



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

ÚSTAV SOUDNÍHO INŽENÝRSTVÍ

INSTITUTE OF FORENSIC ENGINEERING

ODBOR INŽENÝRSTVÍ RIZIK

DEPARTMENT OF RISK ENGINEERING

ANALÝZA, POSOUZENÍ A OŠETŘENÍ RIZIK VÝROBNÍHO PROCESU

ANALYSIS, ASSESSMENT AND MANAGEMENT OF RISKS OF MANUFACTURING PROCESS

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Júlia Ďurovcová

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. et Ing. Kristýna Hrabová, Ph.D.

BRNO 2023

Zadání diplomové práce

Studentka: **Bc. Júlía Ďurovcová**
Studijní program: Řízení rizik technických a ekonomických systémů
Studijní obor: Řízení rizik ekonomických systémů
Vedoucí práce: **Ing. et Ing. Kristýna Hrabová, Ph.D.**
Akademický rok: 2022/23
Ústav/odbor: Odbor inženýrství rizik

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma diplomové práce:

Analýza, posouzení a ošetření rizik výrobního procesu

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Úkolem diplomantky je stanovit cíle analýzy rizika. Identifikovat nebezpečí, odhadnout závažnost těchto nebezpečí.

Pomocí expertních analýz kvantifikovat rizika.

Cíle diplomové práce:

Cílem práce je popsat prostředí vybrané společnosti, najít, analyzovat a ohodnotit nebezpečí a navrhnout preventivní opatření u vybrané skupiny nebezpečí.

Seznam literatury:

TICHÝ, M. Ovládání rizika: analýza a management. Praha: C.H. Beck, 2006. Beckova edice ekonomie. ISBN 80-7179-415-5.

SOLOZHENTSEVY, E.D. Risk Management Technologies:, Springer-Verlag, 2012. ISBN: 978-9400742871.

ČSN ISO 31000 Management rizik – Směrnice, ÚNMZ, 2019.

ČSN EN ISO 9001 Systémy managementu jakosti – Požadavky, ÚNMZ, 2016.

Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2022/23

V Brně, dne

L. S.

prof. Ing. Karel Pospíšil, Ph.D., LL.M.
ředitel

Abstrakt

Táto diplomová práca sa zaoberá riadením rizík vo výrobnom procese spoločnosti Frentech Aerospace, s.r.o.. Na začiatku sa práca venuje teoretickým východiskám s oblasti rizikového manažmentu, riadenia kvality a bezpečnosti. Tieto poznatky boli doplnené o požiadavky na kvalitu a bezpečnosť vychádzajúcich s medzinárodných noriem. Pre správne opatrenie identifikovaných nebezpečenstiev je potrebné dokonalé chápanie hodnoteného systému. Z tohto dôvodu je v práci použitá metóda diagramov priebehu procesu na vizuálne zobrazenie výrobného postupu spoločnosti, spolu s popisom jednotlivých výrobných operácií. Pre identifikovanie príčin poruchových stavov bola vybraná metóda FTA, ktorá poskytla podklady pre záverečnú analýzu spôsobu a následkov porúch. Vďaka systémovému prístupu identifikácie a hodnoteniu rizík, boli vybrané najzávažnejšie riziká procesu. Tie sú v práci opatrená doporučenými preventívnymi návrhmi, ktoré vedú k minimalizácii zistených rizík.

Abstract

This thesis focuses on risk management in the production process of Frentech Aerospace, s.r.o. At the beginning the thesis covers the theoretical background of risk management, quality management and safety. This knowledge has been expanded with quality and safety requirements based on international standards. For a proper measurement of the identified hazards, a perfect understanding of the evaluated system is necessary. For this reason, the method of process flow diagrams was used to provide a visual representation of the company's production process, together with a description of the individual production operations. The FTA method was selected to identify the causes of the failure conditions, which provided the basis for the final failure mode and consequence analysis. Due to the systematic approach of risk identification and assessment, the most serious process risks were selected. These are provided in the thesis with recommended preventive suggestions that lead to the minimization of the identified risks.

Klíčová slova

kvalita, riziko, diagram priebehu procesov, analýza stromu poruchových stavov, analýza spôsobov a následkov porúch

Keywords

product quality, risk, process flow diagram, fault tree analysis, failure mode and effects analysis

Bibliografická citácia

ĎUROVCOVÁ, Júlia. *Analýza, posouzení a ošetření rizik výrobního procesu* [online]. Brno, 2023 [cit. 2022-10-03]. Dostupné z: <https://www.vutbr.cz/studenti/zav-prace/detail/144981>. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Ústav soudního inženýrství, Odbor inženýrství rizik. Vedoucí práce Kristýna Hrabová.

Prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci na téma „Název práce“ jsem vypracoval/a samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou všechny citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autor/ka uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením této diplomové práce jsem neporušil/a autorská práva třetích osob, zejména jsem nezasáhl/a nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a/nebo majetkových a jsem si plně vědom/a následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon), ve znění pozdějších předpisů, včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č. 40/2009 Sb.

V Brně

.....

Podpis autora

Podakovanie

Rada by som poďakovala pani Ing. et Ing. Kristýne Hrabovej, Ph.D., ktorá mi poskytla cenné rady a odborné konzultácie v celom priebehu spracovania mojej diplomovej práce. Ďalej by som chcela poďakovať vedúcemu výroby spoločnosti Frentech Aerospace, s.r.o., za poskytnutie všetkých potrebných informácií, podkladov a konzultácií na danú problematiku.

OBSAH

| | |
|--|----|
| ÚVOD..... | 11 |
| 1 SÚČASNÝ STAV A REŠERŠE | 12 |
| 1.1. Rizikologické pojmy | 12 |
| 1.1.1. Riziko | 12 |
| 1.1.2. Pravdepodobnosť a dopad | 12 |
| 1.1.3. Technologické a technické riziko..... | 13 |
| 1.1.4. Nebezpečenstvo a scenár nebezpečenstva..... | 14 |
| 1.1.5. ISO 31000:2019..... | 15 |
| 1.1.6. Rizikový management..... | 15 |
| 1.1.7. Procesy rizikového managementu..... | 17 |
| 1.2. Management kvality | 18 |
| 1.2.1. ISO 9001:2015..... | 19 |
| 1.2.2. Zásady managementu kvality | 20 |
| 1.2.3. Procesný prístup managementu kvality..... | 21 |
| 1.2.4. ISO 9004:2018..... | 21 |
| 1.2.5. Kontrola kvality | 22 |
| 1.2.6. AS9100D:2016..... | 23 |
| 1.3. Management bezpečnosti | 24 |
| 1.3.1. OHSAS 18001:2007..... | 24 |
| 1.3.2. ISO 45001:2018..... | 24 |
| 1.3.3. Identifikácia nebezpečia a posudzovanie rizík a príležitostí..... | 24 |
| 2 FORMULÁCIA PROBLÉMOV A STANOVENIE CIELOV RIEŠENIA..... | 26 |
| 3 POUŽITÉ METÓDY A ICH ODÔVODNENIE | 27 |
| 3.1. Diagram priebehu procesov | 27 |
| 3.2. Expertné metódy analýzy rizík..... | 28 |
| 3.2.1. FTA..... | 28 |

| | | |
|--------|--|----|
| 3.2.2. | FMEA | 30 |
| 4 | VLASTNÉ RIEŠENIE..... | 33 |
| 4.1. | Predstavenie spoločnosti | 33 |
| 4.1.1. | Portfólio spoločnosti..... | 34 |
| 4.1.2. | Kvalita..... | 35 |
| 4.1.3. | Technológie..... | 35 |
| 4.1.4. | Interná smernica pre manažment rizík a príležitostí..... | 37 |
| 4.2. | Všeobecný priebeh výrobného procesu..... | 38 |
| 4.2.1. | Príprava výroby..... | 39 |
| 4.2.2. | Výrobný príkaz..... | 39 |
| 4.2.3. | Výroba..... | 40 |
| 4.2.4. | Expedícia..... | 40 |
| 4.3. | Popis vybraného systému | 42 |
| 4.3.1. | Súčiastka..... | 42 |
| 4.3.2. | Zostava..... | 50 |
| 4.3.3. | Výstupy metódy PFD | 54 |
| 4.4. | Analýza stromu porúch..... | 56 |
| 4.4.1. | Vrcholová udalosť..... | 56 |
| 4.4.2. | Analýza stromu porúch pre súčiastku..... | 56 |
| 4.4.3. | Analýza stromu porúch pre zostavu..... | 60 |
| 4.4.4. | Analytické zhodnotenie výstupov | 63 |
| 4.5. | Analýza spôsobov a následkov porúch..... | 65 |
| 4.5.1. | Klasifikačný systém | 65 |
| 4.5.2. | Analýza procesu súčiastky | 67 |
| 4.5.3. | Analýza procesu zostavy | 75 |
| 5 | ANALÝZA VÝSLEDKOV RIEŠENIA | 77 |
| 5.1. | Zhodnotenie dosiahnutých výsledkov | 77 |

| | | |
|--------|--|----|
| 5.2. | Navrhnuté opatrenia pre výrobný proces..... | 79 |
| 5.2.1. | Identifikácia materiálu pomocou čiarových kódov..... | 79 |
| 5.2.2. | Pravidelnejšia kalibrácia a údržba mieriacich prístrojov | 80 |
| 5.2.3. | Výber spoľahlivých dodávateľov a ich monitorovanie výkonnosti..... | 80 |
| 5.2.4. | Audit externých spoločností | 80 |
| | ZÁVER | 81 |
| | ZOZNAM POUŽITÝCH ZDROJOV | 83 |
| | ZOZNAM POUŽITÝCH SKRATIEK A SYMBOLOV | 86 |
| | ZOZNAM TABULIEK | 86 |
| | ZOZNAM GRAFOV..... | 86 |
| | ZOZNAM OBRÁZKOV..... | 87 |
| | ZOZNAM PRÍLOH | 88 |

ÚVOD

Zvolené téma diplomovej práce ma zaujalo hlavne svojou širokou využiteľnosťou v rôznych odvetviach. Riziká sa vyskytujú všade okolo nás, a pre tento dôvod je veľmi dôležité im venovať dostatočnú pozornosť. Vybraný študijný obor mi poskytol odborné zázemie a cenné poznatky v rámci problematiky rizikového manažmentu a preto pevne verím, že diplomová práca bude prínosom pre vybranú spoločnosť.

Cieľom diplomovej práce je identifikovať nebezpečenstvá pre zvolenú oblasť, ktorou je výrobný proces v rámci spoločnosti Frentech Aerospace s.r.o., následne tieto nebezpečenstvá analyzovať a kvantifikovať spolu s ich opatrením, pri ktorom je zohľadnená ich závažnosť.

