

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

FAKULTA STROJNÍ

Studijní program: N2301 Strojní inženýrství

Studijní obor: N0715A270011 Obrábění, aditivní technologie a zabezpečování kvality

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Zvýšení efektivity výroby a zlepšení kvality procesu lepení optických senzorů
pulzního generátoru

Autor: **Bc. Roman MARIENKA**

Vedoucí práce: **Doc. Ing. Vladimír DUCHEK, Ph.D.**

Akademický rok 2020/2021

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

Fakulta strojní

Akademický rok: 2020/2021

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení:	Bc. Roman MARIENKA
Osobní číslo:	S19N0008P
Studijní program:	N0715A270011 Obrábění, aditivní technologie a zabezpečování kvality
Studijní obor:	Obrábění, aditivní technologie a zabezpečování kvality
Téma práce:	Zvýšení efektivity výroby a zlepšení kvality procesu lepení optických senzorů pulzního generátoru
Zadávací katedra:	Katedra technologie obrábění

Zásady pro vypracování

1. Úvod a představení společnosti
2. Analýza současného stavu
3. Návrh inovace výrobního procesu včetně nového montážního přípravku
4. Technicko ekonomické hodnocení

Rozsah diplomové práce: **50 – 70 stran**
Rozsah grafických prací: **dle potřeby**
Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/elektronická**

Seznam doporučené literatury:

- Zelenka, Antonín; Král Mirko, *Projektování výrobních systémů*, Praha 1995.
- Vigner, Miloslav; Král, Mirko; Zelenka, Antonín, *Metodika projektování výrobních procesů*, Praha : SNTL 1984.
- Mádl, Jan; Zelenka, Antonín.; Vrabec, Martin, *Technologičnost konstrukce : obrábění a montáže*, Praha : Vydavatelství ČVUT 2005.
- Chladil, Josef, *Přípravy a nástroje*, Brno : VUT 1992.
- Hosnedl, Stanislav; Krátký, Jaroslav, *Teorie vlastností technických systémů v oboru části a mechanismy strojů* 2003.
- Vláčilová, Hana, *SolidWorks*, Brno : Computer Press 2006.

Vedoucí diplomové práce: **Doc. Ing. Vladimír Duchek, Ph.D.**
Katedra technologie obrábění

Konzultant diplomové práce: **Ing. Andrei Musteata**
Sécheron Hasler CZ, s.r.o.

Datum zadání diplomové práce: **15. října 2020**
Termín odevzdání diplomové práce: **28. května 2021**

L.S.

Doc. Ing. Milan Edl, Ph.D.
děkan

Doc. Ing. Jan Řehoř, Ph.D.
vedoucí katedry

V Plzni dne 15. října 2020

Prohlášení o autorství

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

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

V Plzni dne:.....

.....

podpis autora

Poděkování

Chtěl bych poděkovat mému vedoucímu diplomové práce panu Doc. Ing. Vladimíru Duchkovi, Ph.D. a konzultantovi z firmy HaslerRail panu Ing. Andrei Musteatovi za konzultace k této práci.

V neposlední řadě bych chtěl poděkovat celé mé rodině a nejbližšímu okolí za podporu během mého studia.

ANOTAČNÍ LIST DIPLOMOVÉ (BAKALÁŘSKÉ) PRÁCE

AUTOR	Příjmení Bc. Marienka	Jméno Roman	
STUDIJNÍ OBOR	N0715A270011 - Obrábění, aditivní technologie a zabezpečování kvality		
VEDOUČÍ PRÁCE	Příjmení (včetně titulů) Doc. Ing. DUCHEK, Ph.D.	Jméno Vladimír	
PRACOVISŤE	ZČU - FST – KTO		
DRUH PRÁCE	DIPLOMOVÁ	BAKALÁŘSKÁ	Nehodící se škrtněte
NÁZEV PRÁCE	Zvýšení efektivity výroby a zlepšení kvality procesu lepení optických senzorů pulzního generátoru		

FAKULTA	Strojní	KATEDRA	KTO	ROK ODEVZD.	2021
----------------	---------	----------------	-----	--------------------	------

POČET STRAN (A4 a ekvivalentů A4)

CELKEM	77	TEXTOVÁ ČÁST	59	GRAFICKÁ ČÁST	18
---------------	----	---------------------	----	----------------------	----

STRUČNÝ POPIS (MAX 10 ŘÁDEK) ZAMĚŘENÍ, TÉMA, CÍL POZNATKY A PŘÍNOSY	Cílem této diplomové práce je zvýšení kvality a zefektivnění výrobního procesu lepení optických sond pulzního generátoru. V rámci inovace výrobního procesu došlo k návrhu a následné realizaci pneumatického přípravku na lepení optických senzorů pulzního generátoru, který byl implementovaný do výrobního procesu. Druhým nápravným opatřením byla změna lepidla.
KLÍČOVÁ SLOVA ZPRAVIDLA JEDNOSLOVNÉ POJMY, KTERÉ VYSTIHUJÍ PODSTATU PRÁCE	pulzní generátor, optický senzor, lepení, výrobní proces, konstrukční návrh, přípravek na lepení, montáž, tahová zkouška, lepidlo

SUMMARY OF DIPLOMA (BACHELOR) SHEET

AUTHOR	Surname Bc. Marienka	Name Roman	
FIELD OF STUDY	N0715A270011 - Machining, additive technology and quality assurance		
SUPERVISOR	Surname (Inclusive of Degrees) Doc. Ing. DUCHEK, Ph.D.	Name Vladimír	
INSTITUTION	ZČU - FST – KTO		
TYPE OF WORK	DIPLOMA	BACHELOR	Delete when not applicable
TITLE OF THE WORK	Increasing production efficiency and improving the quality of the gluing process of optical sensors used in the pulse generatoror		

FACULTY	Mechanical Engineering	DEPARTMENT	KTO	SUBMITTED IN	2021
----------------	------------------------	-------------------	-----	---------------------	------

NUMBER OF PAGES (A4 and eq. A4)

TOTALLY	77	TEXT PART	59	GRAPHICAL PART	18
----------------	----	------------------	----	-----------------------	----

BRIEF DESCRIPTION TOPIC, GOAL, RESULTS AND CONTRIBUTIONS	The main point of this diploma thesis is to increase the quality and improvement of the production process gluing optical senzors of the pulse generator. As part of the innovation of the production process was designed and subsequently implemented pneumatic tool for gluing optical sensors of the pulse generator, which was implemented in the production process. The second corrective action was change of glue.
KEY WORDS	pulse generator, optical sensor, gluing, production process, construction design, gluing tool, assembly, tensile test, glue

Obsah

1 Úvod	14
1.1 Představení společnosti.....	14
1.2 Pulzní generátor HaslerRail	15
1.1.1. Základní informace	15
1.1.2. TELOC – související produkt	16
1.1.3. Princip operace.....	17
1.1.4. Přenos signálu	18
1.1.5. Přenos kroutícího momentu.....	19
1.3 Rozčlenění a definování cílů diplomové práce	20
2 Analýza současného stavu.....	21
2.1 Původní výrobní postup optických senzorů	21
2.1.1 Broušení / čištění housingu	21
2.1.2 Montáž modulu	22
2.1.3 Lisování vysílače a přijímače.....	22
2.1.4 Pájení vysílače a přijímače.....	23
2.1.5 Montáž senzoru.....	23
2.1.6 Lepení víčka	24
2.2 Zhodnocení analýzy současného stavu a vytvoření nových opatření, které povedou ke zvýšení kvality a zvýšení efektivity výrobního procesu	25
2.2.1 Zhodnocení analýzy současného stavu a nová opatření.....	25
3 Návrh inovace výrobního procesu včetně nového montážního přípravku	26
3.1 Volba optimální investiční varianty	26
3.1.1 Charakteristika výrobních investic	26
3.1.2 Plánování výrobních investic	27
3.2 Volba dodavatele montážního přípravku.....	28
3.3 Určení základních parametrů pro montážní přípravek	29
3.3.1 Volba typu montážního přípravku.....	29
3.3.2 Test pro určení optimálního přítlačného času	31
3.3.3 Určení optimálního počtu housingů pro založení a přítlačného času	33
3.4 Prototyp montážního přípravku	34
3.4.1 Návrh housingu a přítlačného členu.....	34
3.4.2 Návrh pneumatický komponent.....	35
3.4.3 Návrh pneumatického schéma.....	36

3.5	Požadavky na montážní přípravek	37
3.6	Konstrukční příprava montážního přípravku.....	39
3.6.1	Technická příprava výroby	39
3.6.2	Konstrukční příprava	39
3.6.3	Využití výpočetní techniky.....	40
3.6.4	Tvorba sestavy a modelů.....	41
3.7	Tvorba kusovníku	43
3.8	Montáž montážního přípravku.....	43
3.9	Finální test montážní přípravku před uvolněním do výroby	45
3.10	Uživatelský manuál.....	46
3.10.1	Bezpečnost	46
3.10.2	Bezpečnostní štítky.....	46
3.10.3	Elektrické schéma přípravku	47
3.10.4	Ovládání.....	48
3.10.5	Použití přípravku.....	49
3.10.6	Servisní plán.....	50
3.11	Ověření pevnosti lepeného spoje.....	51
3.11.1	Aplikace lepidla.....	51
3.11.2	Pevnost lepeného spoje	52
3.12	Aktualizace výrobního postupu.....	54
3.13	Změna lepidla	54
4	Technicko ekonomické hodnocení	55
4.1	Ekonomická úspora snížením reklamací	55
4.2	Ekonomické hodnocení montážního přípravku	56
5	Závěr	57

Seznam příloh:

Příloha 1 - Kusovník

Příloha 2 - Interní CAPEX

Příloha 3 - Konstrukce z profilů hliníkových slitin

Příloha 4 - Spodní deska

Příloha 5 - Boční plech

Příloha 6 - Prostřední deska

Příloha 7 - Přední plech

Příloha 8 - Zadní plech

Příloha 9 - Malý přední plech

Příloha 10 - Housing

Příloha 11 - Přítlačný člen

Seznam použitých zkratk a symbolů:

ERP - Enterprise resource planning (Plánování podnikových zdrojů)

CA - Computer-aided (Počítačová podpora)

CAD - Computer aided design (Počítačem podporované projektování)

CAM - Computer aided manufacturing (Počítačová podpora obrábění)

PDM - Product data management (Řízení výrobních dat)

CAPEX - Capital expenditures (Kapitálové náklady)

DPS – Deska plošných spojů

R_m – Pevnost v tahu [N / mm²]

P – Tlak [Pa]

F – Síla [N]

S – Obsah [m²]

m – Hmotnost [kg]

t – Čas [s]

Seznam obrázků:

Obr. 1: Představení společnosti [1]	14
Obr. 2: Pulzní generátor [1].....	15
Obr. 3: Kódový disk	15
Obr. 4: Optický senzor pulzního generátoru	16
Obr. 5: Příklad připojení pulzního generátoru k systémům ve vozidle.....	16
Obr. 6: Pulzní generátor instalovaný na vozidle a připojený ke svorkovnici	16
Obr. 7: TELOC – Související produkt	17
Obr. 8: Princip operace.....	17
Obr. 9: Pulzní pohyb vpřed a vzad s fázovým posunem 90°	17
Obr. 10: Měření délky kabelu v praxi	18
Obr. 11: Určená délka kabelu.....	18
Obr. 12: Hnací systémy: A) hnací vidlice, B) hnací jazýček, C) diferenciální disk	19
Obr. 13: Pulzní generátor s hnacím čepem a vidlicí.	19
Obr. 14: Pulzní generátor s jazýčkem.	19
Obr. 15: Pulzní generátor s diferenciálním diskem.....	20
Obr. 16: Broušení / čištění housingu III	21
Obr. 17: Broušení / čištění housingu II	21
Obr. 18: Broušení / čištění housingu I.....	21
Obr. 19: Broušení / čištění housingu IV	21
Obr. 20: Očištění čočky.....	22
Obr. 21: Kontrola čočky.....	22
Obr. 22 - Zalisování distančních sloupků do vysílače ¹	22
Obr. 23: Kontrola lisovaného spoje.....	22
Obr. 24: Zalisování vysílače.....	22
Obr. 25: Pájení distančních sloupků.....	23
Obr. 26: Zasunutí modulu do housingu ²	23
Obr. 27: Aplikace lepidla do housingu.....	23
Obr. 28: Aplikace silikonu	23
Obr. 29: Přitlačení víčka k housingu pomocí ESD kleští.....	24
Obr. 30: Aplikace lepidla na víčko.....	24
Obr. 31: Nevhodná manipulace s optickými senzory	25
Obr. 32: Plánování výrobních investic [6]	27
Obr. 33: Interní tahová zkouška	31
Obr. 34: Přítlačný člen	34
Obr. 35: Housing	34
Obr. 36: Pneumatický válec [2].....	35
Obr. 37: Elektro magnetický ventil [2]	35
Obr. 38: Kompaktní jednotka na úpravu stlačeného vzduchu [2].....	35
Obr. 39: Pneumatické schéma [3]	36
Obr. 40: Prototyp pneumatického montážního přípravku	36
Obr. 41 - Náčrt návrhu	37
Obr. 42: Technická příprava výroby	39

Obr. 43: SOLIDWORKS - Pneumatická sestava.....	41
Obr. 44: SOLIDWORKS - Elektronická sestava.....	41
Obr. 45: SOLIDWORKS - Kompletní sestava	42
Obr. 46: SOLIDWORKS - Držák ukazatele tlaku vzduchu.....	42
Obr. 47: Montáž přípravku – pneumatické komponenty	43
Obr. 48: Montáž přípravku - elektrické komponenty.....	44
Obr. 49 - Montážní přípravek - kompletní	44
Obr. 50: Ověření montážního přípravku v praxi	45
Obr. 51: Nouzové tlačítko	46
Obr. 52: Štítek ventilátoru.....	46
Obr. 53: Štítek uzemnění.....	46
Obr. 54: Hlavní štítek	46
Obr. 55: STOP štítek	46
Obr. 56: Elektrický výstražný štítek.....	46
Obr. 57: Elektrické schéma montážního přípravku.....	47
Obr. 58: Montážní přípravek	48
Obr. 59: Montážní přípravek - boční tlačítko.....	48
Obr. 60: Kompaktní jednotka rozvodu vzduchu	48
Obr. 61: Tlumící podložky	49
Obr. 62: Aplikace lepidla	51
Obr. 63: Nový typ lepidla.....	53
Obr. 64: Aplikace lepidla na víčko.....	54
Obr. 65: Přitlačení víčka k housingu pomocí ESD kleští.....	54

Seznam tabulek:

Tab. 1: Přítlačná síla ESD kleští.....	29
Tab. 2: Přibližná kalkulace ceny přípravků.....	30
Tab. 3: Test pro určení optimálního přítlačného času - 1.....	32
Tab. 4: Test pro určení optimálního přítlačného času - 2.....	33
Tab. 5: Ověření přítlačné síly a doby stlačení	45
Tab. 6: Legenda a kusovník k elektrickému schéma	47
Tab. 7: Hodnocení aplikace lepidla.....	51
Tab. 8: Tahová zkouška - test 1 (porovnání lepidel).....	52
Tab. 9: Tahová zkouška - test 2 (porovnání lepidel).....	53
Tab. 10 - Reklamace 2019/2020	55
Tab. 11 - Náklady na montážní přípravek.....	56

1 Úvod

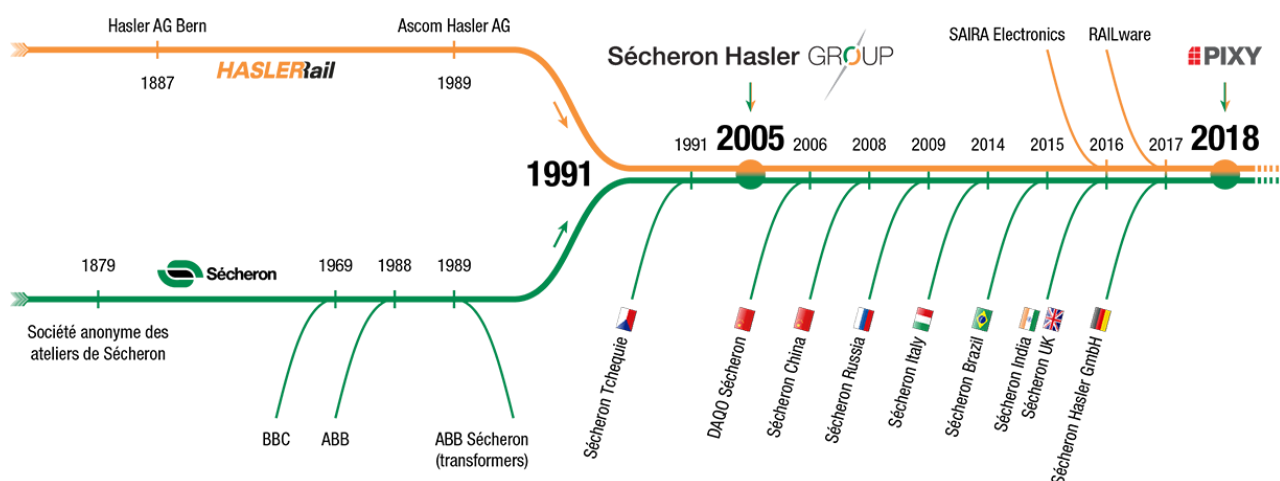
Tato diplomová práce popisuje inovaci výrobního procesu optických senzorů pulzního generátoru včetně návrhu a realizace nového montážního přípravku. Inovace byla provedena za účelem zvýšení efektivity výrobního procesu, jeho částečné automatizace a zvýšení kvality optických senzorů. V úvodní části diplomové práce bude představena společnost, ve které byla inovace provedena. V dalších částech úvodu bude představen produkt pulzní generátor s jeho hlavními komponentami a také další související produkt. Konec úvodu bude věnován rozčlenění práce a definování cílů.

1.1 Představení společnosti

Společnost Sécheron Hasler Group je předním světovým dodavatelem elektrických a elektronických bezpečnostních komponent a řešení, včetně systémů trakční energie pro železniční průmysl. Poskytuje také řešení pro obnovitelnou energii, stejnosměrnou síť a další průmyslové systémy. Má hlavní sídla ve Švýcarsku s více než 1 100 zaměstnanci po celém světě. Výrobky jsou v provozu ve všech zemích, kde se nacházejí železnice, hromadná doprava a vysoce výkonná průmyslová zařízení.

Společnost se pyšní zaměřením na rozvoj a udržování hlubokých znalostí a know-how založeného na zkušenostech v rámci organizace ve všech oblastech od elektrotechniky, elektroniky a softwarového inženýrství až po materiálové vědy a výrobní procesy.

Historie dvou zakládajících společností Sécheron SA a HaslerRail AG se začala psát již koncem 19. století. Obě společnosti byly průkopníky v železničním průmyslu po celé Evropě v minulém století. V roce 2005 došlo k jejich spojení, aby vytvořily silnou skupinu na železničním trhu. Konkrétně společnost HaslerRail vznikla před více než 125 lety. Pro tuto skupinu byla diplomová práce vypracována. [1]



Obr. 1: Představení společnosti [1]

1.2 Pulzní generátor HaslerRail

1.1.1. Základní informace

Optický generátor impulzů nebo takzvaný snímač kola, později označovaný jako pulzní generátor je zařízení, které bylo speciálně navrženo pro náročné železniční úkoly.

Slouží k převádění rotačního pohybu nápravy na elektrický signál, který lze použít k měření a záznamu rychlosti, vzdálenosti, snímání prokluzu a prokluzu kol, pro různé řídicí a bezpečnostní funkce. Pulzní generátor je také navržen tak, aby odolal extrémnímu tepelnému a mechanickému namáhání.

Pulzní generátory jsou postaveny na optickém systému, který pracuje v infračerveném rozsahu. Je možné mít dvě různé frekvence na otáčku a až šest elektricky izolovaných snímačů.

Generované signály jsou dále zaznamenávány v zařízeních jako je např. TELOC od HaslerRail AG.



Obr. 2: Pulzní generátor [1]

Nedílnou součástí pulzního generátoru je kódový disk. Ten je spojen s nápravou kola a aktivuje jeden nebo několik optických senzorů uspořádaných po obvodu kódového disku. Tyto snímače dodávají frekvenci, která je úměrná rychlosti, respektive počtu otáček. Signál senzoru může být zpracován jakýmkoli uživatelským systémem. Disk s kódem a elektronické obvody jsou instalovány ve vodotěsném housingu z hliníkové slitiny s montážní přírubou.

Pulzní generátor je v zásadě poháněn pouze připojením k ose kola pomocí poháněcího kolíku a hnací vidlice. Hnací hřídel je podepřena robustní sestavou ložiska. Je nainstalován těsnicí kroužek hřídele, aby se zabránilo vniknutí vody nebo oleje podél hnací hřídele na straně příruby.



Obr. 3: Kódový disk

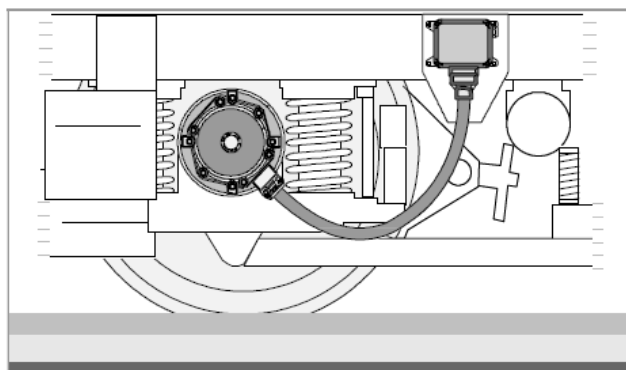
Senzory mohou být radiálně posunuty po obvodu disku s kódem, což znamená, že lze podle potřeby nastavit fázový posun mezi signály senzorů.



