr. 6.1**). Jejich úkolem je naorientovat vstupní díly pro další operace. Materiál zvolený pro výrobu je hliníková slitina s povrchovou úpravou eloxování.

6.2 Pozice 2 a pozice 6

Pozice 2 neboli **násypka aktivního uhlí** (**Obr. 6.2**) nebyla v rámci této práce navrhovaná. Kompletně byla převzata od prof. Ing. Ladislava Ševčíka, CSc. Tato pozice není umístěna na stole, ale volně stojí vedle stroje.

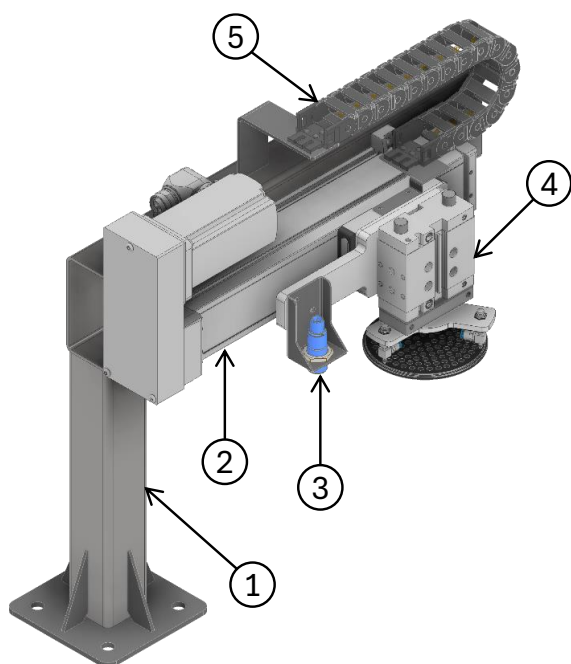
Stejným způsobem je zhotovena pozice 6, která je převzata ze současného výrobního procesu. **Ultrazvuková svářečka** je pouze postavena na své místo a připevněna ke stolu.

Pozice 6 je viditelná v příložené výkresové dokumentaci.

6.3 Pozice 3

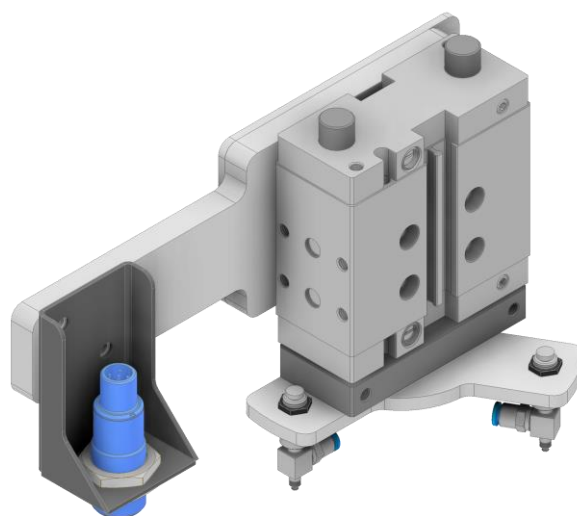
Úkolem této pozice je **změřit objem nasypaného uhlí** a **ustavit dělicí víko**. Změření objemu je provedeno pomocí ultrazvukového snímače vzdálenosti, který změří výšku nasypaného aktivního uhlí. Dělicí víko je uchopeno pomocí tří vakuových přísavek, které jsou rovnoměrně rozmístěné po obvodu dělicího víka. Výškovou manipulaci víka zajišťuje pneumatický válec s vedením.

Tyto dvě jednotky jsou umístěny lineárním pohonu, který zajistí radiální polohování vůči polohovacímu kotouči. Lineární pohon je ustaven na ocelovém svařenci.



1 – Nosný rám, 2 – Lineární pohon,
3 – Měřicí jednotka, 4 – Uchopovací
jednotka, 5 – Energetický řetěz

Obr. 6.4 Pozice 3

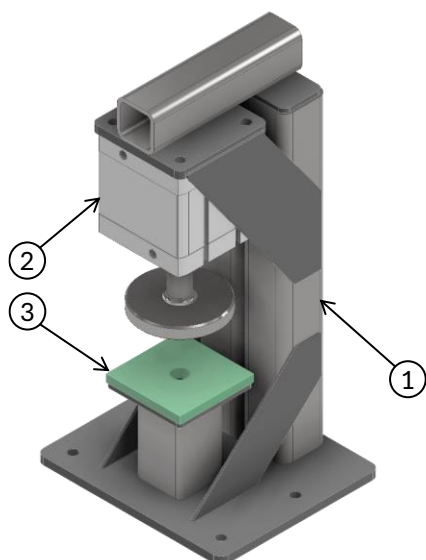


Obr. 6.5 Měřicí a uchopovací jednotka

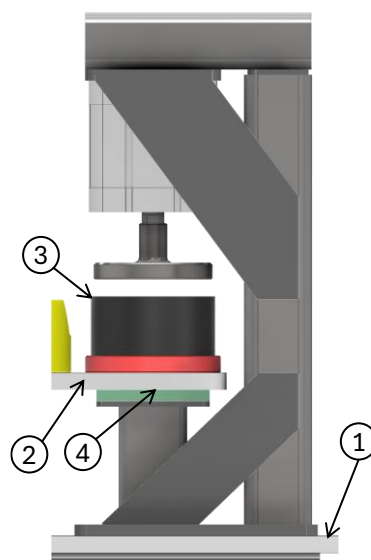
6.4 Pozice 4

Činnost, kterou tato pozice vykonává je **lisování**. Aktivní uhlí musí být slitováno do kompaktní formy, aby se zabránilo přesypávání používáním filtru. Lisování je provedeno pomocí pneumatického válce průměru 100 mm, který při pracovním tlaku 5 barů vyvodí sílu 4 000 N.

Pneumatický válec je upnut v nosném rámu tvaru „C“, který díky své konstrukci pohltí většinu reakčních sil. Díky tomu je pouze minimálně namáhám stůl. Jedinou reakcí, kterou je nutné zachytit je síla přenášená skrze lisované aktivní uhlí do kotouče. Zachycení je provedeno pomocí podpěrné desky umístěné pod kotouč. Při polohování je mezi deskou a kotoučem mezera přibližně 0,2 mm, která je při lisování vymezena pružnou deformací kotouče.



