



Inovace zakrytí montážní jámy

Diplomová práce

Studijní program:

N2301 Strojní inženýrství

Studijní obor:

Inovační inženýrství

Autor práce:

Bc. Filip Mňuk

Vedoucí práce:

prof. Ing. Ladislav Ševčík, CSc.
Katedra částí a mechanismů strojů





Zadání diplomové práce

Inovace zakrytí montážní jámy

Jméno a příjmení: **Bc. Filip Mňuk**
Osobní číslo: S18000262
Studijní program: N2301 Strojní inženýrství
Studijní obor: Inovační inženýrství
Zadávací katedra: Katedra částí a mechanismů strojů
Akademický rok: **2019/2020**

Zásady pro vypracování:

Provedte inovaci zařízení na zakrytí montážní jámy. Zařízení bude součástí montážní jámy sloužící pro servis a kontrolu vozidel vyráběné firmou INGTOP METAL, s.r.o. Požadavkem je snížení hlučnosti zařízení při jeho pohybu, snížení celkové hmotnosti při zachování garantovaného zatížení a zvýšení životnosti pohyblivých součástí. Zařízení musí splňovat následující parametry: Čistá pracovní šířka mont. jámy 940mm

- Nosnost zakrytí 3500 kg na jedno kolo (styčná plocha 150x150mm)
- Rychlost zavírání zakrytí : 15-30m/min
- Výška jámy: 1500 mm
- Šířka jámy: 1400-1500 mm
- Vybavení zakrytí bezpečnostními prvkySeznamte se s dosavadním stavem řešení zakrytí montážní jámy ve firmě INGTOP METAL, s.r.o. ve vztahu k tématu práce a tento stav popište.
- Provedte průzkum potenciálních řešení, včetně patentové rešerše.
- Navrhněte min. tři koncepty možných řešení (min. jedno řešení bude obsahovat použití profilu z Al nebo jeho slitin) odstraňující zjištěné nedostatky, při zachování daných prostorových dispozic. Navržené varianty objektivně zhodnoťte a proveďte výběr nejlepší varianty.
- Vybraný koncept optimalizujte z hlediska metod DFX, FMEA a dalších metod v oblasti předvýrobních etap.
- Provedte detailní konstrukci vybrané varianty a pevnostní výpočty (3D sestava, výkresová dokumentace počítaných dílů)
- Ekonomické zhodnocení
- Závěrečné zhodnocení

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

přílohy dle potřeby
50
tištěná/elektronická
Čeština



Seznam odborné literatury:

- [1] PEŠÍK, L. Části strojů. 1. díl. Liberec: Technická univerzita 2005. ISBN 978-80-7372-573-0
- [2] PEŠÍK, L. Části strojů. 2. díl. Liberec: Technická univerzita 2005. ISBN 978-80-7372-574-7
- [3] MAŠÍN I. a P. JIRMAN. Metody systematické kreativity. Liberec: Technická univerzita v Liberci 2012. ISBN 978-80-7372-853-3
- [4] LEINVEBER, J. a P. VÁVRA. Strojnické tabulky. Úvaly: Albra, 2011. ISBN 978-80-7361-081-4
- [5] MAŠÍN I. a L. ŠEVČÍK. Metody inovačního inženýrství: Inovace, plánování a navrhování výrobku. Vyd. 1. Liberec: Institut technologií a managementu, 2006. ISBN 80-903533-0-4
- [6] MAŠÍN, I. Inovační inženýrství – Plánování a návrh inovovaného výrobku. 1. vydání. Liberec: TUL, 2012. 168s. ISBN 978-80-7372-852-6.
- [7] MIČKAL, Karel. Strojnictví, Části strojů. Praha: Sobotáles, 1995, ISBN 80-85920-01-8
- [8] <https://www.hennlich.cz>
- [9] <https://levanta.com.au/service-pits/safety-systems/>
- [10] <https://www.couverture-de-fosse.fr/en/>
- [11] Databáze knihovny TUL

Vedoucí práce:

prof. Ing. Ladislav Ševčík, CSc.
Katedra částí a mechanismů strojů

Datum zadání práce:

12. února 2020

Předpokládaný termín odevzdání:

12. srpna 2021

L.S.

prof. Dr. Ing. Petr Lenfeld
děkan

prof. Ing. Ladislav Ševčík, CSc.
vedoucí katedry

V Liberci dne 12. února 2020

Prohlášení

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

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

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

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

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

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

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

2. června 2021

Bc. Filip Mňuk

Poděkování

Rád bych poděkoval vedoucímu práce Prof. Ing. Ladislavu Ševčíkovi, CSc. za odborné vedení a věcné připomínky během vypracování této práce. Dále bych chtěl poděkovat vedení firmy Ingtop, s.r.o. za poskytnutí zázemí při tvorbě této diplomové práce a za podporu během navazujícího studia na Technické univerzitě v Liberci.

Abstrakt

Tato diplomová práce se zabývá inovací zakrytování montážní jámy ve firmě Ingtop, s.r.o. Konkrétně pak snížením jeho hmotnosti při garantovaném zatížení 7,5t na jedno kolo. Dále snížením hlučnosti při jeho pohybu a zjednodušením výroby a montáže. V neposlední řadě pak zvýšením životnosti pohyblivých dílů. K dosažení cíle práce byly použity metody inovačního inženýrství a systematické kreativity. Výsledné předkládané řešení splnilo všechny výše vypsane požadavky na tento technický systém. Byla vytvořena výrobní dokumentace a v poslední fázi byla ještě zkontrolována hodnotovou analýzou a metodou pro odhalení konstrukčních chyb FMEA. V současné době je toto řešení testované a v budoucnu nahradí stávající konstrukční řešení.

Klíčová slova

Inovace, montážní jáma, extrudovaný hliník, zakrytování, systematická kreativita, DFX, AHP, VA/VE, TRIZ, QFD

Annotation

The diploma thesis deal with the innovation of cover for service pits. In particular by reducing weight at guaranteed load 7,5 tons per wheel, reduction of movement noise and production and assembly complexity. As well increasing the service life of spare parts. Methods of innovative engineering and systematic creativity were used to achieve the goals of the work. The final solution met all the requirements listed above for this technical system. Value Analysis and methodology for anticipate failure during the design stage FMEA were used for check created production drawings. This solution is currently being tested and will replace the existing solution in the future.

Key words

Innovation, service pit, extruded aluminum, covering, systematic creativity, DFX, AHP, VA / VE, TRIZ, QFD

Obsah

Úvod.....	13
1 Cíl práce.....	14
2 Analýza současného stavu.....	16
2.1 Hlučnost rola.....	17
2.2 Hmotnost rola.....	18
2.3 Životnost pohyblivých dílů.....	18
3 Plánování Inovace.....	19
3.1 Logická rámcová matice (LRM).....	19
3.2 Harmonogram projektu.....	20
3.3 Inovační příležitosti.....	21
3.4 Inovační prohlášení.....	28
4 Specifikace uživatelských a zákaznických potřeb.....	29
4.1 Seznam interpretovaných zákaznických potřeb.....	29
4.2 Seznam relevantních technických parametrů.....	30
4.3 Matice QFD – HoQ.....	30
5 Průzkum známých technických řešení.....	31
5.1 Konkurenční řešení.....	31
5.1.1 Dalis Pit Covers – Beligicko-Francouzská firma.....	31
5.1.2 AeroService Equipments – italská firma.....	32
5.1.3 DYNATEC – Německo/USA.....	33
5.2 Patentový průzkum.....	34
6 Metody systematické kreativity.....	35
7 Návrhy konceptů inovovaného výrobku.....	37
7.1 Morfologická matice.....	37
7.2 Koncept I.....	38
7.3 Koncept II.....	39
7.4 Koncept III.....	40
7.5 Koncept IV.....	41
8 Systematické zhodnocení konceptů metodou AHP.....	42
8.1 Volba kritérií.....	42
8.2 Porovnání jednotlivých kritérií.....	43
9 Rozpracování vítězné varianty.....	47

9.1	3D vítězné sestavy.....	47
9.2	Uložení hliníkových pražců	47
9.3	Nosný profil	49
9.3.1	Pevnostní kontrola pražce	49
9.4	Murtfeldové vedení	52
9.5	Instalace/ demontáž pražců	53
9.6	Výpočet pohonu rola	55
10	Aplikace principů DFX.....	59
10.1	DFM	59
10.1.1	Ozubené kolo	59
10.1.2	Murtfeldové vedení.....	60
11	Hodnotová analýza VA/VE	62
12	Aplikace FMEA-K.....	66
13	Závěr	67
14	Seznam použité literatury	69

Seznam obrázků

Obrázek 1 - Detail současného řešení [vlastní]	16
Obrázek 2 - Detail uložení rola [vlastní]	17
Obrázek 3 - Detail ocelového pražce [vlastní].....	18
Obrázek 4 - Dalis Basic, Dalis Air, Dalis Zip [8].....	31
Obrázek 5 - DALIS Modulo [8]	32
Obrázek 6 - Montáž rola Aerocover [9].....	33
Obrázek 7 - Dynatec – SteelFlex [10]	33
Obrázek 8 - Morfologická matice [vlastní].....	37
Obrázek 9 - Koncept I [vlastní]	38
Obrázek 10 - Koncept II [vlastní]	39
Obrázek 11 - Koncept III [vlastní].....	40
Obrázek 12 - KONCEPT IV [vlastní].....	41
Obrázek 13 - struktura AHP [vlastní]	42
Obrázek 14 - Přístavek rola s hliníkovými pražci.....	47
Obrázek 15 - Řez uložením [vlastní]	47
Obrázek 16 - Řez přístavkem montážní jámy.....	48
Obrázek 17 - Koncová poloha prvního pražce	48
Obrázek 18 - Extrudovaný hliníkový pražec [vlastní].....	49
Obrázek 19 - Okrajové podmínky	50
Obrázek 20 - Napětí Von Mises [vlastní]	50
Obrázek 21 - Maximální posunutí nosníku [vlastní]	51
Obrázek 22 - Součinitel bezpečnosti [vlastní]	51
Obrázek 23 - Detail murtfeldového uložení [vlastní]	52
Obrázek 24 - Složení pražců [vlastní].....	53
Obrázek 25 - Vkládání setů do přístavku rola [vlastní]	53
Obrázek 26 - Demontáž/instalace pražců	54
Obrázek 27 - Uvolnění pražce	56
Obrázek 28 - Rozložení sil na ozubeném kole	57
Obrázek 29 - Ozubené kolo před (vlevo) a po (vpravo) DFM [vlastní]	60
Obrázek 30 - Murtfeld po aplikaci DFM [vlastní].....	60
Obrázek 31 - Náklady na plnění funkcí	65

Tabulka 1 - Logická rámcová matice	19
Tabulka 2 - Identifikace trendů.....	22
Tabulka 3 - Inovační příležitosti	25
Tabulka 4 Analýza inovačních příležitostí	26
Tabulka 5 - Inovační prohlášení	28
Tabulka 6 - Seznam se zákaznickými potřebami a požadavky	29
Tabulka 7 - výrobkové specifikace	30
Tabulka 8 - Specifikace kritérií	43
Tabulka 9 - Saatyho škála.....	43
Tabulka 10 - Tabulka párového porovnání kritérií	44
Tabulka 11 - Matice párového porovnání podle kritéria K1	45
Tabulka 12 - Matice párového porovnání podle kritéria K2	45
Tabulka 13 - Matice párového porovnání podle kritéria K3	45
Tabulka 14 - Matice párového porovnání podle kritéria K4	46
Tabulka 15 - Vyhodnocení priorit konceptů.....	46
Tabulka 16 - Nákladový list.....	62
Tabulka 17 - Nákladově funkční analýza	64

Seznam příloh

Příloha A - Statický výpočet 3T rola INGTOP

Příloha B - Harmonogram projektu

Příloha C - Dům kvality QFD

Příloha D - Seznam patentů

Příloha E- Model komponent seznam

Příloha F - Model komponent

Příloha G - Trimming

Příloha H - Technický rozpor

Příloha I - Fyzikální rozpor

Příloha J - FMEA-K

Příloha K - Výkresová dokumentace

Seznam použitých zkratek

AHP	Analytic Hierarchy process
ČSN	Česká technická norma
DFA	Design for assembly
DFM	Design for manufacture
DFX	Design For X
EN	Evropská norma
FMEA	Failure mode and effect analysis
LRM	Logická Rámcová Matice
MKP	Metoda konečných prvků
PE	Polyethylen
QFD	Quality Function deployment
s.r.o.	S polečnost s ručením omezeným
TRIZ	теория решения изобретательских задач
VA/VE	Value analysis/Value engineering

Seznam použitých symbolů

P	[Kw]	Výkon
M_{kmax}	[N · m]	Maximální kroutící moment
F_v	[N]	Obvodová síla
r	[mm]	Poloměr roztečné kružnice
T	[N]	Tečná reakce
N	[N]	Normálová reakce
r_ζ	[mm]	Poloměr čepu
f_ζ	[mm]	Součinitel čepového tření

Úvod

Společnost INGTOP METAL, s.r.o., se zabývá výrobou montážních jam pro servis osobních, nákladních i kolejových vozidel. Montážní jáma disponuje velkou škálou modulového vybavení, které si zákazník může navolit podle svého přání a je tak k dispozici velká variabilita možností. Toto vybavení zahrnuje i elektricky ovládané krycí rolo. Právě rolo je předmětem inovace této diplomové práce. Dle nařízení vlády č. 101/2005 Sb, dle bodu 7.6 musí být nepoužívané jámy zabezpečeny kryty proti pádu, které nebrání jejich stálému větrání, anebo musí být ohrazeny bezpečným sklopným nebo přenosným zábradlím. Kryty musí mít dostatečnou nosnost a musí být v úrovni okolní podlahy. Mimo bezpečnostní funkci rolo plní několik dalších funkcí. Díky rolu je možné jámu pojíždět v celé délce a šířce. Existují i pochozí varianty nebo varianty, které řeší pouze zabezpečení vůči pádu, ale to není cílem této práce.

Tato diplomová práce využívá systematický přístup při inovaci technického výrobku, pro dosažení co největší efektivity a zamezení slepému vývoji při hledání nového řešení. Úspěšný inovační proces vyžaduje nejen úzké zaměření na samotné technické řešení, ale umění řešit technické problémy v širším kontextu. Inovační proces úzce souvisí s marketingem, ekonomikou, řízením jakosti, procesním inženýrstvím a dalšími obory, které je do tohoto procesu nutné implementovat. Tento systematický inovační proces je vlastně soubor opakovatelných a vzájemně provázaných kroků, jež vedou inovátora, častěji však celý inovační tým, od počáteční myšlenky, přes sběr informací, k samotné realizaci, až po uvedení inovovaného výrobku na trh. Milníky v tomto inovačním procesu jsou pak jmenovitě tyto kroky: průzkum informací, rešerše, analýza, návrh směru řešení, návrh variant, výběr optimálního řešení a samotné zpracování řešení.

Protože se trh dynamicky mění a očekávání zákazníků jsou stále vyšší, je nutné neustále inovovat stávající řešení, nabízet zákazníkovi přidanou hodnotu a držet tak krok s konkurencí. Proto se v této práci zaměříme na nové inovativní řešení, které bude eliminovat nedostatky stávajícího řešení a také bude dále rozvíjet výhody nebo je minimálně zachovávat. Cílem totiž není zlepšit jednu vlastnost na úkor jiné a dělat kompromis mezi uvažovanými hodnotami, ale dosáhnout co nejlepších hodnot u všech uvažovaných parametrů. K tomu využiji metody inovačního inženýrství a systematické kreativity, které jsem se v dosavadním studiu naučil.

1 Cíl práce

Cílem této diplomové práce je inovace rola, případně nového zařízení, které zakrývá montážní jámu. Toto nové řešení musí být kompatibilní se stávající konstrukcí jámy, která je nosným prvkem tohoto zařízení. V případě, že nové řešení bude vyžadovat nepatrnou změnu konstrukce montážní jámy, je nutné, aby tato změna byla lehce aplikovatelná. Dále, aby nenarušovala statiku stávající konstrukce jámy, a aby byla kompatibilní s ostatním příslušenstvím. Zařízení musí splňovat následující parametry, které vyplývají ze stavebních rozměrů montážní jámy a požadavků na tento technický systém.

- Čistá pracovní šířka zakrytí: 940 mm
- Nosnost zakrytí: 7500 kg na jedno kolo (styčná plocha 200x200mm)
- Rychlost zavírání zakrytí: 15-30 m/min
- Výška jámy: 1500 mm
- Vybavení zakrytí bezpečnostními prvky

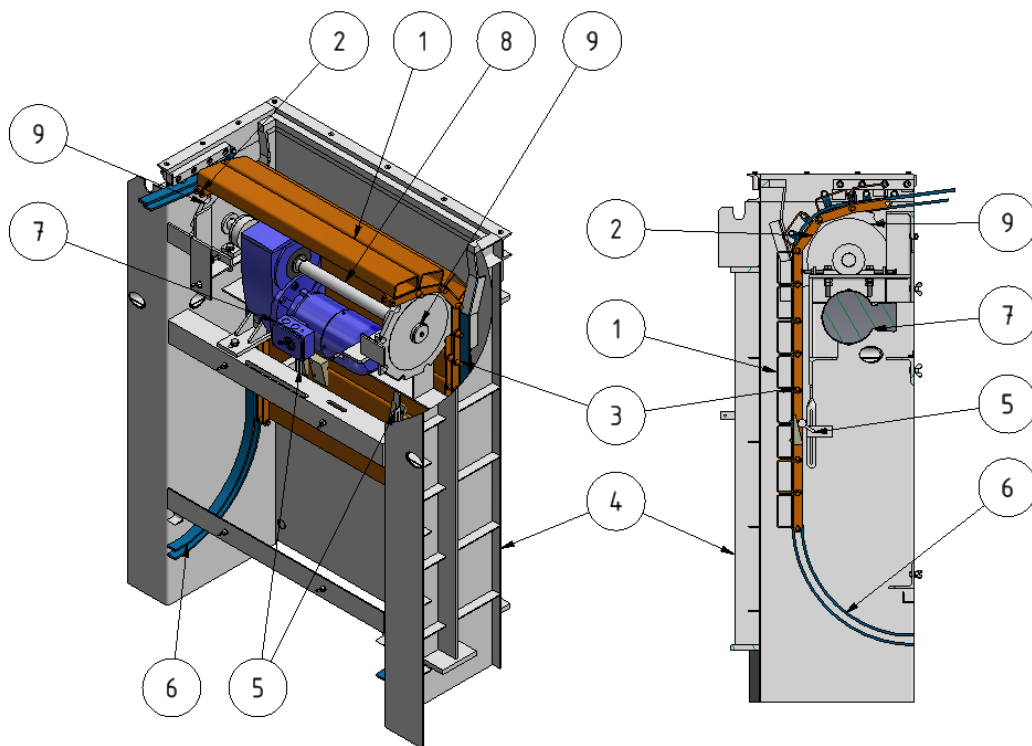
Při této inovaci bude kladen důraz na snížení komplexity a zefektivnění výroby a montáže krycího rola. Dále pak na zvýšení životnosti nosných prvků a minimalizování údržby, především pak mazání spojovacích částí.