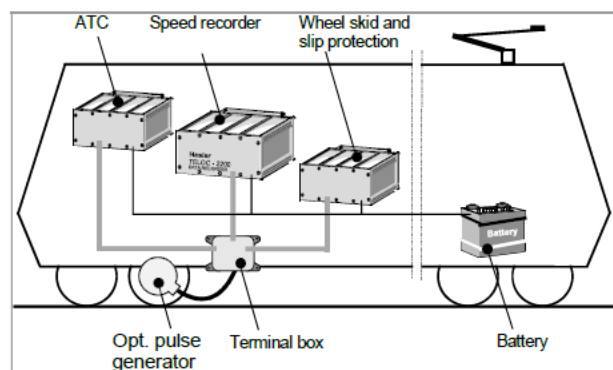
Obr. 4: Optický senzor pulzního generátoru

Napájení každého senzoru lze individuálně dodávat prostřednictvím propojovacího kabelu. Výstupní signály snímače jsou elektricky izolovány a mohou být následně zpracovány autonomními systémy.

Kódový disk může být vybaven dvěma samostatnými kódovými stopami, což znamená, že mohou být generovány různé frekvence s různými senzory ve stejném pulzním generátoru.



Obr. 6: Pulzní generátor instalovaný na vozidle a připojený ke svorkovnici



Obr. 5: Příklad připojení pulzního generátoru k systémům ve vozidle

1.1.2. TELOC – související produkt

Systém pro záznam dat HaslerRail TELOC® poskytuje všechny funkce požadované na železničním trhu, od sběru dat po nahrávání, včetně záznamu právnických dat (JRU) pro ETCS a další signalizační systémy. Jedná se vysoce přizpůsobitelný systém. Je ideální pro lokomotivy hlavní řady, vysokorychlostní vlaky, příměstské jednotky, vozy metra, horské dráhy a lehká kolejová vozidla.

System může získávat data z různých senzorů a od většiny systémů třetích stran prostřednictvím různých rozhraní. Může poskytovat výpočet rychlosti, záznam dat, zpracování dat, indikaci rychlosti a přenos signálu.

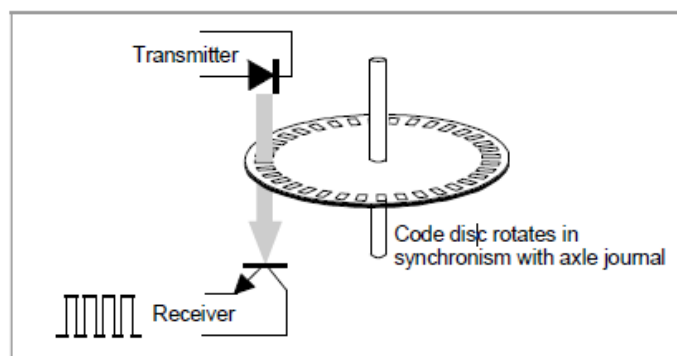
Architektura modulárního systému znamená, že jej lze přizpůsobit pro jednotlivá vozidla a projekty. K dispozici je také řada modulů Crash Protected Memory. Zařízení TELOC® jsou k dispozici v různých designových provedeních, aby vyhovovaly požadavkům tvarového přizpůsobení. [1]



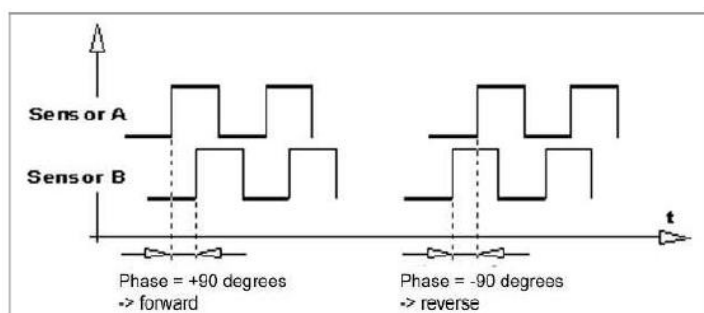
Obr. 7: TELOC – Související produkt

1.1.3. Princip operace

Následující obrázek 8 ukazuje princip činnosti pulzního generátoru. Kontinuální světelný paprsek z vysílací diody je přerušován rotujícím kódovým diskem. Přijímací tranzistor detekuje pulzující světelný paprsek a produkuje frekvenci, která je úměrná rychlosti otáčení disku. Tato frekvence je přenášena prostřednictvím vhodných zesilovacích prvků na externí vyhodnocovací systém. Počet oken v disku s kódem, stejně jako speciální kódování, lze realizovat podle konkrétních požadavků zákazníka v určitých mezích, takže externí systémy mohou pracovat s optimalizovanými výstupními signály.



Obr. 8: Princip operace



Obr. 9: Pulzní pohyb vpřed a vzad s fázovým posunem 90°

Pulzní generátor je navržen tak, aby jej bylo možné použít v široké škále aplikací. V závislosti na systémových požadavcích lze zvolit různé typy senzorů. Jednotlivé senzory pracují elektricky nezávisle na sobě. To znamená, že různé systémy mohou pracovat nezávisle s několika senzory ve stejném generátoru pulsů. Ze signálů generátoru impulzů lze odvodit rychlost

otáčení, smysl otáčení, ujetou vzdálenost, rychlost a zrychlení. Typickými aplikacemi jsou detekce, indikace a záznam rychlosti. Ale také v jiných oblastech, jako je ochrana proti smyku, automatické řízení vlaku (ATC), zabezpečovací systémy atd. generátor impulzů dodává přesné údaje o vzdálenosti, které palubní systémy používají jako primární informace. Pro jednoduché aplikace stačí jeden senzor s jednou kódovou stopou na kódovém disku. Pro složitější aplikace s většími požadavky na zabezpečení je zapotřebí více senzorů nebo druhá stopa kódu na disku. Určení směru jízdy se provádí porovnáním signálů dvou senzorů s definovaným fázovým posunem. Po sestavení pulzního generátoru jsou dva snímače mechanicky nastaveny tak, aby měly fázový posun o 90 stupňů (jak je znázorněno na obr. 9). V některých případech jsou tři snímače nastaveny na 120 stupňů. V závislosti na směru otáčení hnací nápravy je fázový posun kladný nebo záporný. Definice dopředného pohybu pulzního generátoru se může lišit v závislosti na mechanické a elektrické konfiguraci otáčení.

Všechny pulzní generátory jsou dodávány s pevným vývodem kabelové průchodky na straně krytu. Ukázalo se, že tato konfigurace je odolnější vůči namáhání a vysokým vibracím než konstrukce s odnímatelnými zástrčkami. Zatímco opačný konec kabelu by však měl být přednostně vybaven konektorem. V každém případě musí spojení mezi propojovacím kabelem a vozidlem splňovat stupeň ochrany proti vniknutí IP67 nebo vyšší.

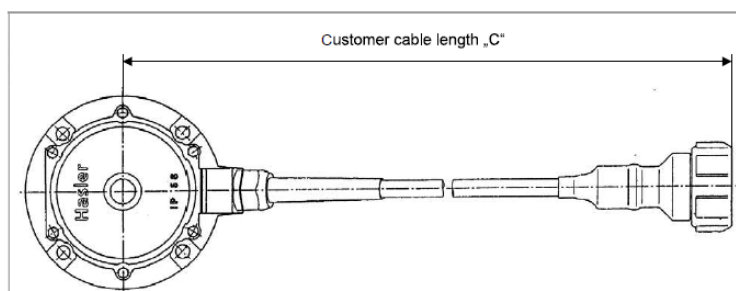
1.1.4. Přenos signálu

Jednou z hlavních komponent pulzního generátoru je kabel, přes který je pulzní generátor připojen ke svorkovnici. Kabel přenáší signál z pulzního generátoru do svorkovnice, z které pak směřuje do TELOCu.

Standardní kabel generátoru impulzů je flexibilní několika žilový kabel se stíněním EMC s úrovní krytí stínění 85%. Kabel je odolný vůči naftě, rozpouštědlům a ostatním nečistotám.

Pro kabel je nutné definovat počet vláken a délku připojovacího kabelu. Pro výpočet volné délky kabelu je zapotřebí údaj o délce kabelu (C) od zákazníka. Definice délky zákazníka se provádí podle obr. 11 měřením vzdálenosti mezi středem osy pulzního generátoru a konektoru.

Na samotném vozidle lze tuto vzdálenost měřit měřicí páskou, jak je znázorněno na obr. 10. Nulový bod měřicí pásky je umístěn ve středu osy kola a páska je přidržována k zamýšlenému bodu připojení vzhledem k minimálnímu poloměru ohybu kabelu a montážní poloze pulzního generátoru.



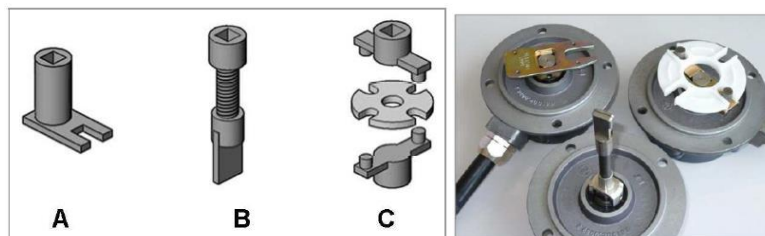
Obr. 11: Určená délka kabelu



Obr. 10: Měření délky kabelu v praxi

1.1.5. Přenos kroutícího momentu

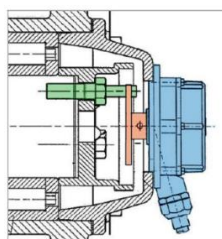
V zásadě existují tři různé způsoby přenosu kroutícího momentu z osy kola do pulzního generátoru.



Obr. 12: Hnací systémy: A) hnací vidlice, B) hnací jazýček, C) diferenciální disk

Hnací vidlice (A)

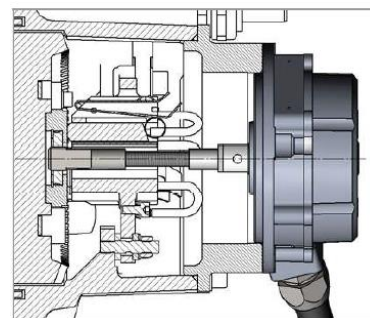
Jedná se o snadno instalovatelný a nejběžnější hnací systém pro pulzní generátory. Kolík unášeče vyrobený z kalené oceli (55 HRC) a s typickým průměrem 14 mm (0 / -0,05 mm) je připevněn k ose kola a přenáší svůj rotační pohyb na vidlici nainstalovanou na pulzním generátoru. Hnací vidlice je vhodná pro aplikace s rychlostí do 200 pulzů na otáčku u metra, městských vlaků, lokomotiv a vysokorychlostních vlaků.



Obr. 13: Pulzní generátor s hnacím čepem a vidlicí.

Hnací jazýček (B)

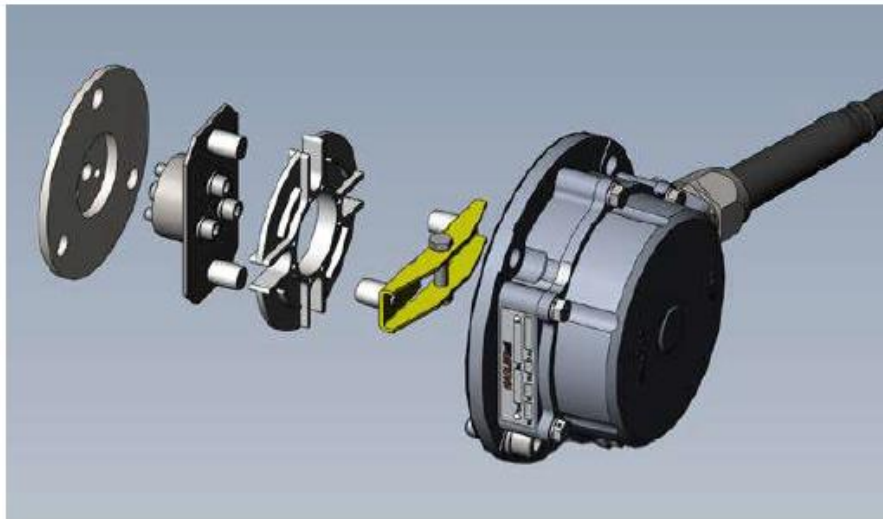
Pokud se zmenší montážní prostor uvnitř skříně na nápravu, např. pomocí uzemňovacího zařízení pro elektrický proud, může být využitý úzký tvar hnacího jazýčku, aby vytvořil mechanické spojení mezi pulzním generátorem a šterbinovou deskou upevněnou na ose kola (viz obr. 13). Jazýček unášeče s pružnými hřídeli mohou kompenzovat některá nesouosost mezi nápravou kola a pulzním generátorem. To umožňuje realizaci bez mezer mezi jazýčkem a drážkou a eliminovat tak vůli. Jedná se tedy také o vhodný design pro aplikace s vysokými otáčkami, a to až s 200 pulsy na otáčku nebo pokud je požadována lepší stabilita výstupního signálu. Hnací jazýček je použitelný pro metro, městské vlaky, lokomotivy a vysokorychlostní vlaky. Hnací jazýček musí být zasunut minimálně 10 mm do drážkované hnací desky namontované na ose kola tak, aby se žádné části mezi pulzním generátorem a šterbinovou hnací deskou nedotýkaly hnacího jazýčka.



Obr. 14: Pulzní generátor s jazýčkem.

Diferenciální disk (C)

Tento hnací systém je velmi účinný při kompenzaci i velkých nesouosostí mezi nápravou kola a pulzním generátorem (až 4 mm v závislosti na rychlosti otáčení). Je zvláště vhodný pro instalace na podvozcích, kde kryty náprav nemohou zajistit dostatečné centrování nebo pro čepy náprav s kulovými ložisky, ale také pro aplikace, kde je vyžadována vysoká stabilita výstupního signálu. Diferenciální disk lze využít na metru, městských vlacích a lokomotivách.



Obr. 15: Pulzní generátor s diferencálním diskem

1.3 Rozčlenění a definování cílů diplomové práce

V další části bude provedena analýza současného stavu, v které bude představen dřívější výrobní proces optických senzorů ve společnosti HaslerRail. V této části budou zmíněny i určité nedostatky, které bylo snahou odstranit.

Třetí kapitola bude popisovat navrhovaná opatření. Součástí je realizace montážního přípravku na lepení a inovace výrobního postupu optických senzorů pulzního generátoru. Kapitola také obsahuje ověření používaného lepidla a jeho změnu za nové, které zvyšuje pevnost lepeného spoje.

Na závěr diplomové práce bude následovat technicko ekonomické hodnocení, kdy mělo dojít především ke zvýšení kvality a zvýšení efektivity výrobního procesu lepení optických senzorů. Tyto změny měly vést ke snížení počtu reklamací a s nimi souvisejícími náklady.

2 Analýza současného stavu

Analýza současného stavu byla provedena z důvodu opakujících se reklamací pulzních generátorů, které společnosti způsobovaly nemalé a nepředvídatelné výdaje a také snižovaly spokojenost zákazníků. Jedna z hlavních komponent pulzního generátoru, a to konkrétně optický senzor se vlivem okolního prostředí a vibrací na dopravních prostředcích rozlepovala. Optický senzor v sobě skrývá dvě desky plošných spojů, které uvolněním víčka od housingu mohou být snadno poškozeny. Tím mohlo dojít k fatálnímu poškození celého pulzního generátoru, který mohl způsobit celé odstavení dopravního prostředku. Jednalo se o ojedinělý, avšak velice nežádoucí problém. Bylo nutné brát v potaz, že se jednalo o dlouhé roky používanou komponentu. U starších pulzních generátorů v rámci některých reklamací nebo konce životnosti byly optické senzory vyměňovány. Z tohoto důvodu bylo nutné zachovat jejich původní design.

Optické senzory jsou součástí, které jsou montovány do každého pulzního generátoru po 2 – 6 kusech. Od 01.01.2015 do 31.12.2020 bylo vyrobeno 156 090 optických senzorů, což vychází na průměrnou roční výrobu 26 015 kusů. Jedná se tedy o sériovou výrobu. Optické senzory byly běžně vyráběny ve výrobní dávce po 250 kusech. Na každé dávce byly prováděny jednotlivé výrobní operace postupně dle výrobního postupu.

Výrobní kapacita a výrobní čas optických senzorů nebylo předmětem této práce z důvodu dostatečných výrobních kapacit dle firemní údajů.

Bylo rozhodnuto, že by mělo dojít ke zvýšení kvality lepení, zvýšení pevnosti lepeného spoje a efektivity výrobního procesu úpravou výrobního postupu a ověřením pevnosti lepeného spoje používaného lepidla Loctite 460.

2.1 Původní výrobní postup optických senzorů

2.1.1 Broušení / čištění housingu

Před montáží modulu do housingu se brousily hrany dotýkajících se ploch s víčkem a otřepy byly odříznuty nožem. Housing se očistil standardní pistolí, následně ionizoval ofukovací pistolí a zkontrolovalo se, zda v něm nejsou žádné zbytky nebo prach.



Obr. 18: Broušení / čištění housingu I



Obr. 17: Broušení / čištění housingu II



Obr. 16: Broušení / čištění housingu III



Obr. 19: Broušení / čištění housingu IV

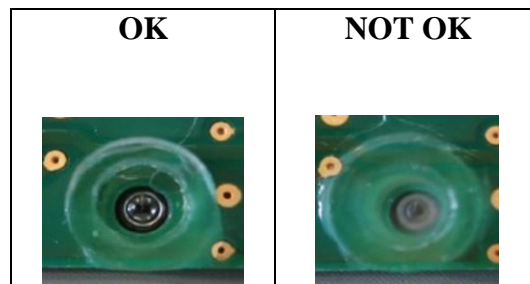
2.1.2 Montáž modulu

Poté došlo k očištění čočky Isopropyl-Alkoholem.



Obr. 20: Očištění čočky

Následně docházelo ke kontrole pozice kroužku a výskytu nečistot na čočce. S čočkami bylo zakázáno manipulovat a vadné DPS musely být zlikvidovány.



Obr. 21: Kontrola čočky

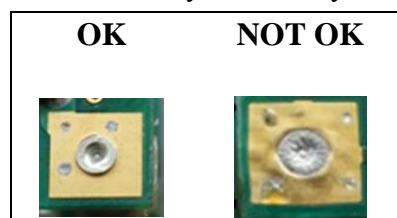
2.1.3 Lisování vysílače a přijímače

Pomocí lisovacího přípravku byly zalisovány distanční sloupky do přijímače.



Obr. 22 - Zalisování distančních sloupků do vysílače¹

V dalším kroku došlo ke zkontrolování kvality zalisovaných sloupků.



Obr. 23: Kontrola lisovaného spoje

Následně se zalisovaly vysílače a opět zkontroloval zalisovaný spoj.

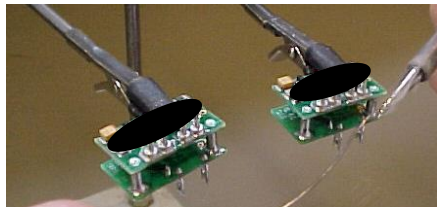


Obr. 24: Zalisování vysílače¹

¹ Desky plošných spojů jsou zakryty z důvodu obchodního tajemství

2.1.4 Pájení vysílače a přijímače

V tomto kroku docházelo k pájení distančních sloupků. DPS byly upevněny a následně byly distanční sloupky pájeny z obou stran a poté docházelo k zabroušení hran DPS na smirkovém papíře. Nakonec došlo k očištění DPS pomocí ionizační ofukovací pistole.



Obr. 25: Pájení distančních sloupků²

2.1.5 Montáž senzoru

Do housingu se aplikovalo 8 kapek lepidla automatickým dávkovačem do bočních drážek podle šipek a poté došlo k vložení modulu do bočních vodicích drážek.



Obr. 27: Aplikace lepidla do housingu



Obr. 26: Zasunutí modulu do housingu²

V následujícím kroku došlo k zajištění polohy modulu uvnitř housingu pomocí silikonu a automatického dávkovače. Silikon byl aplikován mezi housingem a distančními sloupky. Muselo dojít k vysušení lepidla a silikonu. Bylo tedy nutné nechat celou dávku senzorů vyschnout minimálně 12 hodin při pokojové teplotě. Po zaschnutí došlo označení senzoru štítkem s čárovým kódem a byl proveden kalibrační test.



Obr. 28: Aplikace silikonu

² Desky plošných spojů jsou zakryty z důvodu obchodního tajemství

2.1.6 Lepení víčka

Před lepením víčka a housingu došlo k vyčištění lepených Isopropyl-alkoholem. Dále bylo nanášeno manuálně lepidlo podél okrajů víčka pomocí automatického dávkovače. Následně došlo k přitlačení víčka k housingu pomocí dvou ESD svorek po dobu minimálně 2 minut. Po odejmutí ESD svorek muselo dojít k 24 hodinovému vytvrzení lepidla.



Obr. 30: Aplikace lepidla na víčko



Obr. 29: Přitlačení víčka k housingu pomocí ESD kleští

Po sejmutí ESD svorek muselo dojít k 24 hodinovému vytvrzení lepidla. Poté byla provedena kontrola lepeného spoje. Následně byl optický senzor podroben umělému stárnutí a nakonec byl proveden kalibrační test.

2.2 Zhodnocení analýzy současného stavu a vytvoření nových opatření, které povedou ke zvýšení kvality a zvýšení efektivity výrobního procesu

2.2.1 Zhodnocení analýzy současného stavu a nová opatření

Z prozkoumaného výrobního postupu na výrobu optických senzorů pulzního generátoru bylo patrné, že lepené víčko s housingem mělo vysoký potenciál na zvýšení efektivity výrobního procesu. Rozlepení optických senzorů mohlo být zapříčiněné nedostatečným vytvořením přitlačné síly ESD kleštěmi, které se mohli stářím opotřebovat a nijak nedocházelo k jejich kalibraci nebo proměření přitlačné síly.

Dále mohlo dojít k rozlepení optických senzorů nesplněnou podmínkou lepení pod tlakem v ESD kleštích po minimální dobu 2 minut. Během původního výrobního postupu měl čas upnutí zabezpečovat operátor, který mohl pochybit. Vždy docházelo totiž k lepení celé dávky a po upnutí optického senzoru do ESD kleští operátor opakoval aplikaci lepidla a upnutí do ESD kleští na další optický senzor.