1 – „C“ rám, 2 – Pneumatický válecí,
3 – Podpora kotouče,
Obr. 6.6 Pozice 4

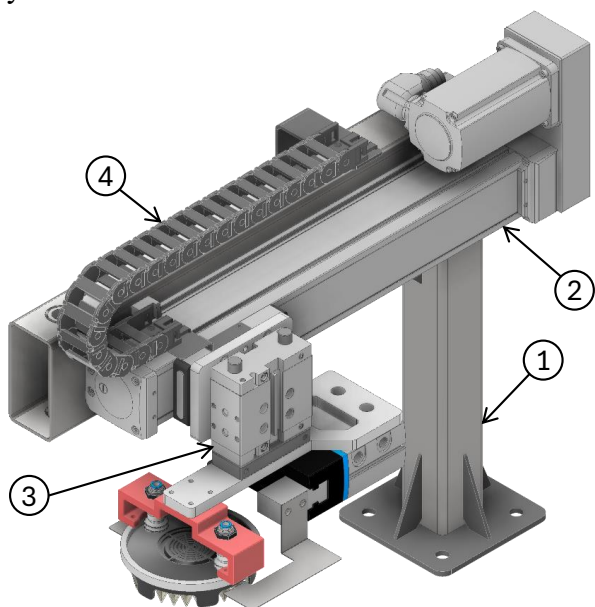


1 – Stůl, 2 – Kotouč, 3 – Lisovaný filtr,
4 – Vůle,
Obr. 6.7 Pozice 4 v zařízení

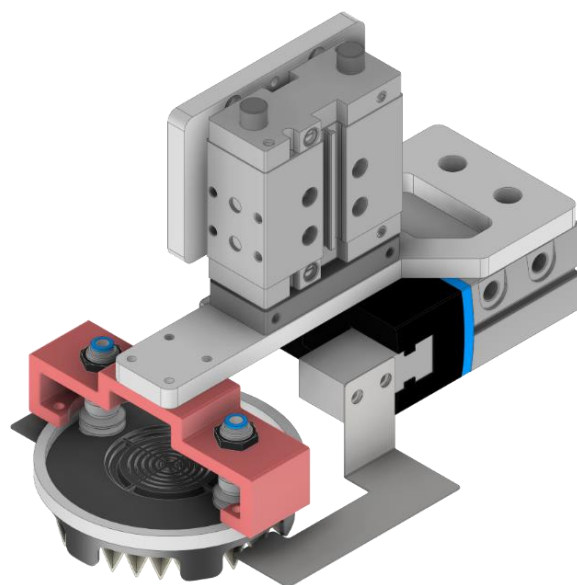
6.5 Pozice 5

Tato pozice **ustavuje víko filtru** na tělo filtru. Obdobně jako u pozice 3 je využito lineárního pohonu a přísavek. Správná pozice upnutí víka je zajištěna středícím kroužkem.

Komplikací je částicový filtr, který se umísťuje společně s víkem. Částicový filtr ovšem samovolně nedrží ve víku a při manipulaci musí být zajištěn. Přidržení je provedeno pomocí pneumatického chapadla s tenkými plechovými palci. Pro jejich možnost použití je nutné orientovat samotné víko v základací pozici. Ta je provedena výstupkem zapadajícím do výřezu ve víku.



1 – Nosný rám, 2 – Lineární pohon, 3 –
Uchopovací jednotka, 4 – Energetický řetěz
Obr. 6.8 Pozice 5

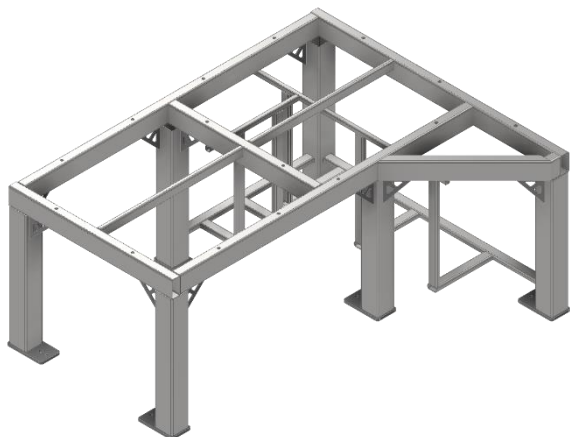


Obr. 6.9 Měřící a uchopovací jednotka

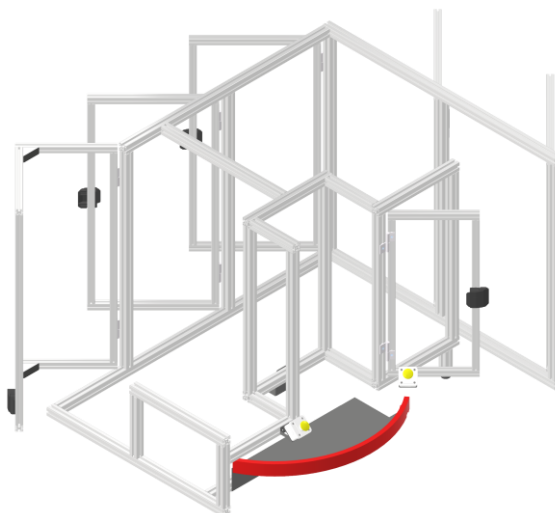
6.6 Stůl a krytování

Stůl je navržen jako **ocelový svařenec**, na kterém je umístěna **deska z hliníkové slitiny** pro upnutí jednotlivých výrobních pozic.

Krytování je navrženo z **hliníkových extrudovaných profilů**, do kterých jsou vloženy desky plexiskla. Protože krytování musí nejen chránit okolí, ale musí i umožnit snadný servis, je celé krytování navrženo jako otevíratelné.



Obr. 6.10 Stůl



Obr. 6.11 Krytování s otevřenými dveřmi

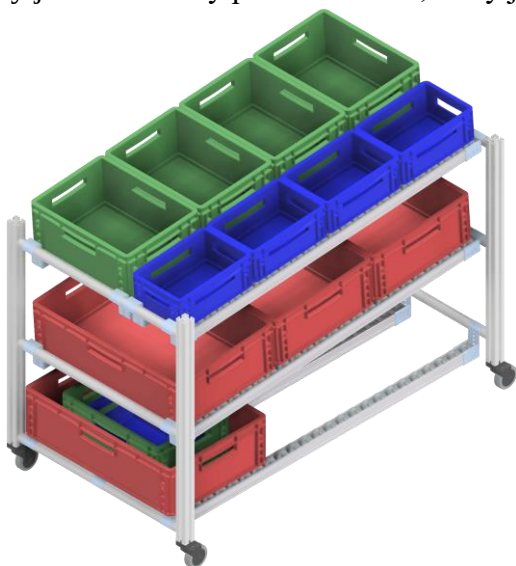
6.7 Indexovací převodovka a kotouč

K polohování kotouče je využita **indexovací převodovka (Obr. 6.14)**. Tato převodovka se vždy pootočí o stanovený úhel a zastaví na požadovaný čas. Díky tomu je možné provést veškeré operace v jeden okamžik.

Polohovací kotouč je navržen z hliníkové desky. Průměr dosahuje 1 000 mm.

6.8 Logistika vstupních a hotových dílů

Pro správný funkčnost zařízení je nutné zajistit pravidelný příjem vstupních dílů a pravidelný odběr hotových filtrů. Vstupní díly jsou k zařízení dodávány pomocí FIFO zásobníku. Hotové filtry jsou odebírány pomocí skluzu, který je odvede na místo určení.



Obr. 6.12 FIFO zásobník



Obr. 6.13 Skluz



Obr. 6.14 Indexovací převodovka [4]