Nejprve bude provedena důkladná analýza řešení firmy INGTOP METAL, s.r.o. V dalším kroku proběhne plánování inovace. Kromě stanovení časového harmonogramu, se v rámci tohoto kroku stanoví přesnější zadání, díky kterému inovace nabere ten správný směr. Následně budou kvantifikovány technické parametry rola metodou QFD, prostřednictvím kterých bude rolo plnit zákaznické požadavky. Následně bude proveden průzkum konkurenčních řešení a také patentový průzkum, který bude využit nejenom pro odhalení již chráněných řešení v tomto oboru, aby nedošlo k rozporu se zákonem, ale také k inspiraci při tvorbě konceptů. V rámci hledání nového řešení budou v dalším kroku využity metody systematické kreativity, pro překonání vektoru psychologické setrvačnosti. Z dosavadní analýzy bude vytvořena morfologická matice, která nám přehledným způsobem nabídne možnosti řešení. Na základě toho bude vytvořeno několik konceptů. Metodou pro hodnocení konceptů AHP, následně provedeme výběr vhodného konceptu. V následující fázi proběhne zpracování konstrukčního řešení vítězného konceptu. Bude brán zřetel na všechny dosavadní informace získané z předchozí analýzy a také na inovační prohlášení, stanovené na

začátku projektu. Konstrukční řešení následně zhodnotíme strukturovanou metodikou DFX a hodnotovou analýzou VA/VE, díky které bychom měli odhalit příležitosti pro ještě další zlepšení ve fázi návrhu. Poslední metodikou, kterou zhodnotíme konstrukční řešení z hlediska rizik a vad, které mohou u výrobku nastat, je FMEA. V předposledním kroku projektu bude zhotoveno ekonomické zhodnocení konstrukčního řešení. Úplně posledním krokem bude závěrečné zhodnocení a ověření, zda došlo k naplnění cílů a splnění projektu.

2 Analýza současného stavu

Elektricky ovládaná sestava rola se ve firmě Ingtop Metal s.r.o. dodává ke všem různým délkám montážních jam, které si zákazník objedná. Rolo je chápáno jako pojízdná zatahovací roleta, která se stává z ocelových pražců (1). Pražec je ocelový jekl 120 x 60 s tloušťkou stěny 4 mm (pro 3t únosnost rola), který je zkrácený na požadovanou délku. K němu jsou ve spodní části, na každé straně dva, navařeny spojovací plechy (2) s otvory. Skrze ně, jsou jednotlivé pražce spojeny k sobě pomocí nerezových čepů (3). Počet takto spojených pražců, tvořící výsledné rolo, se odvíjí od délky montážní jámy. Pokud si zákazník vybere právě variantu s rolem, je kromě samotné zatahovací rolety, přidán na konec jámy přístavek rola (4). Přístavek rola je ocelový „box“, v němž je kompletní pohon rola s koncovými čidly (5) a vodícími profily (6). Hnací silou je elektromotor s převodovkou (7). Pomocí hnacích hřídelí (8) se kroutící moment z elektromotoru (7) přenáší na ozubená kola (9). Čepové spoje pražců (3) fungují podobně jako čepy článkového řetězu a společně s ozubenými koly (9) tvoří jakýsi řetězový pohon, který posouvá celé rolo vpřed/vzad. Rolo se v přístavku otáčí o 180°, díky vodícím profilům na stranách (6), a následně zajíždí pod podlahu v montážní jámě. V horní poloze, tedy nad montážním otvorem, se rolo pohybuje po nerezové kolejnici.



Obrázek 1 - Detail současného řešení [vlastní]

Stávající řešení je principiálně velice jednoduché a zároveň velmi dobře splňuje požadovanou únosnost. Má však několik zásadních nedostatků, které je nutné odstranit. Pro stávající variantu jsem stanovil přehled výhod a nevýhod.

Výhody

- Únosnost zakrytí
- Vše si firma Ingtop vyrábí sama z normalizovaných profilů a není závislá na externím dodavateli

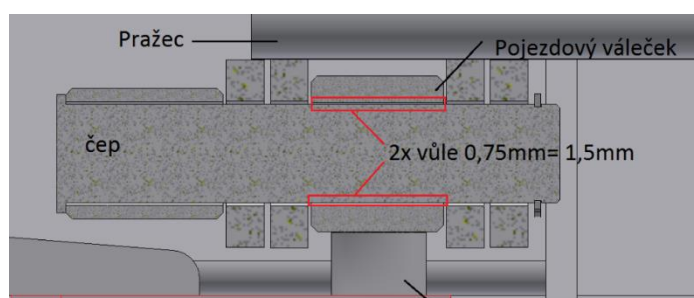
Nevýhody

- Malá životnost pohyblivých dílů
- Vysoká hmotnost rola
- Vysoká hlučnost při pohybu rola
- Náročná a zdlouhavá montáž rola (z části díky vysoké hmotnosti a velkému počtu dílů)
- Zdlouhavá výroba jednotlivých prahců (také z důvodů žárového zinkování)

V následujících bodech provedeme analýzu nedostatků současného řešení.

2.1 Hlučnost rola

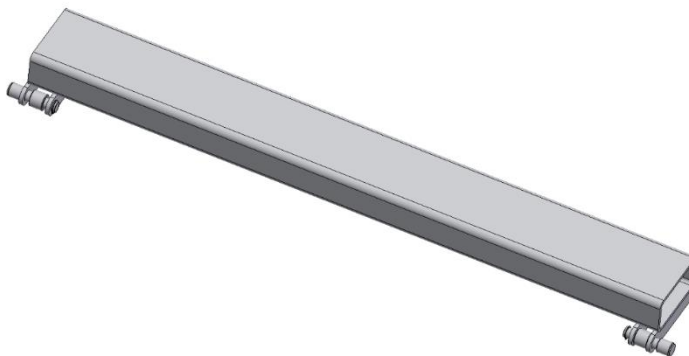
Zvýšenou hlučnost lze pozorovat zejména při rozjezdu rola. Mezi pohyblivými díly jsou konstrukční a výrobní vůle. Při rozjezdu rola nejprve dojde k vymezení těchto vůlí. To v praxi znamená, že všechny tyto spoje do sebe vlivem tažné síly narazí a dojde k nežádoucímu zvukovému efektu. Konkrétně jde o vůle mezi pojezdovým válečkem a spojovacím čepem. Pak také mezi čepem a prahcem a v neposlední řadě také mezi ozubeným kolem a čepem. Dalším zdrojem hluku je kontaminace pojezdové kolejnice vlivem vnějšího prostředí. Ze servisovaných aut dopadne na pojezdovou dráhu rola spousta nečistot, kamínků, prachu apod. To vše pak způsobuje další hlučnost rola při jeho pohybu.



Obrázek 2 - Detail uložení rola [vlastní]

2.2 Hmotnost rola

Jeden pražec pro variantu s únosností 3 tuny váží 14 kg. Tato hmotnost nezahrnuje spojovací čepy ani pojezdové válečky. Rozteč spojovacích čepů je 125 mm, tzn. že pro 1 běžný metr je potřeba osm pražců, což činí 130 kg. V případě 10 m jámy je pak hmotnost 1300 kg atd. Tento robustní ocelový pražec vydrží velmi dobře staticky, což dokládají i nezávislé statické zkoušky viz. příloha A, ale jeho hmotnost značně komplikuje instalaci a znesnadňuje výrobu.



Obrázek 3 - Detail ocelového pražce [vlastní]

2.3 Životnost pohyblivých dílů

Jak bylo zmíněno v předchozím bodě, ocelové pražce vykazují dobrou únosnost, ale životnost a odolnost vůči agresivnějšímu prostředí není dobrá. Jelikož se tento TS běžně používá v prostředí s vysokou koncentrací různých provozních kapalin, olejů, chemikálií, nečistot, apod, jsou na konstrukční materiál pražce kladeny vysoké nároky. Často také dochází, vlivem uhlíkové kontaminace konstrukčního materiálu, ke korozi. Pražce se proto posílají na žárové zinkování, kde se nejprve odmastí a odmoří. Proces žárového zinkování celou výrobu zpomaluje a prodražuje. Z okolního prostředí také často dochází ke kontaminaci pojezdové dráhy válečků, které se nadměrně opotřebovávají a korodují. Tyto válečky se odvalují po nerezové kolejnici a uzavírají jako celek montážní jámu. Pokud se mezi pojezdový váleček a kolejnici dostanou nečistoty, tak to nejenom způsobí hluk, ale také dojde k „přidírání“ válečků a ty se přestanou odvalovat. Tyto válečky jsou pak často vyměňovány servisními zásahy našich techniků.

3 Plánování Inovace

Jelikož je inovační proces činnost systematická a organizovaná, lze ji předem plánovat a později i řídit. Před započítím samotného cyklu inovačního procesu tedy sestavíme fixní plán, harmonogram projektu a vyjasníme si milníky, díky kterým bude možné celý projekt kontrolovat. Nejdůležitějším bodem plánování inovace je ovšem získat inovační příležitosti a z nich vyfiltrovat silné inovační návrhy. V této fázi projektu si také vyjasníme strategii, aby nedocházelo k rozporu s širšími obchodními záměry společnosti.[1]

3.1 Logická rámcová matice (LRM)

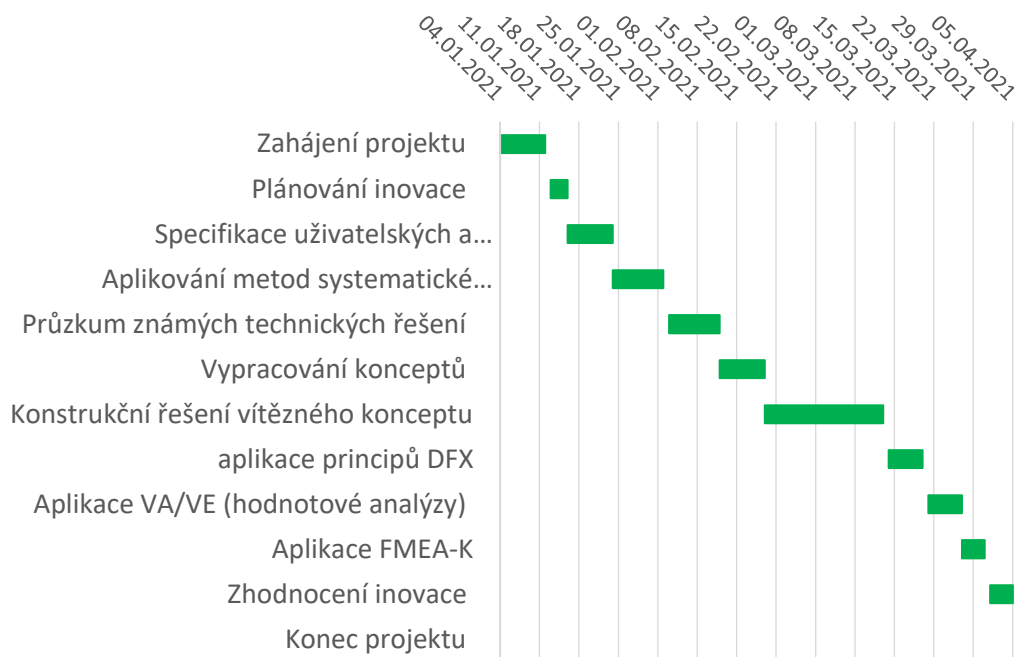
K rychlému a přehlednému objasnění celého projektu je vytvořena Logická rámcová matice (LRM). Tato matice, velmi hutným způsobem, poskytuje i nezasvěceným osobám přehled o cílech projektu, jeho záměru, smyslu a dalších, velice důležitých informacích. [2]

Tabulka 1 - Logická rámcová matice

Popis projektu	Objektivně ověřitelné ukazatele	Prostředky ověření	Předpoklady
Záměr: Zvýšení spokojenosti zákazníků odstranění nevýhod Vyšší tržní podíl	Do 6 měsíců po dokončení projektu dojde k dosažení zvýšeného prodeje zakrytí k montážní jámě z dosavadních 50 % na 75 %.	Testování a ověření funkčnosti nákladová analýza účetní uzávěrka, výroční zpráva	
Cíl: Provedu inovaci zakrytí montážní jámy pomocí systematických metod Inovačního inženýrství	Dokončení konstrukčního návrhu s výkresy do 31.3.2021 a do 30.4.2021 úspěšné dokončení celého projektu.	Diplomová práce	Neklesne poptávka po montážní jámě, neporostou celkové náklady výroby. Na kvalitu výroby nebudou působit žádné neznámé faktory
Výstupy: Vygenerované koncepty výrobní výkresy	4 koncepty 1 konstrukční řešení	Výrobní výkresy Ekonomické zhodnocení	Nepochopení myšlenky, nekvalitní data
Činnosti: identif. inovač. příležitostí HoQ, generování konceptů DFX, FMEA-K, VA-VE Ekonomické zhodnocení	Vstupy a zdroje: patentové databáze web, skripta, přednášky, projekce, výrobní hala		ztráta dat, vývoj trendů odlišným směrem
		Co musí platit před zahájením projektu? Projekt musí být podpořen managementem. Přístup ke všem informacím k danému projektu.	

3.2 Harmonogram projektu

Pro celý inovační proces byl sestaven časový plán. Doba trvání celého projektu byla stanovena na 91 dní, s počátečním datem 4.1.2021. V příloze B je zobrazen harmonogram projektu obsahující časový sled projektových činností. Z tohoto sledu vychází Ganttův diagram - Graf 1, který zobrazuje souhrnné úkoly v časové ose. Pro plnění úkolů byla zvolena vazba Finish to Start, tj. jakmile bude dokončen předcházející úkol, bude zahájen úkol následující. [2] V praxi se ovšem některé úkoly prolínají a nedochází tak k úplně exaktnímu oddělení konce předcházejícího a začátku dalšího úkolu. Není to ovšem ani nezbytně nutné, pokud nadcházející úkol není závislý na úplném dokončení předchozího. Při práci v týmu je navíc souběžné plnění jednotlivých činností žádoucí, pro kompresi doby, potřebné pro vývoj nového produktu. [1]



Graf 1 - Ganttův diagram

3.3 Inovační příležitosti

Kromě nesystematických metod, jako asociace a nahodilost, existují nástroje, díky kterým se můžeme dobrat k inovačním příležitostem exaktní cestou. Při hledání inovačních příležitostí dominují zejména tradiční průzkumy trhu, založené na propracovaných metodách marketingu a benchmarkingu. [1] Inovační příležitosti ovšem nevznikají pouze na základě trhu, jak bývá zažitým zvykem, ale trendem současných inovačních příležitostí je vnášet do řešení nové změny technologické, technické apod, o kterých zákazník ani netuší, tzv. „zákazník neví, že neví“. Podněty vycházející z průzkumů trhu, kdy se ptáme zákazníka, co se mu líbí a co ne, jsou samozřejmě relevantní, nicméně samy o sobě nedostačující. Pokud chceme překročit vektor psychologické setrvačnosti, a generovat skutečně kvalitní příležitosti, měli bychom do inovačního procesu začlenit další metody. Jednou z nich, je rámcová analýza trendů.

Identifikace trendů

Trend je „pohyb“, který se děje, ať chceme nebo ne. Je to nadsystémová oblast, která výrazným způsobem ovlivňuje úspěšnost inovace. Pokud chceme, aby inovace byla úspěšná, měli bychom se svést na vlně trendu. V této metodě provedeme analýzu dat a identifikujeme trendy, které aktuálně hýbou světem. Jedná se o obecné trendy ze stěžejních oblastí lidského života, viz. Tabulka 2 Tyto identifikované trendy analyzujeme, pokusíme se najít spojitost k dané problematice, a silné trendy promítneme do našeho řešení.

Tabulka 2 - Identifikace trendů

Ekonomika	sdílení (leasing, sdílení bytů, předmětů, opětovné použití...)	Globalizace (propojení světa v jednu velkou společnost)	Kryptoměna		
Ekologie	Využití obnovitelné energie - "čistá energie" (solární energie...)	Kompostovatelné	Ekologické limity	Recyklace	
Technologie	Snižování hmotnosti	Bezúdržbové (minimum lidské obsluhy)	Bezdotykové ovládání (hlasem, gesty...)	Virtuální realita a rozšířená realita (virtuální showroomy apod.)	kyberbezpečnost (zavedení principu nulové důvěry...)
	Industry 4.0.	3D tisk	Chytré telefony, hodinky, tablety...		
Kultura/móda	Stárnutí populace	zdraví (kolektivní imunita, duševní zdraví...)	Zvyšování mobility	Neotřelý design	Snaha o udržitelnost (udržitelné mat., opětovné použití...)
Životní styl	"Zero waste" (minimalizace odpadu/plýtvání)	sociální sítě (s nimi spojená e-komerce)	Celoživotní vzdělávání (potřeba neustálého vzdělávání v důsledku rychlého vývoje věd)	Komplexní řešení potřeb (i zcela rozličných potřeb na jednom místě)	Produkt/služba jako zážitek
	Přesun do digitálního světa (dig. galerie, online výuka...)	Minimalizace společného kontaktu (opakované lockdowny)			
Legislativa	BOZP	Snižování uhlíkové stopy	Patentová řešení		

Projekce trendů do budoucnosti

Nyní se pokusíme pomocí prognóz promítnout tyto identifikované trendy do inovačních příležitostí. Naprojektovány byly pouze ty, které mají spojitost s daným tématem.