Po aplikaci lepidla na optický senzor mohlo také dojít k špatnému upnutí ESD kleští a ty následně mohly, i díky přitlačné síle nebo nevhodné manipulaci operátora odpadnout z optického senzoru. Příklad rizikové manipulace a vyvržení lepidla pod tlakem optických senzorů v ESD kleštích je vidět na obr. 29. Zároveň bylo zjištěno, že operátor nekontroloval dobu, po kterou byl vložen optický senzor do ESD kleští. Bylo tedy patrné, že tyto nedostatky bylo nutné odstranit.

Druhým nápravným opatřením, které bylo navrženo, bylo ověření pevnosti v tahu používaného lepidla Loctite 460 oproti doporučenému lepidlu K+S MAGNUMBOND.



Obr. 31: Nevhodná manipulace s optickými senzory

3 Návrh inovace výrobního procesu včetně nového montážního přípravku

Bylo rozhodnuto, že dojde k vytvoření montážního přípravku pro lepení optických senzorů, který by měl zajistit vždy stejnou přítlačnou sílu pro každý lepený optický senzor a nahradit v lepení pod tlakem ESD kleště. Na montážní přípravek byl stanoven investiční limit 150 000 Kč.

3.1 Volba optimální investiční varianty

3.1.1 Charakteristika výrobních investic

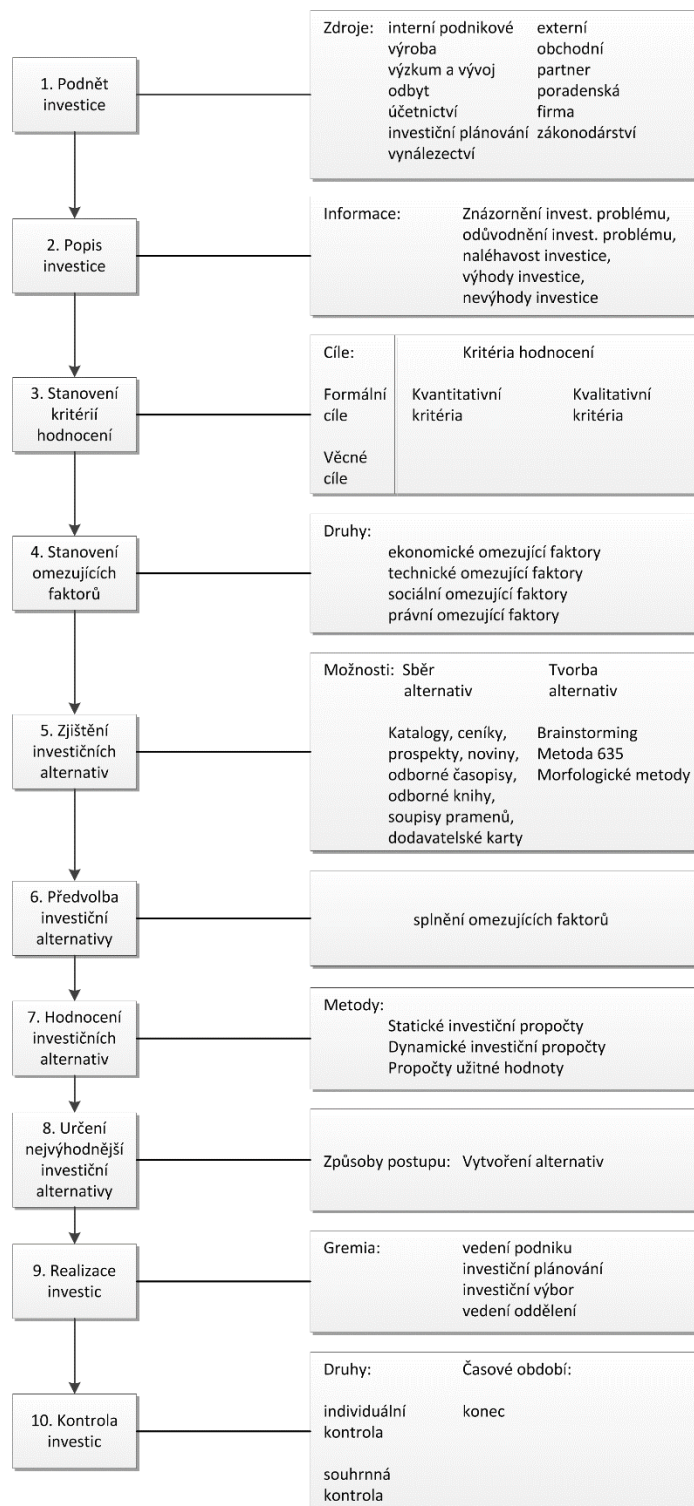
Zajištění budoucí existence podniku a zlepšení jeho šance na dosažení zisku je spojena s celou řadou změn, které se netýkají pouze samotného produktu, ale i výrobní struktury. Ve svém důsledku vedou ke změnám v majetkové i kapitálové struktuře podniku. Aby podnik mohl provést tyto změny, musí obstarat finanční prostředky v potřebné výši. Proces tvorby a získávání finančních prostředků je běžně nazýván financováním. Převod peněžních prostředků do dlouhodobého majetku podniku se pak nazývá investování. [6]

Výrobní investice je vložený kapitál do zařízení, která umožňují realizovat výrobní proces. Kapitálové náklady výrobních investic by se měly promítat do nákladů vyráběných výrobků. Výrobní investice se tedy podílejí přímo na výrobě výrobků nebo to mohou být nepřímo např. budovy. Racionalizační investice se vykonávají s cílem z hospodárnění výroby nebo zvýšení kvality výrobků. Ještě použitelná zařízení se nahrazují modernějšími a hospodárnějšími za účelem snížení nákladů na výrobu. Snížení nákladů na výrobu vede ke zvýšení zisku, a díky kvalitnějším výrobkům by mělo dojít k zajištění požadované návratnosti vloženého kapitálu. V praxi nelze jistě určit hranice mezi těmito investicemi, protože dochází k neustálému technickému vývoji v oblasti výroby strojů a zařízení. Současně se neustále mění odbytová situace na trhu. [6]

Podnik za určitým účetním obdobím obvykle nepředpokládá pouze jednu investici, proto je nutné určit, v jakém rozsahu a v kterých oblastech by chtěl investovat, z jakého důvodu jsou investice potřebné, zda jsou výsledkem racionalizačních opatření či povedou k rozšíření kapacity nebo se jedná jen o náhradu starého, již odepsaného zařízení. Rozhodnutí o investicích patří k jednomu z nejdůležitějších rozhodnutí v podniku. Jedná o rozhodnutí na mnoho let dopředu a ideální rozhodnutí může vést podnik ke zdroji přírůstku zisku. Je důležité si uvědomit, že rozhodnutí o určité výrobní investici velmi často dlouhodobě rozhoduje o výrobní činnosti podniku. Pro smysluplné výrobní investice je nutné udělat analýzu trhu, na základě níž jsou pak zjištěny budoucí možnosti vzhledem ke konkurenčním poměrům. [6]

3.1.2 Plánování výrobních investic

Pro výrobní investici, o jejíž realizaci se rozhoduje, je vhodné mít sestavený samostatný plán, který slouží k tomu, aby se stanovily její výhodnost a možnost realizace. V praxi je typické, že existuje vždy více variant pro určitou výrobní investici, a proto musí být rozhodováno v několika fázích investičního plánování. [6]



Obr. 32: Plánování výrobních investic [6]

Jedná se o jasně definované kroky při plánování výrobní investice, které je nutné dodržovat, aby nebyla opomenuta žádná činnost, která je nutná k rozhodnutí o optimální investici za daných ekonomických podmínek. Při rozhodování je potřebné též provést i určení rizikovosti investice. To znamená určit i pravděpodobnost budoucích očekávaných výnosů z plánované investice. Zde je důležitý budoucí vývoj vnějších ekonomických podmínek, jako je vývoj trhu nákupu a odbytu, inflace a celkový rozvoj ekonomiky. Obecně platí, že čím větší zisk může investice zajistit, tím větší je riziko ztráty. Riziko je spojené i s určitou investicí a může vzniknout i nevhodnou formou jejího financování. V takovém případě se nejedná o riziko vycházející z nevhodného rozhodnutí o investici. Jedná se o nevhodnou formu financování, která může způsobit v extrémních případech až zadlužení podniku. Stejně jako v ostatních oblastech činnosti podniku i při rozhodování o realizaci investice, je základní kritérium hospodárnost. [6]

3.2 Volba dodavatele montážního přípravku

Nejprve bylo nutné určit nejvýhodnější variantu z pohledu financování montážního přípravku. Firma HaslerRail má interní pravidlo, kdy musí být investice nad 50 000 Kč poptána nejméně u třech dodavatelů. Poté by mělo dojít k porovnání nabídek a vybrání nejvýhodnější. Dle určených parametrů byl přípravek poptán ve firmě Festo a TECHKO CZ. Třetím navrhnutým dodavatelem byla samotná společnost HaslerRail. Došlo k vyčíslení nákladů na interní realizaci montážního přípravku za předpokladu, že konstrukční návrh bude vytvořen v rámci diplomové práce. Následně došlo k vyhodnocení cenových nabídek. Nabídky obou externích dodavatelů přesahovaly investiční limit.

Nejvýhodnější a zároveň jediná akceptovatelná nabídka byla interní realizace. Po získání finančních nabídek došlo k vytvoření interního CAPEXu (viz. Příloha 2) v hodnotě 130 000 Kč, který byl schválen. Mohlo tedy dojít k návrhu a následné realizaci montážního přípravku.

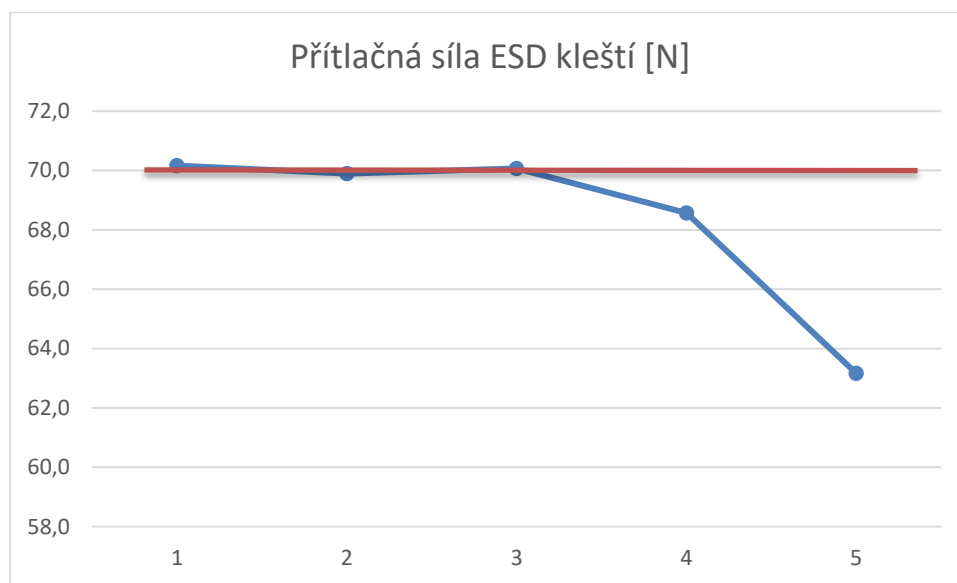
3.3 Určení základních parametrů pro montážní přípravek

3.3.1 Volba typu montážního přípravku

Po rozhodnutí, že bude montážní přípravek realizován interně, bylo nutné definovat přítlačnou sílu. Bylo určeno, že přítlačná síla používaných ESD kleští byla vyhovující, ale nebyla definována. Nejprve tedy bylo nutné definovat požadovanou přítlačnou sílu. Síla byla experimentálně zjištěna pomocí siloměru a pěti náhodně vybraných ESD kleští, které byly určeny pro lepení optických senzorů.

Přítlačná síla ESD kleští [N]					
	Kleště - 1	Kleště - 2	Kleště - 3	Kleště - 4	Kleště - 5
Pokus 1	69,8	69,9	70	68,7	63,2
Pokus 2	70	69,9	70,1	68,5	63,1
Pokus 3	70,7	69,9	70,1	68,5	63,2
Ø	70,2	69,9	70,1	68,6	63,2
Celkový průměr			68,4		

Tab. 1: Přítlačná síla ESD kleští



Graf 1: Přítlačná síla ESD kleští

Jak je patrné z tabulky 1, průměrná přítlačná síla ESD kleští byla 68,4 N. Tato síla byla snížena ESD kleštěmi č. 5. Jednalo se zřejmě již o opotřebované ESD kleště. Přítlační síla byla stanovena na 70 N. Tato síla působila konstantně na povrch optického senzoru, který měl obsah 320 mm². Z toho plyne, že tlak vyvozený na stykové plochy je přibližně 0,22 MPa.

$$p = \frac{F}{S} = \frac{70}{320} = 0,21875 \text{ Mpa} = 218\,750 \text{ Pa}$$

Dále bylo nutné určit, na jakém principu bude montážní přípravek fungovat. První úvahy směřovaly k tomu, že by bylo nejjednodušší a nejlevnější variantou zvolit mechanický přípravek, kde by síla byla vyvozena mechanicky pružinou. Druhou variantou byl pneumatický přípravek. Bylo od začátku jasné, že by se jednalo o dražší variantu, která by ale přinesla mnoho výhod, jakou jsou:

- Možnost regulovat přítlačnou sílu
- Zabezpečení upnutí po určitý časový úsek
- Komfortní pracoviště pro operátora

Srovnání přípravků (8 pozic na založení)	
Mechanický	Pneumatický
60 000 Kč	150 000 Kč

Tab. 2: Přibližná kalkulace ceny přípravků

Bylo rozhodnuto, že montážní přípravek na lepení optických senzorů bude pneumatický z důvodu větší variability, možnosti časového zabezpečení lepení pod tlakem a zvýšení montážního komfortu a kvality.

3.3.2 Test pro určení optimálního přitlačného času

Po volbě typu přípravku bylo nutné definovat počet housingů pro založení optických senzorů, kterými bude montážní přípravek vybaven. Tento parametr byl velice podstatný. Pro získání maximální pevnosti lepeného spoje, bylo nutné vytvořit na určitý okamžik (bude uvedeno v další části) maximální přitlačnou silou, což zapříčiní vytvoření minimální spáry (tloušťky) naneseného lepidla. Musela však být splněna aktuální podmínka, a to že optický senzor musí být lepen pod tlakem minimálně 2 minuty.

Dalším parametrem byl montážní čas potřebný na aplikaci lepidla. Ten byl stanoven na 30 sekund. Z tohoto parametru je patrné, že minimální počet pozic pro založení je čtyři.

Aby mohl být určen minimální počet housingů pro založení optických senzorů, byla navržena interní tahová zkouška. Jednalo se o destruktivní statickou zkoušku housingu a víček bez modulu.

Nejprve pro základní představu bylo použito 20 housingů a víček. Ve víčku a housingu byly vyvrtány dvě díry, kterými byl protažen drát. S protaženým drátem byly vzorky lepeny lepidlem Loctite 460 a vloženy do ESD kleští po dobu 1, 2, 3, 4, 7.5, 10, 15, 30, 45 a 60 minut. Následně byly lepené vzorky ponechány 24 hodin na vytvrzení. Po vytvrzení byly lepené spoje vizuálně zkontrolovány a poté otestovány na interním trhacím stroji.

Jednotlivé konce drátů byly pevně umístěny do čelistí stroje. Slepený vzorek byl postupně zatěžován konstantní silou, dokud nedošlo k odtržení víčka od housingu. Trhací stroj byl nastaven, aby byla vždy zaznamenána mez pevnosti v tahu, která odpovídala největší vykonané síle. Mez pevnosti se běžně značí R_m . Jedná se o největší napětí, po jehož dosažení dojde k porušení vzorku.

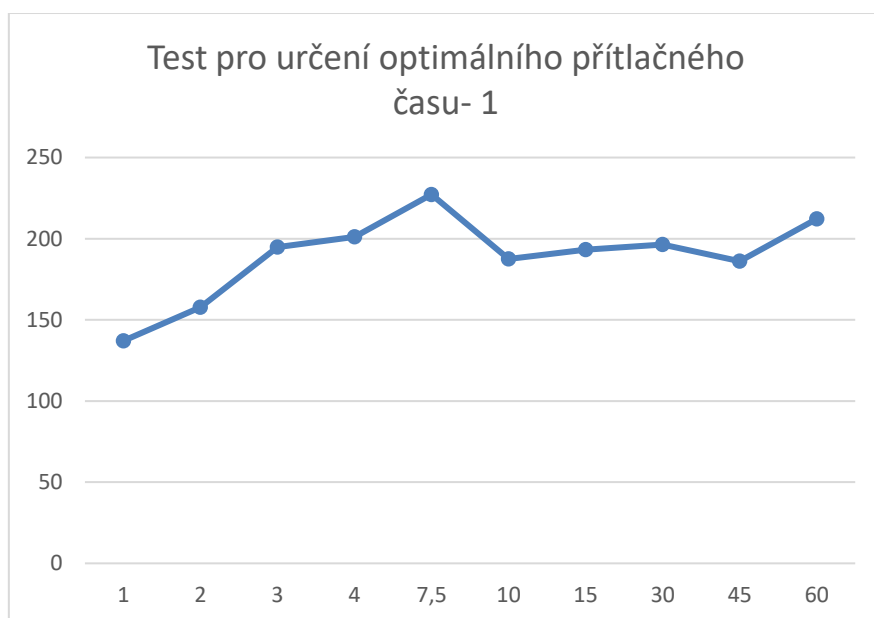


Obr. 33: Interní tahová zkouška

Jak je patrné z grafu 2 a tabulky 3 naměřených hodnot, tak test pro určení optimálního přítlačného času - 1 potvrdil, že minimální doba upnutí pod tlakem optického senzoru v pozici pro založení by měla být minimálně 3 minuty. Do této doby měla křivka stoupající trend. Následně začala kolísat.

Test pro určení optimálního přítlačného času - 1											
Doba stlačení (při 70 N)	1	2	3	4	7,5	10	15	30	45	60	[min]
Vzorek 1	141,5	174,8	239,3	165	215,6	156,5	206,4	188,2	151,6	255,5	[N]
Vzorek 2	132,7	140,8	150,5	237,2	238,9	218,6	180,1	204,6	220,5	168,9	[N]
Ø	137,1	157,8	194,9	201,1	227,3	187,6	193,3	196,4	186,05	212,2	[N]

Tab. 3: Test pro určení optimálního přítlačného času - 1

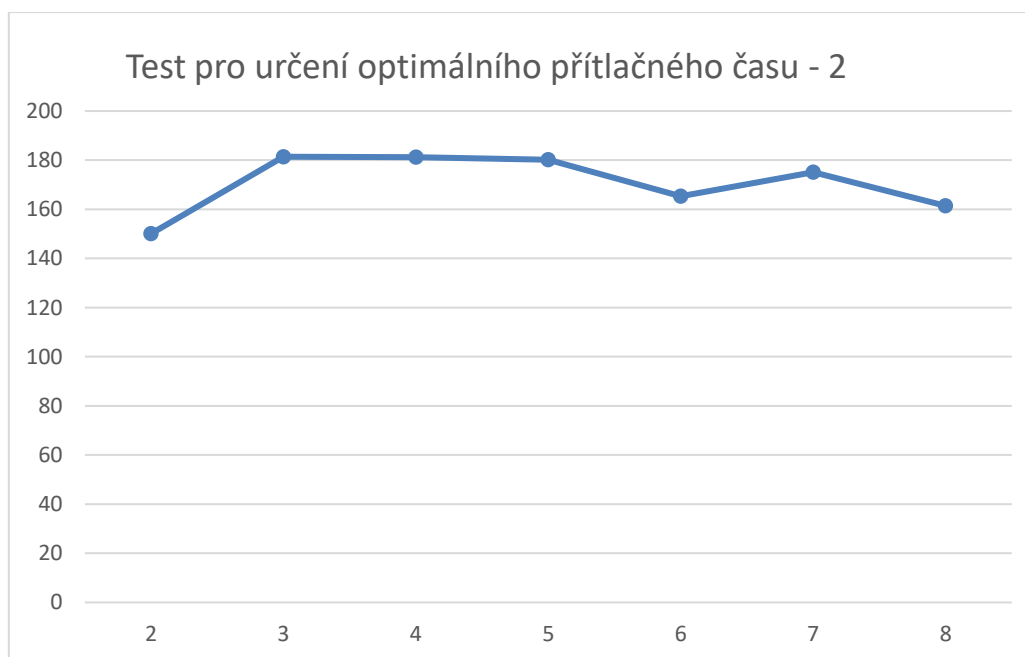


Graf 2: Test pro určení optimálního přítlačného času - 1

Pro ověření a zvýšení počtu naměřených hodnot byl test opakován. Testovaná víčka s housingy byla slepena pod tlakem ve větším množství po dobu 2 až 8 minut s postupným uvolňováním po jedné minutě. Jak je možné vidět v tabulce a grafu níže, nejlépe slepené byly vzorky, které byly v kleštích po dobu třech, čtyřech a pěti minut. Také je z grafu patrné, že nedošlo k příliš velikým výchytkám, během tohoto testu. Bylo tedy rozhodnuto, že optické senzory by měly být lepeny pod tlakem minimálně tři minuty. Z toho plyne minimální počet pozic pro založení 6.

Test pro určení optimálního přitlačného času – 2								
Doba stlačení (při 70 N)	2	3	4	5	6	7	8	[min]
Vzorek 1	147,3	153,5	175,6	152,1	165,3	236,8	156,7	[N]
Vzorek 2	173,2	231,4	208,2	227,4	201,5	151,1	169,7	[N]
Vzorek 3	111	208,1	163,3	163,3	153,4	163,6	198,8	[N]
Vzorek 4	168,9	132,6	177,8	177,8	140,9	148,7	120,4	[N]
Ø	150,1	181,4	181,2	180,2	165,3	175,1	161,4	[N]

Tab. 4: Test pro určení optimálního přitlačného času - 2



Graf 3: Test pro určení optimálního přitlačného času - 2

3.3.3 Určení optimálního počtu housingů pro založení a přitlačného času

Vzhledem k získaným poznatkům byl výrobním a konstrukčním oddělením stanovený počet pozic pro založení na osm a přitlačný čas na čtyři minuty.