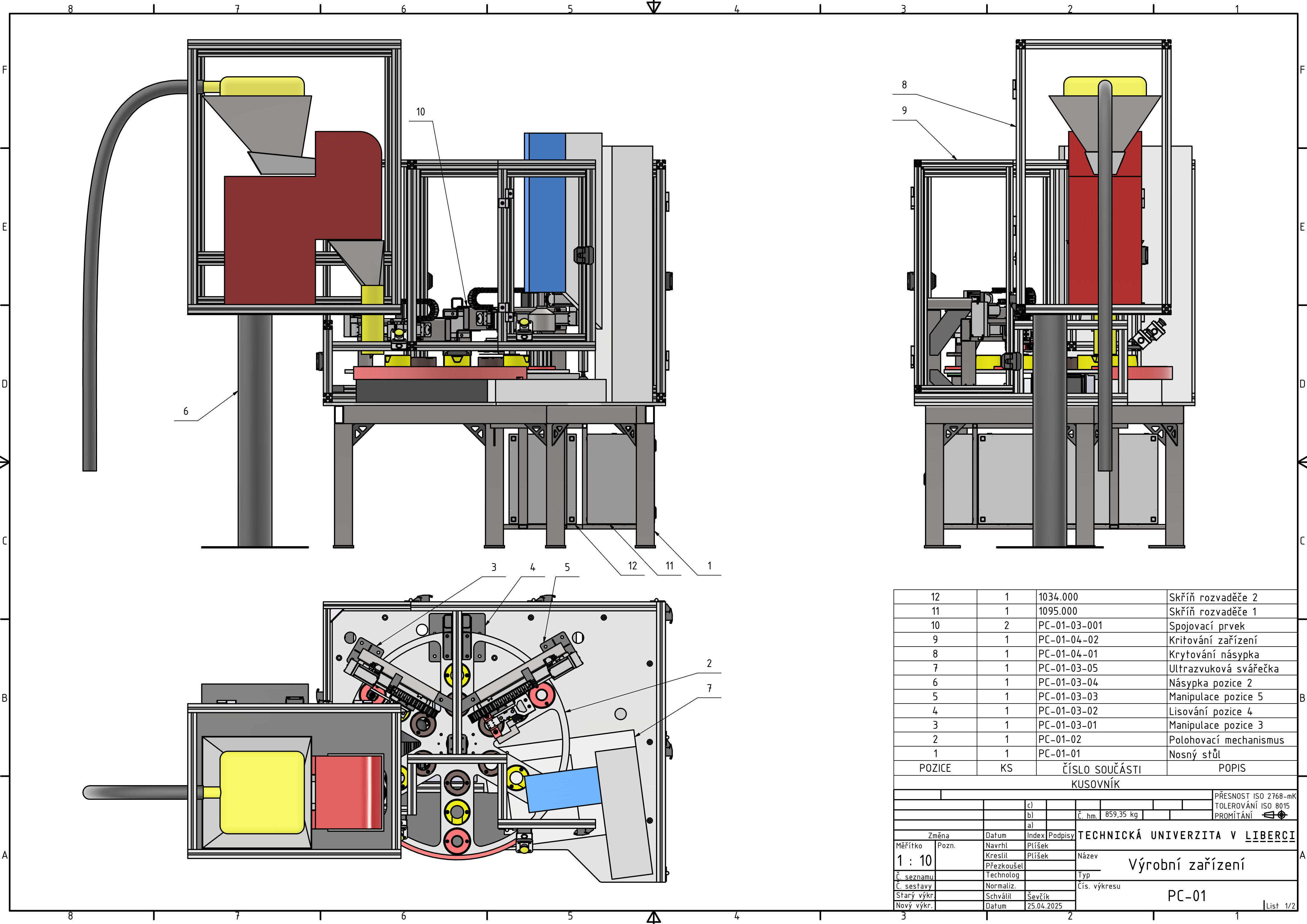
7 Závěr

Tato práce se zabývala návrhem jednoúčelového stroje pro sestavování filtrů. Byly vytvořeny **tři koncepty**, které se lišily způsobem polohování dílů, konkrétně využitím rotačního pohybu, lineárního pohybu nebo robotické manipulace. Pomocí vícekritériální analýzy **metodou AHP** byl jako nejvhodnější vyhodnocen koncept **karuselového uspořádání**.

Výsledný návrh stroje využívá k polohování **indexovací převodovku**. Manipulace s jednotlivými díly je realizována **elektrickými a pneumatickými lineárními pohony**. Upnutí zajišťují **vakuové přísavky a pneumatické chapadlo**. Stroj byl navržen s ohledem na všechny požadavky stanovené v úvodu práce. Jeho zástavbový prostor činí **2000 × 2800 mm**, obsluhu zajišťuje **jeden pracovník** a dosažený **takt 30 sekund** umožňuje plynulé provedení všech operací definovaných v technologickém postupu. Konstrukce zároveň zohledňuje bezpečnostní aspekty, jako je krytování pracovních prostorů a použití bezpečnostních tlačítek.

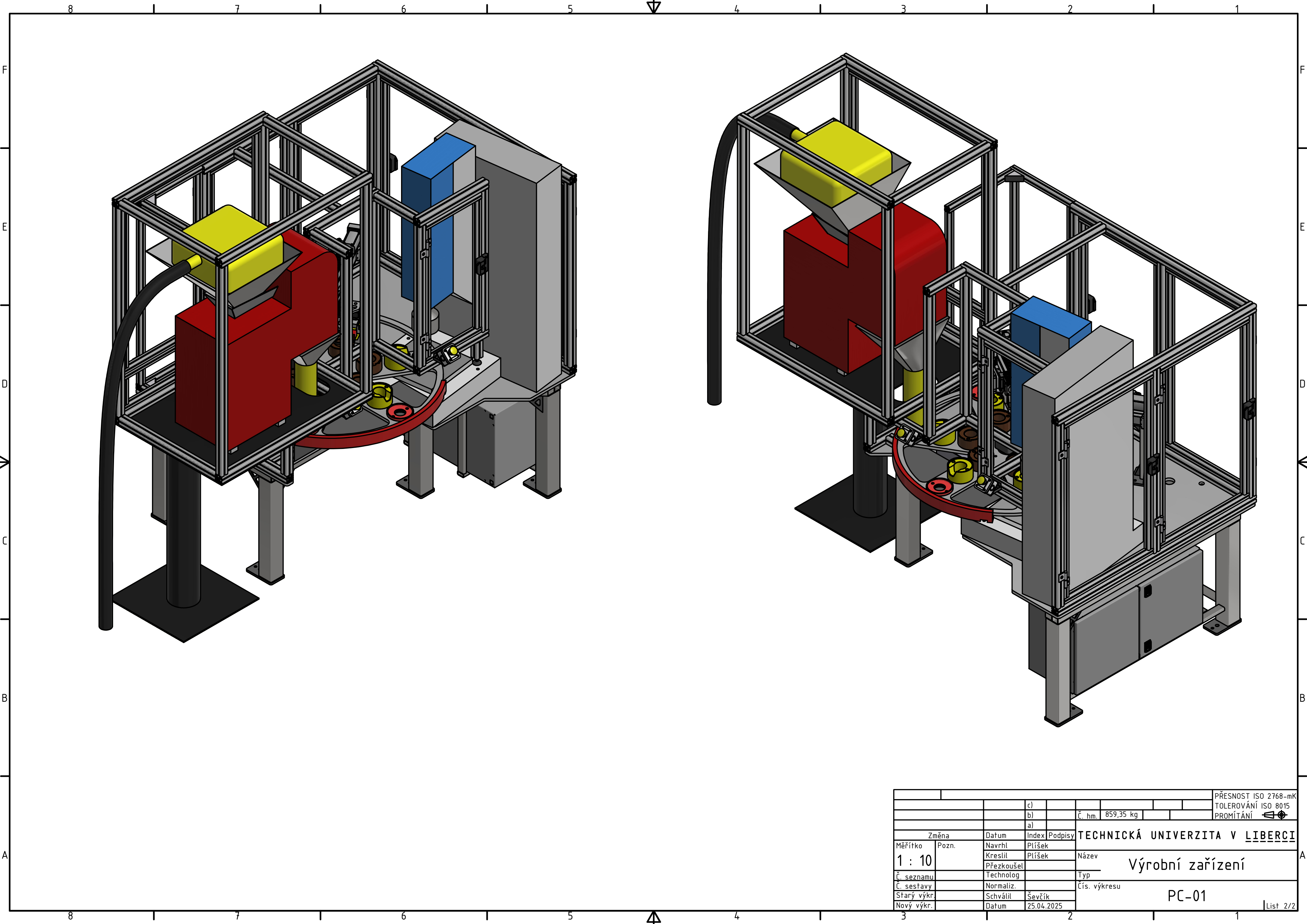
Literatura

- [1] *Celoobličejová maska HORIZONT*. In: SIGMA Výzkumný a vývojový ústav. Lutín. Dostupné z: <https://www.sigma-vvu.cz/produkty/ochranne-filtry/celooblicejova-mask/>. [cit. 2025-04-30].
- [2] *Průvodce výběrem filtrů*. Online. In: SIGMA Výzkumný a vývojový ústav. Lutín, 04/2023. Dostupné z: <https://www.sigma-vvu.cz/produkty/ochranne-filtry/pruvodce-vyberem-filtru/>. [cit. 2025-04-30].
- [3] NOVOTNÝ, František; HOTAŘ, Vlastimil; HORÁK, Marcel; STARÁ, Marie a STARÝ, Michal. Základní koncepce kinematické struktury univerzálních PR. Online. In: *Úvod do automatizace a robotizace ve strojírenství*. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2020, s. 34 - 41. ISBN 978-80-7494-545-8. Dostupné z: <https://etul.publi.cz/?book=1275-uvod-do-automatizace-a-robotizace-ve-strojirenstvi>. [cit. 2025-05-03].
- [4] *Tc220-2.png*. Online. In: WEISS Group. c2025. Dostupné z: <https://www.weiss-world.com/de-en/products/rotary-indexing-tables-44/rotary-indexing-table-45>. [cit. 2025-05-04]