Obr. 1 - Od trendu k inovační příležitosti [vlastní]

Trend: SDÍLENÍ

Montážní jáma pro veřejnost. Podobně jako samoobslužné automyčky, by mohli fungovat sdílené montážní jámy. Každý uživatel, který chce použít jámu, musí být autorizován na základě něčeho (např. po platbě poplatku za použití). Díky tomu se otevře zakrytování a vpustí uživatele do montážní jámy. [7]

Inovační příležitosti:

Ovládání zakrytování pomocí mobilní aplikace

Zakrytování jámy musí být vodě odolné

Zakrytování musí odolávat vlivům okolního prostředí (déšť, slunce...)

Trend: SNIŽOVÁNÍ HMOTNOSTI

Velký trend ve snižování hmotnosti a udržitelného lehkého designu není žádnou novinkou. Ovšem tento trend stále přetrvává a prognóza do budoucnosti hovoří stále o zvyšující tendenci tohoto trendu. [6]

Inovační příležitosti:

Zakrytování z kompozitních materiálů

Zakrytování z hliníku/hliníkových slitin

Topologická optimalizace

Trend: STÁRNUTÍ POPULACE

Stárnutí populace je nepopíratelný fakt. Důsledkem je skutečnost, že poměr lidí v produktivním věku v EU-27 se zmenšuje, zatímco poměrný počet důchodců narůstá.

Podíl starších osob v celkové populaci v nadcházejících desetiletích výrazně vzroste. To povede k většímu zatížení osob v produktivním věku, aby zajistily sociální výdaje na řadu souvisejících služeb, které si stárnutí populace vyžádá. Přizpůsobení pracovních podmínek pro práci osobám starším bude nezbytně nutné k udržení práceschopnosti těchto osob.

Inovační příležitosti: Sjednocení podlahy a bezpečnostního krytu (tzv. "výtah")

Automatické uzavírání, v případě že není detekován pohyb

Trend: PRODUKT/SLUŽBA JAKO ZÁŽITEK

Schopnost připravit zákazníkovi zážitek a nabídnout mu nadstandartní službu do budoucnosti velkým způsobem ovlivní úspěšnost na trhu.

Inovační příležitosti: Transparentní zakrytování

V tabulce Tabulka 3 jsou zaneseny veškeré inovační příležitosti, které byly doposud vygenerovány v rámci plánování inovace. Některé příležitosti vznikly na základě analýzy trhu a průzkumů zákaznických potřeb a požadavků. Další pak rámcovou analýzou trendů a projekcí do budoucnosti, viz. výše. Posledním zdrojem inovačních příležitostí byly volné asociace, které vznikaly v průběhu celého plánování inovace.

Tabulka 3 - Inovační příležitosti

Inovační příležitosti			
Kompozitní materiály	snížení hmotnosti pražců (topologická optimalizace)	Sjednocení zakrytování s podlahou	Zvětšení plochy jednoho pražce např.: (1 x 1 m)
Transparentní zakrytování	Pražec ve tvaru křivky	pražce plně flexibilní	ovládání zakrytování pomocí mobilní aplikace
Pražce z porézního materiálu	Zakrytování z hliníku/hliníkových slitin	Automatické uzavírání, v případě, že není detekován pohyb	

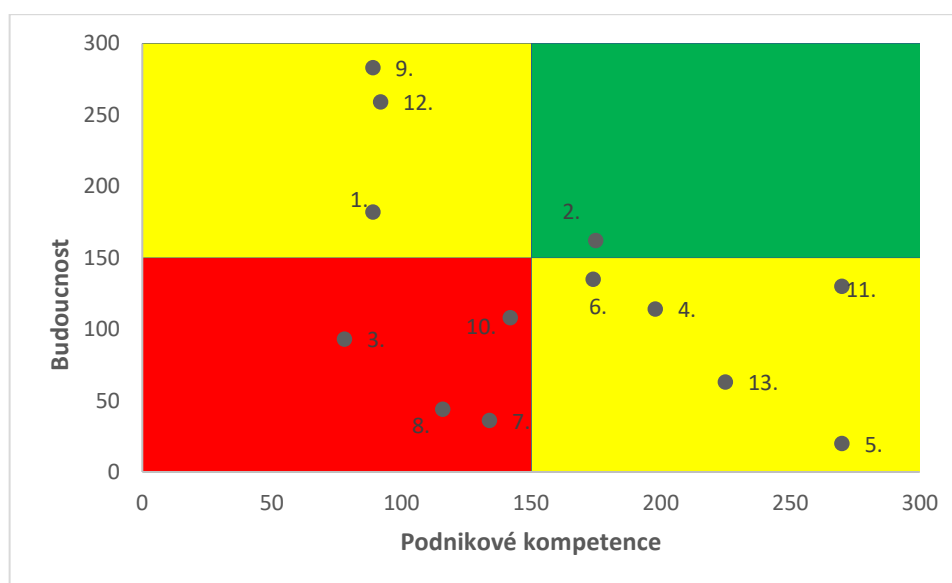
Spolehlivou metodou, jak z vytvořených příležitostí vyfiltrovat vhodné kandidáty, do kterých se vyplatí investovat čas a kapitál, je analýza inovačních příležitostí viz. Tabulka 4. Zde dáváme do korelace trendy budoucnosti s vytvořenými inovačními příležitostmi. Vznikne nám index B_i , který nám sám o sobě říká, z hlediska budoucnosti, která příležitost má šanci na úspěch. Ovšem musíme se na tuto problematiku podívat ještě z hlediska kompetencí podniku, index K_i , protože některé příležitosti se můžou zdát jako „skvělý nápad“, ale pokud pro ně není v podniku vhodné zázemí, nemusí se inovace podařit. Firma samozřejmě nemusí disponovat veškerým technickým know-how, ale pokud některé kompetence nemá, musí je umět zajistit. Většinou to znamená, že musí do svého procesu vpustit třetí stranu, která těmito kompetencemi disponuje a musí ji zaplatit, což někdy může, ale taky nemusí být výhodné řešení.

Tabulka 4 Analýza inovačních příležitostí

			INOVAČNÍ PŘÍLEŽITOSTI													
			1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	
Trendy - budoucnosti			Vodotěsné zakrytování	kompozitní materiály	topologická optimalizace	sjednocení zakrytování s podlahou	zvětšení plochy jednoho pražce	transparentní zakrytování	pražce ve tvaru křivky	pražce plně flexibilní	ovládání zakrytování pomocí mobilní aplikace	pražce z porézního materiálu	pražce z hliníku	automatické uzavírání	automatické přimazávání pohyblivý	
1.	Snížování hmotnosti	8		•	•	○	▽			▽		•	•			
2.	komplexní řešení potřeb	6	▽			○		•			•			○		
3.	produkt/služba jako zážitek	5	▽			○		•			○			▽		
4.	stárnutí populace	4				•								•		
5.	chytré telefony apod.	8									•			▽		
6.	bezúdržbové	7									▽				•	
7.	sdílení	6	•	•							•		•	•		
8.	bezdotykové ovládání	5									•			•		
9.	BOZP	9	•		▽	▽								•		
10.	neotřelý design	4	•	•	○	○	○	•	•	•	•	•	▽	○		
Bi			182	162	93	114	20	135	36	44	283	108	130	259	63	
Kompetence společnosti			Váha													
Vlastní konstrukční oddělení: strojaři, konstruktéři, technologové, manažeři			7	▽	▽	▽	•	•	•	•	○	▽	•	•	○	•
Vlastní strojřenská technologie: řezání laserem, tváření plechů, svařování, povrchové úpravy, montáže			8	▽	○	▽	•	•	○	▽	▽	▽	•		•	
Nákupní oddělení: schopnost zajistit nevyráběné díly			8	▽	•		•	○		○	▽	▽	•	▽	○	
Vlastní výroba elektro součástek: kabeláž, senzory, čidla, ostatní elektro			3	▽	○						▽					▽
Stabilní místo na trhu: produkty distribuovány do mnoha zemí EU			7	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
Ki			89	175	78	198	270	174	134	116	89	142	270	92	225	

- 9 bodů
- 3 body
- ▽ 1 bod

Pro přehledné vyhodnocení analýzy inovačních příležitostí byl vytvořen Graf 2, který je rozdělen do čtyř oblastí. Vpravo nahoře, v zelené oblasti, jsou příležitosti s největším potenciálem na úspěch, jak z hlediska kompetencí podniku, tak budoucnosti. Právě z této oblasti bychom měli primárně vybírat. Žluté oblasti v sobě skýtají buď velký potenciál do budoucna, ale slabou připravenost z hlediska podnikových kompetencí, což platí pro oblast vlevo nahoře. Pro oblast vpravo dole je tomu právě naopak. Podnik disponuje potřebnou technologií a vybavením, ale příležitost nemá příliš velké vyhlídky do budoucnosti. Červená oblast je nevyhovující jak z hlediska kompetencí, tak z hlediska pohledu do budoucnosti.



Graf 2 - Analýza příležitostí

První zvolenou příležitostí je logicky bod 2 – využití kompozitních materiálů v zelené oblasti. Pro další příležitosti se musíme porozhlédnout do žlutých oblastí. Jako velice přitažlivá volba se jeví příležitost s číslem 11 – pražce z hliníku. Podnikové kompetence pro tuto příležitost jsou velmi vysoké a zároveň se tato příležitost nachází na hranici trendu. Další zajímavá příležitost s číslem 9 se nachází vlevo nahoře. Toto umístění pro nás znamená, že je to velký trhák z hlediska budoucnosti, ale podnik na to není zcela připraven.

Lokalizované příležitosti:

- 2. využití kompozitních materiálů
- 9. ovládání zakrytování pomocí mobilní aplikace
- 11. nosné pražce z hliníku

3.4 Inovační prohlášení

V Tabulka 5 je uvedeno inovační prohlášení, které ukazuje směr, jakým se bude projekt ubírat. Touto tabulkou je vytvořeno podrobnější zadání, které je ve shodě s obchodním záměrem společnosti a které má potenciál na úspěch.

Tabulka 5 - Inovační prohlášení

Popis inovovaného výrobku (záměr)	Zkonstruuje zakrytování, které nepotřebuje spojovací elementy, které bude z hliníku nebo kompozitního materiálu a bude odolné vůči korozi a chemikáliím.
Klíčové obchodní cíle	Zvýšení prodeje bezpečnostního zakrytování k montážním jámám z dosavadních 50 % na 75 %.
Primární trh	Montážní Jáma firmy INGTOP
Sekundární trh	Zděné jámy a jímky, sdílené mont. jámy
Předpoklady	CAD software, znalost metod inovačního inženýrství,
Omezení	Konstrukce stávající montážní jámy, Závislost na externích dodavatelích

4 Specifikace uživatelských a zákaznických potřeb

Nedílnou součástí správného inovačního procesu je implementace uživatelských požadavků do finálního produktu. Pokud výrobce dobře plní, prostřednictvím svého produktu uživatelské požadavky, jeho popularita stoupá a zároveň tím získává lepší postavení v rámci konkurenčního boje. Zde je nutné získat skutečné požadavky od koncových zákazníků, nikoliv požadavky, které výrobce požaduje za opodstatněné. Uměle vytvořené požadavky, často i logicky podpořené, nemusí být ve shodě se skutečnými potřebami zákazníků a firma tak zbytečně plýtvá svými zdroji tam, kde je koncový zákazník nedokáže ocenit.

4.1 Seznam interpretovaných zákaznických potřeb

V rámci inovace zakrytí montážní jámy byly sesbírány požadavky zákazníků na konstrukční řešení. Jsou to převážně informace získané diskuzí se zákazníkem. Tyto požadavky byly uspořádány do skupin a byla určena relativní významnost jednotlivých potřeb viz. tabulka 6.

Tabulka 6 - Seznam se zákaznickými potřebami a požadavky

INTERPRETOVANÉ POTŘEBY ZÁKAZNÍKŮ			VÁHA
SNADNOST POUŽITÍ	BEZPEČNÉ POUŽITÍ	ZAMEZENÍ SKŘÍPNUTÍ SE	8
		ZAKRYTÍ JE SPOLEHLIVÉ	9
		POHYBLIVÉ DÍLY JSOU BEZPEČNÉ	8
		ROLO JE DOBŘE VIDITELNÉ	4
	SNADNÉ OVLÁDÁNÍ	ROLO JE AUTOMATICKÉ	6
		ROLO JE OVLÁDANÉ HLASEM	3
MECHANICKY ODOLNÉ	ODOLNOST VŮČI VNĚJŠÍMU PROSTŘEDÍ	ODOLÁVÁ CHEMIKÁLIÍM	8
		ODOLÁVÁ KOROZI	8
		ODOLNÉ VŮČI OPOTŘEBENÍ	5
	ODOLNÉ VŮČI NAMÁHÁNÍ	PEVNÁ (TUHÁ) KONSTRUKCE	8
		DLOUHÁ ŽIVOTNOST PRAŽCE	7
		ODOLNÉ PRAŽCE VŮČI PÁDU NÁŘADÍ	4
NÍZKÉ NÁKLADY	SNADNÁ VÝROBA A MONTÁŽ	NÍZKÁ HMOTNOST ZAKRYTÍ	8
		MALÝ POČET DÍLŮ	5
		VELKÁ PLOCHA ZAKRYTÍ JEDNÍM PRAŽCEM	7
	MINIMÁLNÍ NÁKLADY NA ÚDRŽBU	AUTOMATICKÉ PŘIMAZÁVÁNÍ	2
		DLOUHÁ ŽIVOTNOST POHYB. DÍLŮ	6
	JEDNODUCHÁ KONSTRUKCE	POUŽITÍ STANDARDIZOVANÝCH DÍLŮ	3
		ZAKRYTOVÁNÍ POHÁNĚNÉ OBSLUHOU	4
POŽADAVKY NA KONSTRUKCI	ROZMĚROVÉ POŽADAVKY	ZACHOVÁNÍ ŠÍŘKY PRAŽCE	10
		DODRŽENÍ PROSTOROVÝCH PODMÍNEK MONTÁŽNÍ JÁMY	10
	OSTATNÍ PARAMETRY	NÍZKÁ HLUČNOST ZAKRYTÍ PŘI POHYBU	7
		VYSOKÁ ÚNOSNOST ZAKRYTÍ	8
		RYCHLÉ OTEVŘENÍ/UZAVŘENÍ	6

4.2 Seznam relevantních technických parametrů

V dalším kroku specifikace uživatelských potřeb musíme definovat charakteristiky inovovaného výrobku, díky nimž budeme plnit zákaznické potřeby. Tyto charakteristiky jsou uvedené v Tabulka 7.

Tabulka 7 - výrobkové specifikace

TECHNICKÝ PARAMETR	JEDNOTKA	POPIS
HMOTNOST ZAKRYTÍ	[kg]	CELKOVÁ HMOTNOST ZAKRYTÍ V KG NA 1 ČTVEREČNÍ METR
ŠÍŘKA NOSNÉHO PRVKU	[mm]	ROZMĚR NOSNÉHO PRVKU NAPŘÍČ MONTÁŽNÍ JÁMOU
DÉLKA NOSNÉHO PRVKU	[mm]	ROZMĚR NOSNÉHO PRVKU PO DÉLCE MONT. JÁMY
VÝŠKA NOSNÉHO PRVKU	[mm]	ROZMĚR NOSNÉHO PRVKU VE VERTIKÁLNÍM SMĚRU
ŽIVOTNOST NOSNÉHO PRVKU	[dny]	DNY, PO KTERÉ SI NOSNÝ PRVEK UDRŽÍ SVÉ PŮVODNÍ VLASTNOSTI
SÍLA PRO MANIPULACI	[N]	SÍLA POTŘEBNÁ K OTEVŘENÍ/UZAVŘENÍ ZAKRYTOVÁNÍ, NAD MONTÁŽNÍM OTVOREM
NOSNOST ZAKRYTÍ	[kg]	SCHOPNOST ZAŘÍZENÍ ÚNĚST URČITOU HMOTNOST
ČAS POTŘEBNÝ K PŘESTAVENÍ	[s]	ČAS POTŘEBNÝ K PŘESUNUTÍ ZAKRYTOVÁNÍ PRYČ Z MONTÁŽNÍHO OTVORU
VÝKON POHONU	[kw]	MAXIMÁLNÍ VÝKON POHONU PRO POHYB SE ZAKRYTOVÁNÍM
TUHOST KONSTRUKCE	[m/N]	MAXIMÁLNÍ HODNOTA TUHOSTI VYKAZUJÍCÍ TOTO ZAŘÍZENÍ
TLOUŠŤKA STĚNY NOSNÉHO PRVKU	[mm]	TLOUŠŤKA STĚNY NOSNÉHO PRVKU
POČET PRAŽCŮ	[Ks]	POČET PRAŽCŮ POTŘEBNÝ NA ZAKRYTÍ 1 ČTVEREČNÍHO METRU
MEZ KLUZU MATERIÁLU	[MPa]	MEZ KLUZU MATERIÁLU NOSNÉHO PRVKU
DOBA VÝROBY PRAŽCE	[hod]	DOBA VÝROBY JEDNOHO PRAŽCE
HMOTNOST NOSNÉHO PRVKU	[kg]	HMOTNOST JEDNOHO NOSNÉHO PRVKU SE SPOJOVACÍMI ELEMENTY
HLUČNOST	[dB]	MAXIMÁLNÍ HLUČNOST ZAKRYTOVÁNÍ PŘI JEHO POHYBU

4.3 Matice QFD – HoQ

Dům kvality QFD (Quality function deployment) viz. příloha C, je korelační matice kde dáváme do vzájemného vztahu zákaznické potřeby a základní fyzikálně měřitelné parametry, definované v předchozích krocích. Zákaznické parametry jsou v řádcích a zjišťujeme je z analýz potřeb zákazníků a průzkumu trhu. Do domu kvality uvádíme už transformované potřeby, kterým dále přiřadíme váhu. Váha 10 je nejvýznamnější potřeba, váha 1 je naopak nejméně podstatná. Následně vyplňujeme do sloupců parametry, které by měli být co nejabstraktnější. Poté provedeme samotnou korelaci mezi potřebami a parametry. Následně se násobí váha s hodnotou korelace a celý sloupec se sečte. Výsledkem je hodnota, která kvantifikuje důležitost parametru.