Spoločnosť sa pohybuje primárne na trhu vesmírneho a leteckého priemyslu, taktiež sa špecializuje i na ďalšie odvetvia, ktoré vyžadujú precízne spracované mechanické diely alebo zostavy. Pre určité projekty, realizované v rámci spoločnosti, je nutná dlhodobá časová investícia a obsahujú značný objem kritérií. Všetky súčiastky a mechanizmy disponujú extrémnymi nárokmi na spoľahlivosť, termálne vlastnosti a použité materiály. Finančné prostriedky viazané na priemysel, v ktorom spoločnosť podniká predstavujú značné sumy. Z toho vyplývajú významné riziká, ktoré je potreba včas identifikovať a analyzovať.

V dnešnom dynamickom podnikovom prostredí je riadenie rizík veľmi dôležitou súčasťou výrobného procesu. Pre kvalitné a správne riadenie rizík je kľúčové, aby bolo zastúpené u každej výrobnej činnosti. Vďaka takému prepojeniu v rámci procesu môže včas identifikovať a riadiť riziká, ktorá môžu byť technického, technologického, finančného alebo personálneho charakteru. Pokiaľ nebude mať spoločnosť správne nastavené riadenie rizík, môžu sa vyskytnúť vážne následky, ktoré by mohli ohroziť kvalitu výrobku, bezpečie zamestnancov alebo v konečnom dôsledku i samotnú existenciu spoločnosti. Pevne verím, že moja diplomová práca bude cenným podkladom pre spoločnosť pri neustálom zdokonaľovaní riadenia rizík.

1 SÚČASNÝ STAV A REŠERŠE

V tejto kapitole budú uvedené teoretické poznatky, ktoré slúžia ako podklad pre vypracovanie danej problematiky, ktorá bude v časti praktickej. Táto kapitola sa bude skladať s troch častí. Prvá časť popisuje rizikologické pojmy, druhá sa zaoberá managementom kvality a posledná časť popisuje bezpečnosť.

1.1. Rizikologické pojmy

Na začiatok je vhodné uviesť určité pojmy, ktoré tesne súvisia s procesom riešenia danej problematiky.

1.1.1. Riziko

Vzhľadom k tomu, že existuje veľa dostupných definícií pre slovo riziko je dôležité, aby si organizácia vybrala definíciu, ktorá je pre jej vlastné účely najvhodnejšia.

Inštitút riadenia rizík (IRM) definuje riziko ako kombináciu pravdepodobnosti danej udalosti a jej následkov, ktoré sa môžu pohybovať od pozitívnych po negatívne. Toto je široko použiteľná a praktická definícia, ktorá sa dá ľahko aplikovať.

Medzinárodná príručka pre definície súvisiace s rizikom je ISO príručka 73, ktorá definuje riziko ako vplyv neistoty na vymedzené ciele.

Inštitút interných audítorov (IIA) definuje riziko ako neistotu udalosti, ktorá by mohla mať vplyv na dosiahnutie cieľov.

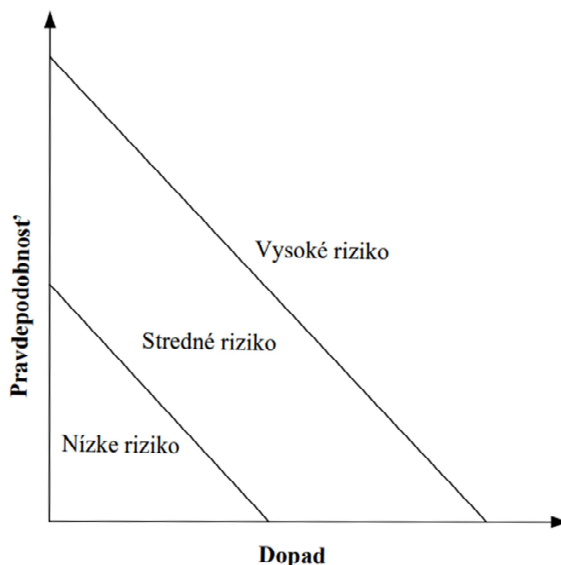
Obecne sa uznáva definícia rizika uvedená v ISO 31000, kde sa sústredíme na rizika ako na udalosti spoločne s definíciou poskytnutou Inštitútom interných audítorov. Aby sa riziko naplnilo, musí nastať určitá udalosť. Preto je možné riziko jednoducho považovať za neplánovanú udalosť s neočakávanými dôsledkami [1].

1.1.2. Pravdepodobnosť a dopad

Vždy keď hovoríme o riziku je spojené s faktorom neistoty a dopadu. **Neistota** odráža neschopnosť (respektíve nemožnosť) opísať existujúci stav a/alebo presne zmerať výsledok. Neistota je teda nevedomosť o súčasnosti a/alebo budúcnosti, ktorá je všadeprítomná v akomkoľvek podnikateľskom úsilí [2].

Neistota je spojená s **pravdepodobnosťou**, ktorá popisuje šancu toho, že nastane určitá udalosť, či už je táto šanca definovaná, meraná, alebo určená objektívne či subjektívne. Pravdepodobnosť môžeme rozlišovať na:

- **apriórna pravdepodobnosť** – označuje homogénnu klasifikáciu príkladov;
- **štatistická pravdepodobnosť** – empirické vyhodnotenie (založené na pozorovaní alebo skúsenostiach) ;
- **odhad** – empirické určenie v prípade, že neexistuje platný základ pre klasifikáciu prípadov [2,3].



Obrázok 1 - Ilustratívny rizikový graf

[Zdroj: 2]

Dopad je miera do akej (alebo veľkosť) bude osoba materiálne ovplyvnená určitou udalosťou. Dopad je spojený so závažnosťou, teda intenzitou dôsledkov určitej činnosti týkajúcej sa niečoho s hodnotou. Je potrebné vedieť, že i keď sú tieto dva pojmy odlišné v súvislosti k riziku spolu tesne súvisia. Pre tento fakt nízky stupeň neistoty sa nemusí nevyhnutne rovnať nízkemu riziku, ani vysoký stupeň neistoty nevyhnutne neznamena vysokú úroveň rizika. Ak je riziko definované ako dvojrozmerná kombinácia pravdepodobnosti a dopadu, akékoľvek posúdenie úrovne rizika musí brať do úvahy oba tieto rozmery súčasne [2].

1.1.3. Technologické a technické riziko

Problematika riadenia rizík je mimoriadne široká a značne sa líši podľa zamerania. Základné oblasti, v ktorých hovoríme o riadení rizík, sú najmä:

- prírodné katastrofy a havárie (technologické riziká);
- rizika ochrany životného prostredia;
- finančné rizika;
- projektové riziká;
- obchodné riziká;
- technická riziká [4].

Neoddeliteľnou súčasťou technických podmienok vzťahujúcich sa na moderné systémy sú nároky na spoľahlivosť a bezpečnosť. Je veľmi dôležité riadiť technologické a technické riziká vo výrobnom systéme v súlade s týmito kritériami. Nie je ľahké si predstaviť, že by sa technické systémy navrhovali bez jasne definovaných **bezpečnostných** požiadaviek a nárokov na **spoľahlivosť**. V prípade systémov, ktorých poruchy by mohli viesť k ohrozeniu zdravia a života ľudí, k veľkým materiálnym škodám alebo k poškodeniu životného prostredia, sú požiadavky na **bezpečnosť** a **spoľahlivosť** často stanovené záväznými predpismi (zákonmi, vyhláškami, smernicami, štandardmi, normami atď.). [5].

1.1.4. Nebezpečenstvo a scenár nebezpečenstva

Pri vyjadrovaní hodnoty daných rizík je nutné identifikovať jednotlivé nebezpečenstvá, ktoré vplyvajú na aktíva spoločnosti, nesúce hodnotu pre daný subjekt alebo organizáciu.

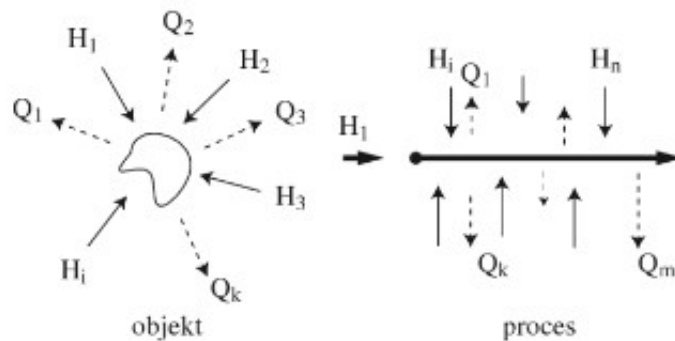
Nebezpečenstvom je označovaná reálna hrozba, ktorá môže spôsobiť poškodenie daného objektu alebo procesu. V spojení s nebezpečenstvom hovoríme o nebezpečenstve absolútnom, ktoré je za každej okolnosti a pre každého nepriaznivou udalosťou, a opakom je nebezpečenstvo relatívne, kde za určitých podmienok pre určitú osobu môže byť braná ako udalosť priaznivá [5].

Scenár nebezpečenstva

Nebezpečenstvo môže ale nemusí nastať. Pre tento dôvod sa hovorí o realizácii nebezpečenstva, ktoré sa môže prejavíť jedným alebo viacerými spôsobmi. Pod scenárom nebezpečenstva sa teda označuje každý jednotlivý spôsob realizácie, ktorý nastáva pod určitými skutočnosťami. Dôležité je si uvedomiť, že scenár nebezpečenstva sa mení v závislosti na čase [5].

Pole nebezpečenstva

Na každý objekt pôsobí určité prostredie, toto prostredie môže mať buď pozitívny alebo negatívny dopad. Javy pôsobiace negatívne sú pre objekt zdrojom nebezpečenstva (označované **H**). Je ale možné, že objekt je pre svoje prostredie sám zdrojom nebezpečenstva (označované **Q**). Nebezpečenstvo **H** a **Q** tvorí pole nebezpečenstva, ktoré je zobrazené na **obrázku 2** [5].



Obrázok 2 - Pole nebezpečenstva u objektu a procesu

[Zdroj: 5]

S uvedeným polom nebezpečenstva sa musí v analýze rizík vždy počítať, je to dôležitý krok, ktorý zahŕňa identifikáciu segmentov projektu, zdrojov a ich kombinácií, ktoré sú vystavené nebezpečenstvu [5].