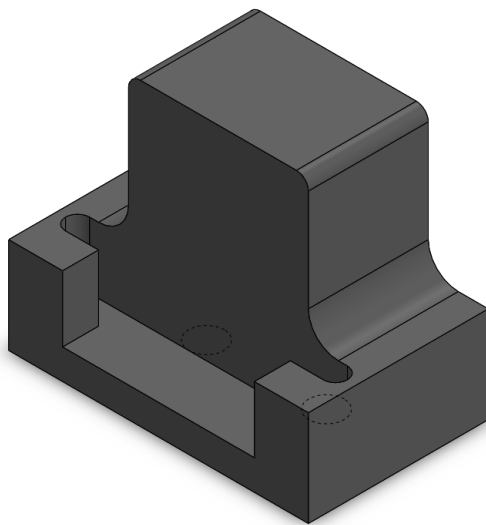
3.4 Prototyp montážního přípravku

K odzkoušení funkčnosti přípravku, došlo k vytvoření prototypu, který obsahoval pouze jednu pozici. Prototyp se skládal ze základní desky, housingu na založení optického senzoru, přitlačné části, pneumatického ventilu, hadiček na rozvod vzduchu, pneumatického válce a kompaktní jednotky na rozvod vzduchu.

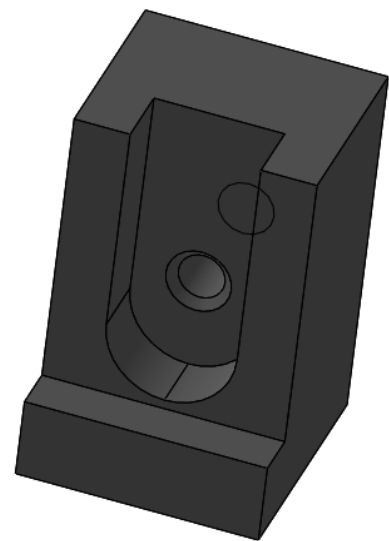
3.4.1 Návrh housingu a přitlačného členu

Bylo nutné navrhnout design housingu pro zakládání optických senzorů. Housing měl splňovat podmínku snadného založení optického senzoru s ohledem na ergonomii a vyrobitelnost. Dále bylo nutné, aby se optický senzor z velké části po stlačení zapřel o dotykovou plochu housingu. Byl tedy vytvořen housing, který kopíroval tvar optického senzoru s menší vůlí a byl přichycen k základní desce pomocí šroubů.

Velká nároky byly kladeny na přesnost u přitlačného členu, který musel stejnou silou působit na spodní a horní část krytu optického senzoru. Housing i přitlačný člen byly vyrobeny ze slitiny hliníku EN AW-6082 a následně byly eloxovány dle výkresové dokumentace (příloha 10 a 11).



Obr. 35: Housing



Obr. 34: Přitlačný člen

3.4.2 Návrh pneumatický komponent

Pneumatické komponenty byly vybrány na základě požadované přitlačné síly. K vyvození této síly byl vybrán jednočinný pneumatický válec. Konstrukce pneumatického válce odpovídá mezinárodní normě ISO 6432. Byl zvolen typ s pístní tyčí v klidu zasunutou, pístem o průměru 16 mm a zdvihem 15 mm. Tento pneumatický válec byl vybrán i z důvodu výkonové rezervy, který má při tlaku 0,4 MPa sílu požadovaných 70 N. Válec byl upevněn k základní desce pomocí dvou patek a šroubů. [2]



Obr. 36: Pneumatický válec [2]

Rozvod vzduchu byl zajištěný nepřímým ovládaným elektromagnetickým rozvaděčem v provedení 5/2 s jednou cívkou. [2]



Obr. 37: Elektro magnetický ventil [2]

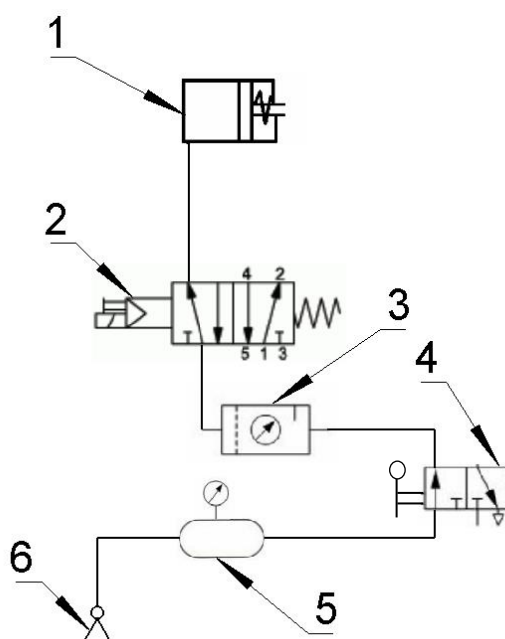
Vzduch na požadovaný tlak 0,4 MPa byl regulován pomocí kompaktní jednotky na úpravu stlačeného vzduchu. Tato jednotka byla uplatněná pro nenáročnou aplikaci a své menší rozměry oproti standartům. [2]



Obr. 38: Kompaktní jednotka na úpravu stlačeného vzduchu [2]

3.4.3 Návrh pneumatického schéma

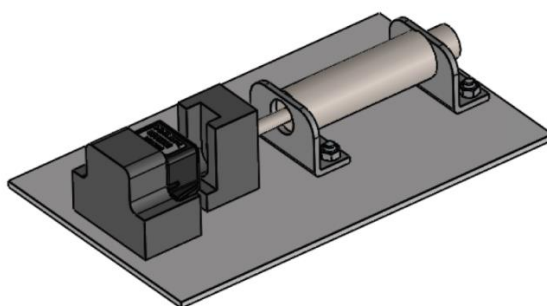
Po vybrání jednotlivých pneumatických komponent mohlo dojít k vytvoření pneumatického schématu, které je vidět na obrázku 38 níže. Kompresor dodává stlačený vzduch do pneumatického obvodu, který proudí do zásobníku stlačeného vzduchu. Pokud je hlavní ventil otevřený, stlačený vzduch proudí přes kompaktní jednotku do elektromagnetického rozvaděče. Ve chvíli, kdy dostane elektromagnetický rozvaděč signál, dojde k posunutí šoupátka, který uvolní cestu stlačenému vzduchu o tlaku 0,4 MPa k pneumatickému válci, který stlačí silou 70 N píst, na kterém je namontován přítlačný člen. Ten působí přítlačnou silou na optický senzor a dojde k jeho slepení pod tlakem. [3]



1 – Pneumatický válec, 2 – Elektromagnetický rozvaděč, 3 - Kompaktní jednotka na úpravu stlačeného vzduchu, 4 – ventil 3/2 v základní poloze zavřený ovládaný pákou, 5 - zásobník vzduchu, 6 – kompresor

Obr. 39: Pneumatické schéma [3]

Tento prototyp splňoval veškeré požadavky. Bylo rozhodnuto, že dojde k vytvoření nového montážního přípravku.



Obr. 40: Prototyp pneumatického montážního přípravku

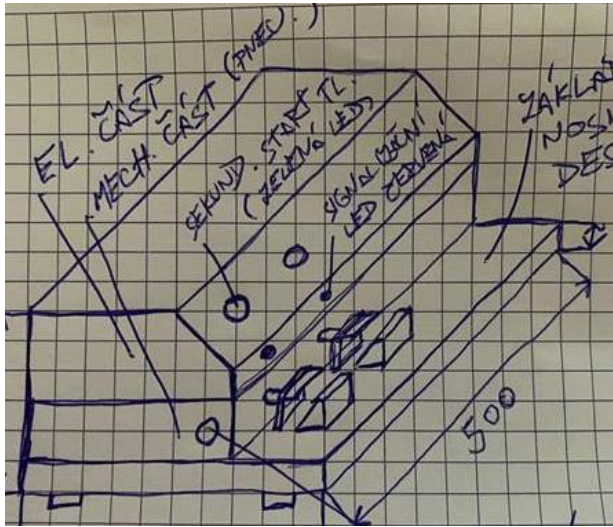
3.5 Požadavky na montážní přípravek

Před inovací výrobního procesu a finální tvorbou montážního přípravku byly stanoveny základní požadavky ze strany výrobního a konstrukčního oddělení. Tyto požadavky byly:

- Počet pozic

Počet pozic pro založení byl stanoven na 8.

- Přibližný design



Obr. 41 - Náčrt návrhu

- Přibližné rozměry

500 x 350 x 250 mm

- Základní deska

tl. 6 mm

- Hmotnost

Neměla by přesahovat 40 kg

- Rozložení

Dvě patra

Dolní patro – pneumatické komponenty

Horní patro – elektrické komponenty

- Zakrytování

Plech

- Stupeň krytí

IP20

- Regulátor vzduchu

Na zadní straně s vyvedeným ukazatelem tlaku vzduchu na viditelném místě

- ESD ochrana

Zadní strana – zalisovaný šroub

- Ukotvení

Gumové nožičky (nízké)

- Spuštění pozice

Ovládaní dvěma tlačítky

- Označení uzavřené pozice

Červená signálka

- Označení přípravku

Interní číslo na přípravku (11.0010.784)

- Tlačítko nouzového vypnutí

STOP tlačítko – horní kryt

- Hlavní vypínač

Na horním krytu

- Rozmístění tlačítek

Ovládací tlačítka nad červenými signálkami

- Označení pozic

Pozice vypálit laserem pod ovládací tlačítka

- Rozmístění centrálních ovládacích tlačítek

Centrální tlačítko na každém z boků

3.6 Konstrukční příprava montážního přípravku

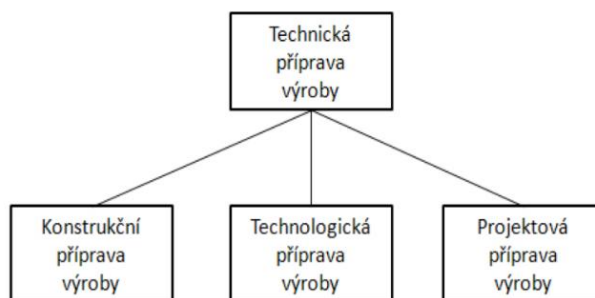
3.6.1 Technická příprava výroby

Konstrukční příprava výrobku je souhrn činností, jejichž úkolem je na základě výsledků výzkumu a vývoje a na základě technických podmínek a technicko - ekonomických požadavků zpracovat a ověřit konstrukční dokumentaci nového nebo inovovaného výrobku (Definice dle ČSN 01 6301). [4]

Konstrukční příprava se řadí do technické přípravy výroby. Ta je definována jako souhrn činností konstrukční přípravy výrobku a technologické přípravy výroby (Definice dle ČSN 01 6301). [4]

Technologická příprava výroby je souhrn technicko - organizačních činností a opatření zajišťujících technologickou připravenost výroby (Definice dle ČSN 01 6301). [4]

Technicko-organizační příprava výroby je souhrn činností, v nichž se rozhoduje o koncepci uspořádání výrobní základny potřebné pro realizaci výrobků, zejména o jejím vybavení řídicí, technologickou, manipulační a skladovací technikou, o kapacitním dimenzování, prostorovém uspořádání a organizačním členění. (Definice dle ČSN 01 6301). [4]



Obr. 42: Technická příprava výroby

3.6.2 Konstrukční příprava

Konstrukční příprava se zaznamenává do technických dokumentů (včetně výkresové dokumentace). Ty jsou základním mezinárodním dorozumivacím prostředkem v technice. Technická příprava výroby se často zpracovává v prostředí CAD/CAM je metoda technologičnosti konstrukce založena na základních principech, které by měli zohledňovat ekonomičnost a hospodárnost. Konstruktor by měl vždy volit zpracování, aby výsledný produkt měl co nejmenší výrobní náklady. Minimalizace výrobních nákladů se dosahuje racionalizací, simplifikací, standardizací, normalizací, unifikací, dědičností a klasifikací. [4]

Pro konstrukční návrh montážního přípravku bylo využito především normalizace.

Důležitým faktorem návrhu konstrukce je maximálně využívat normalizovaných dílů. Ty jsou velkosériově vyráběny a tím dochází k minimalizaci nákladů konstrukčního návrhu.

Normalizace lze chápat jako tvorbu směrnice, pravidla, jehož zachování je závazné z pozice např. mravní, právní a technické. Z pohledu technika jsou podstatné normy technické, které přesně stanovují požadované vlastnosti, provedení, tvar nebo uspořádání opakujících se předmětů nebo způsobů a postupů práce, popř. vymezuje všeobecně užívané technické pojmy. Zkráceně je technická norma technický předpis, který stanoví technické náležitosti. Hlavním úkolem normalizace je zjednodušování a snižování rozmanitosti výrobků a činností. Slouží jako dorozumívací funkce mezi výrobcem a zákazníkem a mezi výrobci v národním i mezinárodním prostředí. Zavádění symbolů a kódů slouží ke zjednodušení obchodního styku. Normalizací dochází ke zlepšení hospodárnosti a ochrana spotřebitele. Existuje řada norem státní (ČSN), evropské, mezinárodní, předmětové, jakostní a jiné. [4]

3.6.3 Využití výpočetní techniky

CA systémy jsou počítačové systémy, které jsou určeny na podporu jednotlivých činností výroby. Zajišťují podporu od návrhu výrobku až po jeho expedici. Cílem těchto systémů je minimalizace nákladů systémovým zajištěním jednotlivých operací. [5]

Pojem CAD je zkratkou anglického názvu Computer Aided Design. Tento pojem může být přeložen jako počítačem podporované kreslení. CAD programy jsou používány ke konstrukčním činnostem ve 2D a 3D. Lze říct, že se jedná o využití pokročilých grafických programů pro vytváření nových projektů a jejich úpravu. Obvykle dochází k návrhu součásti ve virtuálním prostoru počítačového systému. Snahou je, co nejvíce napodobit realizovanou součást. V systémech většinou dochází nejprve k návrhu 3D modelu. Z jednotlivých modelů může být vytvořena sestava nebo podsestava. Po dokončení součásti nebo sestavy může být vytvořena běžná výrobní dokumentace (výkres). [5]

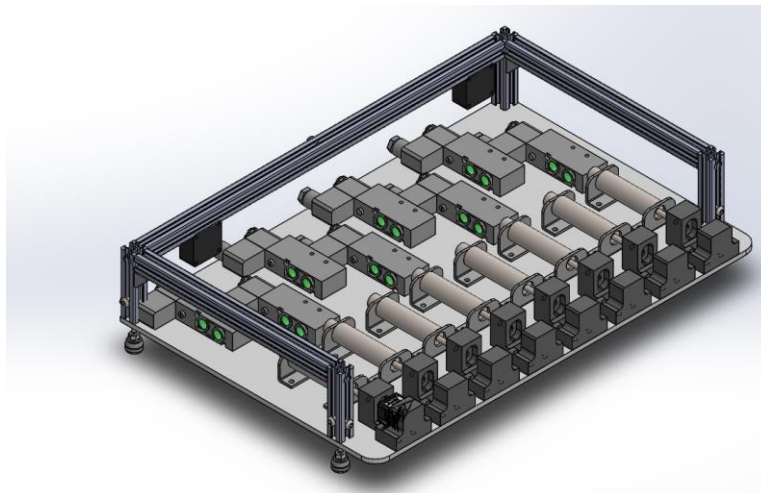
Konstrukční návrh montážního přípravku byl tvořen v systému 3D CAD SOLIDWORKS 2018, který byl vyvinut firmou SOLIDWORKS Corporation. Jedná se o 3D parametrický modelář který je určen pro strojírenství.

Společně s CAD systémem byla používána i nadstavba PDM. Jedná se o anglickou zkratku Product Data Management, což lze přeložit jako řízení výrobních dat. Tyto systémy poskytují řízení dat o výrobku a řízení s nimi spojených procesů. Zjednodušují a optimalizují práci s kusovníky a technickými dokumenty. V tomto případě systém PDM sloužil především k zálohování a správě CAD dat.

3.6.4 Tvorba sestavy a modelů

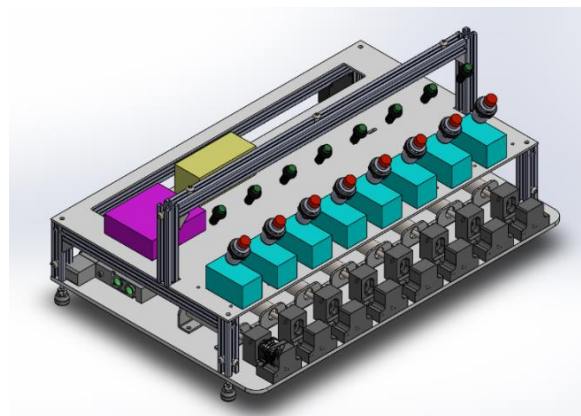
Cílem návrhu sestavy bylo vytvořit přibližnou sestavu montážní přípravku dle požadavků z kapitoly 3.3. Jelikož se jednalo o jednoúčelový stroj, který byl montován jednou a navíc interně, bylo rozhodnuto, že sestava bude pouze ilustrativní a objednané komponenty mohou být pouze tvarově přibližné a nemusejí být detailně modelovány. Naopak obráběné součásti musely být modelovány detailně, protože z nich byla následně vytvořena výkresová dokumentace, podle které byly jednotlivé součásti externě vyrobeny.

Nejprve byla vytvořena základní deska, která byla z oceli 1.0553. Do té byly vyvrtány otvory pro upevnění pneumatických komponent. Základní deska byla osazena pneumatickými komponenty podobně jako u prototypu. Pneumatické ovládání každé z pozic bylo umístěno v řadě. Základní deska byla umístěna na nosnou konstrukci, která byla tvořena z hliníkových slitin profilů a nožiček.



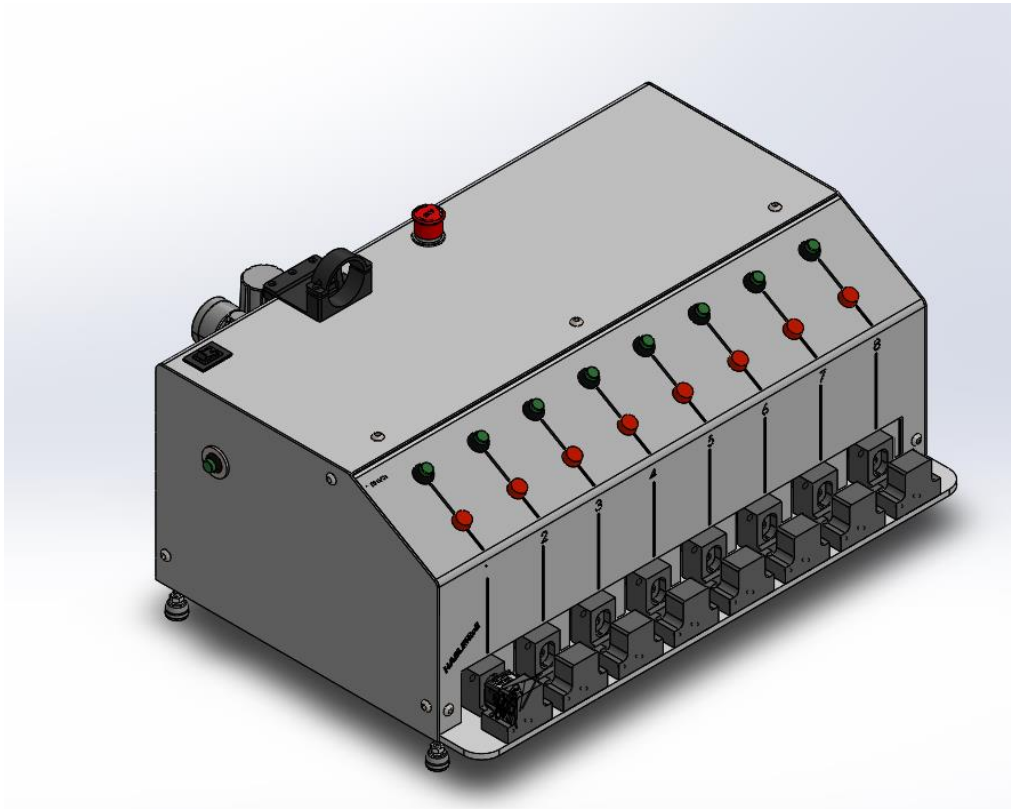
Obr. 43: SOLIDWORKS - Pneumatická sestava

Prostřední deska byla také vyrobena z oceli 1.0553 a stejně jako spodní deska i do ní byly vyvrtány otvory pro upevnění komponent, ale tentokrát elektrických. K některým elektrickým komponentám se nepodařilo získat 3D modely, a proto byly některé elektrické komponenty znázorněny pouze kvádry, která odpovídala maximálním rozměrům komponent.



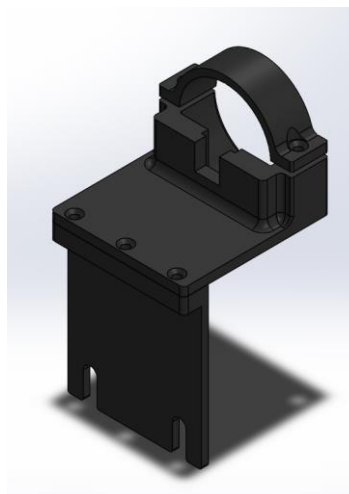
Obr. 44: SOLIDWORKS - Elektronická sestava

Pro zakrytování stroje byly navrženy plechy z nerezové oceli 1.4301. Montážní přípravek by zakrytován pomocí předního, malého předního, zadního a dvou postranních plechů. Plechy byly vypalovány a popisovány laserem.



Obr. 45: SOLIDWORKS - Kompletní sestava

Na horní část montážního přípravku byl navržen držák ukazatel tlaku vzduchu. Ten je totiž důležitým faktorem výrobního procesu během lepení pod tlakem. Ukazatel tlaku vzduchu musel být umístěn na viditelném místě, aby docházelo jeho snadné vizuální kontrole. Tento držák byl vyroben pomocí 3D tisku z antistatického materiálu.