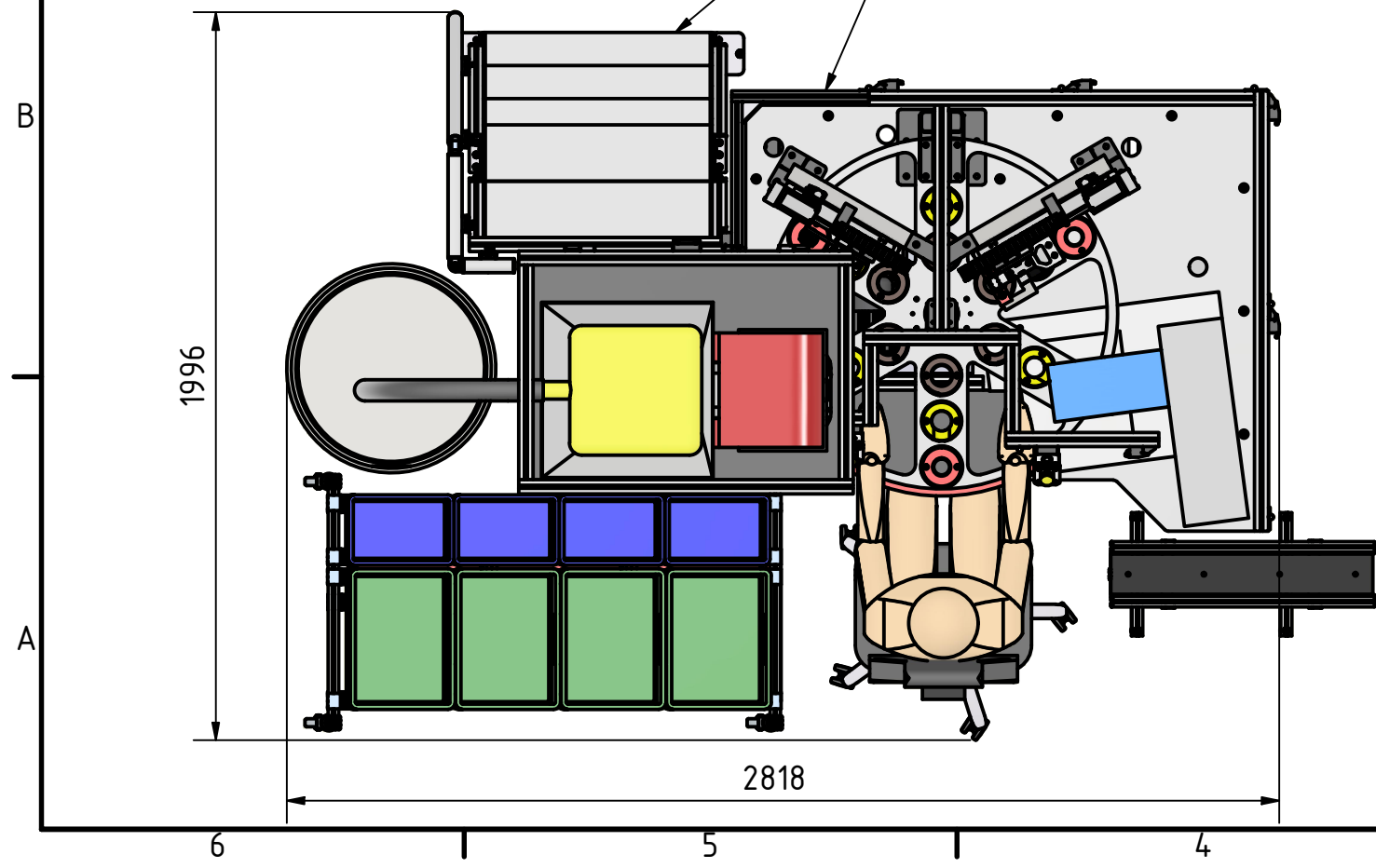
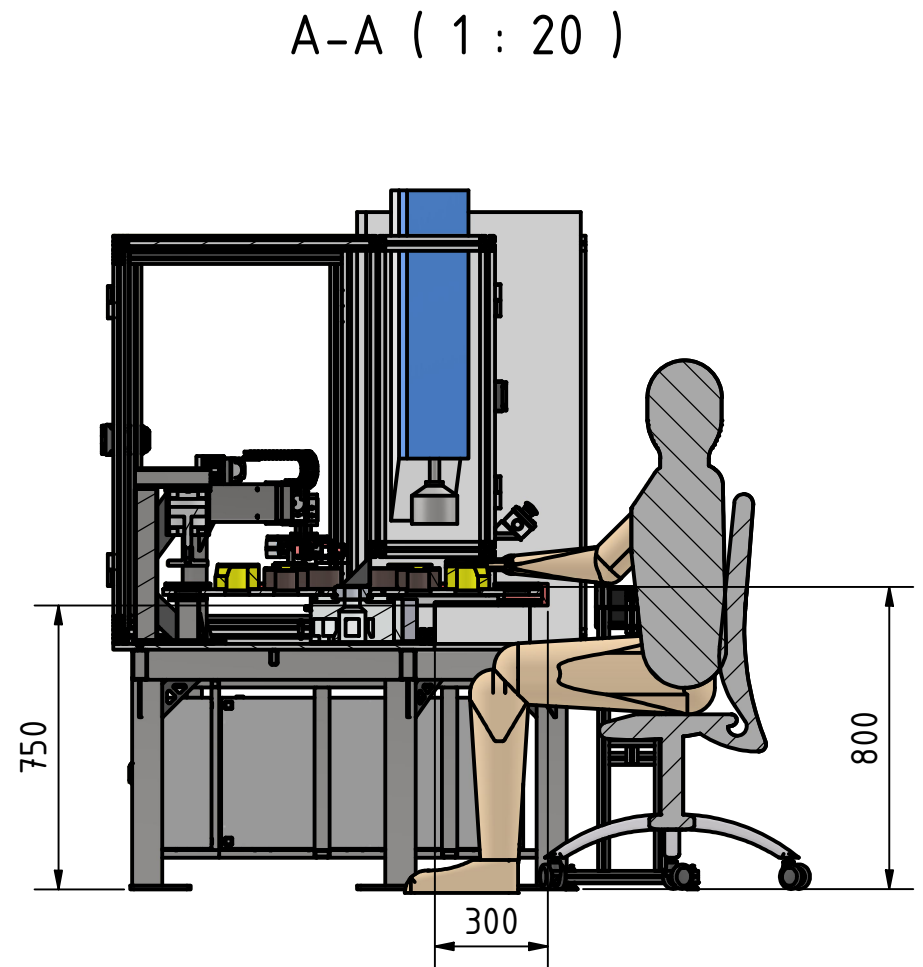
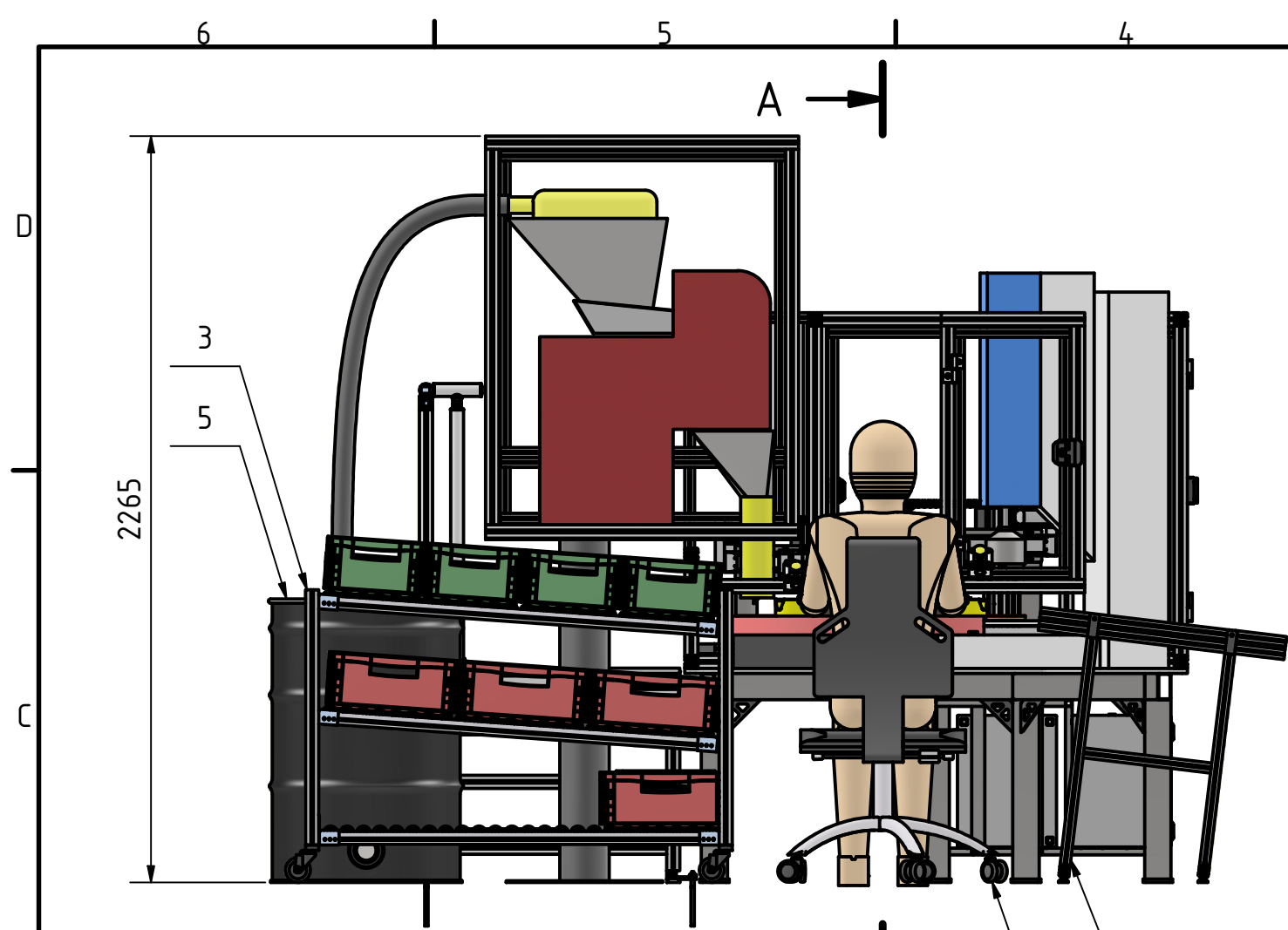