1.1.5. ISO 31000:2019

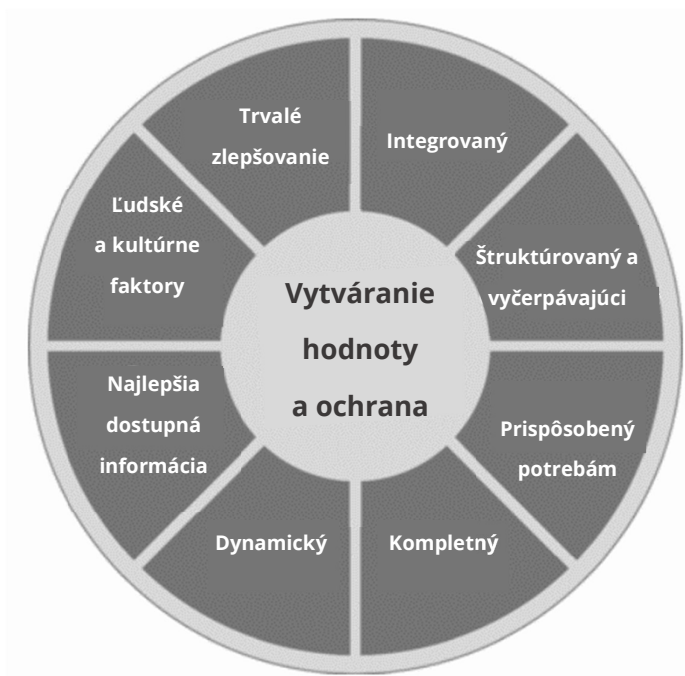
Táto medzinárodná norma je určená pre používanie osobami, ktoré vytvárajú a chránia hodnoty v organizáciách pomocou riadenia rizík, rozhodovaním, nastavovaním cieľov a zlepšovaním výkonnosti. Riadenie rizík je sústavná a opakujúca sa činnosť, ktorá pomáha organizáciám pri stanovení stratégie, dosahovaní cieľov a prijímaním informovaných rozhodnutí. Riadenie rizík je súčasťou všetkých činností súvisiacich s organizáciou a zahŕňa vzájomné pôsobenie so zainteresovanými stranami. Taktiež zohľadňuje externý a interný kontext organizácie vrátane ľudského chovania a kultúrnych faktorov [3].

1.1.6. Rizikový management

Proces riadenia rizík zahŕňa systematické uplatňovanie politík, postupov a praktík na činnosti komunikácie a konzultácií, stanovenia kontextu a hodnotenia, ošetrovania, monitorovania, preskúmania, zaznamenávania a nahlasovania rizík.

Proces riadenia rizík by mal byť neoddeliteľnou súčasťou riadenia a rozhodovania a mal by byť integrovaný do štruktúry, činností a procesov organizácie. Môže sa uplatňovať na strategickej, operačnej, programovej alebo projektovej úrovni. Proces riadenia rizík môže byť v organizácii aplikovaný v mnohých podobách, ktoré sú prispôsobené na dosiahnutie cieľov a vyhovujú vonkajšiemu a vnútornému kontextu, v ktorom sa uplatňujú.

Dynamická a premenlivá povaha ľudského správania a kultúry by sa mala zohľadňovať počas celého procesu riadenia rizík. Hoci sa proces riadenia rizík často prezentuje ako postupný, v praxi je iteratívny. Organizácie všetkých typov a veľkostí čelia vonkajším a vnútorným faktorom a vplyvom, ktoré vytvárajú neistotu pri dosahovaní stanovených cieľov organizácie. Riadenie rizika pomáha organizáciám pri určení stratégie, dosahovaní cieľov a prijímaní informatívnych rozhodnutí. Účelom riadenia rizík je tvorba a ochrana hodnoty. Zlepšuje výkonnosť, podporuje inovácie a dosahovanie cieľov. Princípy, ktoré sú načrtnuté na **obrázku č 3**, poskytujú návod pre charakteristiku efektívneho riadenia rizík, ukazujú jeho hodnotu a vysvetľujú jeho zámer a účel [3].



Obrázok 3 - Princípy pre efektívny rizikový management

[Zdroj: 3]

Efektívne riadenie rizika si vyžaduje prvky z **obrázku 3**, ktoré je možno vysvetliť nasledovne:

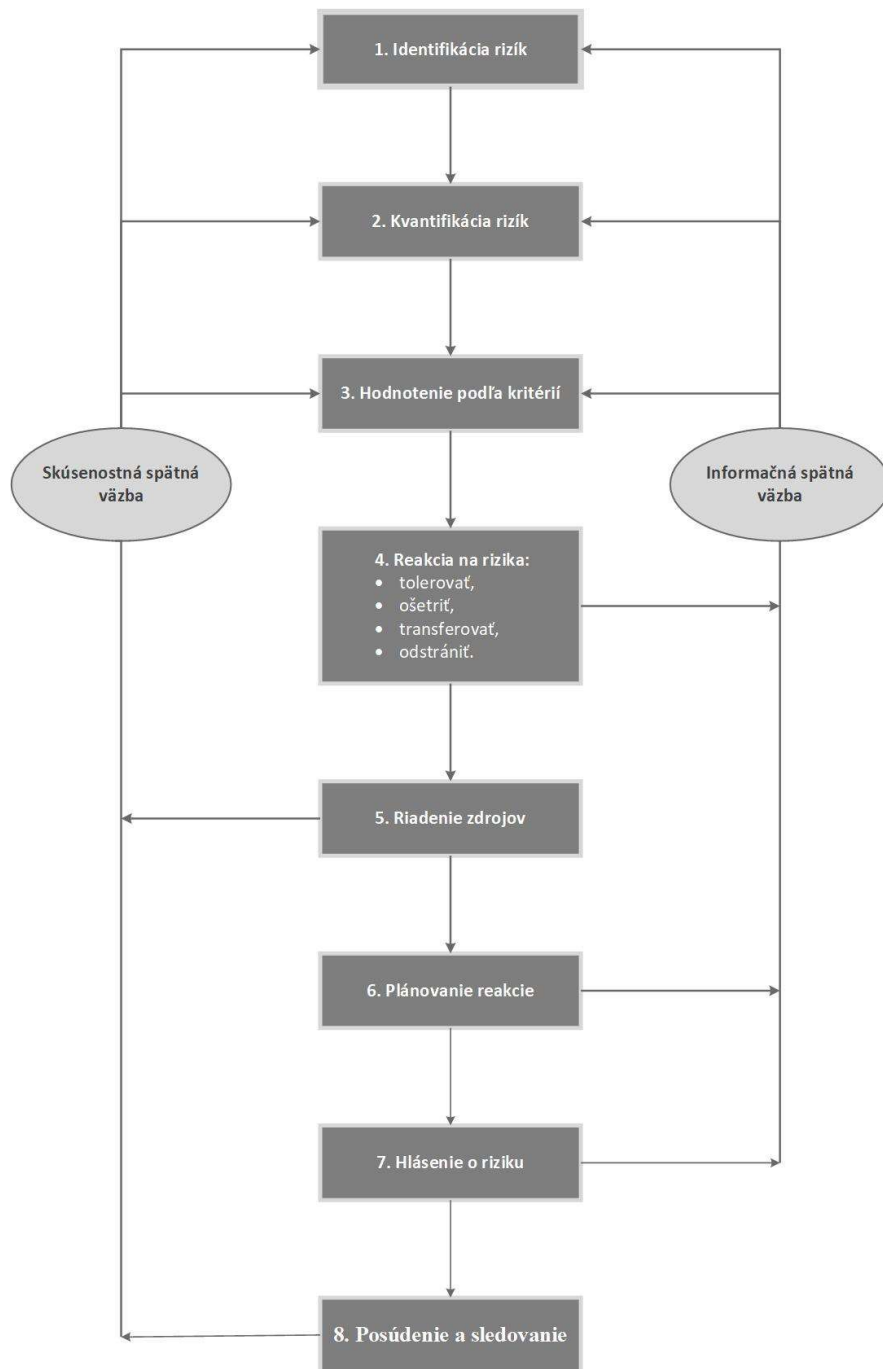
- **Integrovaný** – riadenie rizík je neoddeliteľnou časťou všetkých činností organizácie;

- **Štruktúrovaný a vyčerpávajúci** – štruktúrovaný a komplexný prístup k riadeniu rizík prispieva ku konzistentným a porovnateľným výsledkom;
- **Prispôsobený potrebám** – rámec a proces riadenia rizík sú prispôsobené a primerané vonkajšiemu a vnútornému kontextu organizácie, tak aby súvisel s jej cieľmi;
- **Kompletný** – vhodné a včasné zapojenie zainteresovaných strán umožňuje zväziť ich znalosti, názory a vnímanie. Výsledkom je lepšia informovanosť a riadenie rizík;
- **Dynamický** – riziká sa môžu objaviť, zmeniť alebo zmiznúť, keď sa zmení vonkajší a vnútorný kontext organizácie. Riadenie rizík predvída, zisťuje, uznáva a reaguje na tieto zmeny a udalosti vhodným a včasným spôsobom;
- **Najlepšia dostupná informácia** – vstupy do riadenia rizík sú založené na historických a súčasných informáciách, ako aj na budúcich očakávaniach. Riadenie rizík výslovne zohľadňuje všetky obmedzenia a neistoty spojené s takýmito informáciami a očakávaniami. Informácie by mali byť včasné, jasné a dostupné príslušným zainteresovaným stranám;
- **Ľudské a kultúrne faktory** – ľudské správanie a kultúra výrazne ovplyvňujú všetky aspekty riadenia rizík na všetkých úrovniach;
- **Trvalé zlepšovanie** – riadenie rizík sa neustále zlepšuje prostredníctvom učenia a skúseností [3].

1.1.7. Procesy rizikového managementu

Riadenie rizík je proces, ktorý ide rozdeliť do niekoľkých fáz. Medzinárodná norma **ISO 31000:2016** poskytuje jednu z reprezentácií znázornenia procesu riadenia rizík, ako systematickú aplikáciu manažérskych zásad, postupov a praktík pre úlohy komunikácie, konzultácie, stanovení, kontextu, identifikácie, analýzy, vyhodnotenia, ošetrovania, monitorovania a preskúmania rizík. **Obrázok 8** znázorňuje fáze procesov riadenia rizík [1].

Keď organizácia zhodnotí všetky riziká, ktorým čelí, a ako by tieto riziká mohli ovplyvniť jej stratégiu, projekty a operácie, potom sa hovorí, že sa zaoberá podnikovým prístupom riadenia rizík [1].



Obrázok 4 - Fáze procesov riadenia rizík

[Zdroj: 1]

1.2. Management kvality

Pri dodávaní výrobkov alebo služieb existujú tri základné parametre, ktoré určujú ich predajnosť. Tieto parametre sú cena, kvalita a dodanie. Zákazníci vyžadujú výrobky a služby danej kvality, ktoré majú byť dodané alebo dostupné v danom čase a za cenu, ktorá odráža hodnotu pre zákazníka.

Organizácia prežije iba v prípade, keď vytvorí a udrží spokojných zákazníkov a to dosiahne v prípade, že bude ponúkať produkty alebo služby, ktoré reagujú na potreby a očakávanie zákazníkov.