5 Průzkum známých technických řešení

5.1 Konkurenční řešení

V této kapitole se budeme věnovat analýze řešení výhradních dodavatelů těchto zařízení. Firem zabývajících se výrobou montážních jam s bezpečnostním zakrytováním je spousta. Ovšem pouze několik z nich vyrábí a nabízí svoje vlastní zakrytování. Většinou používají již ověřené řešení od několika ověřených dodavatelů, kteří se přímo specializují jen na zakrytování zděných nebo ocelových jam. Na několik z nich se v následujících bodech podíváme a kriticky je zhodnotíme.

5.1.1 Dalis Pit Covers – Beligicko-Francouzská firma

Tato firma nabízí čtyři možnosti zakrytí montážních jam. První z nich je pod obchodním označením „Dalis Basic“. Jedná se o zakrytí pomocí plachty podepřené nosnými hliníkovými profily. Další řešení je „Dalis Air“. V podstatě se jedná o vzduchové polštáře, které se nafouknou a vysunou z boku montážní jámy, čímž zakryjí montážní otvor. Jako další v řadě nabízejí řešení pod označením „Dalis Zip“. Jedná se o vysunovací zábradlí, které zabrání vstupu nad montážní otvor v případě, že jáma není

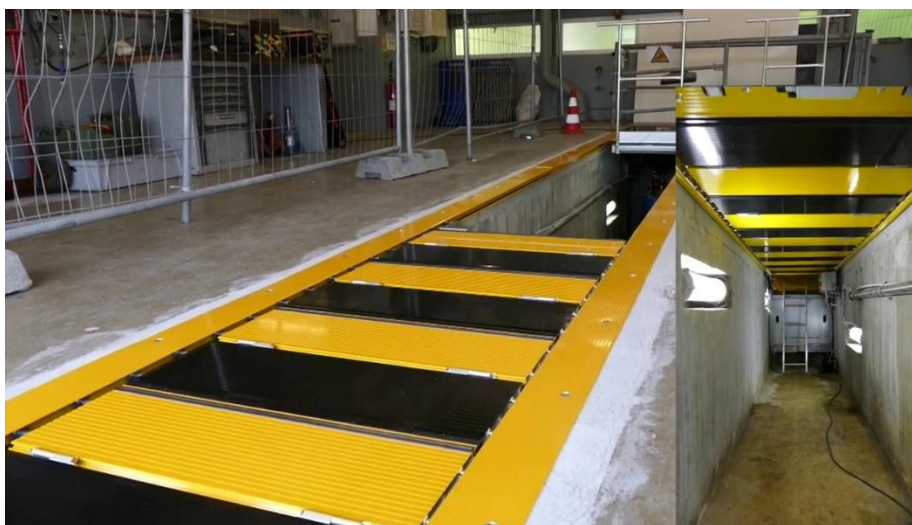


Obrázek 4 - Dalis Basic, Dalis Air, Dalis Zip [8]

zrovna používána. Všechna tato řešení jsou bezesporu velice zajímavá a inspirativní, nicméně ani jedna varianta není pochozí.

Jediná nabízená varianta, která je relevantní k našemu problému, se skrývá pod obchodním označením „Modulo“. Toto řešení nabízejí v manuální nebo automatické verzi. Manuální verzi je možné použít do maximální délky jámy 20,5m, kdy ještě zvládne obsluha ručně odtlačit rolo. Automatická verze je buď pneumatická nebo elektropneumatická, záleží na zvoleném pohonu. Materiál nosného elementu (=pražce) je eloxovaný hliník. Každý pražec je uložen letmo na 4 osách s kuličkovými ložisky.

Maximální zatížení je 1500 kg/m². Pražce jsou k sobě spojené panty a po odsunutí se skládají jako „harmonika“ do přístavku rola na konci jámy.



Obrázek 5 - DALIS Modulo [8]

5.1.2 AeroService Equipments – italská firma

Tato firma rovněž nabízí 4 varianty zakrytí montážního otvoru. Řešení jsou označena prostě pod obchodními názvy AEROCOVER 1 až 4. Všechny z nich jsou zátěžové. Principiálně jsou všechny stejné, liší se pouze druhem materiálu použitého pro nosný element a s tím související maximální únosností. První dvě varianty mají nosné profily z eloxovaného hliníku s maximálním zatížením do 1200 kg/m². Varianty AEROCOVER 3 a 4 jsou z pozinkované oceli a nabízejí únosnost až 10 000 kg/m². Pro lepší přehlednost jsem uvedl všechny vypovídající údaje do přehledné tabulky viz. níže.

PIT COVER TYPE	POHON	MAXIMÁLNÍ ZATÍŽENÍ	MATERIÁL NOSNÉHO ELEMENTU
AEROCOVER 1	MANUÁLNÍ	500 KG/M ²	Eloxovaný hliník
AEROCOVER 2	MANUÁLNÍ	1200 KG/M ²	Eloxovaný hliník
AEROCOVER 3	AUTOMATICKÝ	1600-3000 KG/M ²	Pozinkovaná ocel
AEROCOVER 4	AUTOMATICKÝ	10 000 KG/M ²	Pozinkovaná ocel

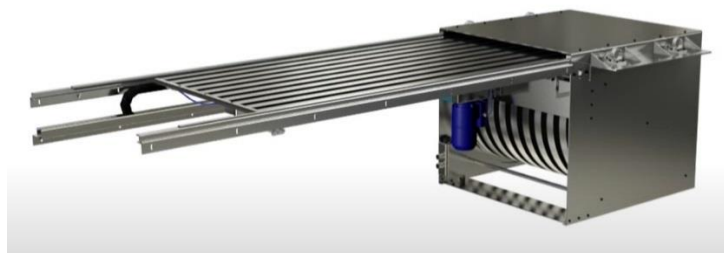


Obrázek 6 - Montáž rola Aerocover [9]

Nosným prvkem je nenormalizovaný profil tvaru pravidelného lichoběžníku, podle únosnosti buď z hliníku nebo oceli. Tento profil je ve svém středu vyztužen příčkou. Při samotné montáži rola je k nosnému profilu přinýtován držák ve tvaru L. Tento držák slouží zároveň jako spojovací element. Skrze něj jsou jednotlivé pražce spojeny k sobě pomocí čepu, na jehož konci je valivé ložisko. Ložisko je uloženo v C profilu 40x40, po kterém se při otevírání nebo zavírání odvaluje. Odsunuté rolo se neukládá pod podlahu, ale podobně jako klasické bytové závěsy se v několika prověšeních ukládá na konci jámy.

5.1.3 DYNATEC – Německo/USA

Americko-Německá společnost Dynatec nabízí pod obchodním označením Steelflex speciální pružný kryt na montážní jámy. Know-how tohoto řešení spočívá v pružné vrstvě s protiskluzovými pásky. Pružná ocelová vrstva je na spodní straně vyztužená hliníkovými profily. Takto tvořený kryt se pak jednoduše odvíjí nebo navíjí na buben umístěný na konci montážní jámy, podobně třeba jako textilie na kartonové role. Rolo je poháněno buď ručně, elektromotorem nebo pneumatickým motorem. Maximální zatížení při rozteči podpor 1000 mm je 3000 kg/m².



Obrázek 7 - Dynatec – SteelFlex [10]

5.2 Patentový průzkum

Patentová rešerše byla provedena pomocí několika patentových databází. Národní databáze ČR, spadající pod úřad průmyslového vlastnictví nenabídla žádné relevantní výsledky k dané problematice. Dále byla prozkoumána celosvětová databáze Espacenet a také databáze Google Patents. Následující nejzajímavější výsledky jsou tudíž prezentovány pouze z těchto dvou databází. Bylo vyhledáváno pomocí klíčových slov, dle mezinárodního třídění, byly použity filtry pro odstranění nežádoucích výsledků a bylo také hledáno pomocí zobecnění a generalizace výrazu na obecné zakrytí rovné plochy aj., pro inspiraci napříč obory.

Pro „zakrytí montážní jámy“, bylo v mezinárodním patentovém třídění, který dle Štrasburské dohody hierarchicky uspořádává patenty do jednotlivých kategorií, přiřazeno IPC E04H5/06. Pod tímto kódem bylo nalezeno 1001 patentů. V rámci průzkumu bylo blíže prozkoumáno 41 patentů z tohoto výběru a jejich seznam je v příloze D. V rámci dalšího zkoumání kyberprostoru a řešení adaptačních problémů, byly prozkoumány další patenty. Tyto patenty se sice nezabývají problematikou zakrytování montážních jam, ovšem jsou „bezdnou studnou“ při tvorbě myšlenek a nových podnětů, při generování nového řešení.

Dílčí závěr

Na základě patentové rešerše a analýzy konkurenčních řešení byly zjištěny následující axiomy. Všichni hlavní dodavatelé, zabývající se touto problematikou, mají svá řešení chráněná patentem. Každý z nich má jiný princip uložení, jiné spojení jednotlivých nosných segmentů, jiný pohon a z toho vyplývající konstrukční řešení, které je vždy jedinečné, pro tu danou firmu. Firma Ingtop nemá sice svoje řešení patentově chráněné, ale má také svoje vlastní řešení. Hlavním znakem řešení firmy Ingtop je uložení celého rola pod podlahou jámy. Tento hlavní rys vychází z původních německých patentů. Právě Němci byli takovými průkopníky v tomto oboru a řešení firmy Ingtop, díky spolupráci v 90 letech, vyplývá z těchto původních patentů.

6 Metody systematické kreativity

Při hledání nového řešení, je nebezpečí setrvačnosti v myšlení, které tvoří bariéru při cestě k novému. Každý člověk má zažité určité paradigma, kterým se řídí. Učíme se jej od malička a nepřemýšlíme o nich. (umýt se – obléci se – nasnídat se atd.). [3]. Tyto bariéry nám neumožňují překročit vektor psychologické setrvačnosti a přejít tak k novému a nepoznanému. Existují konvenční metody, jako Brainstorming nebo například Paretová analýza, které mohou pomoci při řešení problému, ovšem ty nás stále drží „v jedné hlavě“. V této práci byly použity zejména pokročilé metodiky systematické kreativity TRIZ, která vede uživatele od neurčitého problému, přes detailní rozbor až k návrhům variant řešení. [3]

V této kapitole byl TS rola zkoumán několika nástroji, které zasahují nad rámec této diplomové práce, a proto byly tyto nástroje umístěny do několika příloh. Z této kapitoly byl nicméně sestaven dílčí závěr, který stručně shrnuje nalezené poznatky. Pro detailnější prozkoumání jednotlivých nástrojů prosím přejděte na jednotlivé přílohy viz. níže.

Příloha E a F – Model komponent TS rola

Příloha G – Trimming

Příloha H – Technický rozpor

Příloha I – Fyzikální rozpor

Dílčí závěr

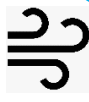
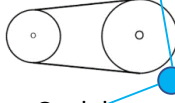
Na základě dekompozice technického systému (TS) rola, viz. příloha E a F, byly zjištěny nedostatky a slabé stránky současného řešení. Při použití terminologie funkční objektové analýzy, byly nalezeny užitečné, škodlivé, nadbytečné a nedostatečné funkce. Vstupem pro další zkoumání byly lokalizovány především nedostatečně a nadbytečně plněné funkce. Jde především o funkce čep spojuje pražce a pojezdový váleček drží čep. V příloze G jsou pak tyto špatně plněné funkce zkoumány nástrojem Trimming. Ten napomáhá formulovat specifické a cílené zadání. V našem případě zní zadání zformulované pomocí Trimmingu takto: Jak upravit pražce, aby se spojovaly samy? Na základě specifického zadání byl zformulován technický rozpor viz. příloha H. Pro překonání stanoveného technického rozporu byly nalezeny čtyři invenční principy. Tyto

principy pak byly použity při tvorbě konceptů v kapitole 7. V rámci dalšího zkoumání a zdokonalování TS rola, byl definován fyzikální rozpor viz. příloha I. Z fyzikálního rozporu byl definován ideální konečný výsledek.

7 Návrhy konceptů inovovaného výrobku

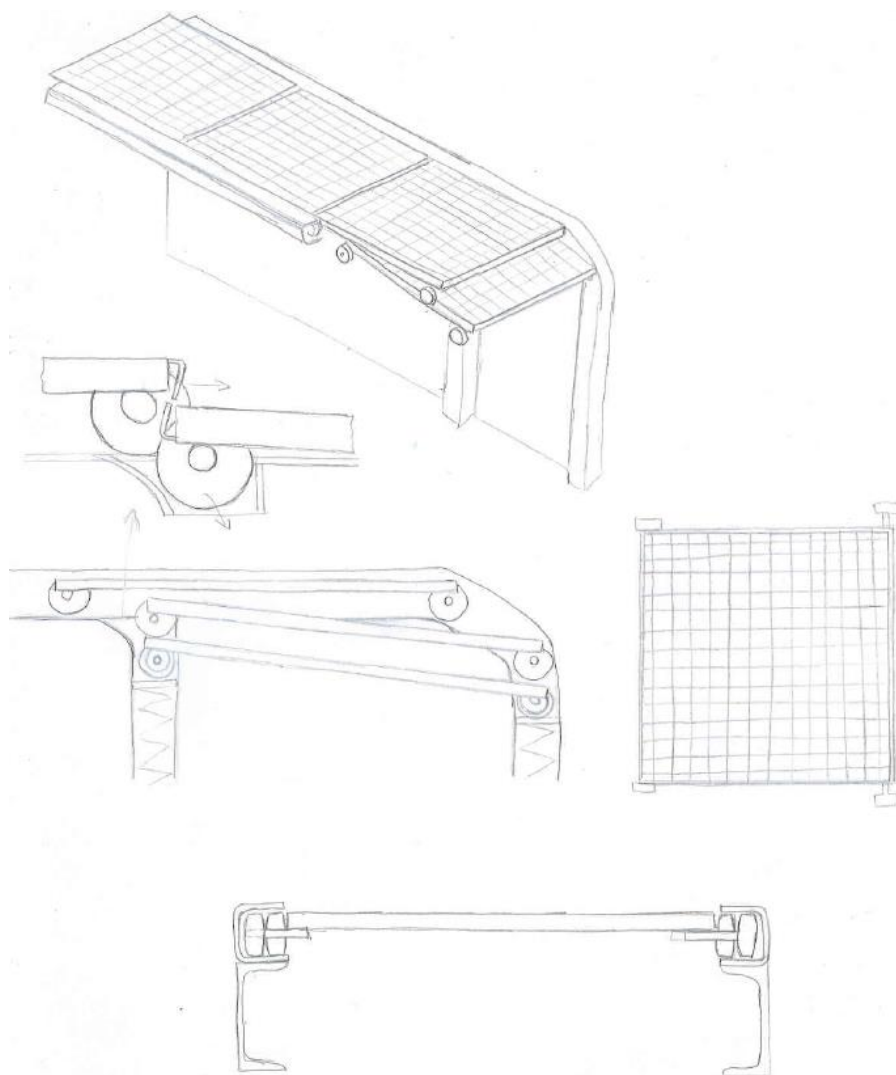
7.1 Morfologická matice

Při hledání nových řešení jednotlivých funkcí, které tvoří celý TS rola bylo nalezeno několik způsobů a možností, jak daný problém řešit. Pro přehlednou orientaci v možnostech byla vytvořena morfologická matice. Tato matice byla plněna v průběhu celé počáteční fáze projektu až doposud. Zejména pak analýzou konkurenčních produktů, analýzou inovačních příležitostí, patentovým průzkumem, metodikami systematické kreativity, průzkumem kyberprostoru aj. Z matice pak byly „poskládány“ jednotlivé koncepty.