12	1	1034.000	Skříň rozvaděče 2
11	1	1095.000	Skříň rozvaděče 1
10	2	PC-01-03-001	Spojovací prvek
9	1	PC-01-04-02	Kritování zařízení
8	1	PC-01-04-01	Krytování násypka
7	1	PC-01-03-05	Ultrazvuková svářečka
6	1	PC-01-03-04	Násypka pozice 2
5	1	PC-01-03-03	Manipulace pozice 5
4	1	PC-01-03-02	Lisování pozice 4
3	1	PC-01-03-01	Manipulace pozice 3
2	1	PC-01-02	Polohovací mechanismus
1	1	PC-01-01	Nosný stůl
POZICE		KS	ČÍSLO SOUČÁSTI
			POPIS

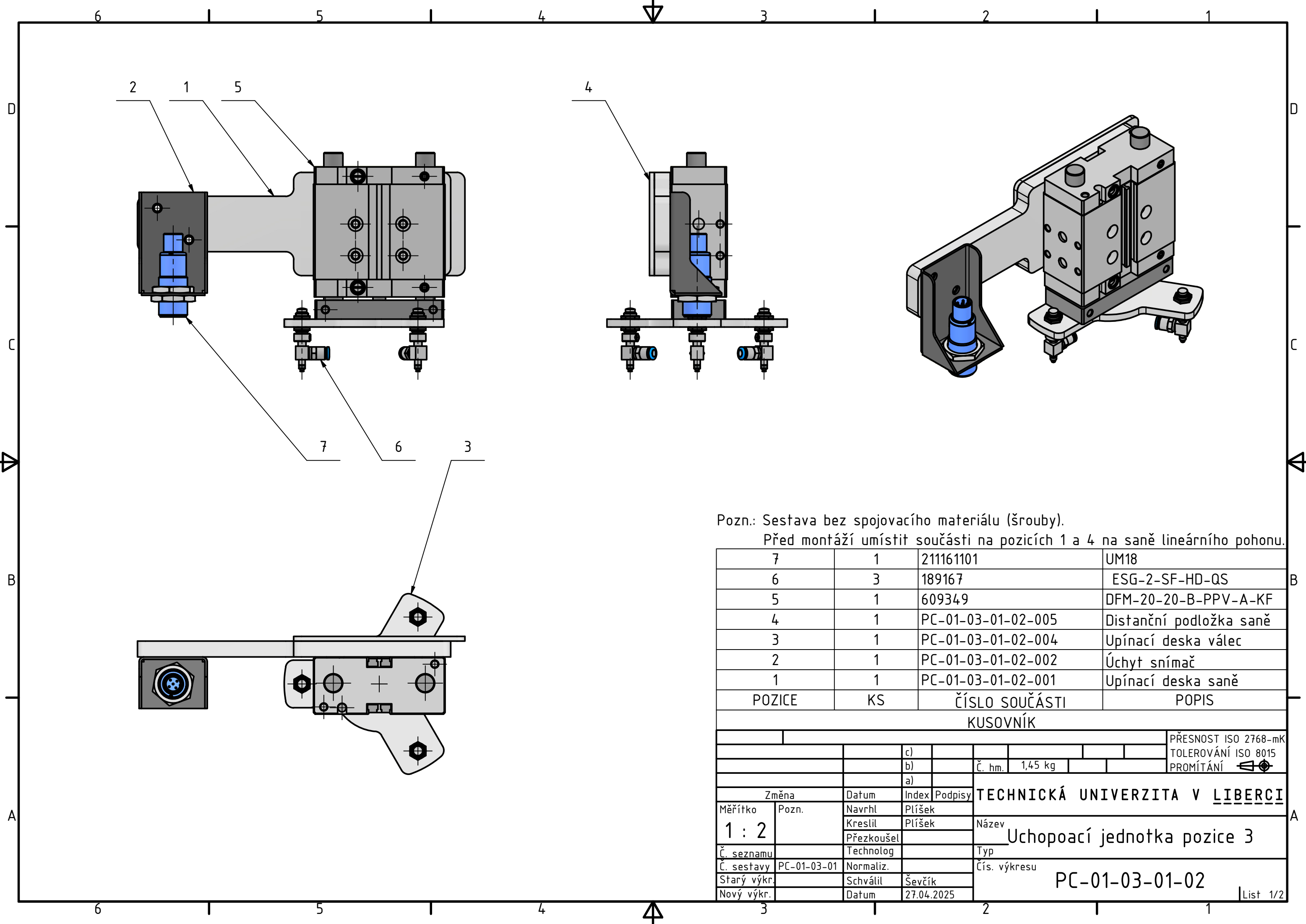
KUSOVNÍK									
								PŘESNOST ISO 2768-mK	
				c)				TOLEROVÁNÍ ISO 8015	
		b)				Č. hm.		859,35 kg	
				a)				PROMÍTÁNÍ 	
Změna		Datum	Index	Podpis	TECHNICKÁ UNIVERZITA V <u>LIBERCI</u>				
Měřítko	Pozn.	Navrhl	Plíšek		Název Výrobní zařízení				
1 : 10		Kreslil	Plíšek						
		Přezkoušel							
Č. seznamu		Technolog			Typ				
Č. sestavy		Normaliz.			Čís. výkresu				
Starý výkr.		Schválil	Ševčík		PC-01				
Nový výkr.		Datum	25.04.2025						
					List 1/2				