V norme **ISO 9000:2000** je kvalita definovaná ako stupeň, do ktorého súbor inherentných charakteristík spĺňa dané požiadavky. Kvalita sa môže vzťahovať na výrobok, službu, rozhodnutie, dokument, informáciu alebo akýkoľvek výstup procesu. Pri hodnotení kvality potrebujeme dva hlavné parametre. Je to miera vlastností pojednávaného predmetu, ktorý je hodnotený, teda jeho inherentné charakteristiky, a základ pre jeho porovnanie čiže určité očakávania, ktoré sú deklarované, všeobecne predpokladané alebo povinné [6].

Aktuálna verzia normy **ISO 9000:2015** prepojuje definíciu s potrebami a spokojnosťou zákazníka. Kvalita produktov a služieb organizácie je určená teda schopnosťou uspokojovať zákazníkov a zahrňuje nie len funkciu a výkonnosť produktov a služieb, ale taktiež i vnímanú hodnotu a prínos pre zákazníka.

Systém managementu kvality je dynamický systém, ktorý sa v priebehu času pravidelným zlepšovaním vyvíja. Každá organizácia má v rámci managementu kvality stanovené činnosti bez ohľadu na to, či boli, alebo neboli formálne naplánované. Táto medzinárodná norma poskytuje návod ako vytvoriť formálny systém pre riadenie týchto činností. **Formálny systém managementu kvality** poskytuje rámec pre plánovanie, zhotovovanie, monitorovanie a zlepšovanie výkonnosti činností v rámci managementu kvality. Túto normu, spolu s **ISO 9001 a ISO 9004** môže organizácia použiť ako pomôcku pri tvorení uceleného systému managementu kvality [7].

1.2.1. ISO 9001:2015

ISO 9001 špecifikuje základné požiadavky systému riadenia kvality, pokiaľ organizácia:

- potrebuje preukazovať svoju schopnosť trvalo poskytovať produkty a služby, ktoré zvyšujú spokojnosť zákazníkov a splňujú platné zákonné a regulačné požiadavky;
- má v úmysle zvyšovať spokojnosť zákazníka efektívnym aplikovaním tohto systému, spoločne s procesmi k jeho zlepšovaniu, a preukazovaním zhody s požiadavkami zákazníka a s príslušnými požiadavkami zákonov a predpisov [8,9].

Management kvality procesov a systému môže byť podľa normy realizovaný pomocou **cyklu PDCA** taktiež nazývaný ako Demingov cyklus, ktorý hovorí o tom, že by sa prvotne malo plánovať potom robiť, kontrolovať zhotovenú prácu a následne jednať. Tento cyklus s celkovým zameraním na

zvažovanie rizík, má za cieľ využiť príležitosti a predchádzať nežiadúcim výsledkom. Cyklus PDCA ide aplikovať na všetky procesy a na systém managementu kvality ako celok [9].

Cyklus PDCA ide v stručnosti popísať ako:

- **plánovanie** – stanovenie cieľov systému a jeho procesov a zdroje potrebné k dosiahnutiu výsledkov v súlade s požiadavkami zákazníka a s politikami organizácie, identifikovať rizika a príležitosti a zameranie na nich;
- **zhotovovanie** – zavádzanie toho, čo bolo naplánované;
- **kontrolovanie** – monitorovanie a meranie procesov a výsledných produktov a služieb vo vzťahu k politikám, cieľom, požiadavkám a plánovaným činnostiam a podávanie správ o výsledkoch;
- **jednanie** – podľa potreby prijímanie opatrení pre zlepšovanie výkonnosti [9].

1.2.2. Zásady managementu kvality

ISO **9001:2015** stavia na siedmich princípoch managementu kvality. Po zavedení týchto zásad bude organizácia nastavená tak, aby dôsledne tvorila hodnotu pre svojich zákazníkov. Sedem princípov riadenia kvality je:

1. **Zameranie na zákazníka** – splnenie a preplnenie potrieb zákazníkov je primárnym cieľom riadenia kvality a bude prispievať k dlhodobému úspechu podniku. Je dôležité nie len vybudovať, ale taktiež i udržiavať dôveru zákazníkov;
2. **Vedenie** – mať jednotný smer alebo poslanie, ktoré prichádza od silného vedenia je zásadné pre zaistenie toho, aby všetci v organizácii rozumeli tomu čo sa snažia dosiahnuť;
3. **Angažovanosť ľudí** – vytváranie hodnoty pre zákazníkov bude jednoduchšie v prípade, že na nej pracujú kompetentný, splnomocnený a angažovaný ľudia na všetkých úrovniach v organizácii;
4. **Procesný prístup** – uchopenie činností ako procesov, ktoré sa podporujú navzájom a fungujú ako systém pomáha dosiahnuť konzistentnejšie a predvídateľné výsledky;
5. **Zlepšovanie** – úspešná organizácia má stále zameranie na zlepšovanie. Na tvorbu hodnoty pre zákazníka je potrebná rýchla reakcia na zmeny ako i vo vnútornom tak i vo vonkajšom prostredí;

6. **Rozhodovanie na základe dôkazov** – rozhodovanie nie je nikdy jednoduché a prirodzene zahŕňa veľa neistoty, ale pre pravdepodobnejšie dosiahnutie požadovaného výsledku je lepšie svoje rozhodnutie založiť na zhotovenej analýze danej problematiky;
7. **Riadenie vzťahov** – identifikácia dôležitých vzťahov so zainteresovanými stranami ako sú napríklad dodávatelia a nastavenie plánu na riadenie týchto vzťahov vedie k trvalému úspechu [8].

1.2.3. Procesný prístup managementu kvality

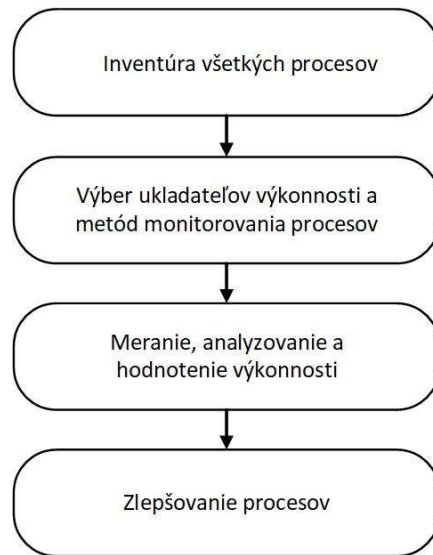
Medzinárodná norma **ISO 9001:2015** presadzuje zavedenie procesného prístupu k vývoju, zavedeniu a zlepšovaniu efektívnosti systému managementu kvality s cieľom zvýšiť spokojnosť zákazníka plnením jeho požiadavkou. Používanie procesného prístupu v rámci systému managementu kvality umožňuje:

- pochopenie požiadavkou a dôslednosť pri ich plnení;
- zvažovanie procesov z hľadiska pridanej hodnoty;
- dosiahnutie efektívnej výkonnosti procesov;
- zlepšenie procesov na základe hodnotenia dát a informácií [9].

1.2.4. ISO 9004:2018

Táto norma poskytuje smernicu k posilňovaniu schopnosti organizácie dosahovať udržateľný úspech, je v súlade so zásadami managementu kvality uvedenými v **ISO 9000:2015**. Obsahuje nástroj sebahodnotenia, ktorým ide preskúmať v akom rozsahu organizácie prijala myšlienky managementu kvality.

Organizácia má posudzovať svoj postup práci pri dosahovaní plánových výsledkov s ohľadom na svoje poslanie, víziu, politiku, stratégiu a ciele a to na všetkých úrovniach vo všetkých relevantných procesoch a funkciách. Výber vhodných **ukazovateľov výkonnosti a metód monitorovania** je zásadný pre efektívne meranie a analyzovanie [10],



Obrázok 5 - Kroky využitia ukazovateľov výkonnosti

[Zdroj: 10]

1.2.5. Kontrola kvality

Kontrola kvality by mala byť jednoduchou praxou, každopádne riadenie kvality ja často obťažné správne implementovať a to s toho dôvodu, že kontroly v procese je možné najefektívnejšie implementovať až po prvom spustení daného procesu. Efektívna kontrola kvality by mala byť zohľadnená pri návrhu procesu, pretože každý zo zdrojov komponentov procesu (napr. ľudský zdroj, stroj, metóda, materiál a prostredie) je nakonfigurovaný tak aby spĺňal obchodný účel [11].

Pre kontrolu dosiahnutého stavu kvality a jeho následné zhodnotenie s požadovaným stavom je potrebné správne určiť vypovedajúce informácie, ktoré sú relevantné. Metódy využívané ku zhromažďovaniu informácií o **ukazovateľov výkonnosti** majú byť z hľadiska organizácie použiteľné a vhodné. Môže sa jednať napríklad o:

- monitorovanie a zaznamenávanie variabilných znakov procesov a charakteristík produktov a služieb;
- posudzovanie rizík procesov, produktov a služieb;
- preskúmanie výkonnosti, vrátane výkonnosti externých poskytovateľov a partnerov;
- rozhovory, dotazníky a prieskumy spokojnosti zainteresovaných strán.

Faktory, ktoré sú pod kontrolou organizácie a sú zásadné pre udržanie kvality, majú byť predmetom merania a majú byť identifikované ako kľúčové **ukazovatele výkonnosti (KIP)**.

Tieto merateľné KIP majú byť:

- presné a spoľahlivé, aby umožňovali organizácií stanovovať merateľné ciele, monitorovať a predvídať trendy a v prípade potreby prijať opatrenia potrebné pre zlepšovanie a inovovanie;
- vybrané ako základ pre strategické a operačné rozhodovanie;
- vhodne rozpracovateľné do ukazovateľov výkonnosti v jednotlivých funkciách a úrovniach organizácie;
- vhodné z hľadiska produktov a služieb, procesov a činnosti;
- v súlade so stratégiou a cieľmi organizácie [10].

1.2.6. AS9100D:2016

Pri požiadavkách na kvalitu poskytovaných produktov a služieb je nutné sa taktiež zamerať na odvetvie, v ktorom spoločnosť podniká. **SAE Aerospace Standard AS9100D** pre systémy managementu kvality zahrňuje požiadavky na letectvo, vesmírne a obranné organizácie. Je to štandard hlavne pre letecký a vesmírny priemysel. Je odvodený z normy **ISO 9001**, pričom obsahuje ISO 9001:2015 v celom rozsahu, ale je doplnený o ďalšie špecifické požiadavky na letectvo a obranu.