	Funkce	Možnosti řešení			
A	pohon zakrytování	IV. 	II.  Automatický 	III. 	I.  Manuální 
B	Zdroj síly	 Elektromotor	 Hydromotor	 Pneumotor	 Lidská síla
C	přenos síly	 Řetězový převod	 Ozub. Hřeben	 Ocel. lano	 Lidská paže
D	materiál pražce	 40 FE ocel	 41 ALU Hliník	 Kompozitní	
E	místo uzložení zakrytování	 Pod podlahou	 Na konci jámy	 Vně jámy	
F	způsob uložení pražců	 Za sebou	 Stohování	 "Leporelo"	
G	způsob spojení pražců	 háčky	 tvarové spojení	 čep	
H	Kluzný element	 Ložisko	 Kladka (rolna)	 Murtfeld	 Kuličkový šroub

Obrázek 8 - Morfologická matice [vlastní]

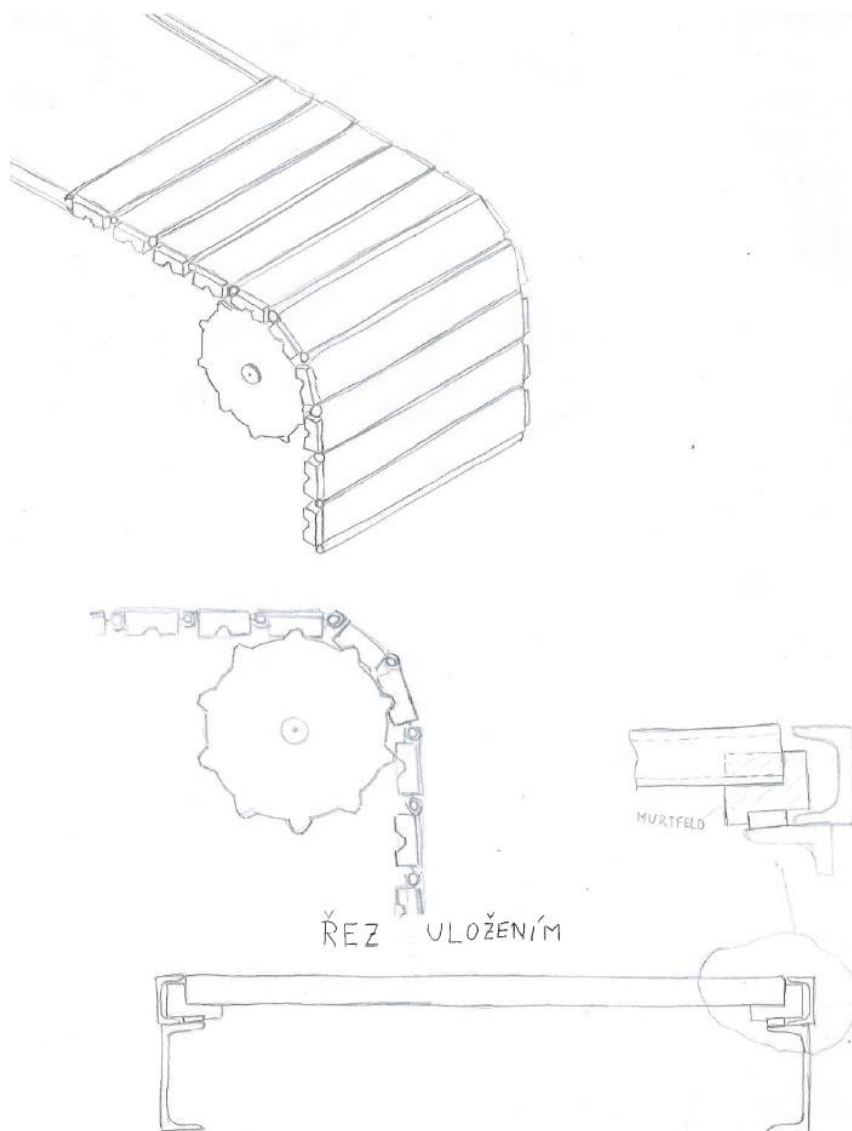
7.2 Koncept I



Obrázek 9 - Koncept I [vlastní]

Nosný prvek se stává z kompozitních roštů (může být i plný materiál), který je vsazen do svařeného ocelového rámečku z normalizovaných profilů. Plocha pražce je zvětšena na 1x1m. Princip uložení jednotlivých pražců je na konci jámy, kde se skládají tzv. „do komínku“. Výhodou je velmi nízká hmotnost na metr čtvereční. Princip ukládání jednotlivých pražců je následující. Přední uložení je letmé s větší roztečí pojezdových ložisek. Přední náprava tudíž projede do zadní části, zadní náprava propadne do předního otvoru. Na základě zvyšování hmotnosti přibývajících pražců budou již uložené pražce klesat dolu a další se budou ukládat výše. Při otevírání bude princip opačný. Tento koncept je bez automatického pohonu. Otevírání a zavírání provádí obsluha díky vyvinutí síly na poslední pražec. Pražce jsou k sobě spojené jednoduchými háčky, které se při propadnutí na konci jámy vyháknou, popř. zaháknou při otevírání.

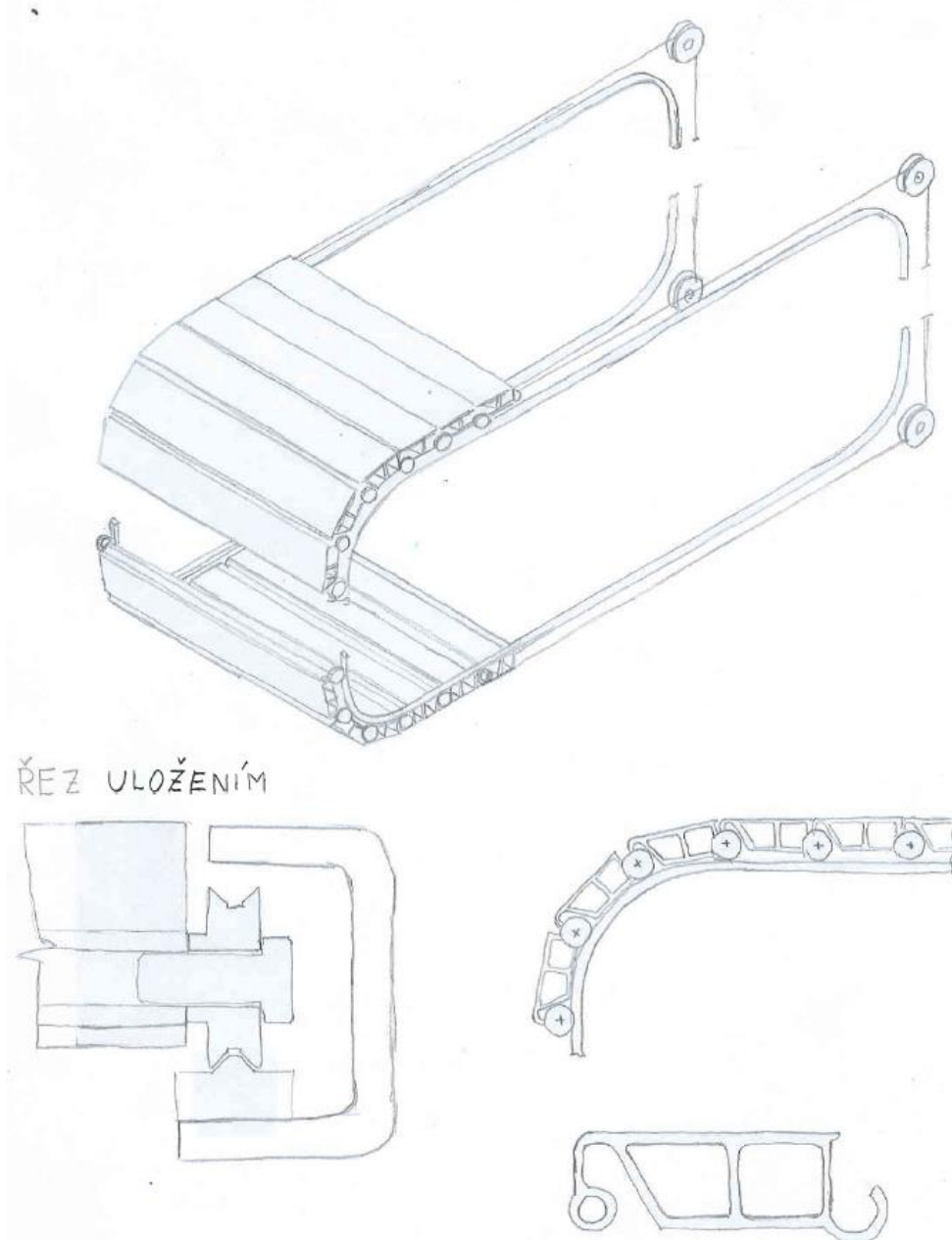
7.3 Koncept II



Obrázek 10 - Koncept II [vlastní]

Koncept II se stává z protlačovaných hliníkových profilů, které mají v sobě zámky a umožňují jednoduché nasunutí a spojení jednotlivých pražců k sobě. Uložení pražců zprostředkovává murtfeldová kostka, která je nasunutá ze strany hliníkového profilu a umožňuje smýkání pražce po pojezdové nerezové kolejnici. Tato kostka má také osazení, které se opírá o již zmíněnou kolejnici a neumožňuje tak vyjetí do strany. Pro samotnou montáž stačí nasunout jednotlivé pražce do sebe a z obou stran profilu nasunout kostku z murtfeldu. Pohon rola zajišťuje elektromotor s převodovkou. Přes hřídele se kroutící moment přenáší na ozubená kola. Zuby ozubeného kola zapadají do prolisu v hliníkovém pražci a posouvají celé rolo vpřed a vzad.

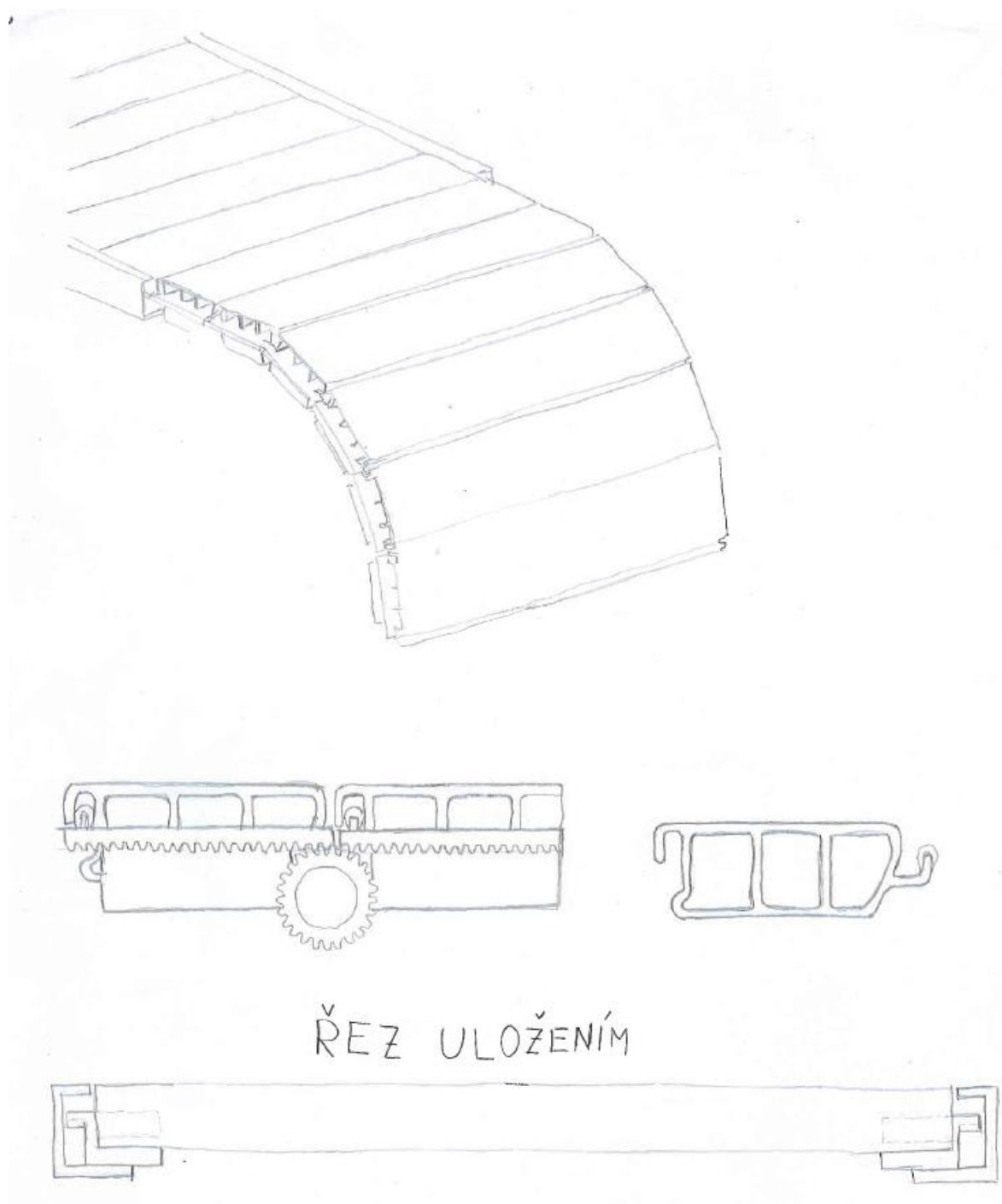
7.4 Koncept III



Obrázek 11 - Koncept III [vlastní]

Materiál pražce konceptu III se také stává z hliníkové slitiny, která zaručuje velmi nízkou hmotnost oproti ocelové konstrukci. Spojení jednotlivých pražců je díky tvarovému zámku. Svoji konstrukcí je spojení velmi ohebné a nepotřebuje velký rádius pro zatočení. Uložení je letmé, každý pražec je na obou stranách uložen na rolnách. Každá rolina je připevněna pomocí čepu. Na první a poslední pražec je připevněno ocelové lano, které celé rolo pohání. Toto spojení zároveň také tlumí ráz, který vzniká při rozjezdu rola.

7.5 Koncept IV

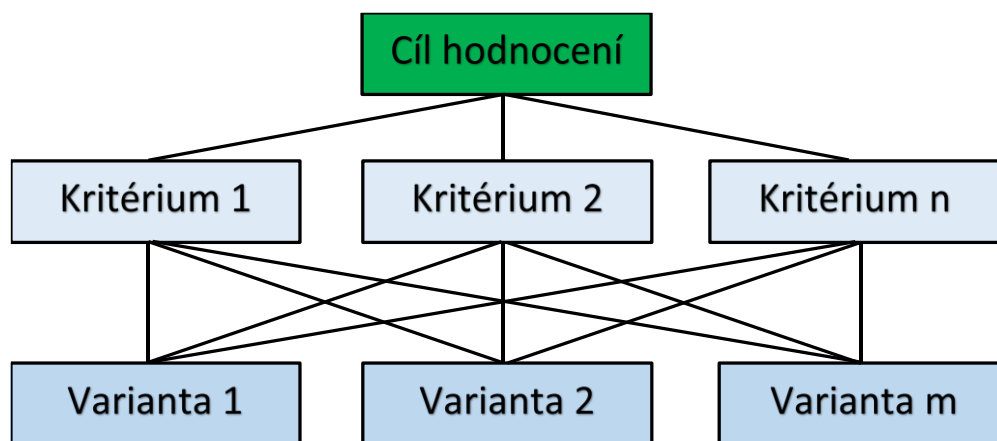


Obrázek 12 - KONCEPT IV [vlastní]

Koncept IV je poslední v řadě, který je také postaven na výrobě customizovaného hliníkového profilu. Spojení je díky jednoduchým háčkům. Na jeden z nich je nasunutý tlumící gumový element, který tlumí nežádoucí hluk a vibrace. Uložení a smýkání je zprostředkováno pomocí murtfeldu, který je nasunutý ze strany pražce. Na něm se také nachází ozubený hřeben, který pohání pražce vpřed, případně vzad.

8 Systematické zhodnocení konceptů metodou AHP

Pokud chceme alespoň částečně potlačit subjektivitu při výběru vítězné varianty a nechceme se řídit pouze vnitřním hlasem, měli bychom využít některou z metod pro systematické zhodnocení konceptů. Při výběru vhodného řešení se také obvykle setkáváme s tím, že výsledek musí vyhovovat více kritériím. Pro tento účel bude použita metoda AHP, která nám pomůže najít koncept, jenž nejlépe naplňuje stanovený cíl.



Obrázek 13 - struktura AHP [vlastní]

Pro jednoduché nastínění této metodiky se lze opřít o fakt, že rozhodovací problém je možné znázornit jako hierarchickou strukturu. V našem případě má tato struktura tři úrovně. Na nejvyšší úrovni se nachází cíl hodnocení. Z cíle rozhodování vyplívá druhá úroveň v podobě hodnotících kritérií. Na nejnižší úrovni se nachází jednotlivé varianty. Jednotlivá kritéria se nejprve porovnávají mezi sebou. Na základě toho nám vznikne váha každého kritéria. Následně porovnáváme jednotlivé varianty mezi sebou podle jednotlivých kritérií.

8.1 Volba kritérií

Na základě cílů projektu byly stanoveny jednotlivá kritéria.

K1 – celková hmotnost zakrytí na běžný metr [kg]

Jedním z hlavních cílů tohoto projektu bylo snížit hmotnost TS rola, proto prvním porovnávacím kritériem je celková hmotnost zakrytí na běžný metr. Důvod, proč porovnáváme hmotnost zakrytí na běžný metr, a nikoliv hmotnost jednoho pražce je prostý. Různé koncepty mají různé velikosti pražců, a proto by toto kritérium nebylo vypovídající. Z logiky věci by pak měli výhodu varianty s menší šířkou pražce.

K2 – výrobní náklady [Kč]

Náklady na výrobu běžného metru TS rola. Výrobní náklady z velké části určují konečnou prodejní cenu TS rola.

K3 – Únosnost rola [kg]

Únosnost rola při plošném zatížení 200x200mm, což imituje zatížení vzduchové pneumatiky osobního automobilu.

K4 – Čas potřebný pro výrobu a montáž [min]

Potřebný čas pro výrobu běžného metru rola a jeho implementaci do montážní jámy v hodinách.

Tabulka 8 - Specifikace kritérií

	K1 [kg]	K2 [Kč]	K3 [kg]	K4 [hod]
KONCEPT I	30	30 000	3 000	8
KONCEPT II	60	29 000	7 500	1
KONCEPT III	60	29 000	1 500	16
KONCEPT IV	70	32 000	7 500	2
STÁVAJÍCÍ ŘEŠENÍ	130	29 000	5 000	32

8.2 Porovnání jednotlivých kritérií

Pro porovnání kritérií z hlediska toho, které je významnější a jak moc je významnější, nám slouží Saatyho škála. V tabulce 9 je přehledně zobrazena včetně slovního popisu. Stejnou hodnotící škálou pak budeme následně porovnávat jednotlivé koncepty mezi sebou.

Tabulka 9 - Saatyho škála

Hodnotící stupeň	Porovnání prvků A a B, A je než B	vysvětlení
1	stejně významný	oba prvky přispívají stejnou měrou k cíli
3	mírně významnější	úsudek mírně preferuje první prvek před druhým
5	silně významnější	silná preference prvního prvku před druhým
7	velmi silně významnější	velmi silná preference prvního prvku před druhým
9	extrémně významnější	skutečnosti upřednostňující první prvek před druhým mají nejvyšší stupeň průkaznosti

Po párovém porovnání jednotlivých kritérií mezi sebou je nutné vypočítat hodnotu geometrického průměru b_i všech řádků matice.

$$b_i = \sqrt[n]{\sum_{j=1}^n S_{ij}}$$

Dále pak hodnoty normalizovaných geometrických průměrů, které se vypočtou jako:

$$v_i = \frac{b_i}{\sum_{i=1}^n b_i}$$

Pro zpětnou kontrolu matice se stanovuje index konzistence. Tento index hlídá, zda byl dodržen smysl hodnocení jednotlivých kritérií a je sestaven bez zjevných chyb a protirečení. Například pokud je první kritérium 2x významnější než kritérium dvě a kritérium dvě je 3x významnější než kritérium tři, musí platit, že kritérium jedna je 6x významnější než kritérium tři.

$$Cl = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1}$$

Pro výpočet indexu konzistence je nutné nejprve stanovit největší vlastní číslo matice λ_{max} , které se vypočítá jako:

$$\lambda_{max} = \sum_{i=1}^n \frac{(S \cdot \vec{g})_i}{n \cdot g_i}$$

Tabulka 10 - Tabulka párového porovnání kritérií

K_i	K1	K2	K3	K4	b_i	v_i
K1	1	1/5	1/3	1	0,5081	0,090740741
K2	5	1	5	7	3,6371	0,62037037
K3	3	1/5	1	3	1,1583	0,207407407
K4	1	1/7	1/3	1	0,4671	0,081481481

Vlastní číslo matice $\lambda_{max} = 4,121$. Index konzistence $Cl = 0,0403 < 0,1$.