								PŘESNOST ISO 2768-mK	
								TOLEROVÁNÍ ISO 8015	
								PROMÍTÁNÍ 	
								TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI	
								Název	
								Typ	
								Čís. výkresu	
								PC-01	
								List 2/2	



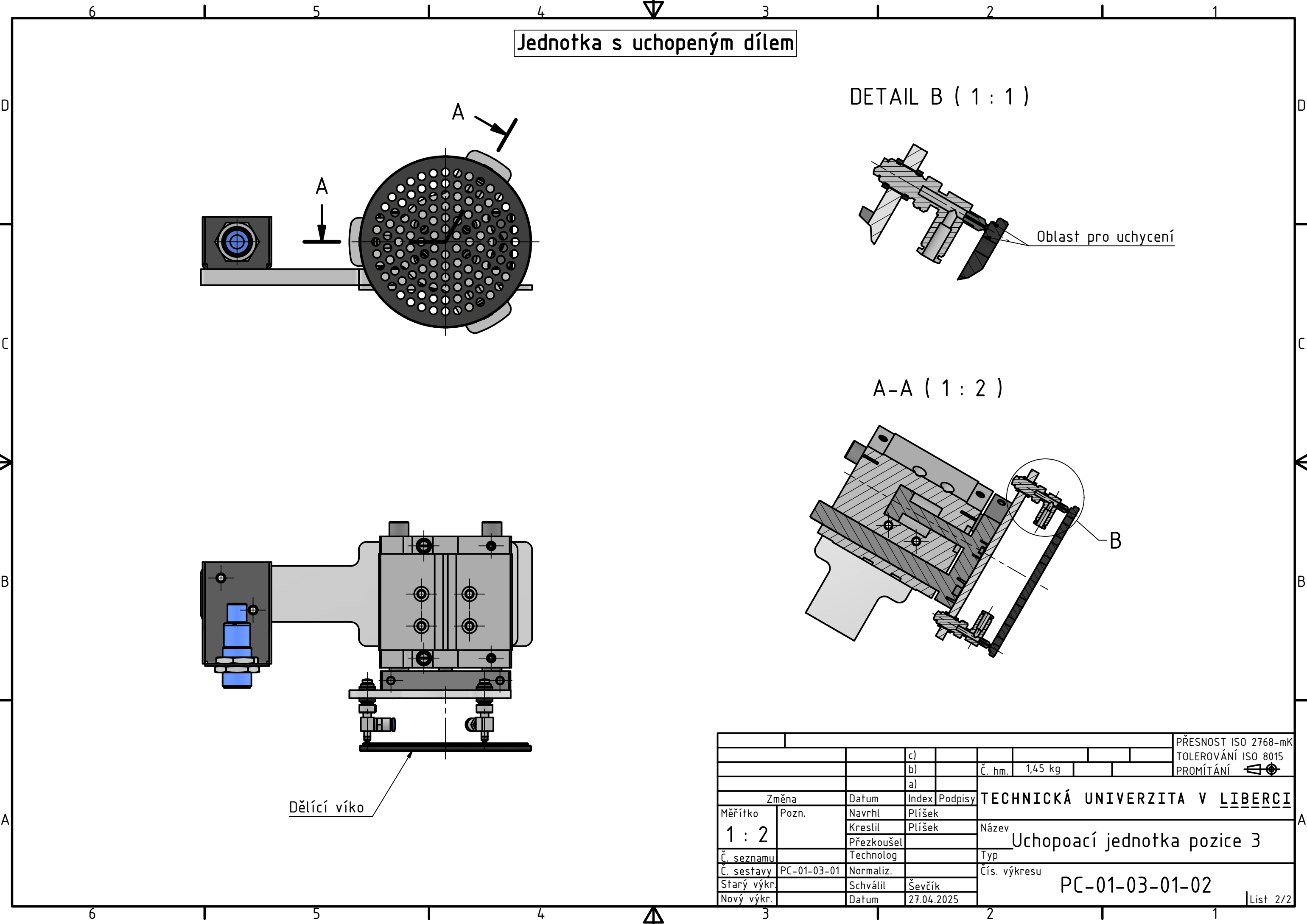
6	1		Sedící člověk
5	1		Sud s aktivním uhlím
4	1	PC-01-06-03	Skluz
3	1	PC-01-06-02	FIFO zásobník
2	1	PC-01-06-01	Servisní schody
1	1	PC-01	Výrobní zařízení
POZICE	KS	ČÍSLO SOUČÁSTI	POPIS
KUSOVNÍK			
PŘESNOST ISO 2768-mK			
TOLEROVÁNÍ ISO 8015			
PROMÍTÁNÍ			
Č. hm. 1072,58 kg			
TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI			
Název Výrobní zařízení + periférie			
Typ			
Čís. výkresu PC-02			
List 1/1			
Změna		Datum	
Měřítko		Index	
1 : 20		Podpisy	
Č. seznamu		Navrhl	
Č. sestavy		Kreslil	
Starý výkr.		Přezkoušel	
Nový výkr.		Technolog	
		Normaliz.	
		Schválil	
		Ševčík	
		Datum	
		25.04.2025	



Pozn.: Sestava bez spojovacího materiálu (šrouby).
Před montáží umístit součásti na pozicích 1 a 4 na saně lineárního pohonu.