Obr. 46: SOLIDWORKS - Držák ukazatele tlaku vzduchu

3.7 Tvorba kusovníku

Kusovník je seznam všech použitých dílů se základními informacemi, jako jsou například název, množství nebo číslo pozice. Pro montážní přípravek byl vytvořen kusovník, kde bylo zaznamenáno číslo pozice, název komponenty, dodavatel, označení (dodavatele) a množství. Kusovník by měl sloužit jako stručný přehled jednotlivých dílů a je přiložen v Příloze 1.

3.8 Montáž montážního přípravku

Montáž lze chápat jako soubor činností lidí, strojů a zařízení v montážním systému, jejichž vykonáním v určitém pořadí vznikne z jednotlivých součástí a montážních celků finální výrobek. Druh a rozsah činností jsou určeny typem a charakterem výroby. Ta se běžně rozděluje do čtyřech základních skupin, a to kusová, malosériová, velkosériová a hromadná. Kusová a malosériová výroba se většinou provádí manuálně, zatímco velkosériová a hromadná výrobní činnost je prováděna mechanizovanými nebo automatizovanými činnostmi. Dále se montáž může dělit dle místa provádění montáže na interní a externí montáž.

Montážní přípravek na lepení optických senzorů měl být vyroben pouze jeden. Montáž měla proběhnout ve výrobním závodě HaslerRail. Jednalo se tedy o interní kusovou montáž.

Postup montáže byl stejný jako postup během tvorby sestavy v CAD systému. Nejprve byla smontována nosná konstrukce se základní deskou. Na tu pak byly namontovány pneumatické komponenty.



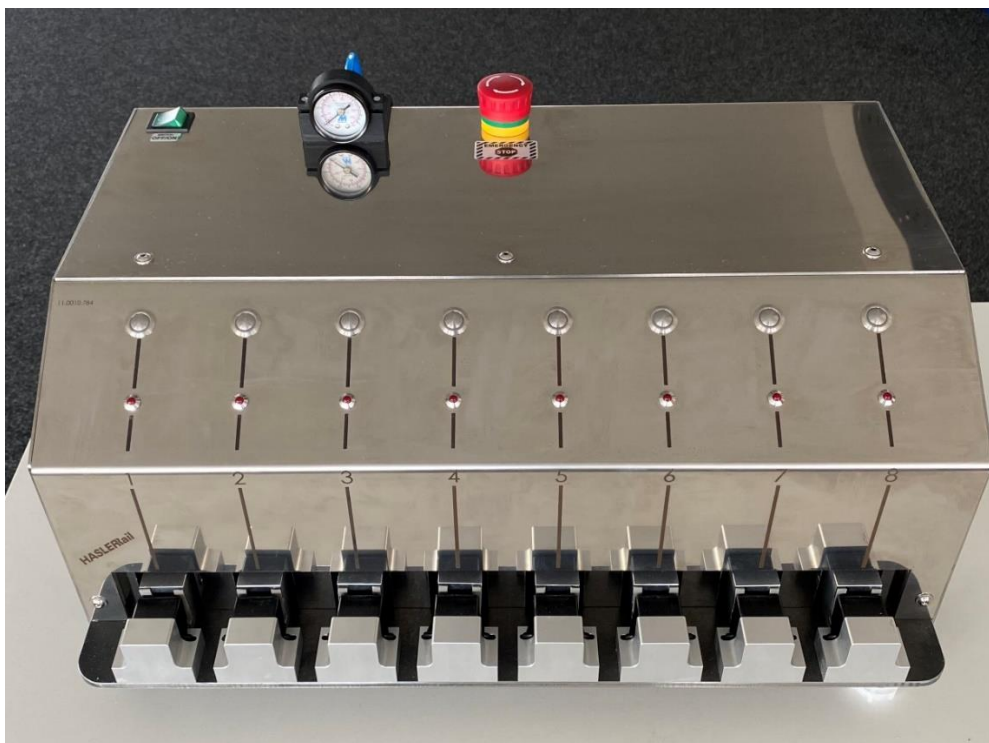
Obr 47: Montáž přípravku – pneumatické komponenty

Dále byla na nosnou konstrukci namontována prostřední deska, na kterou byly namontovány elektrické komponenty. Následně došlo k jejich zapojení.



Obr. 48: Montáž přípravku - elektrické komponenty

Některé elektrické komponenty musely být pájeny, proto muselo dojít nejprve k namontování například ovládacích tlačítek do předního panelu a následně mohla být tlačítka zapájena. Po připojení elektrických a pneumatických komponent mohlo dojít k zakrytí montážního přípravku a ověření jeho funkčnosti.



Obr. 49 - Montážní přípravek - kompletní

3.9 Finální test montážního přípravku před uvolněním do výroby

Před uvolnění montážního přípravku do výroby muselo dojít k jeho ověření. K vyhrazenému pracovnímu prostoru byl firemní údržbou připojen přívod vzduchu a elektřiny. Následně mohlo dojít k připojení montážního přípravku.

Došlo k elektrické revizi a k ověření, že se jedná o montážní přípravek, s kterým lze splňovat bezpečnost a ochranu zdraví při práci. Po jeho zapojení došlo k uzemnění přípravku a postupně k ověření přítlačné síly pro všechny pozice, která měla být $70\text{N} \pm 2\text{N}$ při nastavení kompaktní jednotky vzduchu na $0,4\text{ MPa}$. Také došlo ke kontrole doby lepení, která měla být $4\text{ minuty} \pm 15\text{ sekund}$.

Ověření přítlačné síly a doby stlačení		
Poz.	Přítlačná síla [N]	Doba stlačení [s]
1	70,1	240
2	70	240
3	70	240
4	70,1	240
5	70	240
6	70	240
7	70	240
8	70	240

Tab. 5: Ověření přítlačné síly a doby stlačení



Obr. 50: Ověření montážního přípravku v praxi

Jak je patrné z tabulky výše, přítlačná síla a doba stlačení splňovala požadované hodnoty.

Jako poslední krok ověření montážního přípravku došlo k simulaci výrobní dávky 20 kusů optických senzorů, které byly vyrobeny běžným výrobním postupem až na lepení pod tlakem, které bylo provedeno na ověřovaném montážním přípravku. Celá výrobní dávka byla plně funkční a všechny vzorky bylo možné zkalibrovat. Nakonec byly optické senzory uvolněny výstupní kontrolou.

Montáž přípravek na lepení optických senzorů byl shledán jako plně funkční a mohl být po změnách ve výrobní dokumentaci a vytvoření příslušných dokumentů k montážnímu přípravku uvolněn do výroby.

3.10 Uživatelský manuál

Uživatelský manuál je technický dokument, který byl vytvořen k proškolení obsluhy, která bude využívat montážní přípravek. Obsahuje základní informace k přípravku. Součástí uživatelského manuálu je i servisní plán, který popisuje údržbu montážního přípravku. Uživatelský manuál je rozepsán v podkapitolách 3.6.

3.10.1 Bezpečnost

- Montážní přípravek může obsluhovat pouze jedna osoba, která byla proškolená tímto dokumentem.
- Ovládací centrální tlačítko a ovládací tlačítko je zakázáno aktivovat pouze jednou rukou! Každá ruka aktivuje pouze jedno tlačítko.
- Je zakázáno jakkoliv upravovat přívod vzduchu nebo se snažit odstranit plechy a servisovat přípravek.
- Je zakázáno manipulovat s přípravkem a dotýkat se zádni části přípravku, která nesouvisí s ovládáním.
- V případě jakéhokoliv nebezpečí aktivujte STOP- nouzové tlačítko.



Obr. 51: Nouzové tlačítko

- Montážní přípravek je napájen 230V.
- V případě jakýchkoliv problémů ihned kontaktujte výrobní kancelář.

3.10.2 Bezpečnostní štítky

Uzemnění



Obr. 53: Štítek uzemnění

Nezakrývat



Obr. 52: Štítek ventilátoru

Hlavní štítek



Obr. 54: Hlavní štítek

Nebezpečí úrazu elektrickým proudem



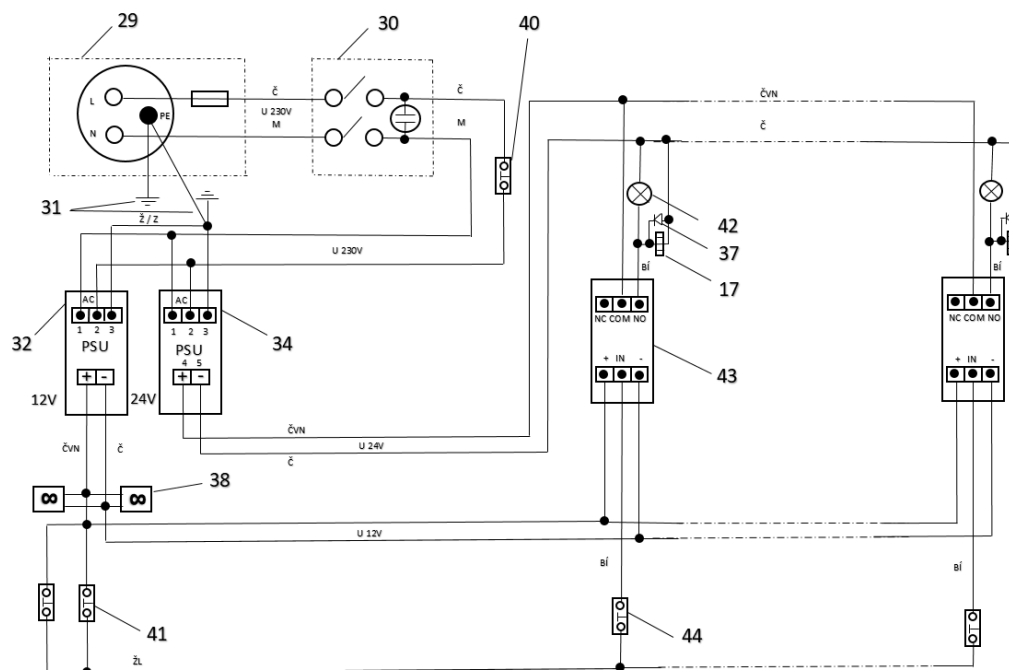
Obr. 56: Elektrický výstražný štítek

Nouzový stop



Obr. 55: STOP štítek

3.10.3 Elektrické schéma přípravku



Obr. 57: Elektrické schéma montážního přípravku

Legenda k barvě izolace vodičů:

Č - Černá

M - Modrá

Ž / Z -

Žlutozelená

ČVN - Červená

ŽL - Žlutá

BÍ - Bílá

Vodič lanko - U230V (0,75 mm²)

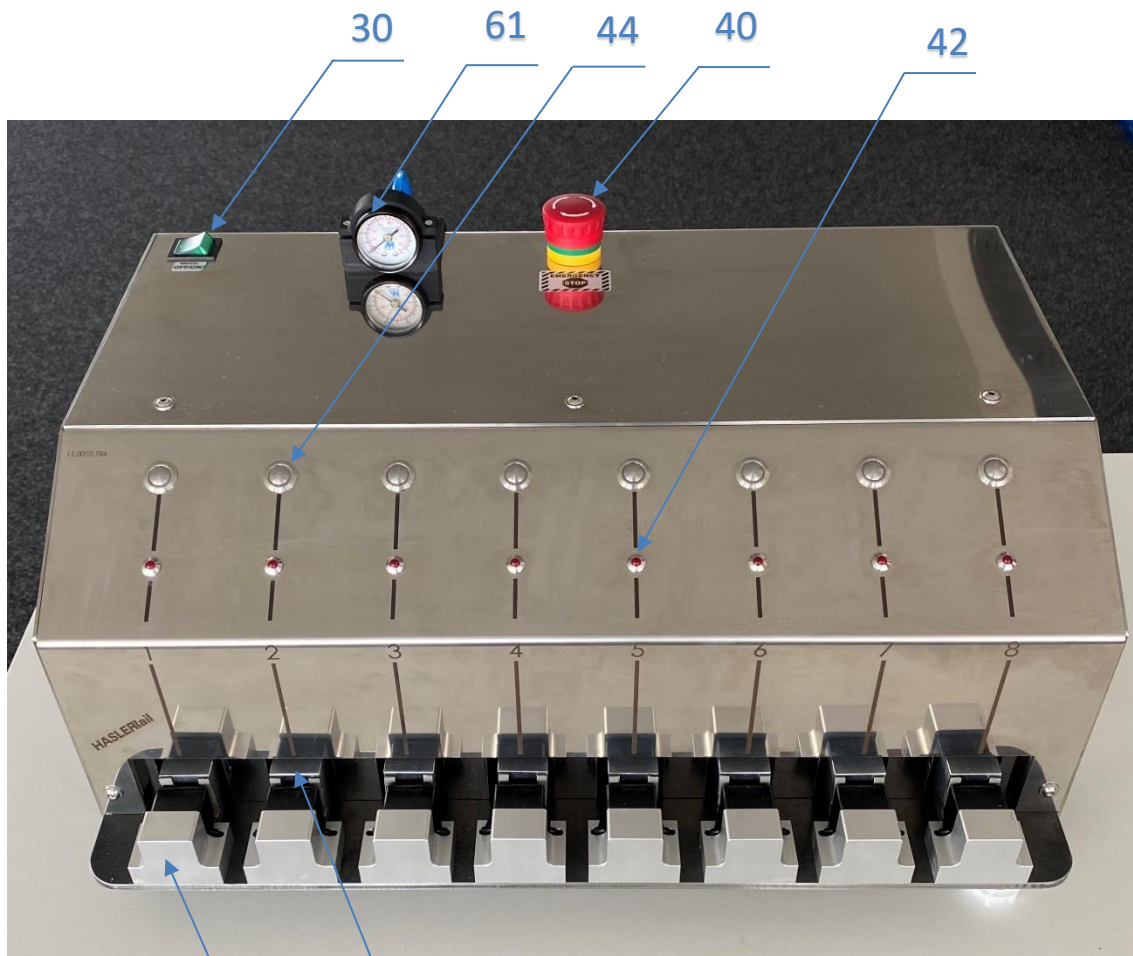
- U12V, 24V (0,50 mm²)

Kusovník elektrických komponent

Poz.	Název	Dodavatel	Označení	Mn.
17	Rozvaděč elektromagnetický 5/2	Stránský a Petržík	PMVSC2204E1D24	8
29	EURO konektor	GM electronic	806-027	1
30	Kolébkový spínač	GM electronic	624-242	1
31	Kabelové očko M4 krimpovací, neizolované R1.25-4M	GM electronic	834-027	3
32	Spínaný zdroj MEAN WELL RS-15-12	GM electronic	332-303	1
34	Spínaný zdroj MEAN WELL LRS-35-24	GM electronic	332-889	1
37	Dioda, THT, 1000V, 1A, DO41 1N4007	GM electronic	220-002	8
38	Axiální Ventilátor, 12 V, DC, 40 mm, 10 mm,	FARNELL	F410T-12LC	2
40	Nouzový vypínač	FARNELL	MCA20L-V4E01Q6R	1
41	PB switch	FARNELL	C22-DH-G-X1-K10	2
42	Panelový indikátor	FARNELL	WL-19040453	8
43	Časovač Spínač Zpoždění s Relé Programovatelný 12V	ECLIPSERA	1466501702	8
44	Ovládací tlačítko	TME	GQ16B-10E/J/G/24V/S ONPOW	8

Tab. 6: Legenda a kusovník k elektrickému schéma

3.10.4 Ovládání



Obr. 58: Montážní přípravek



Obr. 59: Montážní přípravek - boční tlačítko

- Poz. 1 Housing – 8x
- Poz. 2 Přítlačný člen – 8x
- Poz. 18 Kompaktní jednotka vzduchu
- Poz. 30 Vypínací / Zapínací tlačítko
- Poz. 40 STOP- nouzové tlačítko
- Poz. 41 Centrální ovládací tlačítko - 2x
- Poz. 42 Červená dioda – 8x
- Poz. 44 Ovládací tlačítko – 8x
- Poz. 61 Držák s indikátor tlaku vzduchu



Obr. 60: Kompaktní jednotka rozvodu vzduchu

3.10.5 Použití přípravku

Kontrola přípravku před použitím

I. Zkontrolujte 3 tlumicí podložky na pohyblivých částech.



Obr. 61: Tlumicí podložky

II. Zkontrolujte pohledem indikátor tlaku vzduchu (Poz. 61), jestli je nastavený na $0,4 \pm 0,02$ MPa.

III. Zapněte stroj přepnutím zapínacího tlačítka (Poz. 30) do polohy se symbole I.

Pokud ne, kontaktujte výrobní kancelář!

IV. Aktivujte všechny pozice. Zmáčkněte na levé nebo na pravé straně centrální tlačítko (Poz. 41) a zároveň zmáčkněte ovládací tlačítko (Poz. 44) pro pozici 1 - 8. Změřte dobu aktivace (vysunutí přítlačného členu) jednotlivých pozic. Každá pozice musí být aktivní 4 minuty \pm 15 sekund.

Pokud byly všechny pozice aktivovány (stlačeny) po dobu 4 minut \pm 15 sekund a svítily všechny červené diody (Poz. 42), můžete začít pracovat po zhasnutí diod (Poz. 42) a po uvolnění pozic.

Výrobní postup

I. Po aplikaci lepidla dle montážního návodu vložte optický sensor do housing (Poz. 1).

II. Zmáčkněte jedno z centrálních ovládacích tlačítek (Poz. 44) a zároveň zmáčkněte ovládací tlačítko (Pos. 41) pro vybranou pozici.

III. Optický sensor je lepen pod tlakem 4 minuty.

IV. Po 4 minutách automaticky zhasne dioda a lepení pod tlakem je dokončeno. Dojde k uvolnění optického senzoru.

V. Optický sensor vyjměte z housing a odložte na odkládací plochu.

Výrobní proces je nastaven, aby operátor provedl pouze kroky I. a II. pro všech 8 pozic. Kroky III. a IV. jsou automaticky provedeny strojem během kterých operátor opětovně provádí kroky I. a II.. Po založení osmého optického senzoru by měla být uvolněna první použitá pozice.

VI. Následně proveďte pro uvolněnou pozici krok V. a opět kroky I. a II.

Tento výrobní postup (krok VI.) aplikujte vždy na další uvolněnou pozici pro celou výrobní dávku.

3.10.6 Servisní plán

- I. Technologická kontrola musí proběhnout každé 3 měsíce.
- II. Zkontrolovat tlumící podložky.
- III. Doplňit pneumatický mazivo do kompaktní jednotky tlaku vzduchu (Poz 18).
- IV. Zkontrolovat kompaktní jednotku a výstup tlaku vzduchu.
- V. Změřit dobu aktivace (stlačení přítlačného členu). Aktivace musí být 4 minuty \pm 15 sekund.
- VI. Změřit přítlačnou sílu přítlačného členu (Poz. 2) pomocí siloměru. Přítlačná síla musí být $70\text{N} \pm 2\text{N}$.
- VII. Zapsat datum kontroly do tabulky maintenance plan.

3.11 Ověření pevnosti lepeného spoje

Prozkoumáním výrobního procesu bylo zjištěno, že lepený spoj byl zásadně ovlivněn typem lepidla. Na základě této podstatné skutečnosti mělo dojít k porovnání lepidla K+S MAGNUMBOND a jeho doplňkového příslušenství k zvýšení pevnosti lepeného spoje s používaným lepidlem Loctite 460. Z provedených testů mělo dojít k výběru lepidla, které zajišťovalo větší pevnost v tahu během tahové zkoušky. Statická tahová zkouška byla provedena stejně jako v kapitole 3.3.2.

3.11.1 Aplikace lepidla

Nejprve došlo k hodnocení lepidel z pohledu aplikace. Používané lepidlo (Loctite 460) bylo nanášeno operátorem ručně. Lepidlo K+S MAGNUMBOND bylo aplikováno stejně. Složitější variantou byla aplikace lepidla K+S MAGNUMBOND společně s polyolefinovou folií. Došlo k aplikaci lepidla a po přiložení víčka k housingu byla na lepený spoj nanášena polyolefinová vrstva. Z hlediska aplikace byla nejméně vhodná varianta lepidla K+S MAGNUMBOND s aktivátorem. Nastával problém, kdy aktivátor reagoval okamžitě. Tím docházelo k obtížné manipulaci s lepenými senzory a k vytvoření nejhorsího lepeného spoje.

Hodnocení aplikace lepidla	
Typ aplikace	Hodnocení
K+S	3
K+S + aktivátor	5
K+S + polyolefin	4
Loctite 460	3
*poznámky - aplikace ve srovnání s předchozí variantou hodnota 1 - 5	
Zásadní zlepšení aplikace	1
Lepší aplikace	2
Stejná aplikace	3
Horší aplikace	4
Velmi komplikovaná aplikace	5

Tab. 7: Hodnocení aplikace lepidla



Obr. 62: Aplikace lepidla

3.11.2 Pevnost lepeného spoje

Optické senzory byly podrobeny interní tahové zkoušce, během které byla zjišťována pevnost v tahu.

Z tabulky níže je patrné, že nejvyšší pevnost lepeného spoje mělo samostatně použité lepidlo K+S MAGNUMBOND (varianta 1). Varianta 2 („K+S MAGNUMBOND + aktivátor“) by mohla mít budoucna vysoký potenciál, ale zvolený aktivátor reagoval okamžitě, což nebylo vhodné pro aplikaci prováděnou ručně. Varianta 3 (K+S MAGNUMBOND + polyolefin) dosahovala podobných výsledků jako variant 1, ale aplikace byla komplikovanější. Ve variantě 4 byl použit Locitite 460.

V tabulkách se velmi často vyskytují hodnoty 500 N. Jednalo se o maximální naměřitelnou hodnotu testovacího zařízení. Optické senzory s hodnotou 500 N nebyly deformovány. Lze u nich tedy předpokládat vyšší průměrnou pevnost v tahu.