→ Konzistence matice je v pořádku.

Tabulka 11 - Matice párového porovnání podle kritéria K1

KONCEPT	I	II	III	IV	b_i	v_i
I	1	3	3	5	2,5900	0,553571429
II	1/3	1	1	3	1,0000	0,18452381
III	1/3	1	1	3	1,0000	0,18452381
IV	1/5	1/3	1/3	1	0,3861	0,077380952

Vlastní číslo matice $\lambda_{max} = 4,043$. Index konzistence $Cl = 0,0145 < 0,1$.

→ Konzistence matice je v pořádku.

Tabulka 12 - Matice párového porovnání podle kritéria K2

KONCEPT	I	II	III	IV	b_i	v_i
I	1	1/3	1/3	3	0,7598	0,133173844
II	3	1	1	5	1,9680	0,399521531
III	3	1	1	5	1,9680	0,399521531
IV	1/3	1/5	1/5	1	0,3398	0,067783094

Vlastní číslo matice $\lambda_{max} = 4,043$. Index konzistence $Cl = 0,0145 < 0,1$.

→ Konzistence matice je v pořádku.

Tabulka 13 - Matice párového porovnání podle kritéria K3

KONCEPT	I	II	III	IV	b_i	v_i
I	1	1/5	3	1/5	0,5886	0,113422605
II	5	1	7	1	2,4323	0,418964876
III	1/3	1/7	1	1/7	0,2872	0,048647643
IV	5	1	7	1	2,4323	0,418964876

Vlastní číslo matice $\lambda_{max} = 4,073$. Index konzistence $Cl = 0,0244 < 0,1$.

→ Konzistence matice je v pořádku.

Tabulka 14 - Matice párového porovnání podle kritéria K4

KONCEPT	I	II	III	IV	b_i	v_i
I	1	1/5	3	1/3	0,6687	0,137987013
II	5	1	7	3	3,2011	0,523268398
III	1/3	1/7	1	1/5	0,3124	0,061147186
IV	3	1/3	5	1	1,4953	0,277597403

Vlastní číslo matice $\lambda_{max} = 4,117$. Index konzistence $CI = 0,0389 < 0,1$.

→ Konzistence matice je v pořádku.

Tabulka 15 - Vyhodnocení priorit konceptů

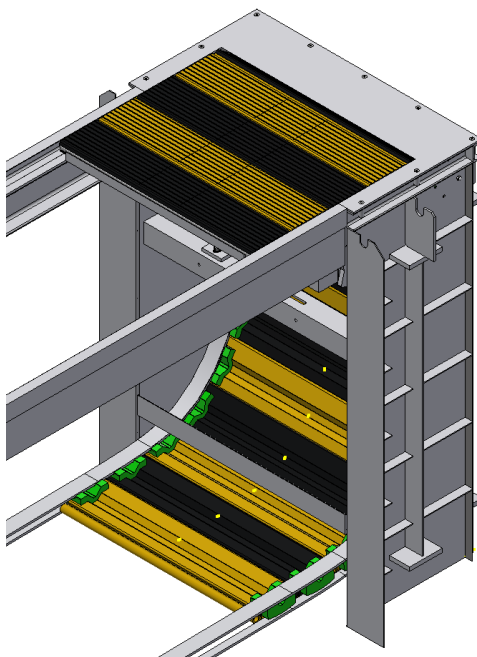
	PRIORITA	POŘADÍ
KONCEPT I	0,1676167	3
KONCEPT II	0,3941283	1
KONCEPT III	0,2796674	2
KONCEPT IV	0,1585877	4

Z analýzy AHP nejlépe vychází koncept II. V další kapitole bude proto rozpracován.

9 Rozpracování vítězné varianty

9.1 3D vítězné sestavy

Vítězný koncept byl zpracován v programu Autodesk Inventor Professional 2020. Konstrukce je navržena tak, aby splnila parametry navržené při zpracování QFD a také parametry vycházející ze zadání projektu. Zejména bylo nutné dodržet čistou pracovní šířku jámy. Design přístavku rola byl zachován, nicméně byly provedeny nepatrné změny v uložení pohonu a v bočním vedení.



Obrázek 14 - Přístavek rola s hliníkovými pražci

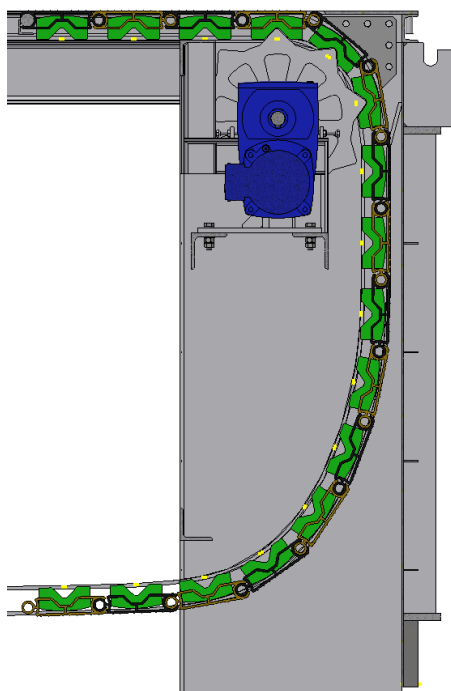
9.2 Uložení hliníkových pražců

Na obrázku 19 můžeme vidět řez uložením. Spodní nosný profil U120 je původním profilem montážní jámy a není proto nutné nijak stávající konstrukci upravovat. Na něj je přivařen profil U80 a přišroubovaná nerezová pojezdová kolejnice. Vůle mezi hliníkovým pražcem a krycím profilem U80 je 4 mm.



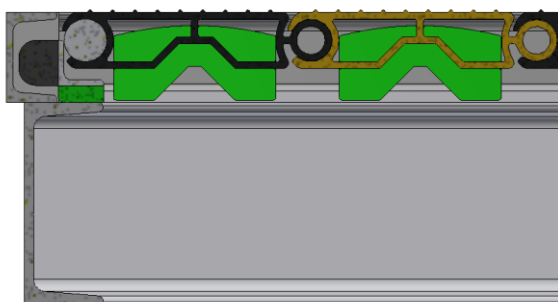
Obrázek 15 - Řez uložením [vlastní]

Na obrázku 16 můžeme vidět řez přístavkem rola. Při otevírání montážní jámy zajíždí pražce pod podlahu. Po celou dobu jsou směrovány pomocí přivařeného vedení na bocích jámy a přístavku.



Obrázek 16 - Řez přístavkem montážní jámy

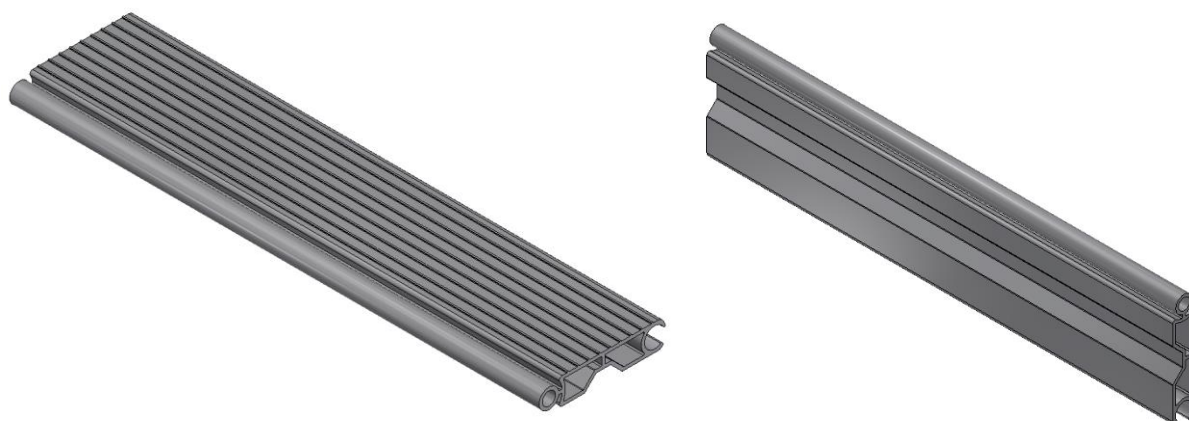
Na obrázku 17 můžeme vidět uložení prvního pražce v koncové poloze, respektive při úplném zavření rola. Do prvního pražce je vsunutý koncový díl. Koncový díl je hliníkový svařenec dvou normalizovaných profilů, na který je z čelní strany přišroubovaná tlačítková lišta. Na spodní straně koncového dílu je přišroubovaná murtfeldová dosedací lišta, jenž slouží k podepření prvního pražce a rozložení síly do obou stran při zatížení. Díky tomu je garantováno maximální možné zatížení po celé délce zakrytí.



Obrázek 17 - Koncová poloha prvního pražce

9.3 Nosný profil

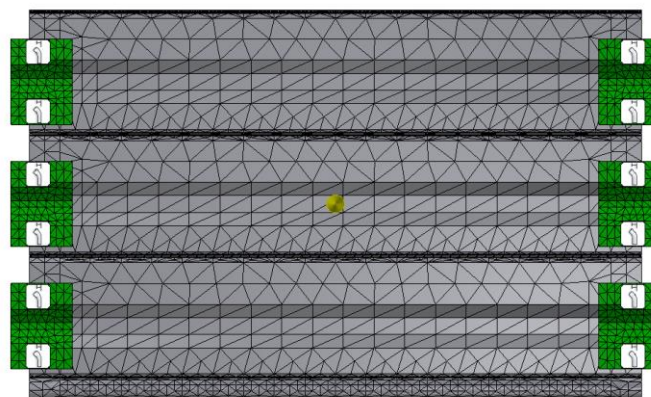
Nosný profil byl vymodelován tak, aby ho bylo možné vyrábět technologií protlačování. Zároveň byly v profilu vytvořené spojovací „zámky“, díky nimž se jednotlivé pražce jednoduše spojí k sobě. Dalším charakteristickým rysem vycházejícím z konceptu je prolis ve spodní části, do kterého bude zapadat zub ozubeného kola. Tento prolis také vyztužuje profil po celé jeho délce. Byla zvolena hliníková slitina EN AW-6005A (EN 573-3), která je tepelně zpracovatelná, má velmi dobré vytlačovací vlastnosti a vynikající odolnost proti korozi. Na horní straně pražce byly vymodelovány protiskluzové proužky.



Obrázek 18 - Extrudovaný hliníkový pražec [vlastní]

9.3.1 Pevnostní kontrola pražce

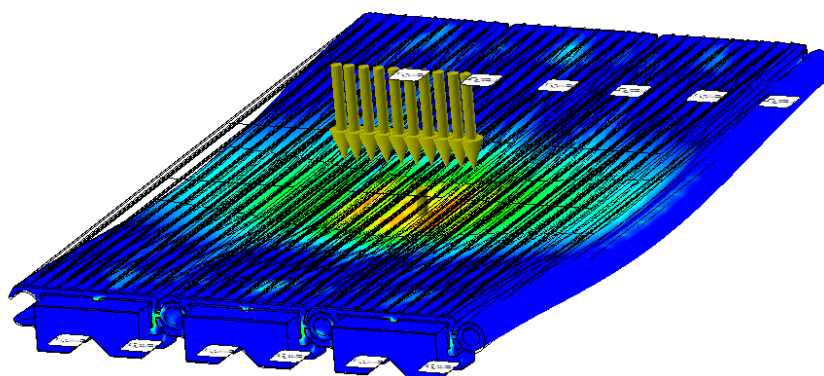
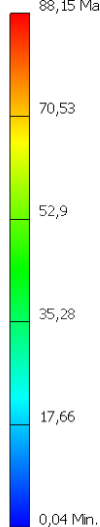
Pevnostní analýza pražce byla provedena přímo v programu Autodesk Inventor Professional 2020. Pražec byl namáhán maximální silou 7500 kg na roznášecí ploše 200x200 mm, což simuluje zatížení jednoho kola nákladního automobilu. Maximální namáhání pražce nastane, pokud bude pražec zatěžován tímto zatížením přesně vprostřed, v maximální vzdálenosti od obou podpor. Pro simulaci zatížení posloužil model se třemi pražci a jejich uložením na murtfeldových kostkách. Díky tvarovému pospojení jednotlivých pražců je také uvažováno, že se zatížení roznese na okolní pražce a dojde k rozložení síly. Na murtfeldu byla vymodelována oblast, která svými rozměry odpovídá rozměrům uložení na nerezové kolejnici. Do těchto oblastí byly zaneseny okrajové podmínky typu pevná vazba viz. obrázek 19.



Obrázek 19 - Okrajové podmínky

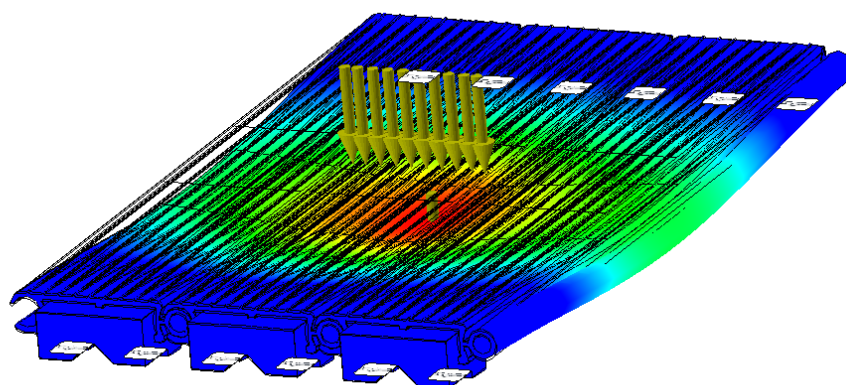
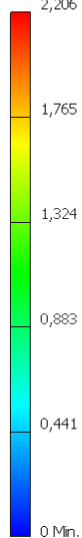
Výsledné hodnoty jsou prezentovány na obrázku 20, kde je zobrazeno maximální napětí von Mises, které je založeno na teorii von Mises-Hencky a na obrázku 21, kde je maximální prohnutí hliníkového profilu. Maximální hodnota napětí byla necelých 90 MPa a maximální posunutí 2,2 mm. Tento výpočet sloužil spíše pro první kontrolu a v předvýrobní fázi bude ještě provedeno posouzení a optimalizace externí firmou, pro maximální využití materiálu a ušetření nákladů.

Typ: Napětí Von Mises
Jednotka: MPa
20.4.2021, 9:40:00
88,15 Max.



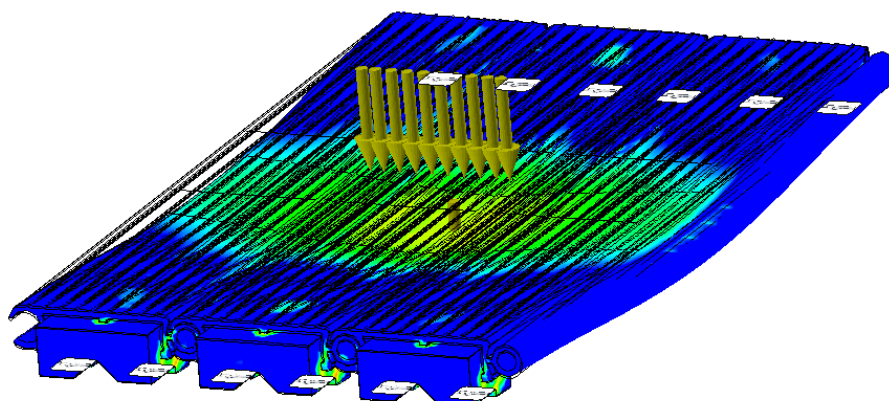
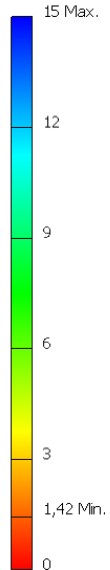
Obrázek 20 - Napětí Von Mises [vlastní]

Typ: Posunutí
Jednotka: mm
20.4.2021, 9:40:25
2,206 Max.



Obrázek 21 - Maximální posunutí nosníku [vlastní]

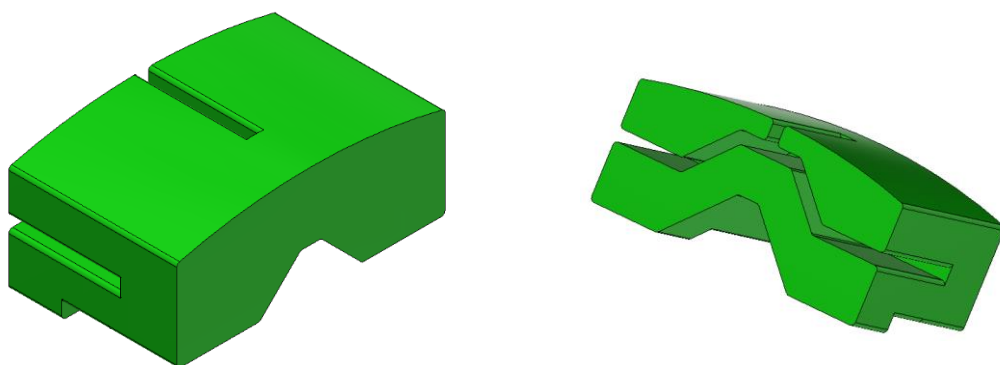
Typ: Součinitel bezpečnosti
Jednotka: ul
20.4.2021, 9:40:42
15 Max.