7	1	211161101	UM18
6	3	189167	ESG-2-SF-HD-QS
5	1	609349	DFM-20-20-B-PPV-A-KF
4	1	PC-01-03-01-02-005	Distanční podložka saně
3	1	PC-01-03-01-02-004	Upínací deska válec
2	1	PC-01-03-01-02-002	Úchyt snímač
1	1	PC-01-03-01-02-001	Upínací deska saně
POZICE	KS	ČÍSLO SOUČÁSTI	POPIS

KUSOVNÍK										
						PŘESNOST ISO 2768-mK				
				c)					TOLEROVÁNÍ ISO 8015	
				b)	Č. hm.		1,45 kg		PROMÍTÁNÍ 	
				a)						
Změna		Datum	Index	Podpisy	TECHNICKÁ UNIVERZITA V <u>L</u> <u>I</u> <u>B</u> <u>E</u> <u>R</u> <u>C</u> <u>I</u>					
Měřítko 1 : 2	Pozn.	Navrhl	Plíšek		Název Uchopoací jednotka pozice 3					
		Kreslil	Plíšek							
		Přezkoušel								
Č. seznamu		Technolog			Typ					
Č. sestavy	PC-01-03-01	Normaliz.			Čís. výkresu					
Starý výkr.		Schválil	Ševčík		PC-01-03-01-02					
Nový výkr.		Datum	27.04.2025							
					List 1/2					



Jednotka s uchopeným dílem

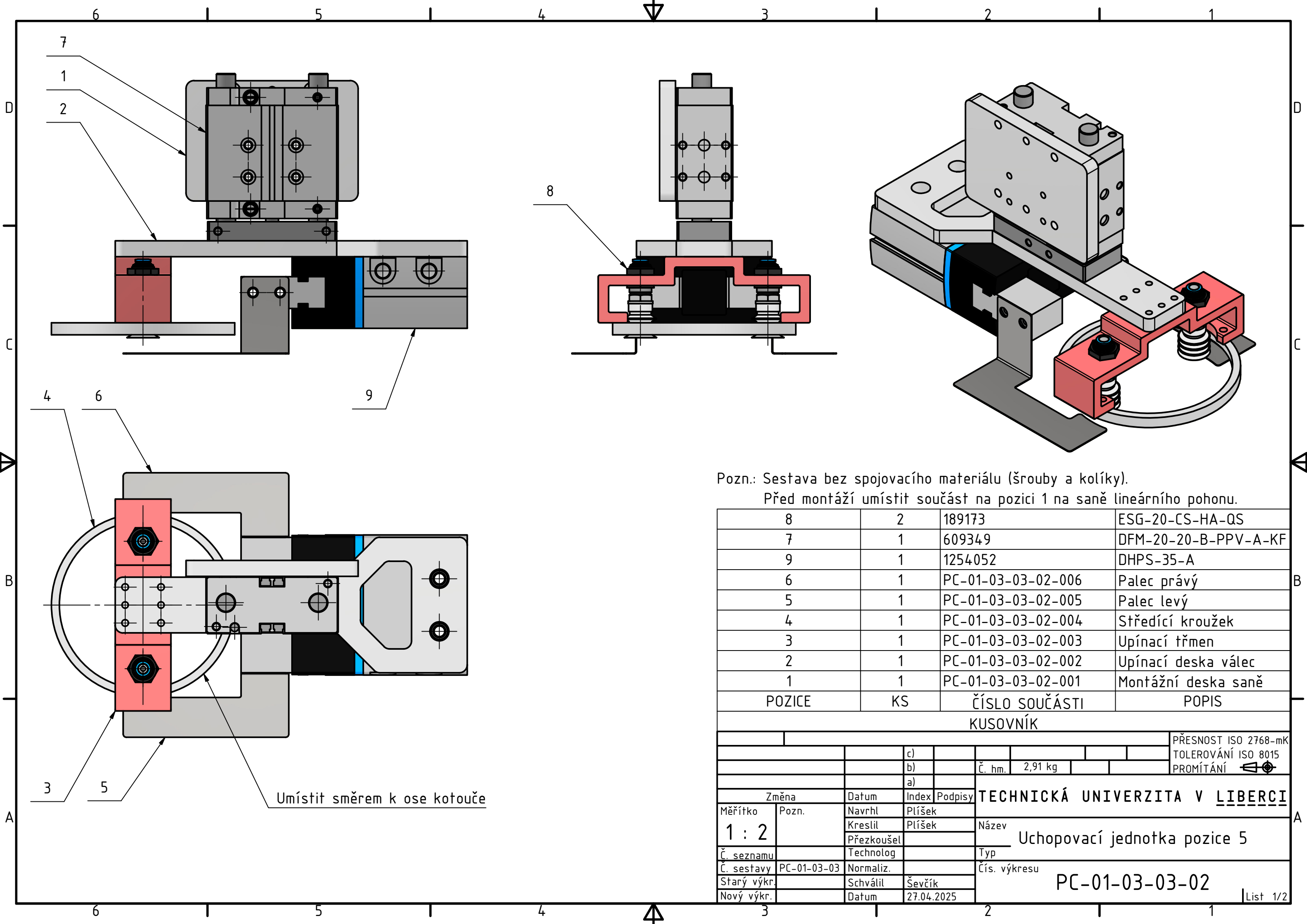
DETAIL B (1 : 1)

Oblast pro uchycení

A-A (1 : 2)

Dělicí víko

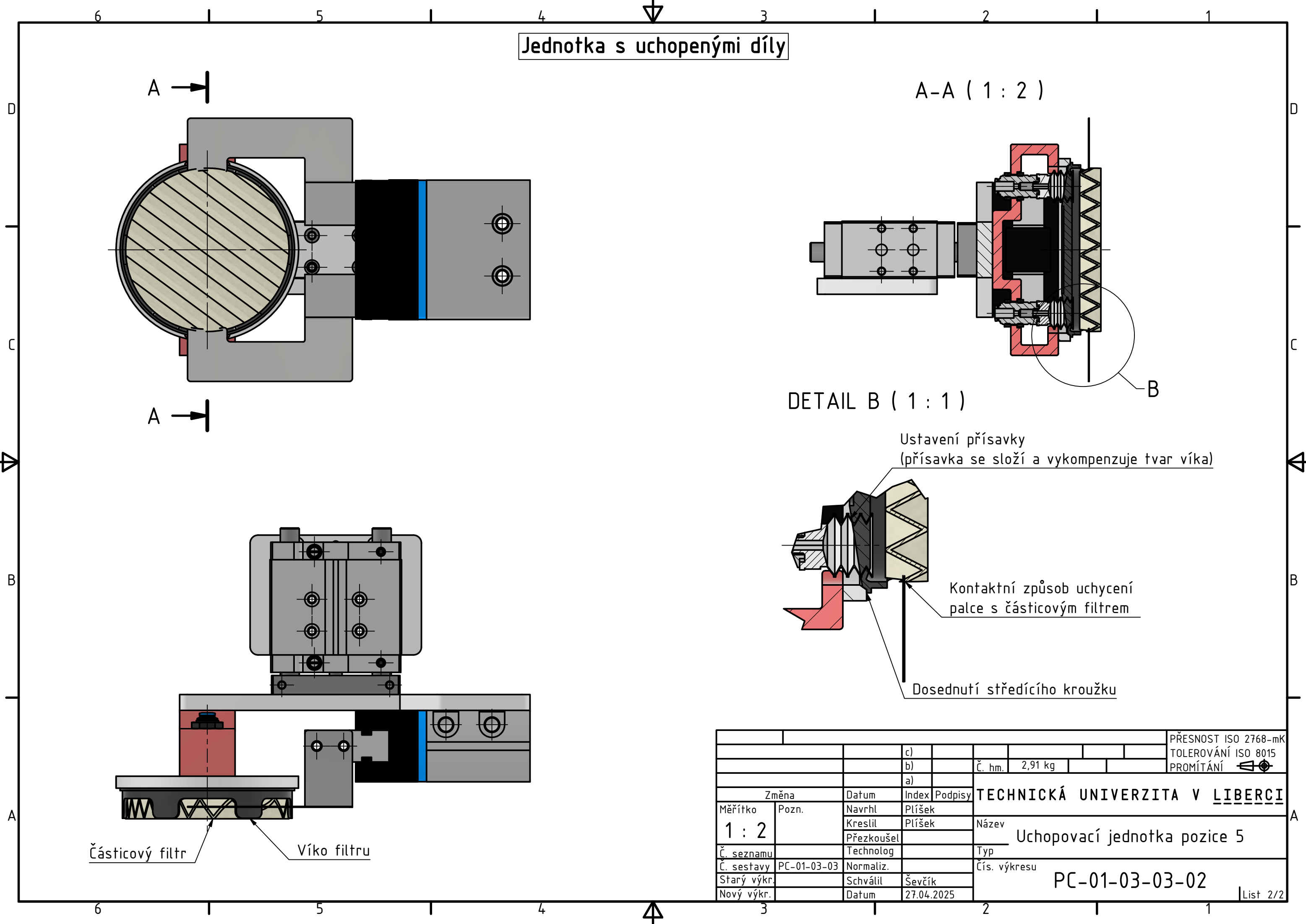
								PŘESNOST ISO 2768-mK	
				c)				TOLEROVÁNÍ ISO 8015	
				b)		Č. hm.		1,45 kg	PROMÍTÁNÍ 
				a)					
Změna		Datum	Index	Podpisy	TECHNICKÁ UNIVERZITA V <u>LIBERCI</u>				
Měřítko 1 : 2	Pozn.	Navrhl	Plíšek		Název Uchopoací jednotka pozice 3				
		Kreslil	Plíšek						
		Přezkoušel							
Č. seznamu		Technolog			Typ				
Č. sestavy	PC-01-03-01	Normaliz.			Čís. výkresu				
Starý výkr.		Schválil	Ševčík		PC-01-03-01-02				
Nový výkr.		Datum	27.04.2025		List 2/2				