Organizácie ktoré majú certifikáciu **AS9100D a ISO 9001:2015** musia podstupovať pravidelné kontrolné audity, ktoré sledujú to či spoločnosť dodržiava a uplatňuje systém managementu kvality. Jedná sa o spôsob akým uistiť svojich zákazníkov, že organizácia poskytuje kvalitné produkty. Organizácie, ktoré operujú systémy riadenia kvality AS9100D, majú tendenciu riadiť sa podľa filozofie prevencie viac než detekcie. Do toho spadá riadenie rizík potenciálnych obáv, priebežná kontrola kritických bodov procesu, nápravné opatrenia, konzistentná komunikácia medzi procesom a organizáciou, dodávateľmi a zákazníkmi, dôkladné vedenie záznamov a efektívna kontrola kritických dokumentov, celkové povedomie o kvalite všetkými zamestnancami, a vysokou úrovňou a podporou výkonného managementu. Tieto atribúty vedú k spoľahlivému vstupu do procesu, kontrole nákladov na kvalitu, zvýšenej produktivite a zníženiu odpadu.

Dobre navrhnutý a implementovaný systém riadenia kvality AS9100D vytvára proces, ktorý býva šťihli, citlivý k potrebám zákazníkov, vysoko reaktívny, a efektívny. Každá organizácia, ktorá je certifikovaná **AS9100D:2016** má väčšiu šancu obchodovať so zahraničnými spoločnosťami, hlavne v zemiach, kde sa štandard stal pre trh prakticky nevyhnutným [12].

1.3. Management bezpečnosti

Koncepty rizika a bezpečnosti sú konštruované prostredníctvom zvažovania hrozieb, s ktorými je spojených veľa neistôt. Ak je hrozba realizovaná iniciačnou udalosťou, zvyčajne to bude mať dôsledky v podobe nákladov pre prevádzkovateľa systému (a spoločnosť). Je preto v záujme prevádzkovateľov a spoločnosti implementovať a inak podporovať opatrenia, ktorými by bolo možné hrozby eliminovať, izolovať, kontrolovať a/alebo zmierňovať [13].

Zlepšenia bezpečnosti môžu zahŕňať zmeny v návrhu systému, ako aj implementáciu bezpečnostných bariér, aktívnych bezpečnostných systémov a ochranných funkcií. Prijateľnosť budovania a prevádzky potenciálne nebezpečných systémov je zvyčajne kontrolovaná spoločnosťou, kde je prevádzkovateľ povinný predložiť bezpečnostný dokument s argumentmi, prečo možno systém považovať za bezpečný [13].

1.3.1. OHSAS 18001:2007

Prvá verzia normy vznikla v 90. rokoch ako nástroj na riadenie systému bezpečnosti práce a ochrany zdravia. Norma stanovuje jednoduchú zásadu, kedy vedenie spoločnosti stanoví ciele a plány v oblasti znižovania pracovných úrazov a nehôd a tie sú postupne pomocou nastavených procesov realizované, pričom účinnosť týchto procesov je meraná a monitorovaná, aby spoločnosť mohla prijať účinné opatrenia na zmenu [14].

1.3.2. ISO 45001:2018

Normu OHSAS 19001:2007 nahradila nová medzinárodná norma **ISO 45001:2018**, ktorá je určená pre všetky organizácie bez ohľadu na ich veľkosť, typ a povahu. Jej cieľom je zamedziť úrazovosti zamestnancov, ktoré sú spojené s výkonom práce a celkovo prispieť k trvalému zvýšeniu bezpečnosti a ochrany zdravia pri práci v rámci chorôb z povolania [15].

1.3.3. Identifikácia nebezpečia a posudzovanie rizík a príležitostí

Organizácia musí vytvoriť, zaviesť a udržiavať proces (procesy) pre identifikáciu nebezpečenstva, ktorý je priebežný a proaktívny. Proces (procesy) musí mimo iné brať v úvahu:

- ako je práca organizovaná, sociálne faktory (v rámci pracovnej záťaže, pracovnej doby, diskriminácie, šikanovania a obťažovania), vedenie a kultúru organizácie;
- rutinné a nerutinné činnosti a situácie, vrátane nebezpečenstva, ktoré z nich vyplýva;

- skoršie relevantné incidenty, interné alebo externé voči organizácií, vrátane havárií a ich príčin;
- potenciálne havarijne situácie;
- osoby;
- iné záležitosti (napr. situáciu vyskytujúcu sa v blízkosti pracoviska) ;
- aktuálne alebo navrhované zmeny v organizácií, v operáciách, procesoch, činnostiach a v systéme managementu BOZP;
- zmeny znalostí a informácií týkajúcich sa nebezpečia [15].

2 FORMULÁCIA PROBLÉMOV A STANOVENIE CIELOV RIEŠENIA

Cieľom diplomovej práce je identifikovať nebezpečenstvá pre zvolenú oblasť, ktorou je výrobný proces v rámci spoločnosti Frentech Aerospace s.r.o., následne tieto nebezpečenstvá analyzovať a kvantifikovať spolu s návrhom preventívnych opatrení, pričom je zohľadnená ich závažnosť.

Pre správne uchopenie riešenej problematiky je kľúčové dôkladné porozumenie analyzovaného systému. Pre tento dôvod bude pred samotným výberom skúmanej skupiny nebezpečenstiev popísané podnikateľské prostredie spoločnosti a na to nadviazaná charakteristika všeobecného priebehu výrobného procesu. Ten bude ďalej podrobnejšie rozvinutý metódou procesných diagramov spracovanou pre vybrané zákazky spoločnosti, ktoré majú reprezentovať najčastejšie operácie v rámci celého výrobného procesu.

Príčiny porúch výrobného systému pre zvolené zákazky sa budú identifikované za použitia analýzy stromu porúch, ktorá bude zostavená pre všetky uvedené výrobné operácie. Z výstupov zhotovenej analýzy sa vyberú určité kľúčové časti procesu, pre ktoré sa následne spracuje analýza príčin a dôsledkov. Vybraná skupina nebezpečenstiev sa tak kvantifikuje a navrhnu sa preventívne opatrenia, ktoré znížia počiatočnú hodnotu rizík.

3 POUŽITÉ METÓDY A ICH ODÔVODNENIE

V tejto kapitole budú popísané použité metódy pre danú problematiku diplomovej práce. Prvá metóda diagram priebehu procesov slúži na zobrazenie a kategorizovanie procesov, ktoré prebiehajú vo výrobe a sú predmetom analýzy rizík. Následne budú popísané vybrané expertné metódy analýzy rizík, konkrétne analýza stromu poruchových stavov a analýza príčin a dôsledkov.

3.1. Diagram priebehu procesov






Procesný diagram (Process flow diagram) ďalej len **PFD**, je znázornenie postupných krokov procesu, ktorý zahŕňa všetky operácie od príjmu materiálu až po skladovanie, balenie a expedíciu. PFD obsahuje podrobnosti o všetkých operáciách v postupnom poradí, taktiež zahŕňa alternatívne procesy, štandardné prepracovanie a pohyb výrobku z operácie do operácie, ako aj do a z externých operácií.

Informácie z PFD sa môžu použiť na vytvorenie dokumentov o postupnosti spracovania, ako sú definované v pracovných pokynoch. PFD musí byť dostatočne podrobný, aby jasne a úplne opisoval proces potrebný na príjem materiálu, výrobu, kontrolu, testovanie, ochranu, skladovanie a expedíciu vyhovujúceho výrobku.

PFD nemusí zahŕňať procesy pre obstarané materiály, komponenty a zostavy. Organizácia musí použiť jednu zo šablón PFD definovaných v norme **AS13004** a akúkoľvek odchýlku od nej musí schváliť zákazník [16].

Tabulka 1 - Značky diagramu priebehu procesov

[Zdroj: Vlastné spracovanie podľa 16]

| Názov značky | Značka | Definícia |
|-----------------------|---|---|
| Začiatok alebo koniec |  | Kruh predstavuje začiatok alebo koniec procesu |
| Presun/tok materiálu |  | Predstavuje presun toku/materiálu z jedného kroku do druhého |
| Skladovanie |  | Predstavuje skladovanie materiálu/dielov |
| Proces/Operácia |  | Obdĺžnikové/štvorcové pole zobrazuje pokyn/činnosť/aktivitu |
| Transformáciu |  | Diamantový rámček predstavuje transformáciu konkrétnej činnosti |

3.2. Expertné metódy analýzy rizík

Významným a užitočným nástrojom analýzy rizika sú metódy využívajúce skúsenosti expertov spolupracujúcich v expertných tímoch k vyjadrení verbálneho alebo numerického názoru na vyšetrovaný problém.

V **expertných metódach** sa usiluje systematicky o to, aby názory jednotlivých expertov v tíme boli zrovnateľné a vyhodnotiteľné, nejde ale o to aby boli uniformné.

Expertné analýzy ide rozdeliť do dvoch skupín podľa cieľu ich použitia:

- získanie **verbálneho odhadu** nebezpečnejšia a rizík projektu, môžu byť zahrnuté odhady možných scenárov nebezpečia, podmienok a dôsledkov ich realizácie, názory na riešenie a eventuálne ďalšie názory činiteľov. Takto sa vytvorí pestrý súbor informácií, ktorý slúži ako podklad pre rozhodnutie;
- získanie **numerických odhadov** závažnosti nebezpečenstva a rizík projektov, umožňujúcich vyhľadanie ohrozených miest projektu alebo taktiež porovnanie dvoch alebo niekoľkých projektov, poprípade rôznych riešení. Vznikne s toho jednoznačný podklad no s viacerými variantami k rozhodovaniu [17].

3.2.1. FTA

Pre analýzu spoľahlivosti je k dispozícii niekoľko analytických metód, jednou z nich je analýza stromu poruchových stavov (FTA). Strom poruchových stavov je organizovaná grafická reprezentácia podmienok alebo iných faktorov spôsobujúcich výskyt alebo prispievajúcich k výskytu vymedzeného výstupu, ktorý sa označuje ako „vrcholová udalosť“.

Analýza stromu poruchových stavov je deduktívna (prebiehajúca s hora dole) metóda analýzy zameraná na presné určenie príčin alebo kombinácií príčin, ktoré môžu viesť k vymedzenej vrcholovej udalosti [18].

Hlavné prvky stromu porúch sú:

- **Vrcholová udalosť**, ktorá je opisom kritickej udalosti systému;
- **Základné udalosti**, ktoré sú najnižšou úrovňou identifikovaných príčin;
- **Logické hradlá**, ako sú napríklad hradlá OR alebo AND, ktoré udávajú logické vzťahy medzi vrcholovou udalosťou a základnými udalosťami [19].


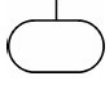



V prípadoch, kedy nejde pravdepodobnosť výskytu primárnych udalostí odhadnúť, je dovolené ku skúmaniu potenciálnych nežiadúcich výskytov použiť kvalitatívnu analýzu FTA s jednotlivými primárnymi udalosťami označovanými **popisnou pravdepodobnosťou výskytu** ako „vysoko pravdepodobná“, „veľmi pravdepodobná“, „stredne pravdepodobná“ atď. (udalosť).