Obrázek 22 - Součinitel bezpečnosti [vlastní]

9.4 Murtfeldové vedení

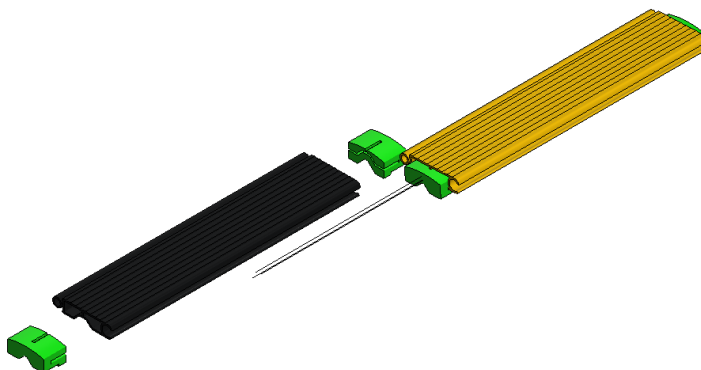
Murtfeld je obchodní označení pro ultravysokomolekulární nízkohustotní polyethylen (PE-UHMW). Hlavním úkolem murtfeldu je umožnit smýkání po nerezové kolejnici a posouvat tak hliníkové zakrytování. Tento druh polyethylenu je k tomuto účelu více než vhodný, protože je vysoce ošetravzdorný, dokonce v abrazivním prostředí a má vynikající kluzné vlastnosti. Odolává chemikáliím a je také elektrický izolant. Tvar murtfeldu je téměř ze všech stran dán svojí funkcí a každý záhyb má svůj účel. Prolis ve spodní části je pro zub ozubeného kola. Zde murtfeld plní roli prostředníka přenosu síly tak, aby nedocházelo ke kontaktu kovu s kovem a nežádoucímu hluku. Dvě okolní spodní plošky jsou dosedací plochy, na kterých rolo sedí, pokud je v horní zavřené poloze. Po části horní plochy murtfeldu se pražec smýká, pokud se otočí ve strojovně o 180° a zajíždí pod podlahu. Při otáčení rola v přístavku je murtfeld směřován pomocí vodících profilů na stranách přístavku. Díky zaoblení horní plochy je možné takto uložené pražce hladce otáčet. Tento systém uložení je také od začátku navržen tak, aby co nejvíce zjednodušil montáž. Drážka v zadní části je určena pro jednoduché nasunutí do hliníkového profilu. Uložení je navrženo s mírným přesahem tak, aby murtfeld nevyjížděl do strany. Pro tento účel je také ve spodní části osazení, jenž se opře o pojezdovou kolejnici a neumožní vysunutí murtfeldu z pražce.



Obrázek 23 - Detail murtfeldového uložení [vlastní]

9.5 Instalace/ demontáž pražců

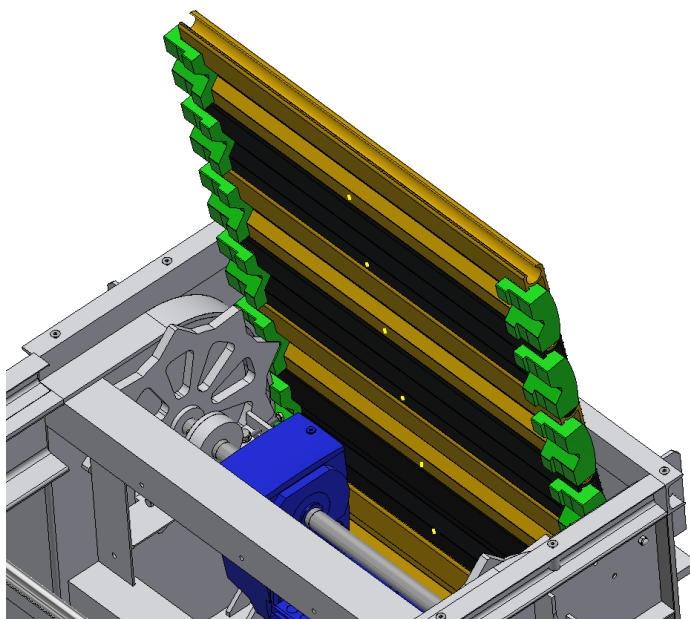
Instalace pražců je velice jednoduchá. V podstatě jde o sérii velmi jednoduchých úkonů, které montážní dělník musí vykonat. Nejprve ze strany hliníkového pražce nasune murtfeldové uložení. Levý a pravý kus je identický, takže nemůže dojít k záměně. Po zkompletování dvojice pražců je k sobě spojíme nasunutím do sebe viz. obrázek 24.



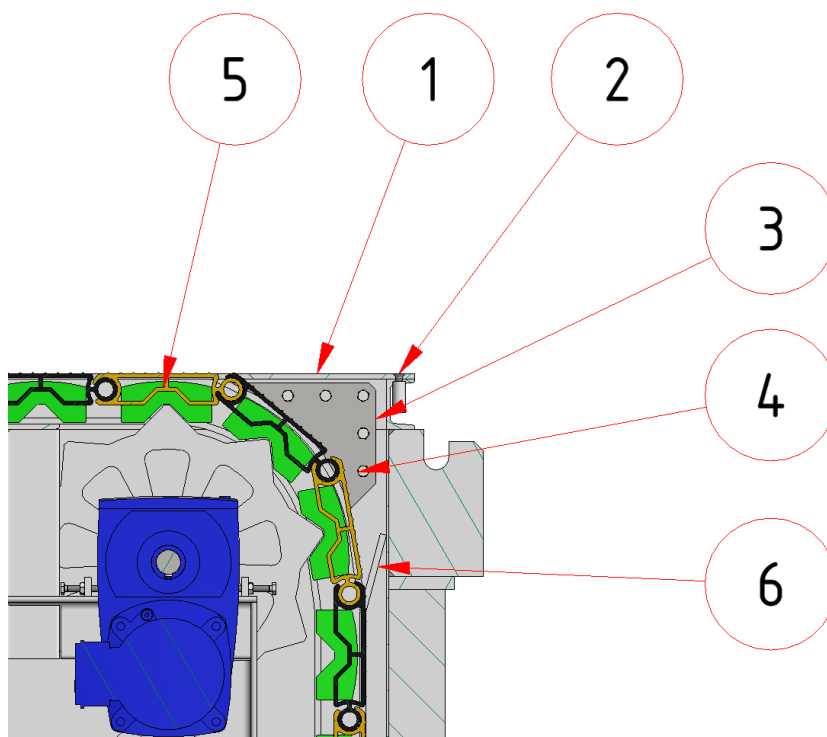
Obrázek 24 - Složení pražců [vlastní]

Po složení a pospojení 5 pražců vznikne set. Rolo se neinstaluje celé v kuse, ale po setech, aby se s nimi dalo dobře manipulovat. Složené sety se pomocí jeřábu nejprve spojí a poté nasouvají do vodících profilů v přístavku rola viz obrázek 25. Před nasouváním do přístavku je nutné odbrzdít brzdu elektromotoru. Po nasunutí posledního setu je ještě nutné nastavit rameno koncového spínače do správné polohy a přišroubovat odnímatelnou část vedení. Následuje už jen zakrytí celé strojovny krycím plechem.

Obrázek 25 - Vkládání setů do přístavku rola [vlastní]



Pro demontáž rola nejprve musíme odstranit krycí plech (1), který drží devět šroubů M10 s vnitřním šestihranem (2). Následně se otevře přístup do strojovny a je možné na obou stranách povolit odnímatelné vedení murtfeldu (3). Po odšroubování pěti šroubů M10 x 25 pozice (4) je možné vedení (3) odstranit. Poté je možné vytáhnout pražce (5) směrem vzhůru, ven z přístavku.



Obrázek 26 - Demontáž/instalace pražců [vlastní]

9.6 Výpočet pohonu rola

Pro zvolení správného pohonu potřebujeme určit krouticí moment a z něj výkon, díky němuž následně z katalogu vybereme vhodný elektromotor. Pro výpočet je nutné si uvědomit, že na celý systém působí jak smykové tření, tak čepové tření v rotační vazbě hřídele. Tyto pasivní odpory jsou v podstatě síly, které brání pohybu.

Výkon motoru vypočítáme ze vztahu 9.1.

$$P = \frac{F_v \cdot v_{max}}{\eta_c} [W] \quad (9.1)$$

Kde v_{max} je maximální rychlost pojezdu rola, dle zadání $v_{max} = 0,5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ a η_c je celková účinnost.

Maximální krouticí moment vypočteme dle vztahu:

$$M_{kmax} = F_v \cdot r [N \cdot m] \quad (9.2)$$

Kde r je kolmé rameno k ose otáčení. Pro nás je tato vzdálenost dána poloměrem roztečné kružnice ozubeného kola.

Výslednou obvodovou sílu F_v vypočítáme jako součet odporových sil působících proti pohybu rola.

$$F_v = i \cdot F_1 + F_2 + F_3 + F_4 [N] \quad (9.3)$$

Vstupní parametry pro výpočet:

Uvažovaná délka jámy – 20 m

Hloubka jámy – 1,5 m

Počet pražců pro zakrytí 20 m jámy $i = 100$ ks

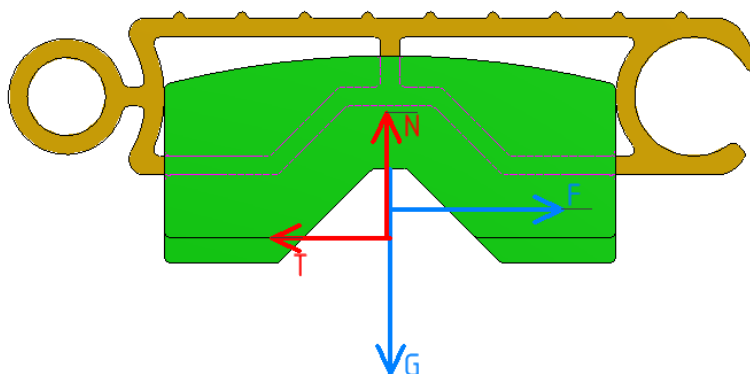
Hmotnost jednoho pražce $m_p = 12 \text{ kg}$

součinitele klidového tření μ_0 (PE-ocel) - $\mu_0 = 0,2$

Poloměr roztečné kružnice: $r = 245 \text{ mm}$

Odpor k překonání statické třecí síly pražce

Skutečné povrchy mají určitou drsnost a pokud neuvažujeme ideálně hladký povrch, vzniká mezi dvěma povrchy určitá adheze. Tyto faktory způsobují vznik statických třecích sil (za klidu) a třecích sil (za pohybu). K uvedení tělesa do pohybu musíme překonat tření za klidu, které má obvykle o 20-30% vyšší hodnotu než za pohybu.



Obrázek 27 - Uvolnění pražce [vlastní]

Aby došlo k prokluzu a murtfeld se začal pohybovat, musí být splněna podmínka:

$$F_1 \geq \mu_0 \cdot N \quad (9.4)$$

Síla F_1 musí být větší než násobek součinitele klidového tření μ_0 s normálovou silou N .

Tečná reakce se vypočítá ze vztahu:

$$T = \sum F_{ix} \quad (9.5)$$

Normálová reakce:

$$N = \sum F_{iy} \quad (9.6)$$

Odpor k překonání zavěšených pražců:

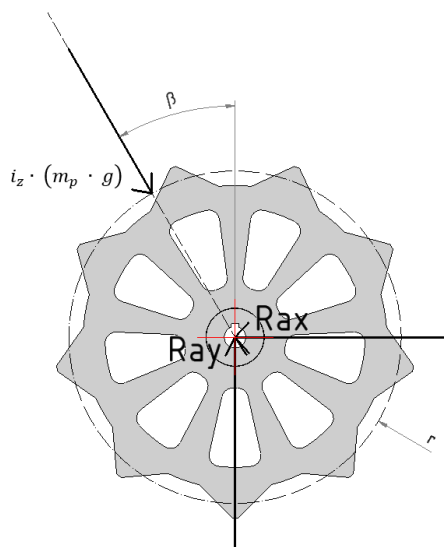
$$F_2 = i_z \cdot (m_p \cdot g) \quad (9.7)$$

Kde i_z je počet prověšených pražců v přístavku rola a m_p je hmotnost jednotlivých pražců.

Odpor způsobený čepovým třením v ložiskách hřídele:

$$F_3 = r_{\zeta} \cdot f_{\zeta} \cdot \sqrt{R_x^2 + R_y^2} \quad (9.8)$$

Kde r_{ζ} je poloměr čepu, f_{ζ} je součinitel čepového tření, R_x a R_y jsou reakce pánve ložiska na čep.



Obrázek 28 - Rozložení sil na ozubeném kole [vlastní]

Odpor způsobený výrobními a montážními nepřesnostmi

Tento odpor se nedá stanovit exaktní cestou. Proto se uvažuje empiricky stanovená hodnota 0,5 % z normálového zatížení pražce.

$$F_4 = 0,005 \cdot i \cdot (m_p \cdot g) \quad (9.9)$$

Dosažením do vztahu 9.3 vypočítáme výslednou sílu F_v .

$$F_v = i \cdot F_1 + F_2 + F_3 + F_4 = i \cdot \mu_0 \cdot (m_p \cdot g) + i_z \cdot (m_p \cdot g) + r_{\xi} \cdot f_{\xi} \cdot \sqrt{(m_p \cdot g \cos \beta)^2 + (m_p \cdot g \sin \beta)^2} + 0,005 \cdot i \cdot (m_p \cdot g)$$

$$F_v = 2354 + 1177 + 43 + 59 = 3628 \text{ N}$$

Dosažením do vztahu 9.2 vypočítáme maximální krouticí moment

$$M_{kmax} = F_v \cdot r = 3628 \cdot 0,245 = 889 \text{ N} \cdot \text{m}$$

Dosažením do vztahu 9.1 dostaneme potřebný výkon.

$$P = \frac{F_v \cdot v_{max}}{\eta_c} = \frac{3628 \cdot 0,5}{0,96} = 1890 \text{ W}$$

Na základě konstrukčního uspořádání v přístavku rola a vypočteného výkonu byla zvolena převodovka s motorem od firmy NORD, se kterou firma Ingtop dlouhodobě spolupracuje.

Označení: SK4282AG-100LBRE20H, 2,2 kW, IP55

Jedná se o plochou 2-stupňovou převodovku s dutou hřídelí a silent-bloky pro momentová ramena. Výkon 2,2 kW, maximální radiální síla $F_{R1} = 2400 \text{ N}$, maximální axiální síla $F_{A1} = 2700 \text{ N}$

10 Aplikace principů DFX

Metodiky DFX řeší různé problémy, které se mohou vyskytovat v různých fázích životního cyklu výrobku. Pod souhrnným označením DFX najdeme celou škálu metod. První dvě písmenka značí konstruování s ohledem na něco. Poslední písmenko je proměnná, která dodává, z jakého pohledu bude výrobek zkoumán. Například pod označením DFM (Design For Manufacturing) najdeme nástroj pro usnadnění a zjednodušení výroby.

Nově vznikající konstrukční řešení bylo již v průběhu vzniku optimalizováno z hlediska snadné montáže a demontáže a návrhy na další zjednodušení byly aplikovány v průběhu vzniku. Proto se nyní zaměříme především na zjednodušení výroby a montáže.

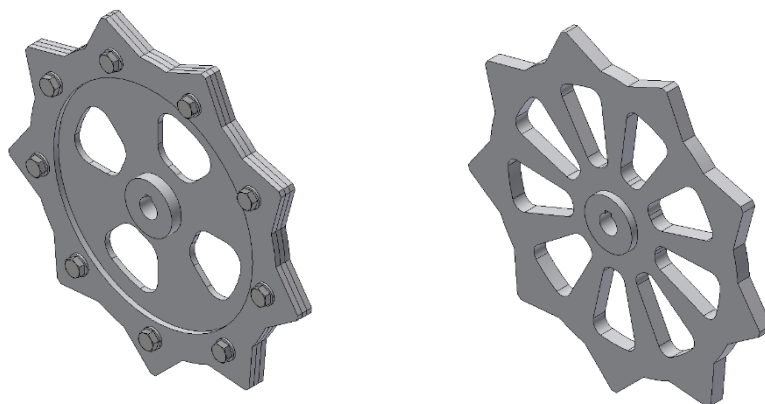
10.1 DFM

Metoda DFM je spíše o doporučeních a informacích o know-how jednotlivých technologií výroby, než aby šlo o jakýsi metodický postup. Tato obecná pravidla pak přispívají k vytvoření úspěšného konstrukčního návrhu. Hlavním cílem je ovšem dosažení nízkých výrobních nákladů. Těch lze dosáhnout, pokud se budeme držet 4 hlavních principů užívaných v DFM. Konstrukce by měla být jednoduchá, s malým počtem dílů a jednoduchými tvary. Dále by se mělo co nejvíce využívat standardních dílů a materiálů. Pokud se výrobek bude vyrábět ve více typových řadách, použít co nejvíce stejných komponent. V neposlední řadě pak nepředepisovat zbytečně velký stupeň přesnosti komponent, než je nezbytně nutný pro správnou funkčnost výrobku. [11]

10.1.1 Ozubené kolo

Ozubené kolo bylo původně navrženo tak, aby bylo co nejlehčí a zároveň aby si ho firma Ingtop mohla vyrábět sama. Původní návrh počítal s dvojicí krajních rozet a středového kola, které se spojí šroubovým spojem. Hlavním důvodem tohoto řešení bylo vyhnout se technologii frézování a vrtání ozubených kol, které jsou velmi časově náročné. Pouhým spojením těchto 3 komponent dojde k zvětšení šířky kola a zároveň má takto složené kolo vytvořené postranní vybrání. Tento konstrukční návrh ovšem vyžaduje velkou přesnost výroby děr pro spojení, aby nebyla žádná část odskočená a zuby na sobě přesně lícovaly. Finální ozubené kolo bude vypálené laserem z širšího polotovaru. Ozubené kolo bude tím pádem z jednoho kusu, nebude nutné ho

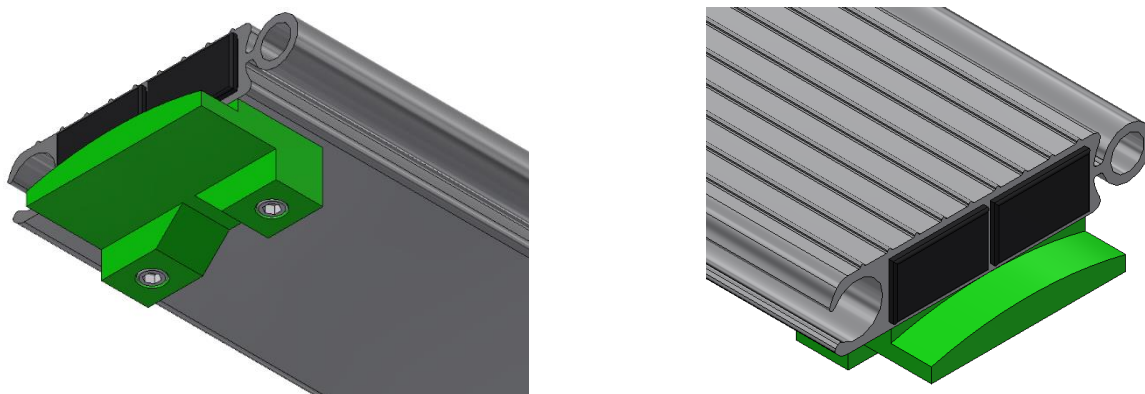
dále obrábět a bude mít dostatečně velkou šířku zubu. Dojde sice k mírnému nárustu hmotnosti oproti původnímu návrhu, nicméně zlepšení výroby a montáže je obrovské. Středový náboj pro připojení na hřídel bude v obou případech stejný a bude přivařen na ozubené kolo.