Tahová zkouška – test 1				
Vzorek	K+S [N]	K+S + aktivátor [N]	K+S + polyolefin [N]	Locitite [N]
1	280,6	225,7	202,9	326
2	418,6	186	437,3	230
3	500	29,1	210,5	266
4	500	192,6	500	125
5	500	210,7	393,2	179
6	400,1	163,9	500	489
7	500	98,2	500	308
8	500	85,6	241	369
9	289,6	55	500	168
10	500	141,6	500	500
11	500	186,9	500	254
12	407,3	105,1	289,7	210
Ø	441,35	140,03	397,88	285,33

Tab. 8: Tahová zkouška - test 1 (porovnání lepidel)

Ve druhé zkoušce tahem došlo k přímému porovnání nejlepší varianty (samostatně použité lepidlo K+S MAGNUMBOND) lepidla K+S MAGNUMBOND a lepidla Loctite 460. V tabulce jsou zaznamenány hodnoty z tahové zkoušky po jednom, dvou a třech cyklech simulujících umělé stárnutí.

Tahová zkouška – test 2						
Vzorek	Loctite [N] + proces stárnutí 1x	K+S [N] + proces stárnutí 1x	Loctite [N] + proces stárnutí 2x	K+S [N] + proces stárnutí 2x	Loctite [N] + proces stárnutí 3x	K+S [N] + proces stárnutí 3x
1	85,9	463	250,1	431,7	106	467,7
2	43	427,2	66,1	500	37,7	371,1
3	88	500	220,2	373,4	341,9	500
4	99,1	355,9	151	500	227	468
5	243,1	500	113,3	500	69,1	500
Ø	111,82	449,22	160,14	461,02	156,34	461,36

Tab. 9: Tahová zkouška - test 2 (porovnání lepidel)

Z interní tahové zkoušky jednoznačně vyšlo lépe lepidlo K+S MAGNUMBOND. Největší rozdíl byl po cyklech umělého stárnutí. Nový typ lepidla měl vždy větší pevnost v tahu.

Na základě těchto testů došlo ke změně lepidla a nahrazení lepidla Loctite 460 lepidlem K+S MAGNUMBOND.



Obr. 63: Nový typ lepidla

3.12 Aktualizace výrobního postupu

K implementaci montážního přípravku do výrobního procesu bylo nutné změnit montážní návod. Ve výrobním postupu (zmíněný v kapitole 2 – Analýza současného stavu) došlo pouze ke změně kapitoly 2.1.6 Lepení víčka.

Změněná část montážního návodu:

Před lepením víčka a housingu je nutné očistit lepené spoje Isopropyl - alkoholem. Aplikujte manuálně lepidlo podél okrajů víčka pomocí automatického dávkovače. Přiložte víčko k housingu a pomocí montážního přípravku na lepení optických senzorů provedte proces lepení pod tlakem dle uživatelského manuálu. Po vyjmutí optického senzoru z montážního přípravku odložte optický senzor do odkládacího prostoru a tam ho nechte s celou dávkou 24 hodin vytvrdnout.



Obr. 64: Aplikace lepidla na víčko



Obr. 65: Přitlačení víčka k housingu pomocí ESD kleští

3.13 Změna lepidla

Změna lepidla z Loctite 460 na K+S MAGNUMBOND proběhla pomocí ERP systému Oracle. Nejprve bylo nutné lepidlo založit v ERP systému. Došlo k výběru a zarezervování interního čísla. Poté bylo vytvořeno tzv. zakládající „ECO“ které informuje o novém založení položky vybraná oddělení. V tomto případě došlo k poptávce položky, jejímu nacenění a založení do ERP systému.

Po implementaci položky do ERP systému mohlo být spuštěno změnové „ECO“, které informovalo výrobní oddělení o výrobních změnách a během toho procesu došlo ke změně lepidla v kusovníku optických senzorů. Tím bylo lepidlo implementováno do výrobního procesu.

4 Technicko ekonomické hodnocení

V této části práce je v první kapitole poukázáno na náhle finanční výdaje způsobené rozlepením optických senzorů, které poškodily pulzní generátor a muselo dojít k jeho opravě a uhrazení finančních kompenzací zákazníkovi za vzniklé ztráty.

V druhé kapitole se nachází ekonomické hodnocení montážního přípravku na lepení optických senzorů pulzního generátoru.

4.1 Ekonomická úspora snížením reklamací

Konkrétní technicko ekonomické hodnocení bude moc být vypracováno až po delším časovém úseku od montáže pulzních generátorů s optickými sensory po inovaci výrobního procesu na kolejová vozidla. V době odevzdání diplomové práce byly optické senzory lepeny na montážním přípravku a s novým typem lepidla pouze po dobu 2 měsíců.

V tomto případě by se měla ekonomická úspora projevit v nadcházejících měsících, a to především snížením reklamací. Za poslední 2 roky byly reklamce vyčísleny na 1 683 000 Kč. Došlo k poškození celkem 160 pulzních generátorů rozlepením víček optických senzorů. To zapříčinilo, že dopravní prostředky musely být přesunuty do depa, kde došlo k opravě pulzních generátorů. Dále byla společnost finančně penalizována dle smlouvy v rámci reklamace. Také by mělo dojít k minimalizaci hrozících pokut za zapříčinění zastavení vlakové soupravy, která je běžně penalizována pokutou 2 500 000 Kč. Je nutné brát v potaz, že mimo přímých ekonomických postihů, docházelo k poškození jména společnosti, což mělo jistě také určité ekonomické dopady.

Reklamace PG 2019 - 2020	
Datum reklamace	Množství reklamovaných PG
08.10.2019	32
31.01.2020	40
02.07.2020	40
14.07.2020	40
30.10.2020	8
Celkem reklamovaných PG [ks]	160
Náklady na reklamace [Kč]	1 683 000

Tab. 10 - Reklamace 2019 - 2020

4.2 Ekonomické hodnocení montážního přípravku

Na montážní přípravek byl po odzkoušení prototypu vytvořený CAPEX na 130 000 Kč, přičemž investiční limit byl stanoven na 150 000 Kč. Reálná cena montážního přípravku byla sledována pomocí vytvořeného interního projektu, na který byl zapisován nakoupený materiál včetně použitých interních položek. Zároveň ve finálních nákladech byla započítána i mechanická a elektronická montáž. Návrh montážního přípravku byl proveden v rámci diplomové práce, čili konstrukční návrh byl firmě HaslerRail poskytnut zdarma, proto není v ceně započítán. Celkové náklady na výrobní stroj byly nižší oproti plánovanému CAPEXu o 8 356 Kč. Došlo tedy k tolerovanému odchýlení 6,4% od odhadu kapitálových výdajů.

Náklady na montážní přípravek	
Elektrické komponenty	5 728 Kč
Pneumatické komponenty	18 583 Kč
Konstrukce z ALU profilů	2 907 Kč
Mechanické komponenty	37 260 Kč
Interní materiál	2 486 Kč
Montáž elektronika	24 080 Kč
Montáž mechanika	30 600 Kč
Celkem	121 644 Kč

Tab. 11 - Náklady na montážní přípravek

5 Závěr

Hlavním cílem diplomové práce bylo snížení počtu reklamací pulzních generátorů. Reklamáce byly způsobeny odpadnutím víčka optického senzoru, který se nachází v pulzním generátoru. Víčko bylo lepeno společně s housingem (kryty DPS), ale vlivem vibrací a působením okolního prostředí docházelo k jeho uvolnění a následnému poškození celého pulzního generátoru, což zapříčinilo odstavení dopravního prostředku, jeho přepravu do depa a specializovanou opravu.

Byla provedena analýza současného stavu, během které bylo zjištěno, že proces lepení pod tlakem v ESD kleštích nebyl optimální. Na základě tohoto zjištění byla navržena dvě nápravná opatření. Prvním bylo navrhnout a vytvořit montážní přípravek na lepení optických senzorů, který zvýšil kvalitu lepeného spoje a efektivitu výrobního procesu. Druhým nápravným opatřením bylo ověření pevnosti v tahu používaného lepidla pomocí navržené interní tahové zkoušky.

V rámci prvního opatření byly provedeny testy, které poskytly základní informace pro návrh prototypu pneumatického montážního přípravku. Po úspěšném odzkoušení prototypu byl vytvořen mechatronický návrh pneumatického přípravku. Ten byl pomocí CAD příslušenství navrhnout společně s výkresovou dokumentací. Po vytvoření 3D modelu a výkresové dokumentace došlo k objednání jednotlivých komponent, poté k montáži přípravku a následně jeho odzkoušení. Po úspěšném ověření funkčnosti stroje bylo nutné k montážnímu přípravku vytvořit uživatelský manuál, zaznamenat kusovník, elektronické a pneumatické schéma pro případný servis nebo realizaci dalšího stroje.

Druhým nápravným opatřením bylo porovnání používaného lepidla Loctite 460 s lepidlem K+S MAGNUMBOND. Došlo k jejich porovnání pomocí interní tahové zkoušky. Bylo zjištěno, že lepidlo K+S MAGNUMBOND dosahovalo několiknásobně vyšší pevnosti v tahu, a to i po umělém stárnutí. Na základě tohoto experimentu bylo rozhodnuto, že dojde ke změně typu lepidla aplikovaného na lepené plochy.

Po vytvoření nápravných opatření došlo k jejich implementaci do výrobního postupu a ERP systému.

V poslední kapitole této diplomové práce bylo provedeno technicko ekonomické hodnocení, v jehož první části byly prezentovány reklamáce z technicko ekonomického pohledu za poslední dva roky (2019 - 2020). Je patrné, že pouze finanční penalizace za toto období převyšovaly desetnásobně výdaje, které byly poskytnuty na vývoj a realizaci montážního přípravku. V druhé části technicko ekonomického hodnocení byly vyčísleny výdaje na montážní přípravek na lepení optických senzorů. Na celou realizaci byl stanoven investiční limit 150 000 Kč. Před vytvoření návrhu montážního přípravku byl vytvořený CAPEX na 130 000 Kč, který byl splněn, jelikož přípravek byl vyčíslen i s montáží na 121 644 Kč.

V nejbližší době by zavedená nápravná opatření a to konkrétně garantovaná přitlačná síla, garantována doba lepení pod tlakem a změna typu lepidla měla vést k minimalizaci reklamací. Zároveň byla zvýšena automatizace, variabilita a komfort pracoviště.

Další navrhované opatření výrobního procesu, které by mělo vést ke zvýšení kvality a efektivity procesu by mohlo být navrženo automatizovaného aplikátoru lepidla, který by zajišťoval jak přípravu lepených ploch, tak i následnou rovnoměrně řízenou aplikaci lepidla na lepené plochy. Ideálně by navíc mohlo být zajištěno automatizované přiložení víčka na housing optického senzoru.

Seznam použitých zdrojů:

<https://www.haslerrail.com/company/at-a-glance/> [1]

<https://www.stranskyapetrzik.cz/pneu/uvod/menu/> [2]

http://ucebnaaut.wz.cz/wp-content/uploads/2017/09/Pravidla_kresleni_schemat.pdf [3]

[file:///C:/Users/marienka/Downloads/1.+%C3%A9Avod,+z%C3%A1kladn%C3%AD+pojmy,+v%C3%BDz nam+--+Duchek+Z%C4%8CU_2020%20\(2\).pdf](file:///C:/Users/marienka/Downloads/1.+%C3%A9Avod,+z%C3%A1kladn%C3%AD+pojmy,+v%C3%BDz nam+--+Duchek+Z%C4%8CU_2020%20(2).pdf) [4]

https://www.pdf.upol.cz/fileadmin/userdata/PdF/katedry/ktiv/Studijni_materialy/Klement/PMT_sylabus_prednasek_2020.pdf [5]

<https://phix.zcu.cz/moodle/course/view.php?id=5701> - *Ekonomické analýzy a hodnocení výrobních*


procesů a produktů - [6]

Příloha 1

Kusovník				
Poz.	Název	Dodavatel	Označení	Mn.
1	HOUSING	Ladislav Šulc	11.0010.784_Test - ALU parts	8
2	PRESSURE PART	Ladislav Šulc	11.0010.784_Test - ALU parts	8
3	BOTTOM BOARD	Ladislav Šulc	11.0010.784/02	1
4	MIDDLE BOARD	Ladislav Šulc	11.0010.784/04	1
5	BACK SHEET	Ladislav Šulc	11.0010.784/06	1
6	FRONT SHEET	Ladislav Šulc	11.0010.784/05	1
7	SIDE SHEET	Ladislav Šulc	11.0010.784/03	2
8	SMALL FRONT SHEET	Ladislav Šulc	11.0010.784/07	1
9	ALUROD1	ALUTEC K&K	11.0010.784/01	4
10	ALUROD2	ALUTEC K&K	11.0010.784/01	2
11	ALUROD3	ALUTEC K&K	11.0010.784/01	2
12	ALUROD4	ALUTEC K&K	11.0010.784/01	2
13	Matice M5 s kuličkou pro sérii 20	ALUTEC K&K	211252	20
14	Fixační úhelník 18x18 A	ALUTEC K&K	301818	6
15	Stavěcí noha d=20 závit M5 h=60	ALUTEC K&K	402005	4
16	Pneumatický válec - jednočinný - průměr 16 mm, zdvih 15 mm	Stránský a Petržík	1100510000160010	8
17	Rozvaděč elektromagnetický 5/2	Stránský a Petržík	PMVSC2204E1D24	8
18	Jednotka na úpravu vzduchu	Stránský a Petržík	PMACC300-8A-BSP	1
19	Hadice D6/4	Stránský a Petržík	3,02E+15	10m
20	Záslepka s vnitřním šestihranem - ventil	Stránský a Petržík	N411-001	8
21	Tlumič hluku - ventil	Stránský a Petržík	NU010051	16
22	Koleno nástrčné otočné - válec	Stránský a Petržík	P108-006-005	8
23	Tlumič hluku - válec	Stránský a Petržík	NSE05K	8
24	Koleno nástrčné otočné - ventil	Stránský a Petržík	P108-006-001	16
25	Spojka Y	Stránský a Petržík	P131-006-000	0
26	Rozdělovací kus	Stránský a Petržík	P193-006-000	2
27	Držák na PMACC300-8A-BSP	Stránský a Petržík	Poslední kus	1
28	Patka válce - DIN ISO 6432	Stránský a Petržík	2110210000120000	16
29	EURO konektor	GM electronic	806-027	1
30	Kolébkový spínač	GM electronic	624-242	1
31	Kabelové očko M4 krimpovací, neizolované R1.25-4M	GM electronic	834-027	3
32	Spínaný zdroj MEAN WELL RS-15-12	GM electronic	332-303	1
33	Metalizovaný rezistor RM 620R 0207 0,6W 1%	GM electronic	110-068	16
34	Spínaný zdroj MEAN WELL LRS-35-24	GM electronic	332-889	1
35	Montážní držák DRL-01	GM electronic	333-049	2
36	Kabelová vývodka M12x1.5mm, mosaz	GM electronic	627-526	1
37	Dioda, THT, 1000V, 1A, DO41 1N4007	GM electronic	220-002	8

38	Axiální Ventilátor, 12 V, DC, 40 mm, 10 mm,	FARNELL	F410T-12LC	2
39	Kryt ventilátoru	FARNELL	MC33018	4
40	Nouzový vypínač	FARNELL	MCA20L-V4E01Q6R	1
41	PB switch	FARNELL	C22-DH-G-X1-K10	2
42	Panelový indikátor	FARNELL	WL-19040453	8
43	Časovač Spínač Zpoždění s Relé Programovatelný 12V	ECLIPSERA	1466501702	8
44	Ovládací tlačítko	TME	GQ16B-10E/J/G/24V/S ONPOW	8
45	Šroub M3x8 - DIN 912	HaslerRail	Interní	32
46	Šroub M4x8 - DIN 912	HaslerRail	Interní	4
47	Šroub M4x20 - DIN 965	HaslerRail	Interní	5
48	Šroub M4x28 - DIN 912	HaslerRail	Interní	16
49	Šroub M5x6 - DIN 912	HaslerRail	Interní	16
50	Šroub M5x8 -AN 9084/A2	Akros	AN 9084	14
51	Šroub M5x25 -AN 9084/A2	Akros	AN 9084	2
52	Šroub M5x10 - DIN 7985/A2	HaslerRail	Interní	20
53	Šroub M5x25 - DIN 912	HaslerRail	Interní	2
54	Šroub M6x20 - DIN 912	HaslerRail	Interní	16
55	Podložka D3 DIN 433	HaslerRail	Interní	32
56	Podložka D4 DIN 9021	HaslerRail	Interní	20
57	Podložka D5 DIN 433	HaslerRail	Interní	38
58	Podložka D6 DIN 433	HaslerRail	Interní	16
59	Distanční sloupek se závitem M3	HaslerRail	Interní	16
60	Matice M5 -DIN 934	HaslerRail	Interní	2
61	Držák ukazatele tlaku vzduchu ESD	HaslerRail	Interní	1

Příloha 2

 Sécheron	Owner	Resp. for completion	Release	Edition	P 1/3
	M.Carozzo	P. Fucik	U. Winkler	07.05.15	Version
Investments approval					2

1. ANALYTICAL LOCATION OF INVESTMENT AND AMOUNT

Requestor : Roman Marienka

Project number : I1910PT

PBU / IBU / CENTER : 00_43_162

Date of final reception : June 2021

Codification of IS investments (Reserved for IT) :

Amount : 130 000 Currency : CZK Budgeted: 150 000
 There of: 80 000 – material
 34 000 – resources (75 hours) - Department 430/651
 16 000 – resources (20 hours) - Department 430/521

2. DETAILED DESCRIPTION OF THE INVESTMENT

The bonding (gluing) of optical sensors (probe housing and cover) is a very important part of the production process. The optical sensor is inside the pulse generator which is exposed to high vibrations, and during vibrations we must ensure that the cover does not detach from the probe housing. We must have a stable process to ensure that this does not happen. The process of bonding/gluing is currently unstable. The sensor housing and cover are pressed together by using plastic pliers, so drying time and pressing force are not the same for each sensor assembly. This new tool eliminates these problems and guarantees an improvement in the production process and an increase in the quality of glued joints.


3. NATURE OF THE EXPENDITURE

	Category of Asset :	Accounting #	Av. amort. rate	Local acc.
	Machines - installations production	170000	20% or 33%	022200
	Power and Driver Machines	170000	20% or 33%	022100
<input checked="" type="checkbox"/>	Tools	170200	33%	042200
	Building	170120	3,3%	021000
	Equipment building, furnitures	170700	33%	022500
	Office equipments	170700	33%	022500
	Machines – Instalation R-D	170000	33%	022300
	IT equipments	170000	33%	022300
	Vehicles	170600	25%	022400
	Software licences	177300	33%	013000
	Patents, Copyrights, Trademarks	177000	16,7%	014000
	Other Intangible assets	177200	16,7%	010000
	Small tangible assets (20-40 th.)	170700	50%	022700
	Small intangible assets (30-60 th.)	177300	50%	013100

4. EXPECTED IMPROVEMENT

Decrease product costs New Product
 Quality Repair
 Security
 Replacement
 Capacity increase
 Other

5. ALTERNATIVE TO INVESTMENT

 Sécheron	Owner	Resp. for completion	Release	Edition	P 2/3
	M. Carozzo	P. Fucik	U. Winkler	07.05.15	Version
Investments approval					2

6. DETAILED COSTS OF ACQUISITION

Name of the supplier	Supplier 1	Supplier 2	Supplier 3
	Festo, s.r.o.	Sécheron Hasler CZ, spol. s r.o.	TECHKO CZ, spol. s r.o.
Location of the supplier	Modranská 543/78, Hodkovičky, 147 00 Praha	Podnikatelská 556, Běchovice, 190 11 Praha	Radvanice 187 542 12, Radvanice
Currency	CZK	CZK	CZK
Acquisition price			
Brutto buy price from supplier			
/ Rabates from Supplier			
Netto price	350000	130000	300000

Proposed solution = Supplier Nr. 2

7. ARGUMENTS IN FAVOUR OF SELECTED SUPPLIER

Offers for single-purpose machine (gluing tool) is in general very expensive. The offer received from FESTO is only for pneumatic parts and control system without mechanical parts. Due to high cost it's better to design our own solution, order the parts from different suppliers by ourselves and assembly whole machine/tool internally.