Súčasťou stromu poruchových stavov sú:

- **Udalosti** - jedná sa o všetky relevantné udalosti medzi ktoré sa majú zahrnúť vplyvy prostredia a ostatné podmienky namáhania, ktorým by mohol byť systém vystavený;
- **Hradlá** – značky ktoré znázorňujú logický vzťah medzi vstupnými udalosťami a výstupnými udalosťami. Rozdeľujú sa na:
 - **statické hradlá** – výstup nezávisí na poradí výskytu vstupu;
 - **dynamická hradlá** – výstup závisí na poradí výskytu vstupu [18].







Tabuľka 2 - Obecné značky pre udalosti a popis udalostí

[Zdroj: 18]

| Značka | Názov značky | Definícia | Popis |
|---|--|---|---|
|  | Základná udalosť (Basic event) | Udalosť na najvyššej úrovni, pre ktorú je k dispozícii pravdepodobnosť výskytu alebo informácie o bezporuchovosti | Spôsob poruchy súčasti alebo jednotlivá príčina poruchy |
|  | Podmienujúca udalosť (Conditional event) | Udalosť, ktorá je podmienkou výskytu ďalšej udalosti, kde obe musia nastať, aby nastal výstup | Podmienujúca udalosť je nutná pre to, aby nastala výstupná udalosť. |
|  | Neaktívna udalosť (Dormant event) | Primárna udalosť, ktorá reprezentuje neaktívnu poruchu, udalosť ktorá nie je bezprostredne detekovaná, ale ktorá by možno bola detekovaná pri dodatočnej kontrole alebo analýze | Primárna udalosť. Ktorá by mohla byť detekovaná pri kontrole, analýze alebo skúške |
|  | Nerozvíjaná udalosť (Undeveloped event) | Primárna udalosť, ktorá reprezentuje časť systému, ktorá doteraz nebola rozvíjaná | Potenciálny príspevok k výskytu vrcholovej udalosti, ale príslušné informácie pre rozvíjanie tejto udalosti nie sú v súčasnej dobe k dispozícii |
|  | Prepínacia udalosť (House event) | Udalosť, ktorá je TRUE (pravdivá, zapnuto), alebo FALSE (nepravdivá, vypnuto). Môže byť časťou stromu poruchových stavov, ktorá je začlenená (ON) do analýzy, alebo je z nej vylúčená (OFF) | Udalosť riadená užívateľom, ktorá umožňuje prevádzka variantnú analýzu za rôzne definovaných podmienok systému |

Tabuľka 3 - Statická hradla

[Zdroj: 18]

| Názov hradla | Značka | Popis | Počet vstupov |
|---------------------------|--|--|---------------|
| Hradlo OR |  | Výstupná udalosť nastane, ak nastane akákoľvek zo vstupných udalostí | ≥ 2 |
| Hradlo AND |  | Výstupná udalosť nastane iba vtedy, ak nastanú všetky vstupné udalosti | ≥ 2 |
| Hradlo MAJORITY VOTE |  | Vstupná udalosť nastane, iba ak nastane m alebo viac vstupných udalosti s celkového počtu n vstupných udalosti | ≥ 2 |
| Hradlo NOT |  | Vstupná udalosť nastane iba vtedy, ak nenastane vstupná udalosť | 1 |
| Hradlo EXCLUSIVE OR (XOR) |  | Výstupná udalosť nastane, iba ak nastane práve jedna z udalostí na vstupe hradla | = 2 |
| Hradlo NOR |  | Výstup nastane, ak nenastane žiadna zo vstupných udalostí | ≥ 2 |

3.2.2. FMEA

FMEA (Analýza príčin a následkov) je systematická metóda identifikácie a prechádzaniu problémov s produktom a procesom ešte pred tým ako sa vyskytnú. FMEA je zameraná na prevenciu chýb, zvyšovanie bezpečnosti a zvyšovanie spokojnosti zákazníkov. V ideálnom prípade sa FMEA vyhotovuje vo fáze dizajnu produktu alebo v procese vývojových štádií, každopádne je možné ju zhotoviť i na existujúcich produktoch alebo procesoch, čo môže viesť k značným zlepšeniam súčasného stavu [20].

Prvé formálne spracovanie analýzy FMEA sa uskutočnilo v leteckom a vesmírnom priemysle v polovici 60. rokov 20. storočia, spracovaná analýza bola špeciálne zameraná na otázky bezpečnosti. Netrvalo dlho a FMEA sa stala kľúčovým nástrojom na zlepšenie bezpečnosti, najmä v chemickom priemysle. Zatiaľ čo inžinieri vždy analyzovali potenciál zlyhania procesov a produktov, FMEA štandardizuje prístup a stanovuje spoločný jazyk, ktorý možno používať v rámci spoločnosti i medzi nimi. FMEA identifikuje nápravné opatrenia potrebné k tomu, aby sa nedostali k zákazníkovi, čím zaisťujú najvyššiu možnú trvanlivosť, kvalitu a spoľahlivosť produktu alebo služby [20,21].

FMEA:

- identifikuje známe a potenciálne spôsoby zlyhania,
- identifikuje príčiny a dôsledky každého režimu zlyhania,
- uprednostňuje identifikované režimy zlyhania podľa **priority rizika (RPN)** – súčin frekvencie výskytu, závažnosti a detekcie,
- poskytuje sledovanie problému a nápravné opatrenia [21].

Nižšie je uvedený všeobecný **súhrn krokov zahrnutých do analýzy FMEA:**

1. vybrať proces, ktorý bude analyzovaný;
2. identifikovať jednotlivcov zo všetkých oddelení so špecifickými znalosťami o procesoch, produktoch a potrebách zákazníkov za účelom brainstormingu o možných spôsoboch zlyhania;
3. podrobne popísať proces a/alebo produkt;
4. identifikovať všetky potenciálne zlyhania, to zahŕňa všetky komponenty, systémy, procesy a funkcie, ktoré by mohli potenciálne nespĺňať štandardy kvality alebo spoľahlivosti a ich potenciálne príčiny;
5. identifikovať všetky potenciálne dôsledky každého zlyhania;
6. priradiť každému zlyhaniu **hodnotenie závažnosti (S)**, podľa závažnosti dopadu, ktoré má. Závažnosť je často hodnotená na stupnici od 1 do 10, pričom jedna je nevýznamná a 10 je katastrofálna;
7. identifikovať všetky možné základné príčiny každého zlyhania, niektoré spoločnosti využívajú okrem znalostí a skúseností svojich zamestnancov taktiež nástroje pre analýzu príčin;
8. priradiť každej príčine **hodnotenie výskytu (O)**. To je často hodnotené na stupnici od 1 do 10 pričom 1, je vzácne a 10 je nevyhnutelné;
9. pre každú príčinu identifikovať aktuálne procesné kontroly, ktoré sú tam zavedené, aby zabránili daným zlyhaniám;
10. každému ovládacímu prvku priradiť **hodnotenie detekcie (D)**, aby sme určili, efektívnosť ovládacích prvkov pre detekciu príčiny alebo režimu zlyhania, musia byť odhalené predtým alebo ako náhle k nim dôjde ale ešte predtým než ovplyvnia zákazníka. To je zvyčajne

hodnotené na stupnici od 1 do 10, kde 1 znamená že problém bude detekovaný s absolútnou istotou, a 10 znamená že kontrola s najväčšou pravdepodobnosťou problém nikdy neodhalí;

11. určiť **číslo priority rizika (RPN)** na základe hodnotenia (**SxOxD**) pre každé potenciálne zlyhanie a zoradiť ich zostupne;
12. naplánovať a implementovať zmeny zavedené k riešeniu porúch na základe určeného **RPN**;
13. merať a dokumentovať úspešnosť každej zmeny procesu [22].

4 VLASTNÉ RIEŠENIE

Táto kapitola je zameraná na vlastné riešenie danej problematiky, tak aby boli splnené stanovené ciele za využitia vybraných metód. Prvá časť sa týka predstavenia spoločnosti, jej portfólia a systému kvality. Následne je popísaný výrobný proces a interná smernica, ktorá sa vzťahuje na rizikový management v spoločnosti. V ďalšej časti bude spracovaný diagram priebehu procesov pre dve vybrané zákazky na, ktoré nadväzuje stromová analýza porúch, a analýza príčin a dôsledkov. Na základe výstupov z analýz budú navrhnuté opatrenia vedúce k zníženiu identifikovaných rizík.

4.1. Predstavenie spoločnosti

Tabuľka 4 - Informácie o spoločnosti Frentech Aerospace s.r.o

[Zdroj: Vlastne spracovanie podľa 23]

| | | |
|------------------------------|--|--|
| Názov spoločnosti: | Frentech Aerospace s.r.o. |  |
| Adresa: | Jarní 977/48 614 00 Brno Česká republika | |
| IČO: | 60700581 | |
| DIČ: | CZ60700581 | |
| Vlastník spoločnosti: | Czech Aerospace Systems s.r.o. | |
| Základný kapitál: | 6 892 000 CZK | |

Obrázok 6 - Logo

[Zdroj: 23]

Frentech Aerospace s.r.o. je významným a kvalifikovaným dodávateľom mechanických dielov a zostáv hlavne pre letecký a kozmický priemysel. Orientuje sa taktiež na ďalšie odvetvia, ktoré vyžadujú precízne spracované mechanické diely alebo zostavy z klasických i nových materiálov. Spoločnosť sa aktívne podieľa na projektoch pre kozmické aplikácie, mechanizmy a subsystemy. Zameraním vedenia je zlepšovanie pozície u stávajúcich zákazníkov, kvalitnými projektami, a produkciou posilňovať svoj podiel na trhu v rámci vysoko sofistikovaných odvetví. Obchodným zameraním spoločnosti Frentech Aerospace s.r.o. je spolupráca s lídrami v oboru leteckej techniky, vesmírneho a obranného priemyslu, meracej a prístrojovej techniky, vákuové, mikrovlnné techniky, a s výrobcami špeciálnych strojov. Vyrábajú diely v malých a stredných dávkach spoločne s prototypmi [25].

4.1.1. Portfólio spoločnosti

Letecký priemysel

Viac než 20 rokov dodáva spoločnosť diely do lietadiel, pre Airbus a to tvorí viac ako 1,5 miliónov súčiastok. Pre tieto lietadlá sú vyrábané komplexné diely z hliníkových zliatin, oceli a titánu, ktoré sú použité v rôznych častiach systému. Spoločnosť sa podieľala svojimi dodávkami na výrobe prototypov lietadiel **A380**, **A400M** a **A350**. Na základe dlhoročných skúseností dodáva diely pre lietadlá **BOEING** a **EMBRAER** [26].