Obrázek 29 - Ozubené kolo před (vlevo) a po (vpravo) DFM [vlastní]

10.1.2 Murtfeldové vedení

Murtfeldové uložení je od začátku navrženo tak, aby co nejvíce zjednodušilo montáž. V rámci nástroje DFM byli provedeny úpravy, které by ještě více zjednodušily tvar murtfeldu a tím i jeho vysokou pořizovací cenu. Jeho tvarová složitost je dána především drážkou pro nasunutí do hliníkového pražce, která by se musela vyfrézovat tvarovou frézou. Na obrázku 21 je vidět nový systém uložení. Zrušením drážky a celé horní části murtfeldu se tvarová složitost zjednodušila, ovšem původní velice jednoduchá montáž se tímto zkomplikuje. Každé uložení musí být přichyceno dvěma šrouby s vnitřním šestihranem. Výrobní náklady obráběného murtfeldu se z původních 1000Kč snížily na čtvrtinu.



Obrázek 30 - Murtfeld po aplikaci DFM [vlastní]

Na základě zjištění výše, bylo hledáno další řešení, které by zachovalo výhodu snadné montáže a zároveň které by stlačilo výrobní náklady. Nakonec byla navržena výroba tvarově složitěho murtfeldu pomocí vstřikování plastů. Tato metoda má sice velmi vysoké počáteční náklady na formu, ale s výrobními náklady 91 Kč/ks, se při stávající poptávce vrátí investice do formy do dvou let.

11 Hodnotová analýza VA/VE

Technické systémy jsou navrženy tak, aby plnily určité funkce. Většinou mají nějakou hlavní funkci a pak řadu podružných funkcí, které podporují plnění hlavní funkce. Hodnotová analýza zkoumá komponenty TS a snaží se eliminovat ty, které nepřidávají produktu žádnou nebo malou hodnotu. Tím se zvyšuje hodnota celého TS a snižují se náklady na něj. Technika obecně směřuje k tomu, aby všechny systémy byly ideální. K ideálnosti se technický systém dostane tím, že zachová funkci systému, ale zároveň nemá žádnou komponentu (neexistuje).

V prvním kroku hodnotové analýzy byl vytvořen nákladový list jednotlivých komponent TS rola pro standartní délku jámy 20 m. Výroba pražců byla poptána u několika výrobců hliníkových profilů. Cenové nabídky se pohybovali na stejné cenové úrovni téměř u všech dodavatelů. Do ceny každého pražce jsou rozpočítány náklady za uvedení do výroby, při garantovaném ročním odběru. Převážně jde pak o náklady na vyrobení lisovacího trnu. Cena za vyrobení murtfeldu formou vstřikováním činí 91 Kč za kus. Elektromotor s převodovkou a brzdou byl poptán u stálého dodavatele. Náklady na nenakupované díly, jenž si firma Ingtop vyrábí sama, jsou součtem částky za hutní materiál a za práci, která bude potřebná k přetvoření na výsledný díl. Cena hutního materiálu se ovšem na burze den ode dne mění, a tak je tento nákladový list aktuální pouze v době psaní této práce.

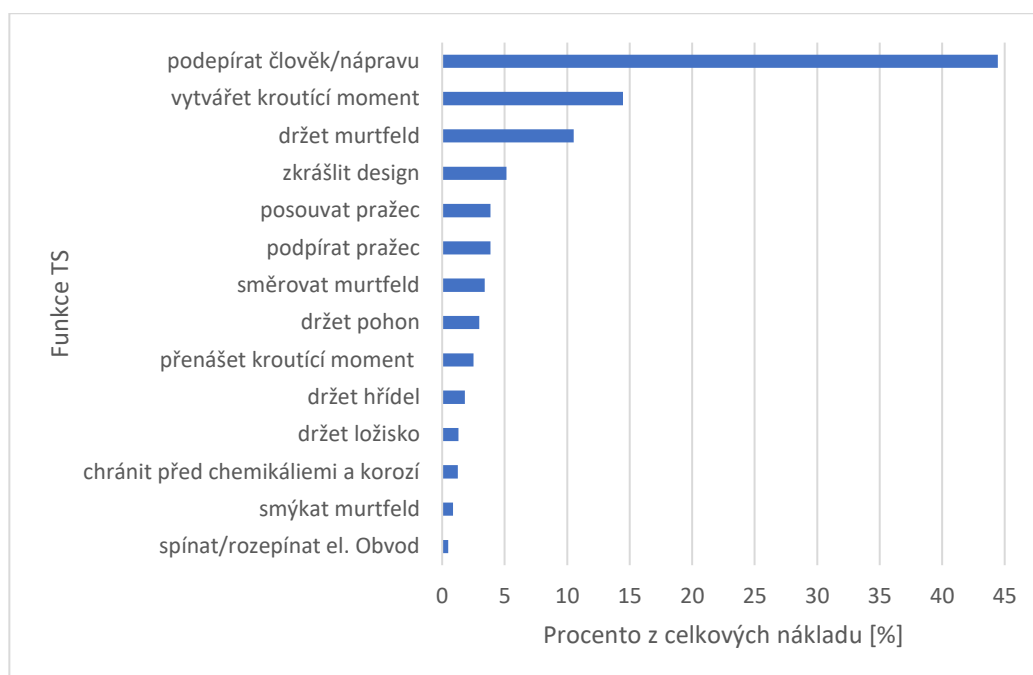
Tabulka 16 - Nákladový list

NÁKLADOVÝ LIST							
ITEM	POLOŽKA		Nákup	Materiál	Práce	Variabilní	CELKEM
Artikl	NÁZEV	KS/m	KČ	KČ	KČ	KČ	KČ
1.	Hliníkový pražec	100	1025				102500
2.	Murtfeldová kostka	200	100				20000
3.	Motor s převodovkou a brzdou	1	29000				29000
4.	Nerezové kolejnice	40		120	350		18800
5.	Ozubené kolo	2		300	600		1800
6.	Hřídel	1		300	1900		2200
7.	Ložiskové domky	2		250	1100		2700
8.	Ložiska	2	300				600
9.	vedení v přístavku	2		600	1400		4000
10.	vedení pod podlahou	2		2000	1050		6100
11.	Přístavek rola	1		3000	12000		15000
12.	Spojovací materiál	1	800				800
13.	Elektrika, zapojení + Koncové spínače	1		800	1200		2000
14.	Nátěry- vnější+vnitřní	1		600	1400		2000
	CELKEM		31225	7970	21000		207500

Následně byla vytvořena matice, kde byly porovnávány jednotlivé komponenty z hlediska plnění jednotlivých funkcí v TS. Pokud komponenta plní několik funkcí, musí se procentuálně rozdělit podle toho, která funkce je významněji plněna, která méně nebo rovnoměrně. Součet pak musí dát vždy celých 100 %. Následuje výpočet, kdy násobíme jednotlivé významnosti přímými náklady na jednotlivé komponenty a sčítáme je pro každou funkci. Výsledkem je procentuální ohodnocení toho, kolik z celkových nákladů stojí jednotlivé funkce.

Tabulka 17 - Nákladově funkční analýza

Č.	Položka/díl	KS	Přímé náklady	Funkce (aktivní sloveso - podstatné jméno)													
				poděpřít člověk/nápravu	Podpřít pražec	Posouvat pražec	Držet pohon	Chránit před chemikáliemi a korozi	držet hřídel	Přesášet kroutící moment	Směrovat murtfeld	Smýkat murtfeld	spřínat/rozeplnat el. Obvod	Zkreslit design	Vytvářet kroutící moment	držet murtfeld	držet ložisko
1.	Hliníkový pražec	100	102500	90	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0
2.	Murtfeldová kostka	200	20000	0	40	40	0	5	0	15	0	0	0	0	0	0	0
3.	Motor s převodovkou a brzdou	1	29000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	0	0
4.	Nerezové kolejnice	40	18800	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	0
5.	Ozubené kolo	2	1800	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	0	0	0	0
6.	Hřídel	1	2200	0	0	0	0	0	0	100	0	0	0	0	0	0	0
7.	Ložiskové domky	2	2700	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8.	Ložiska	2	600	0	0	0	0	0	100	0	0	0	0	0	0	0	100
9.	vedení v přístavku	2	4000	0	0	0	0	0	0	0	0	100	0	0	0	0	0
10.	vedení pod podlahou	2	6100	0	0	0	0	0	0	0	0	50	0	0	0	50	0
11.	Přístavek rola	1	15000	0	0	0	40	0	20	0	0	0	0	0	0	0	0
12.	Spojovací materiál	1	800	0	0	0	20	0	20	0	0	0	0	0	0	0	0
13.	Elektrika, zapojení, koncové spínače	1	2000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	50	0	50	0
14.	Nátěry- vnější+vnitřní	1	2 000	0	0	0	0	80	0	0	0	0	0	20	0	0	0
CELKEM				92250	8000	8000	6160	2600	3760	5200	7050	1800	1000	10650	30000	21850	2700
CELKOVÉ NÁKLADY:				44,458	3,8554	3,86	2,969	1,253	1,812	2,506	3,4	0,867	0,48	5,1325	14,46	10,53	1,3



Obrázek 31 - Náklady na plnění funkcí

Dílčí závěr:

Funkčně nákladová analýza nám označila jako nejnákladněji plněnou funkci „držet člověk/držet nápravu“, s hodnotou 44,5 % z celkových nákladů. Tento výsledek je naprosto správný, jelikož tato funkce je hlavní funkcí tohoto TS a logicky by mělo co nejvíc nákladů plnit právě základní funkci. Druhou nejdražší funkcí, s podstatně nižší hodnotou 14,5 % z celkových nákladů, je „generovat krouticí moment“. U této funkce, jak generovat krouticí moment, respektive generovat energii pro pohon rola, by se dalo pozastavit a popřemýšlet. S touto funkcí je totiž spojeno několik dalších funkcí a společně zajišťují automatizovaný pohon rola. Konkurence šla cestou využití nadsystémové energie, respektive využití energie obsluhy na odtlačení zakrytování a ušetření velké části nákladů na automatizovaný pohon. Toto řešení je ovšem v rozporu s obchodní politikou společnosti, a proto se touto možností dále nebudeme zabývat. Třetí nejnákladnější funkce s hodnotou 10,5 % je „držet murtfeld“. Toto zjištění je již velice zajímavé. Držení murtfeldu zajišťuje nerezová kolejnice, do které se vrtají otvory pro přišroubování na horní část montážní jámy a po které se murtfeld smýká. Jelikož musí být kolejnice po celé délce jámy a na obou stranách montážního otvoru, je proto použito velké množství materiálu. V rámci testovací fáze bude proveden test, kde se bude murtfeld smýkat přímo po horní části povrchově upraveném U profilu.

12 Aplikace FMEA-K

FMEA-K (Failure Mode and Effects Analysis) je nástroj na nalezení budoucích problémů v konstrukci, ještě v předvýrobní fázi. Jde o systematickou a normalizovanou metodu, která hledá způsob poruchy, dopad poruchy a příčinu poruchy, která může u výrobku nastat. Predikujeme, co všechno by mohlo u výrobku nastat a zjištěné nedostatky zapisujeme do formuláře. Výsledkem je rizikové číslo RPN 100, které rozhodne o tom, zda přijmout nové konstrukční opatření, či nikoliv. Formulář týkající se této metody najdete v příloze J.

13 Závěr

Tato diplomová práce se zabývala inovací zakrytování montážní jámy, sloužící k servisování a údržbě nejenom osobních automobilů.

V první fázi byla provedena rešerše současného řešení. Hlavní nedostatky, známe již od začátku projektu, zde byly podrobeny důkladné analýze, která poodhalila jejich příčiny a lokalizovala další prostor pro zlepšení stávajícího řešení. Následně bylo provedeno plánování inovace. Cílem tohoto bodu, kromě sestavení detailního harmonogramu, bylo vytvoření inovačního prohlášení, které se shoduje s obchodními záměry společnosti. V rámci tohoto bodu byly také nalezeny inovační příležitosti, které byly použity při tvorbě konceptů. Následující kapitola se věnuje specifikaci uživatelských parametrů rola. Důležité parametry, které plní zákaznické požadavky rola jsou zde nalezeny a při detailním konstruování v další fázi projektu je na ně kladen důraz. Následoval průzkum trhu a patentový průzkum. V této kapitole byla čerpána inspirace v rámci zkoumání patentové a nepatentové literatury a došlo k vymezení se patentovým nárokům konkurenčních řešení.

Následně byl technický systém rola podroben metodám systematické kreativity, které našly kreativní řešení pro následující tvorbu konceptů. Doposud sesbírané informace a poznatky byly zaneseny do morfologické matice. Následně byly vytvořeny koncepty respektující zadání projektu a produktové specifikace. Zhodnocení konceptů proběhlo vícekritériální metodou AHP, jenž vybrala variantu s nejlépe plněnými kritérii.

Následně byla rozpracována vítězná varianta. Při konstrukci byly respektovány rozměry montážní jámy. Dále definované produktové specifikace a omezení vyplývající z inovačního zadání. Konstrukci provázal návrh profilu pražce vyráběný technologií protlačování a jeho uložení na tvarovém murtfeldu. Následně byl navržen pohon včetně ozubených kol, hřídele a jejího uložení. Jako poslední pak strojovna, která vychází z původních návrhů, do které byly vloženy nové inovativní prvky a inkrementálními zlepšení. Konstrukční návrh byl zkontrolován z hlediska snadnosti montáže pomocí nástroje DFM, jenž eliminoval konstrukční složitost vyráběných dílů. Následovala hodnotová analýza, která se snažila zvýšit hodnotu celého TS rola. Jako poslední byla aplikována konstrukční FMEA, jenž se snaží odhalit možné poruchy výrobku. Kritická místa s hodnotou RPN vyšší než 100 byla kontrolována, zda jsou ještě v přípustných

mezích. Případně byla provedena nápravná opatření. Kompletní dokumentace byla předána výkonnému vedení firmy INGTOP ke schválení a uvolnění do výroby.

14 Seznam použité literatury

- [1] MAŠÍN, Ivan. *Inovační inženýrství: plánování a návrh inovovaného výrobku*. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2012. ISBN 978-80-7372-852-6.
- [2] LEPSHÍK, Petr a Jan VODIČKA. *Plánování a řízení společných projektů*. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2012. ISBN 978-80-7372-920-2.
- [3] MAŠÍN, Ivan a Pavel JIRMAN. *Metody systematické kreativity*. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2012. ISBN 978-80-7372-853-3
- [4] MAŠÍN, Ivan a Jaroslav MAŠÍN. *Analýza procesů*. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2012. ISBN 978-80-7372-865-6.
- [5] LEPSHÍK, Petr a Ivan MAŠÍN. *Nástroje řízení projektů*. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2012. ISBN 978-80-7372-854-0.
- [6] Kaspar, Jerome & Vielhaber, Michael. (2017). Sustainable Lightweight Design – Relevance and Impact on the Product Development & Lifecycle Process. *Procedia Manufacturing*. In: *researchgate.net*, [online]. [Cit.24.2.2021]. Dostupné z: https://www.researchgate.net/publication/315463174_Sustainable_Lightweight_Design_-_Relevance_and_Impact_on_the_Product_Development_Lifecycle_Process
- [7] Laurent Franckx, VITO (2017). Future trends in mobility: the rise of the sharing economy and automated transport. In: www.mind-sets.eu/, [online]. [Cit.28.2.2021]. Dostupné z: [http://www.mind-sets.eu/wordpress/wp-content/uploads/2015/11/D3.3-Future Trends in Mobility The rise of the sharing economy and automated transport Annex A.pdf](http://www.mind-sets.eu/wordpress/wp-content/uploads/2015/11/D3.3-Future_Trends_in_Mobility_The_rise_of_the_sharing_economy_and_automated_transport_Annex_A.pdf)
- [8] *DALIS pit covers*, 2009 [online]. [Cit.24.2.2021]. Dostupné z: <https://www.couverture-de-fosse.fr/en/>
- [9] *Copertura per fossa di lavoro officina veicoli*, 2014 [online]. [Cit.24.2.2021]. Dostupné z: https://www.youtube.com/watch?v=xxCIWcO6uMU&ab_channel=PesciAttrezzatureSrl

- [10] Steelflex Walk-On Pit Cover, 2015 [online]. [Cit.24.2.2021]. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=B87Fhx24e6E>
- [11] Jan Petřík, 2013. Technická dokumentace [online]. [Cit.1.4.2021]. Dostupné z: http://www.kst.tul.cz/podklady/dokumentace/prednasky/prezencni/DOK_Prednaska_06.pdf