Pozn.: Sestava bez spojovacího materiálu (šrouby a kolíky).
Před montáží umístit součást na pozici 1 na saně lineárního pohonu.

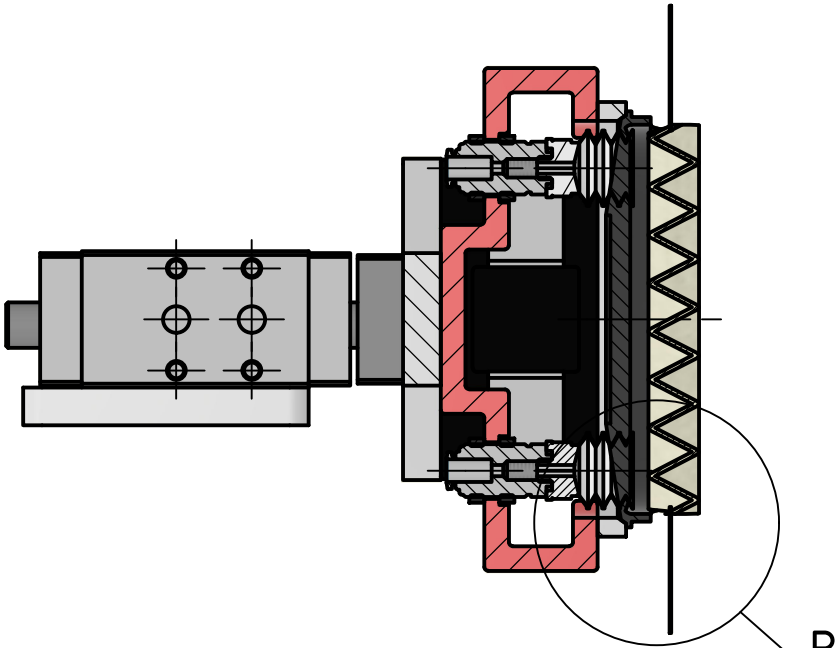
8	2	189173	ESG-20-CS-HA-QS
7	1	609349	DFM-20-20-B-PPV-A-KF
9	1	1254052	DHPS-35-A
6	1	PC-01-03-03-02-006	Palec pravý
5	1	PC-01-03-03-02-005	Palec levý
4	1	PC-01-03-03-02-004	Středící kroužek
3	1	PC-01-03-03-02-003	Upínací třmen
2	1	PC-01-03-03-02-002	Upínací deska válec
1	1	PC-01-03-03-02-001	Montážní deska saně
POZICE	KS	ČÍSLO SOUČÁSTI	POPIS

KUSOVNÍK										PŘESNOST ISO 2768-mK	
			c)							TOLEROVÁNÍ ISO 8015	
			b)		Č. hm.	2,91 kg				PROMÍTÁNÍ 	
			a)		TECHNICKÁ UNIVERZITA V <u>L</u> <u>I</u> <u>B</u> <u>E</u> <u>R</u> <u>C</u> <u>I</u>						
Změna		Datum	Index	Podpisy							
Měřítko 1 : 2	Pozn.	Navrhl	Plíšek								
		Kreslil	Plíšek	Název							
		Přezkoušel		Uchopovací jednotka pozice 5							
Č. seznamu		Technolog			Typ		Uchopovací jednotka pozice 5				
Č. sestavy	PC-01-03-03	Normaliz.			Čís. výkresu		PC-01-03-03-02				
Starý výkr.		Schválil	Ševčík		PC-01-03-03-02						
Nový výkr.		Datum	27.04.2025								
										List 1/2	

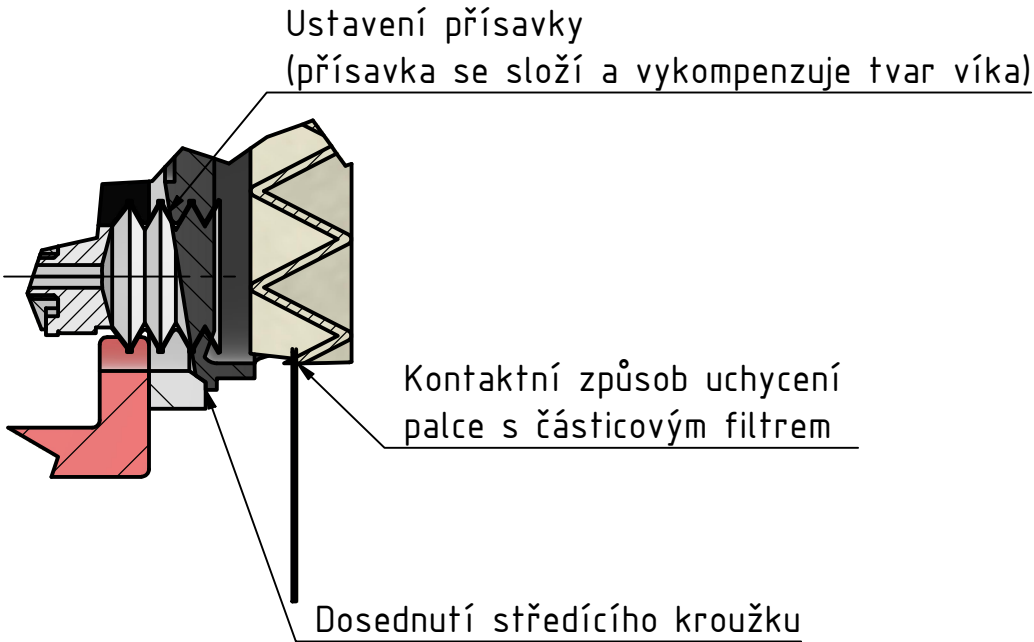


Jednotka s uchopenými díly

A-A (1 : 2)



DETAIL B (1 : 1)



Částicový filtr

Víko filtru

				PŘESNOST ISO 2768-mK			
				TOLEROVÁNÍ ISO 8015			
				PROMÍTÁNÍ			
				TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI			
				Název			
				Uchopovací jednotka pozice 5			
				Typ			
				Čís. výkresu			
				PC-01-03-03-02			
				List 2/2			
Změna		Datum		Index		Podpisy	
Měřítko		Pozn.		Navrhl		Plíšek	
1 : 2				Kreslil		Plíšek	
Č. seznamu		Technolog		Přezkoušel			
Č. sestavy		PC-01-03-03		Normaliz.			
Starý výkr.		Schválil		Ševčík			
Nový výkr.		Datum		27.04.2025			