8. EXPECTED PAY BACK

N/A

9. SIGNATURES

Responsible	Visa	Name	Date
Requestor		R. Marienka	
Head of Business Unit in Prag		Není uvedeno z důvodu osobního soukromí	
Site manager Prague		Není uvedeno z důvodu osobního soukromí	
CEO HaslerRail AG		Není uvedeno z důvodu osobního soukromí	
Authorization of Financial Dpt Geneva:		Není uvedeno z důvodu osobního soukromí	
Authorization of Financial Dpt Prague for cash disposal:		Není uvedeno z důvodu osobního soukromí	

Signature Authorizations		Level 2	Level 3
Investment Request form	- budgeted	Amount CZK	<100'000
		Approved by	Head of BU Sécheron CZ
	- not budgeted	Amount CZK	All amounts
		Approved by	CEO HaslerRail AG

 Sécheron	Owner	Resp. for completion	Release	Edition	P 3/3
	M. Carozzo	P. Fucik	U. Winkler	07.05.15	Version
Investments approval					2

10. **ENCLOSURES**

- Detailed offers

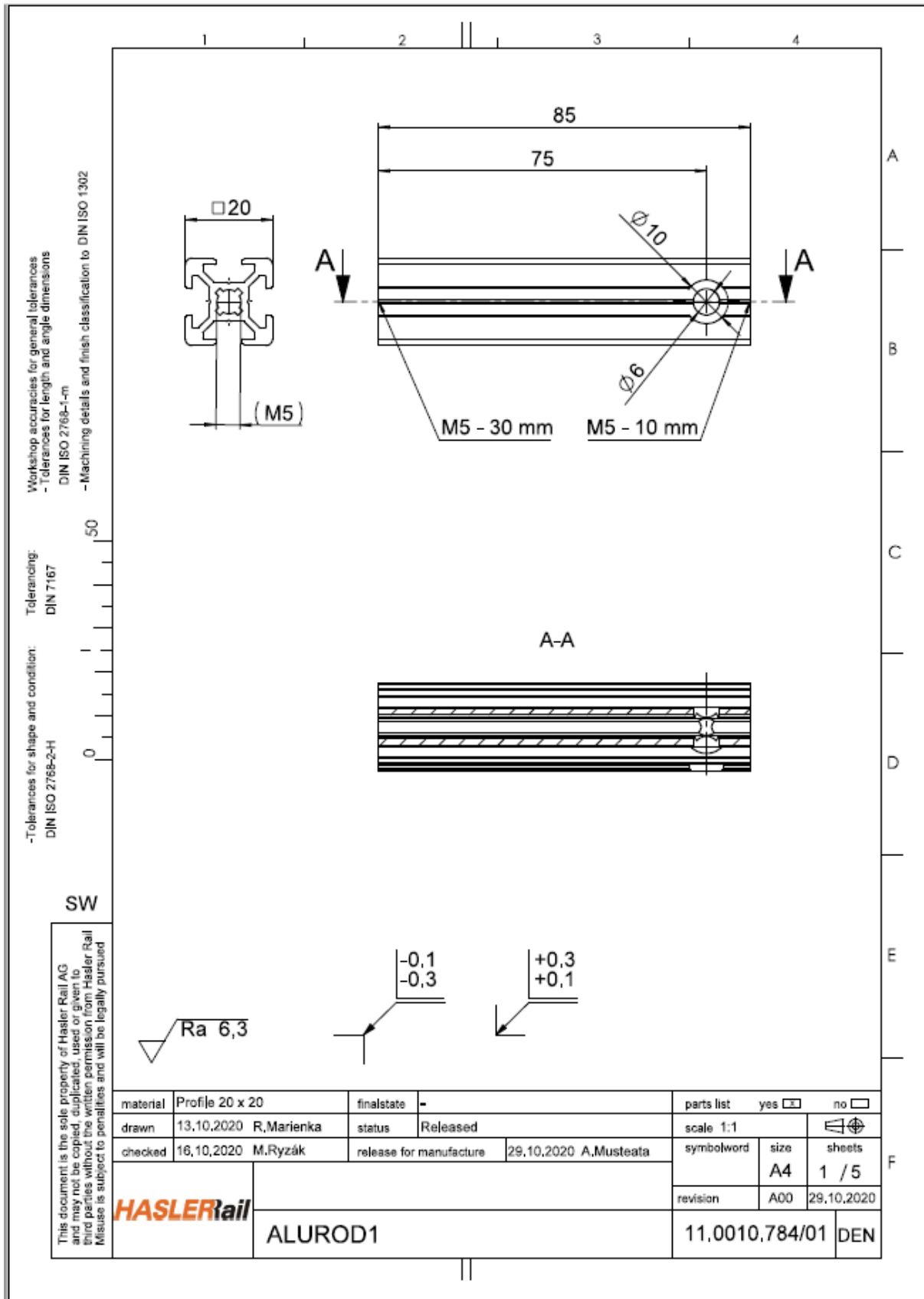
11. **CIRCULATION**

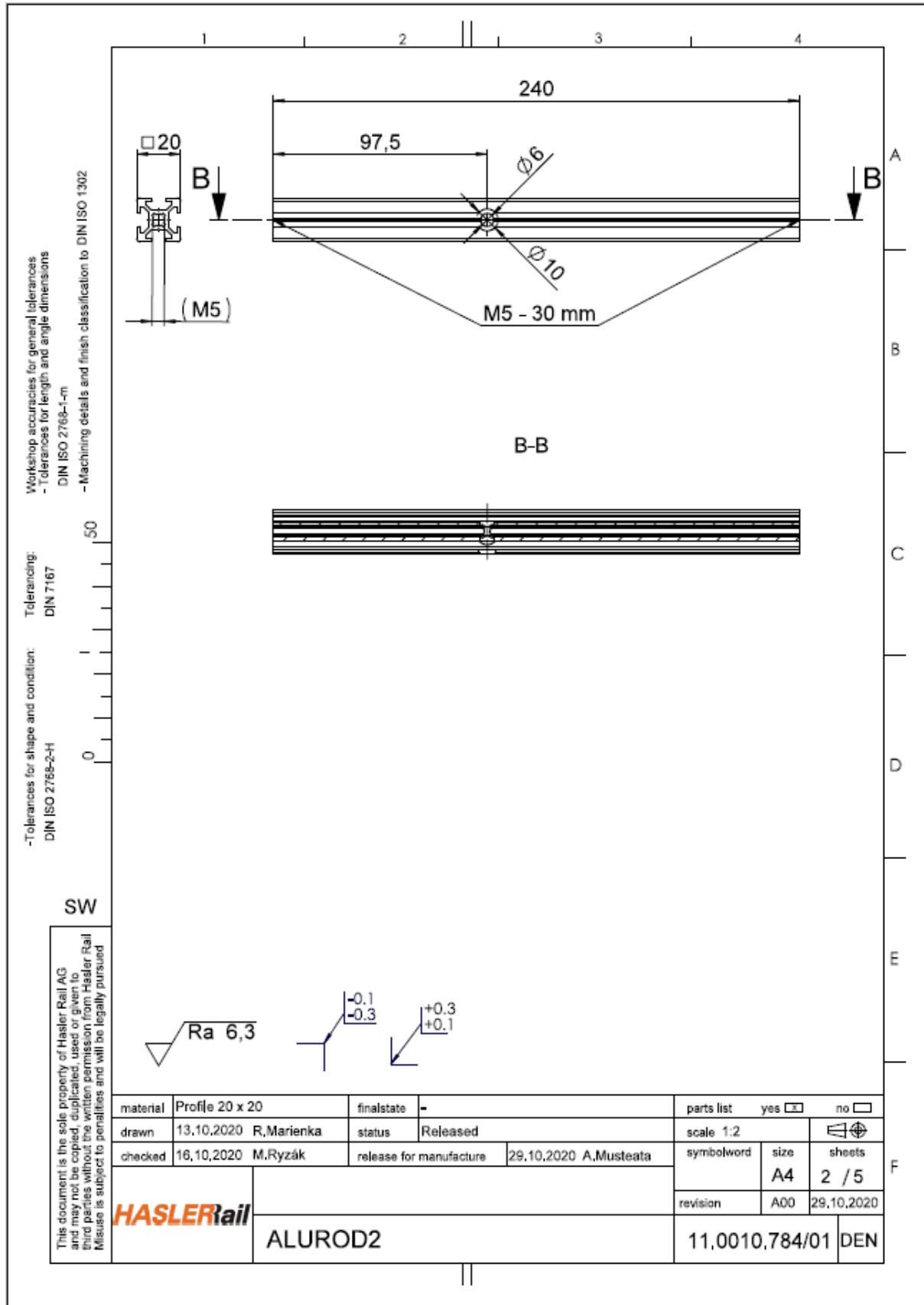
Requestor → Business Unit Management Prague → Finance Sécheron CZ (control and profitability calculation) → Business Unit Management Bern → CEO HaslerRail AG → Finance Sécheron SA → Finance Sécheron CZ (cash approval, distribution and filing) → Business Unit Management CZ

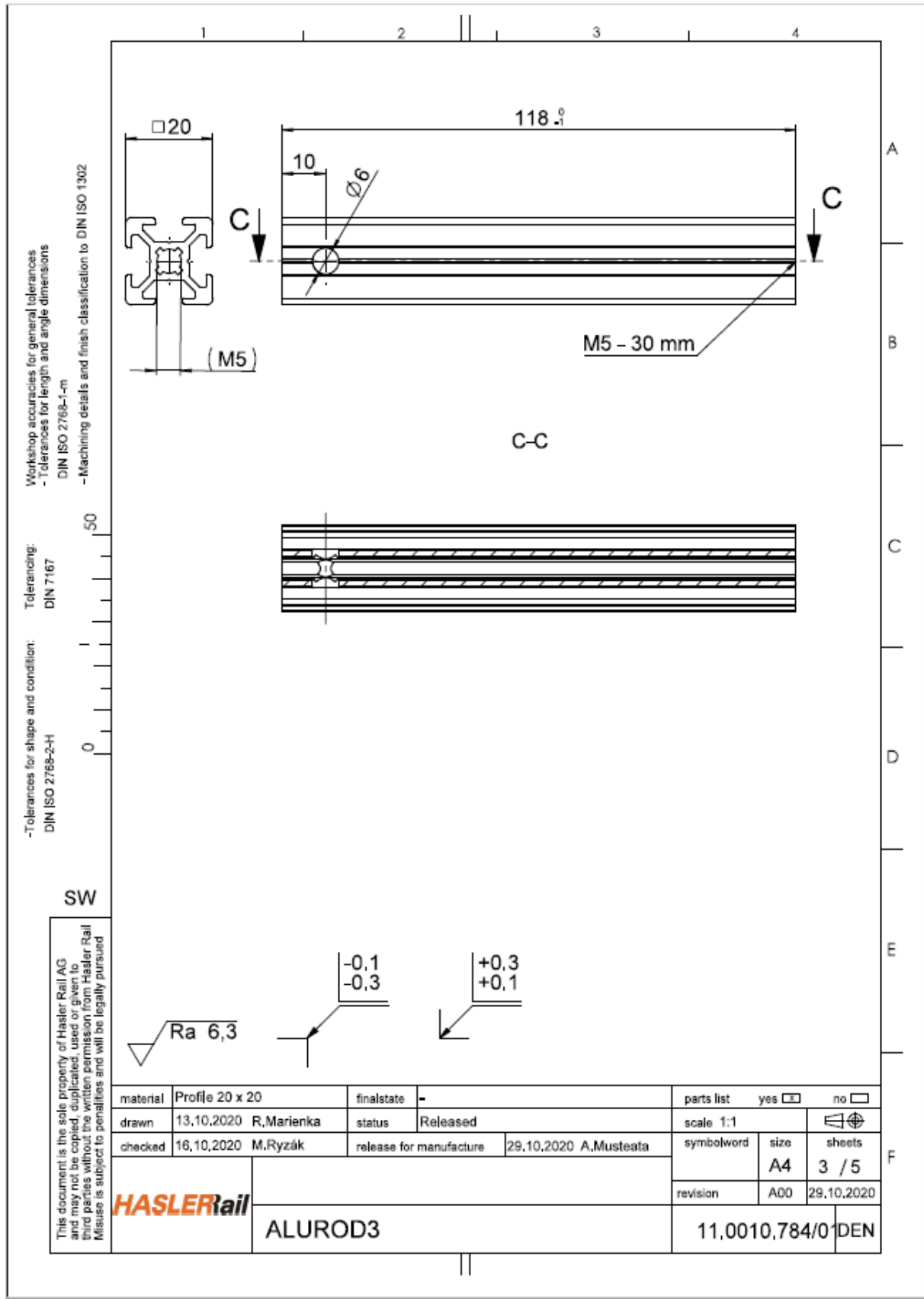
INVESTMENTS : Authorization, Open a credit of invest., Investement Budget

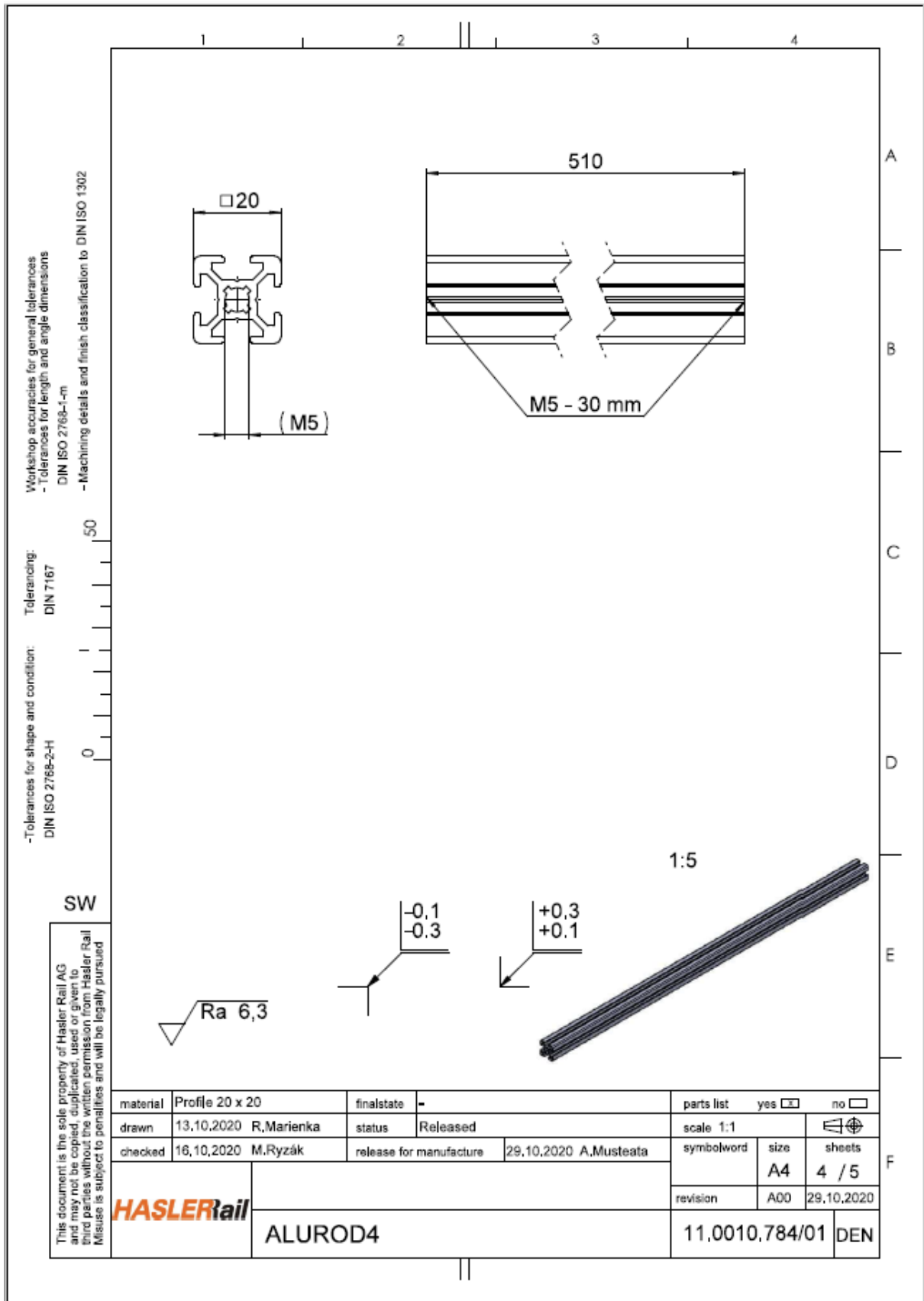
OBJECTIVE	SET UP RULES FOR INVESTEMENTS
CONDITION	NO PURCHASE ORDER MUST BE ENGAGED BEFORE INVESTMENT ACCEPTANCE
BODY / CORE POLICY	<p><u>I DEFINITION OF INVESTMENTS</u></p> <p>CONSIDERED AS AN INVESTMENTS, ARE EVERY GOOD (MATERIAL OR IMMATERIAL) FOLLOWING THESE CHARACTERISTICS :</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. THE TERM INVESTMENTS RELATES TO THE FOLLOWING : COMPUTERS, HARDWARE, SOFTWARE, FURNITURE AND OFFICE EQUIPMENT, VEHICLE, MACHINES AND INSTALLATIONS, CRANES AND BUILDINGS. 2. GOAL OF AN INVESTMENT IS TO BE USED IN PRODUCTION OF GOODS, FURNITURE OF SERVICES, LEASES TO 3RD PARTIES OR COMPANY ADMINISTRATION. 3. THE USE OF THE GOOD IS OVER ONE YEAR 4. THE TOTAL AMOUNT IS OVER AN EQUIVALENT OF CHF 5'000.- <p><u>II PROCEDURE REGARDING APPROVAL AND RELEASE OF INVESTMENT</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. ALL INVESTMENTS HAVE TO BE APPROVED ACCORDING TO THE SIGNATURE PROCEDURE (5000206g) 2. THE REQUEST HAS TO BE DOCUMENTED WITH SUPPLIER OFFERS AND CALCULATIONS. 3. IN ACCORDANCE WITH « REGLEMENT DES SIGNATURES » THE IRF HAS TO BE SENT TO THE PERSON AUTHORIZED TO SIGN, THEN HAS TO BE SENT TO THE FINANCE DEPARTMENT IN PRAG FOR CASH APPROVAL.
PROCESS SUMMARY	<ol style="list-style-type: none"> 1. THE INVESTMENT REQUEST FORM (IRF) HAS TO BE COMPLETED BY THE PERSON REQUESTING THE INVESTMENTS, ALSO WITH SUPPLIER OFFERS AND CALCULATION SHEET IF THE INVESTMENT SUM IS HIGHER THAN CZK 500'000.- 2. THE COMPLETE IRF FILE CONTAINING ALL THE REQUESTED DOCUMENTS HAS TO BE SIGNED BY THE AUTHORIZED RESPONSABLE (ACCORDING TO THE SIGNATURE PROCEDURE) THEN SENT TO THE FINANCE DEPARTMENT IN PRAG. 3. ONCE THE NEEDED SIGNATURES OBTAINED AND THE INVESTMENT ACCEPTED, A COPY OF THE IRF IS SENT TO THE REQUESTOR AND TO THE PURCHASE DEPARTEMENT, WHO THEN WILL COMMUNICATE THE PURCHASE ORDER NUMBER. 4. COPY OF THE IRF HAS TO BE FILED WITH THE ORIGINAL INVOICE (S).
NUMBERING OF INVESTMENT PROJECT	<p>THE NUMBER OF INVESTMENT PROJECT WILL BE GIVEN BY THE CONTROLLING DEPARTEMENT.</p> <p>1st POSITION : « I » FOR INVESTMENT 2nd POSITION : LAST DIGIT OF THE YEAR 3rd POSITION : NUMBERING ASCENDING 4th POSITION : NUMBERING ASCENDING 5th POSITION : NUMBERING ASCENDING 6th POSITION : LETTER RELATED TO THE BU</p>