Obrázok 8 - Vzorové zobrazenie súčiastky pre letecký priemysel č. 1 [Zdroj: 26]



Obrázok 7 - Vzorové zobrazenie súčiastky pre letecký priemysel č. 2 [Zdroj: 26]

Vesmírny priemysel

Frentech Aerospace s.r.o. sa zameriava hlavne na dodávky **vesmírnych mechanizmov**, kde zaisťujú nielen výrobu dielov, montáž, testy a dodanie pomocných zariadení (MGSE), ale i dizajn a termálny dizajn vrátane simulácií. V rámci kooperácie na vesmírnych projektoch je spoločnosť zapojená do širokej medzinárodnej spolupráce s EU a USA. Podieľa sa hlavne na projektov programov ESA a ESO. Mimo tieto programy poskytuje výrobky i pre súkromný sektor spoluprácou na komerčných vesmírnych projektoch. Ako jedna z mála európskych spoločností je kvalifikovaná na výrobu dielov z titánu používaných v kryostatoch, vrátane procesu leštenia, chemického niklovania a PVD zlatenia o čistote 99,99 % [27].



Obrázok 10 - Vzorové zobrazenie štruktúry pre vesmírny priemysel č. 1 [Zdroj: 27]



Obrázok 9 - Vzorové zobrazenie zostavy pre vesmírny priemysel č. 2 [Zdroj: 27]

Obranný priemysel

Frentech Aerospace s.r.o. dodáva diely a moduly do lietadiel pre optické systémy a pre prístrojovú techniku v rámci obranného priemyslu [28].

Ostatný priemysel

Hlavné zákazky pre iné priemysly tvoria diely a zostavené moduly pre prístrojovú techniku a stavbu špeciálnych strojov [29].

4.1.2. Kvalita

Spoločnosť Frentech Aerospace s.r.o. udržuje a zlepšuje integrovaný systém managementu kvality, environmentálneho managementu a managementu bezpečnosti práce a ochrany zdravia. Súčasne tak s dôrazom na kvalitu svojej produkcie a spokojnosti zákazníkov venuje pozornosť hlavne riadeniu svojich environmentálnych aspektov a rizík súvisiacich s tvorbou bezpečného a zdravia neohrozujúceho pracovného prostredia.

S ohľadom na povahu a rozsah výroby je spoločnosť pripravená zaistiť svoj chod v bežných podmienkach a efektívne pôsobiť i v prípadných nežiadúcich situáciách.

Spoločnosť Frentech Aerospace je certifikovaná podľa:

- ISO 9001:2015;
- AS 9100, rev. D;
- ISO 14001:2015;
- OHSAS 18001:2007.

Pre zhotovovanie špeciálnych procesov využíva dodávateľov, ktorí sú certifikovaní podľa NADCAP [30].

4.1.3. Technológie

Na zvýšenie produktivity práce a kvality výrobkov spoločnosť sústavne investuje do moderných technológií. Tieto investície zohľadňujú rastúce nároky zákazníkov a zároveň posilňujú technologické možnosti [31].

Strojné vybavenie

Výroba disponuje 24 CNC strojmi a dvoma poloautomatickými brúskami. Tieto zariadenia pokrývajú sortiment výrobkov od veľkosti niekoľkých desiatín milimetra až po 1500 milimetrov.

Strojné skupiny:

- CNC sústruhy – (2,3,4,9 riadených os);
- CNC multifunkčné stoje – sústruženie, frézovanie;
- CNC frézovacie stoje – vertikálne, horizontálne;
- brúsenie;
- hlboké vŕtanie;
- konvenčné sústružnícke a frézovacie stroje;
- ručné pracovisko pre dokončovacie operácie;
- ďalšie technologické vybavenie [32].

Testovanie

Pre aktivity vo vesmírnom priemysle ponúkajú nasledujúce testy:

- termálne cyklické testy s riadenou vlhkosťou prostredia;
- termálne cyklické testy vykonávané vo vákuu;
- vykonávanie šok testov v tekutom dusíku;
- meranie kontaminácie partikulárnej čistoty v podmienkach ISO5;
- meranie molekulárnej čistoty v podmienkach ISO5;
- vykonávanie geometrických a rozmerových testov;
- testy vákuovej tesnosti;
- vykonávanie špecifických testov požadovaných pre konkrétne mechanizmy;
- kontrola a nastavenie momentových kľúčov;
- testy vodivosti [33].

Čisté priestory

Miestnosti sú členené do viacerých sekcií a ich príslušné technické aspekty sú v súlade s požiadavkami normy EN ISO 14644. Vo všetkých priestorových úsekoch je nainštalovaný systém na kontinuálne monitorovanie a kontrolu čistoty, pričom údaje sa priebežne zaznamenávajú a archivujú.

Práca v čistom priestore je definovaná internými predpismi. K dispozícii sú priestory:

- **Čistý montážny priestor s čistotou podľa ISO7 (10 000)** – robia sa tam montážne práce a niektoré testy;
- **Kontrolné pracovisko s čistotou podľa ISO7 (10 000)** – V tomto priestore je umiestnený 3D merací stroj Mitutoyo;
- **Čistý montážny priestor s čistotou podľa ISO5 (100)** – je tam umiestnená technológia na finálne dočistenie dielov a nástrojov [34].

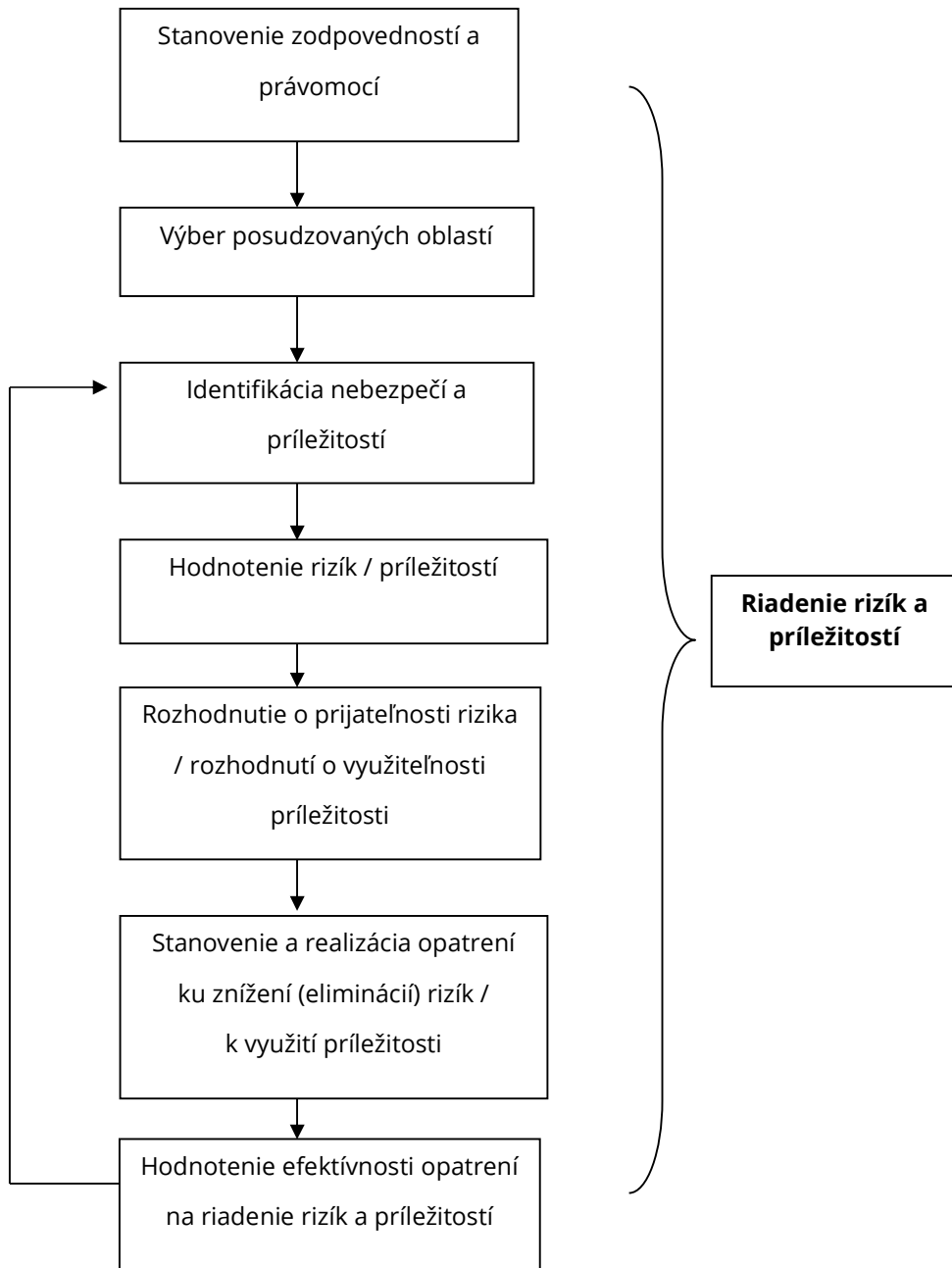
4.1.4. Interná smernica pre manažment rizík a príležitostí

Spoločným záujmom a zodpovednosťou vedenia spoločnosti Frentech Aerospace s.r.o. je pokryť všetky potenciálne riziká a príležitosti, ktoré by mohli ovplyvniť činnosť spoločnosti alebo plnenie kritérií zákazníkov.

Táto smernica definuje prístup organizácie k procesu riadenia rizík a príležitostí a špecifikuje postupy vedúce k zníženiu, eliminácii rizík, alebo využitiu príležitostí.

Tieto postupy sa uplatňujú ako súčasť procesu riadenia organizácie ako celku, ako aj riadenia čiastkových procesov. Uplatňujú sa najmä pri riadení procesov, ktoré:

- majú významný vplyv na fungovanie organizácie a jej rozvoj;
- ovplyvňujú kvalitu dodávaného produktu a spokojnosť zákazníkov;
- majú vplyv na uspokojovanie potrieb a očakávaní zainteresovaných strán vrátane potrieb a očakávaní zamestnancov spoločnosti;
- majú vplyv na bezpečnosť zamestnancov a životné prostredie [35].



Obrázok 11 - Proces riadenia rizík a príležitostí

[Zdroj: 35]

4.2. Všeobecný priebeh výrobného procesu

V tejto kapitole sú popísané činnosti výrobného procesu, ktoré je možné nájsť v každej zákazke, ktorú spoločnosť vyrába. Je rozdelená do štyroch častí, ktoré budú popísané a následne zobrazené v procesnej mape.