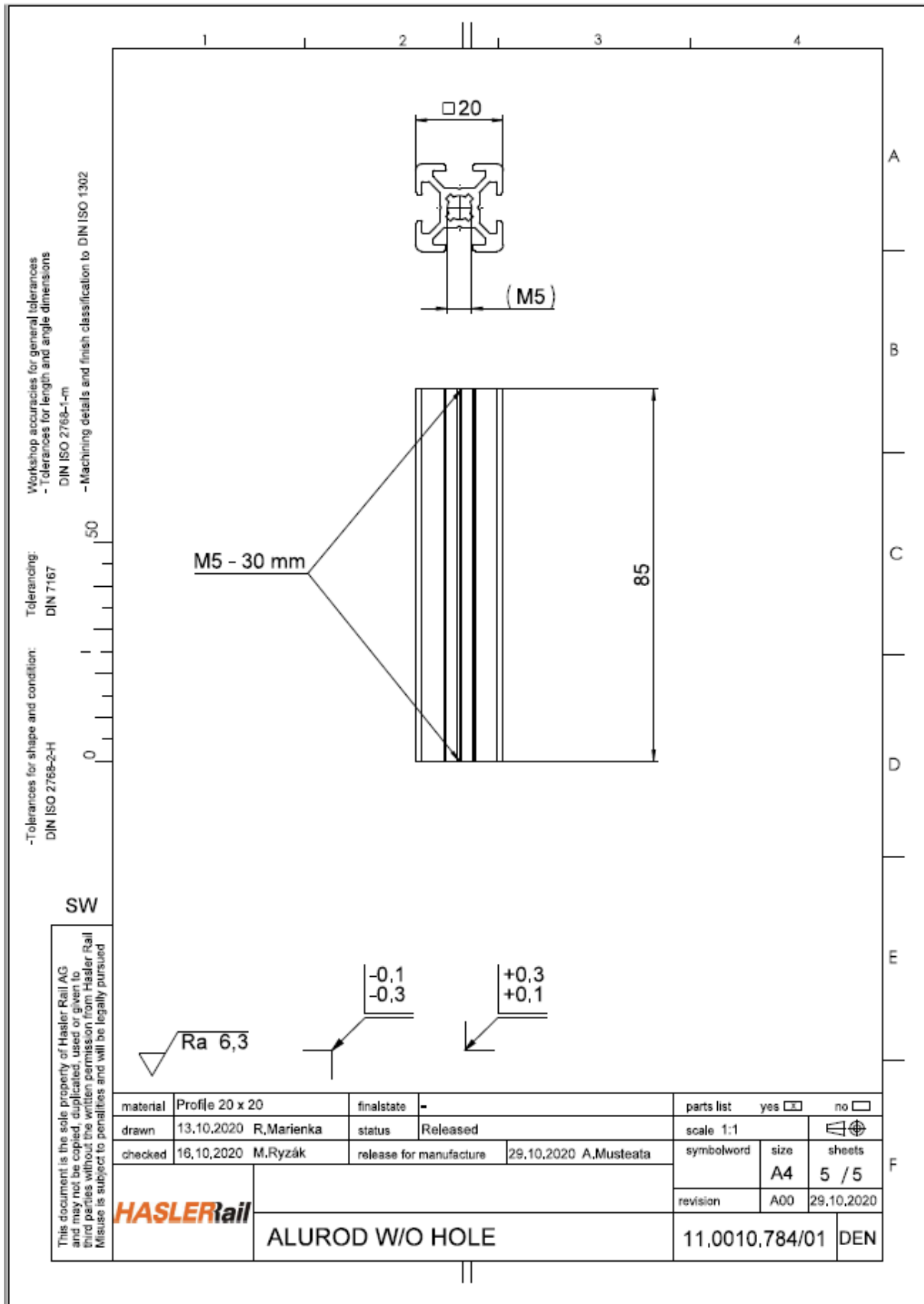
Příloha 3



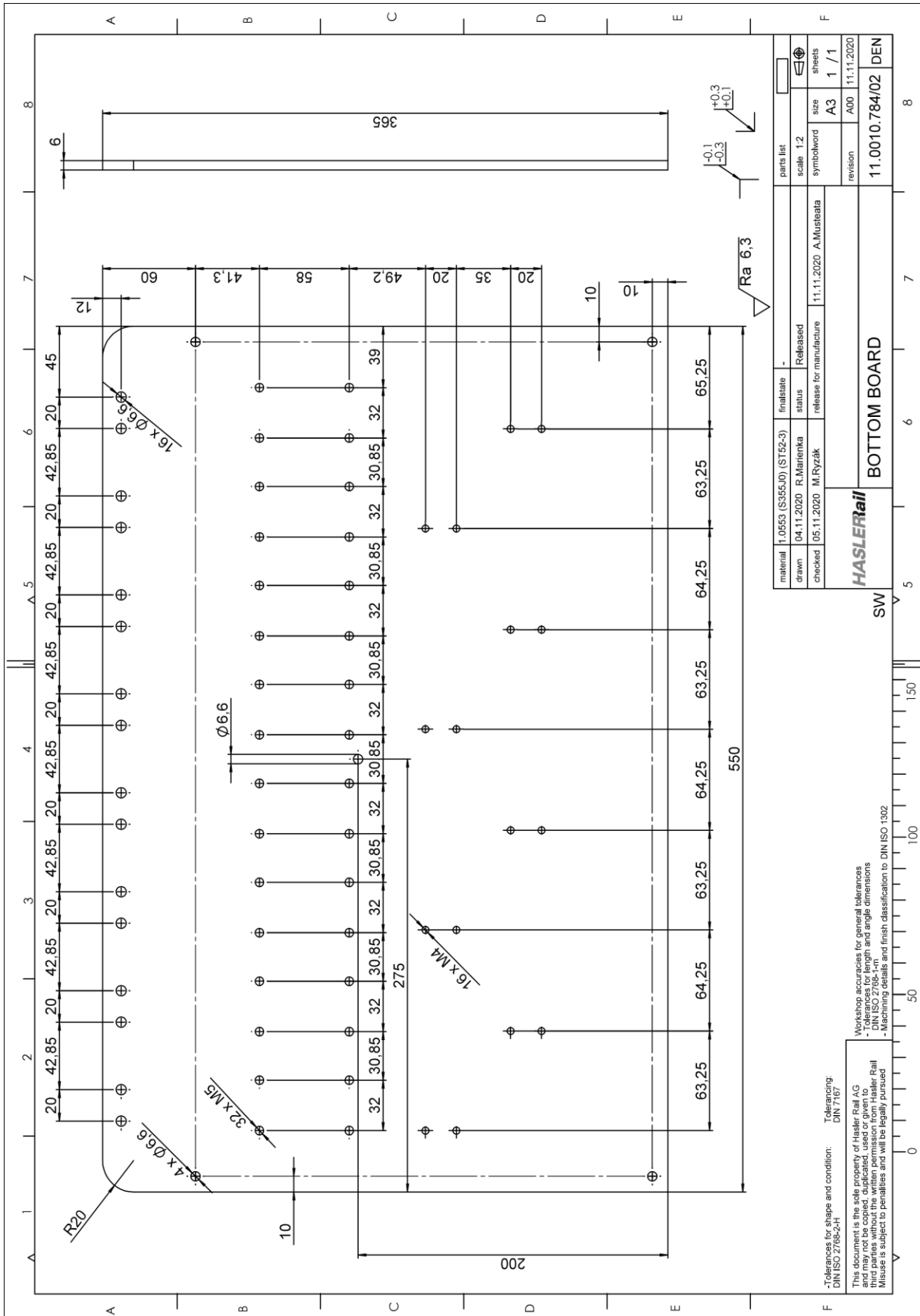




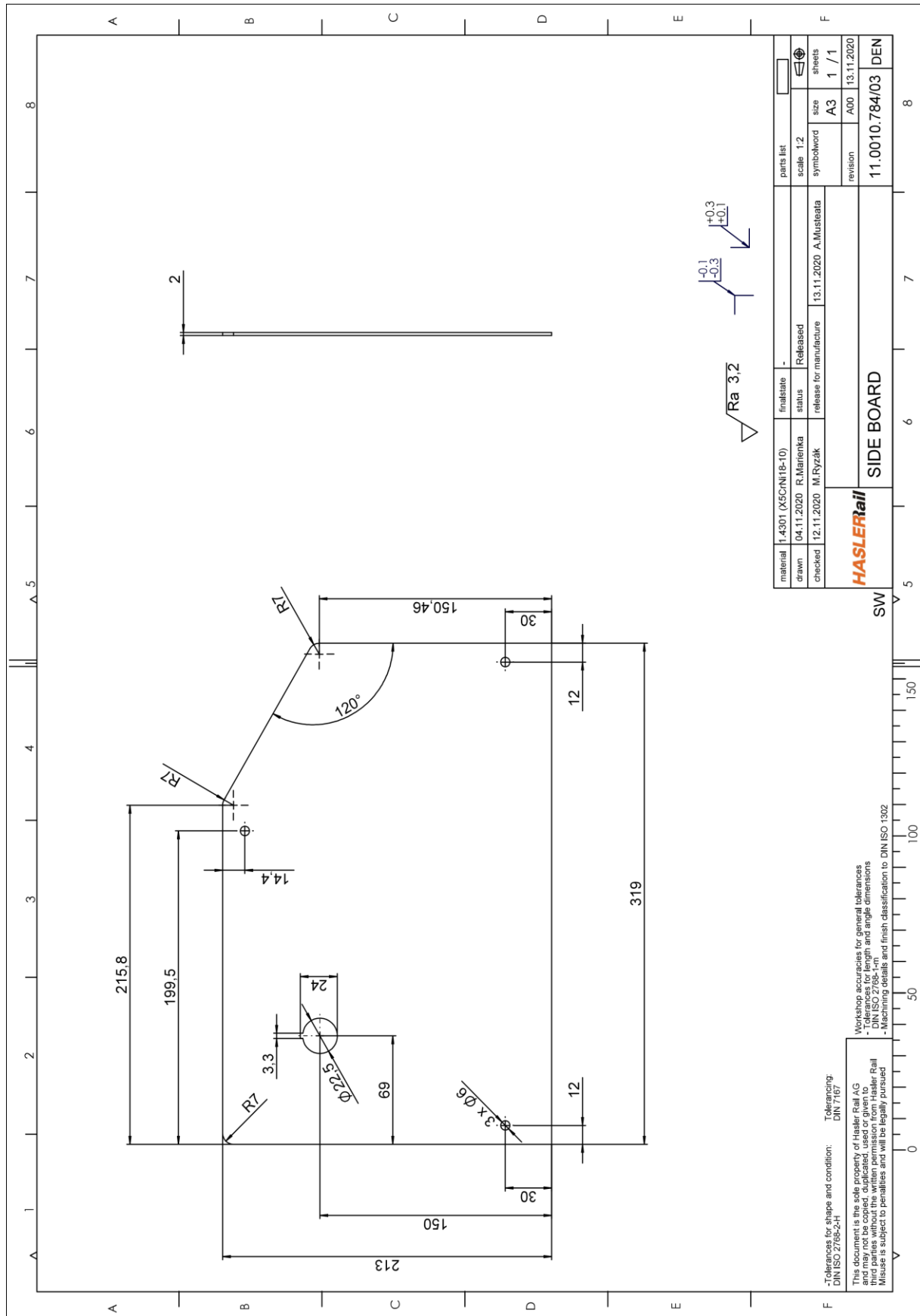




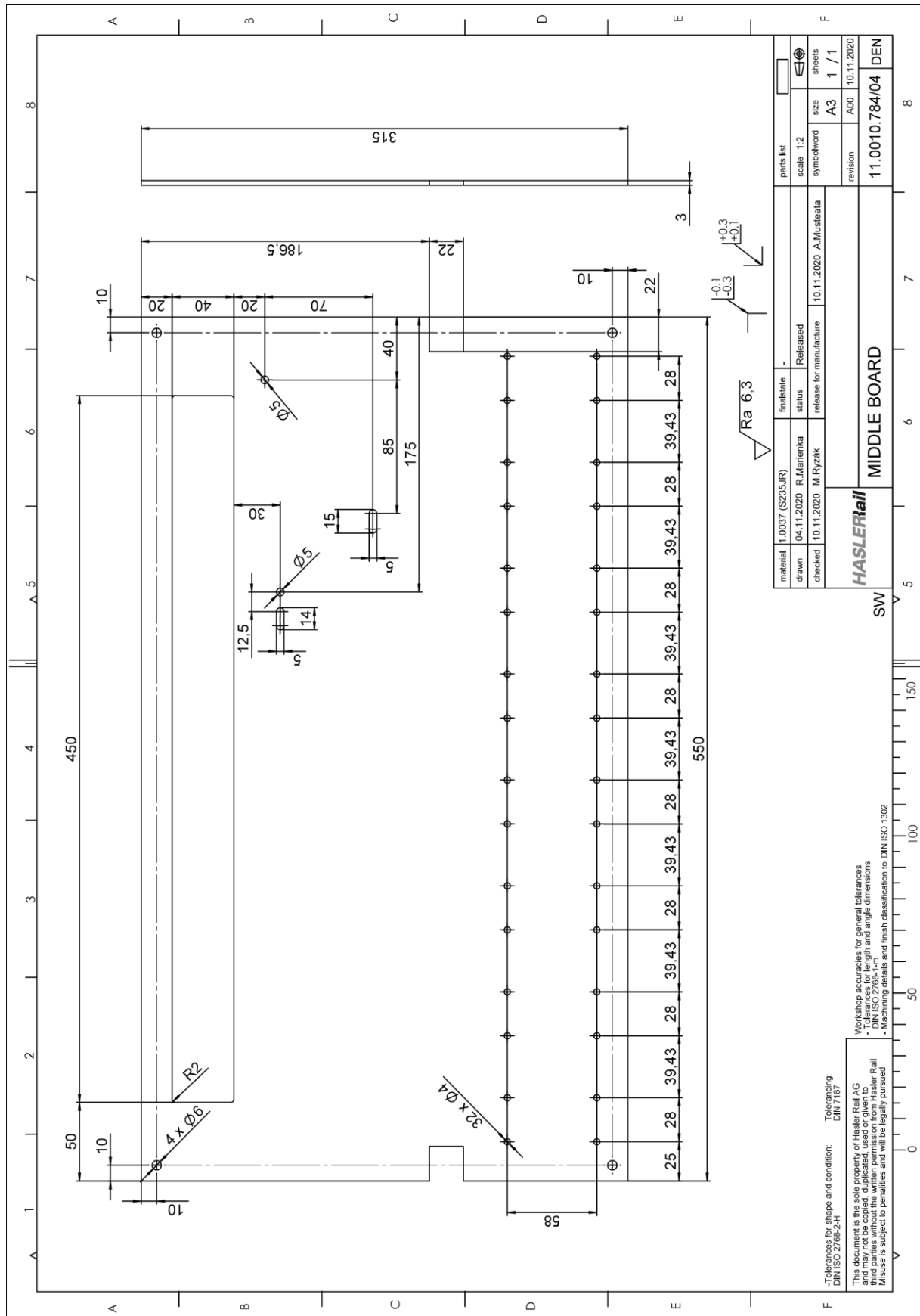
Příloha 4



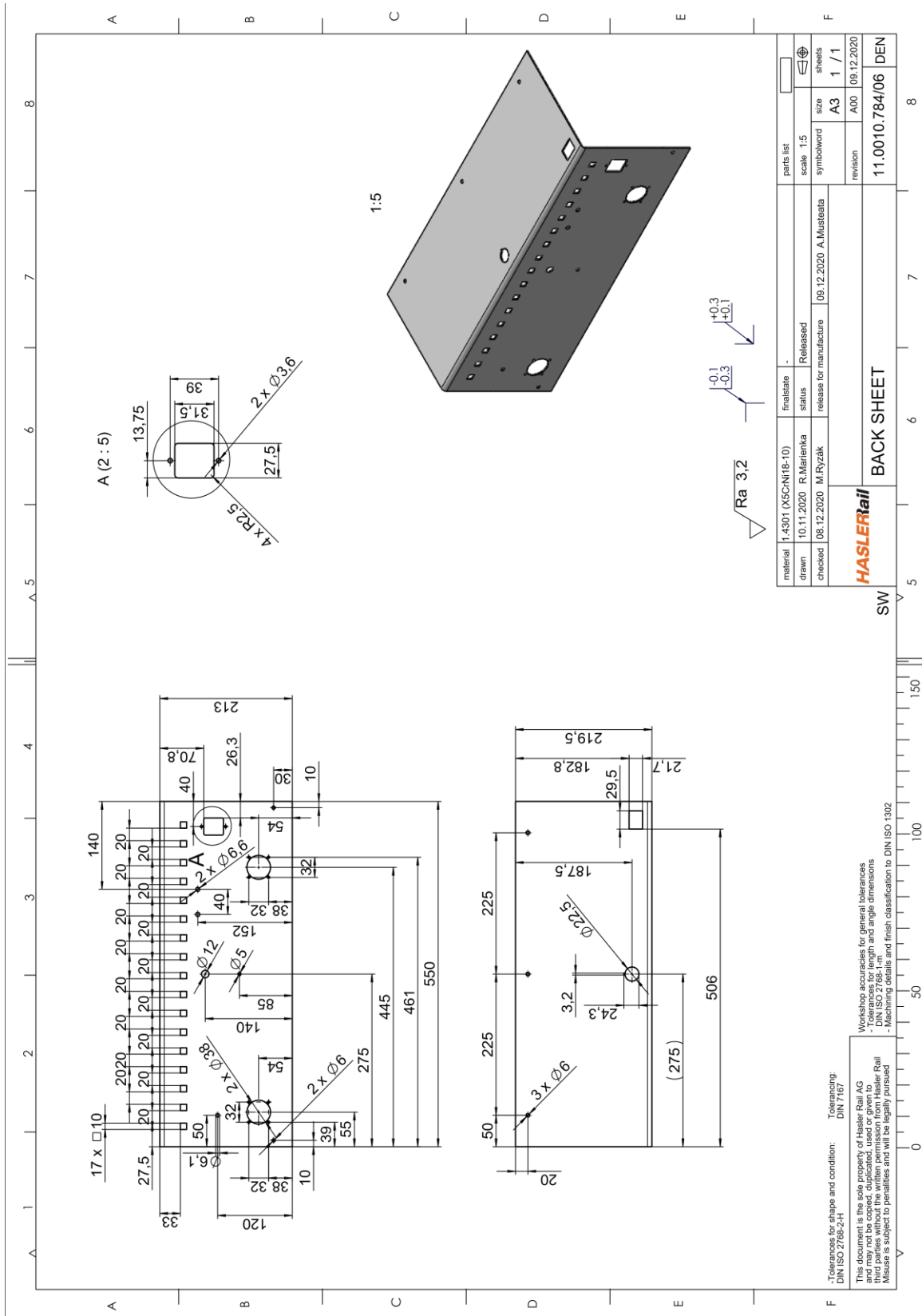
Příloha 5



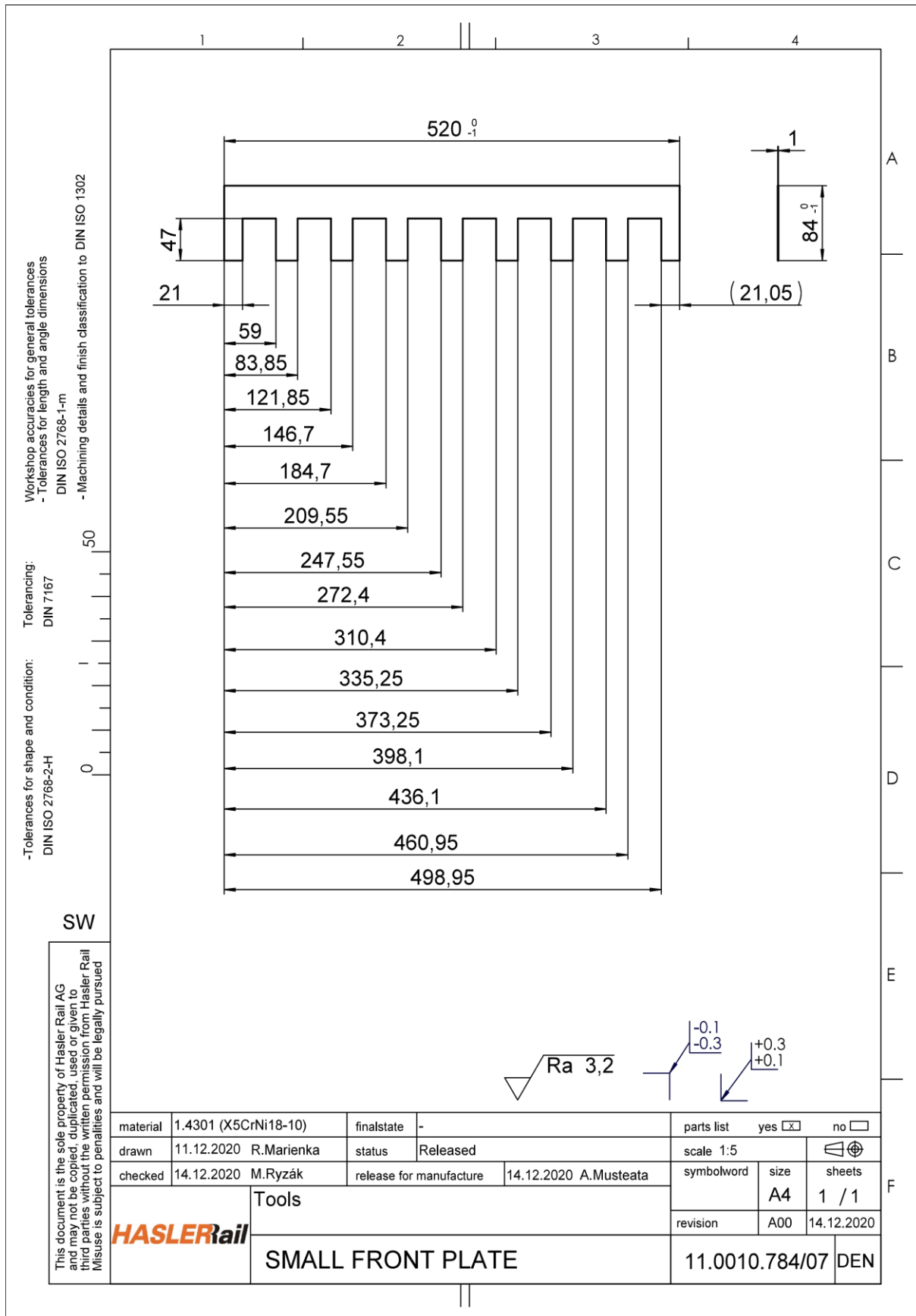
Příloha 6



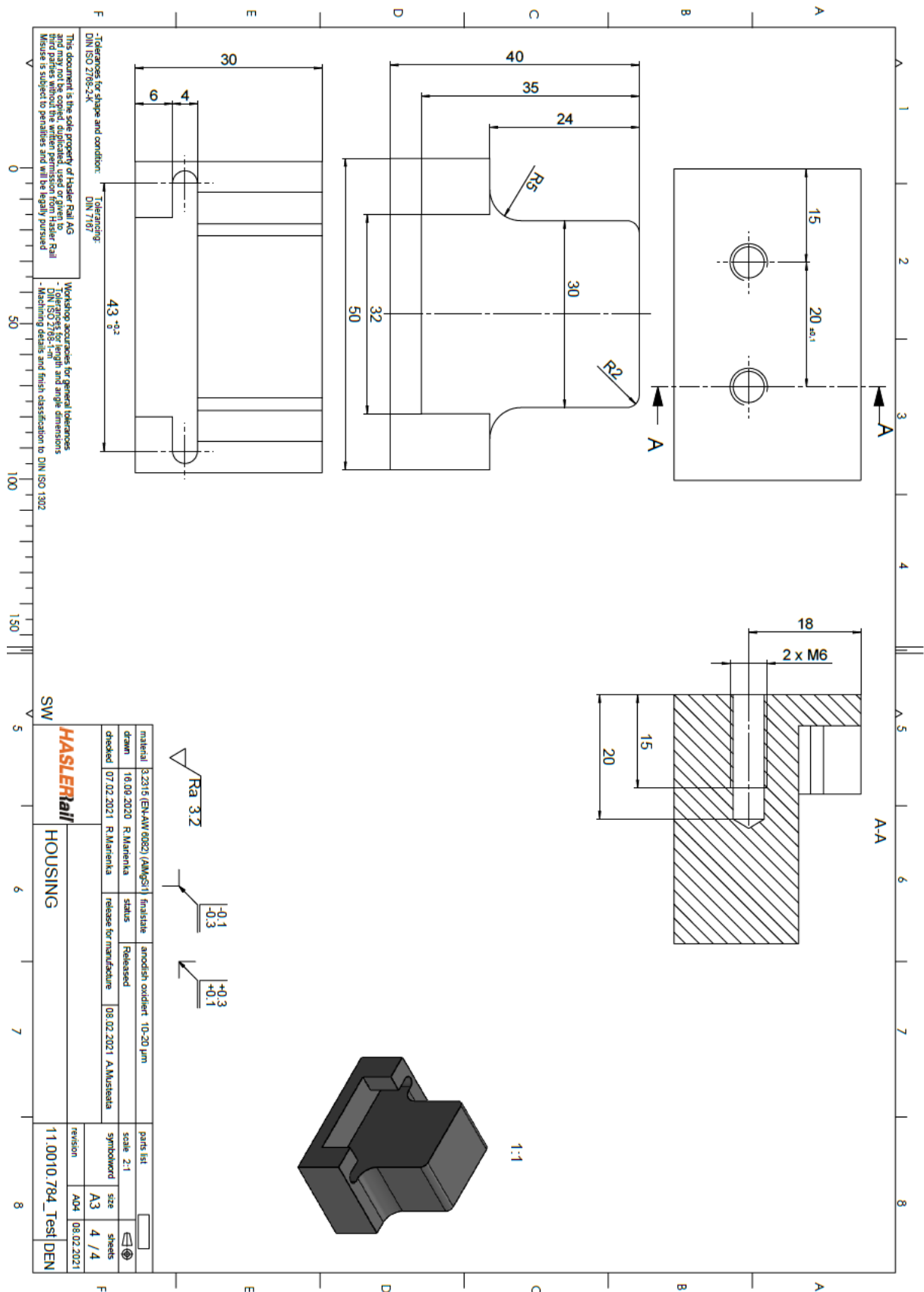
Příloha 8



Příloha 9



Příloha 10



Příloha 11