4.2.1. Príprava výroby

Je kľúčové aby bola hneď v počiatočnej fáze procesu zhotovená dôkladná kontrola technologického postupu, stavu potrebných strojov a špeciálneho náradia. Následne sú vykonané prípadné opatrenia v zmysle úspešného zhotovenia všetkých definovaných technologických operácií, to môže zahŕňať napríklad uvoľnenie výrobného zariadenia pre danú položku.

Pri kontrole výrobnej dokumentácie je dôležité preveriť výrobný výkres a technologický postup z hľadiska možných zmien a revízií. Ako dôkaz prevedenej kontroly výkresu a jeho uvoľnenia do výroby je označenie razítkom a podpis technológa. Súčasťou výrobnej dokumentácie môžu byť údaje i v dátovej podobe, a tak pracovník musí preveriť ich aktuálnosť a dostupnosť pre pracovisko, ktoré dáta bude využívať. V prípade, že sú špecifikácie položky nezmenené overuje sa jej stav na sklade hotových výrobkov.

Za predpokladu, že sú produkty v požadovanom množstve na sklade (a to iba v prípade, že je to v objeme 100% potrebného množstva), pracovník oddelenia nevystavuje výrobný príkaz a súvisiace dokumenty, ale vystaví dokument „Výdaj zo skladu hotových výrobkov“, ktorý predá manažérovi výroby [35].

4.2.2. Výrobný príkaz

Výrobný inžinier založí výrobný príkaz spoločne s programom pre využívané zariadenia v podnikovom informačnom systéme, tento proces prebieha spolu s spracovaním technologického postupu a kusovníku. Výrobný inžinier následne uvoľní výrobný príkaz a to v čase, kedy je nakúpený a evidovaný materiál potrebný na výrobu produktu.

Po ukončenej kontrole pripravenosti zákazky do výroby, pracovník prevedie uvoľnenie výrobného príkazu v podnikovom informačnom systéme a tlačenie súvisiacich dokumentov. Dokumenty výhradne zahŕňajú výrobný príkaz, technologický postup, výdaj materiálu a identifikačný list. Tieto podklady vrátane ďalších, ktoré môžu obsahovať špeciálne predpisy zákazníkov, špeciálne meracie protokoly, nákresy apod., predáva výrobný inžinier manažérovi výroby. Ako identifikátor o uvoľnení technologického postupu a výrobného výkresu do výroby je jeho označenie razítkom pracovníka prípravy výroby. Pri výrobnom výkrese sa taktiež vyznačí počet kusov, čísla výrobného príkazu a čísla zákazky [35].

4.2.3. Výroba

Majster výroby sa zoznámi s dokumentáciou a špecifikáciami plánu. V prípade, že sa nenaskytnú nejasnosti, následne predáva dokumentáciu k zhotoveniu prvej operácie. Pokiaľ sa jedná o súčiastku/zostavu, ktorá sa vyrába prvý raz alebo v programe nastáva zmena, programátor vytvorí alebo zmení program podľa požiadavky. Skladník pripraví a vydá materiál na priradené pracovisko v požadovanom množstve a termíne. Operátor si pripraví nástroje a zaháji sa výroba podľa technologického postupu, vrátane medzioperačných kontrol. Na záver sa zhotoví konečná kontrola a vystavia sa zásadné dokumenty, ktoré sa založia do archívácie alebo zabalía s produktom.

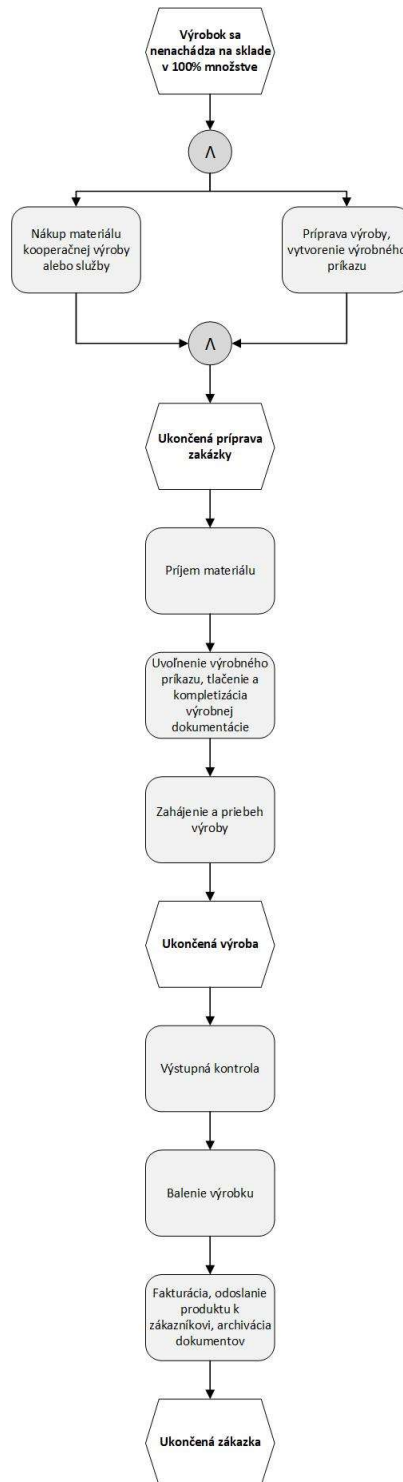
Pre plnenie výrobných plánov je technik plánovania a riadenia výroby zodpovedný za dohľad nad procesom. Zistené odchýlky konzultuje s majstrom, ktorý je zodpovedný za dodržovanie plánu ukončenia jednotlivých operácií a celej výroby produktu. Majster včas informuje technika plánovania a riadenia výroby o skutočnostiach, ktoré by zapríčinili závažné odchýlky v plnení plánu. Zmeny plánu, ovplyvňujúce termín dodania produktu, pojednáva technik plánovania a riadenia výroby s manažérom projektu, ktorý o takýchto zmenách informuje zákazníka.

Dôležitým krokom pre zaistenie kvality produktu sú medzioperačné a výstupné kontroly, ktoré zhotovujú pracovníci výroby a pracovníci kontroly počas, alebo na konci výrobného procesu. Pre zaistenie kvality svojich produktov Frentech Aerospace s.r.o. aplikuje metódu validácie na všetky procesy, ktoré túto kvalitu ovplyvňujú. Validácia musí preukázať schopnosť procesov ovplyvňujúcich výrobu a dodávanie produktov, že dosahujú plánované výsledky [35].

4.2.4. Expedícia

Po ukončení výroby technik plánovania a riadenia vykoná ukončenie výrobného príkazu v podnikovom informačnom systéme a predáva kompletnú dokumentáciu manažérovi projektu. Finálny výrobok sa zabalí a označí príslušným identifikátorom, aby bolo zrejmé o aký výrobok sa jedná. Takýto zabalený produkt sa zanesie do skladu, kde je umiestnený na príslušné miesto. Následne sa v podnikovom informačnom systéme využívaného pre zápis a kompletizáciu objednávky, vystaví faktúra zákazky, ktorá sa zašle buď elektronickou alebo písomnou formou. Všetky potrebné dokumenty požadované zákazníkom sa zašlú buď fyzicky spoločne s produktom

alebo elektronicky. Na záver sa v systéme dokončí objednávka, s fyzickou archiváciou mapy zákazky a prípadnej požadovanej dokumentácie [35].



Obrázok 12 - Procesná mapa výroby

[Zdroj: Vlastné spracovanie na základe 35]

4.3. Popis vybraného systému

Predmetom analýzy rizík je výrobný proces zvolenej spoločnosti Frentech Aerospace s.r.o.. Zámer spracovaných analýz bude spočívať v identifikácii poruchových stavov, ktoré negatívne vplyvajú na výrobný proces s určitou závažnosťou, čo môže mať následne dopad i na kvalitu výrobku a teda i samotného zákazníka. Budem sa teda zaoberať primárne rizikami, ktoré ovplyvňujú kvalitu dodávaného produktu a spokojnosť zákazníkov. Jedná sa o jeden s bodov, ktorými sa zaoberá internej smernici spoločnosti. Schopnosť splniť požadovanú kvalitu dodávaného produktu a spokojnosť zákazníkov silne súvisí so schopnosťou spoločnosti podnikat v daných odvetviach a ovplyvňuje jej konkurenčnú schopnosť. Pomocou zvolenej metódy budú zistené poruchy, ktoré budú následne ohodnotené podľa stanovených parametrov. Na základe výstupov plynúcich s hodnotenia bude vybraná skupina nebezpečenstiev s najväčšou prioritou, pričom tieto riziká budú na záver ošetrené, tak aby ich hodnota bola znížená na prijateľnú úroveň.

V rámci analyzovanej oblasti boli vybrané dve zákazky, ktoré boli zvolené ako vzorka pre znázornenie najčastejšie sa vyskytujúcich rizík, ktoré môžu v popisovanom procese nastať. Špecifikácie pre vybrané vzorky boli primárne vyššia komplexnosť procesu a väčšia rozmanitosť výrobných operácií. Prvá zvolená zákazka sa zaoberá zhotovením súčiastky. Tento diel sa vyrába s veľkej časti v rámci spoločnosti Frentech Aerospace s.r.o., zatiaľ čo druhá zvolená zákazka je spojená s výrobou zostavy konštruovanej v spolupráci s externou spoločnosťou. Zostava je zložená s vyrobených i nakúpených dielov. Každá výrobná operácia pozostáva z viacerých čiastočných krokov, ktoré musia byť splnené, na to aby sa mohlo pokračovať k nasledujúcej operácií. Pomocou tabuľkového zobrazenia sú znázornené tieto operácie spolu s náležitými krokmi, ktoré budú následne vysvetlené s odlišnými vlastnosťami každého výrobného programu a začlenené do diagramu priebehu procesu.

4.3.1. Súčiastka

Technický výkres dielu je možné vidieť v **prílohe 1**. Jedná sa o rotačnú súčiastku vyrobenú z nerezovej martenzitickej, zrážkovo vytvrdzovanej ocele s označením 17-4 PH. V spoločnosti sa vyrába na CNC sústruhu STAR SV32. Každý diel sa musí po opracovaní, odihlení a zalisovaní sedla otestovať na tesnosť. Vykonáva sa to na špeciálnom prípravku s tlakom vzduchu 1,38 až 1,72 bar a meria sa prietok netesného vzduchu. Ten nesmie prekročiť 0,378 l/min. Súčiastka sa potom označí predpísaným číslom a chemicky pasivuje. Tento komponent je súčasťou pneumatického systému motora lietadla a používa sa na uzavretie prietoku vzduchu v jednom smere [35].

V nasledujúcej **tabulke 5** je možné vidieť zoznam všetkých výrobných operácií spolu s príslušnými krokmi, ktoré tvoria technologický postup pre vybraný výrobok.

Tabulka 5 - Popis výrobných operácií a krokov

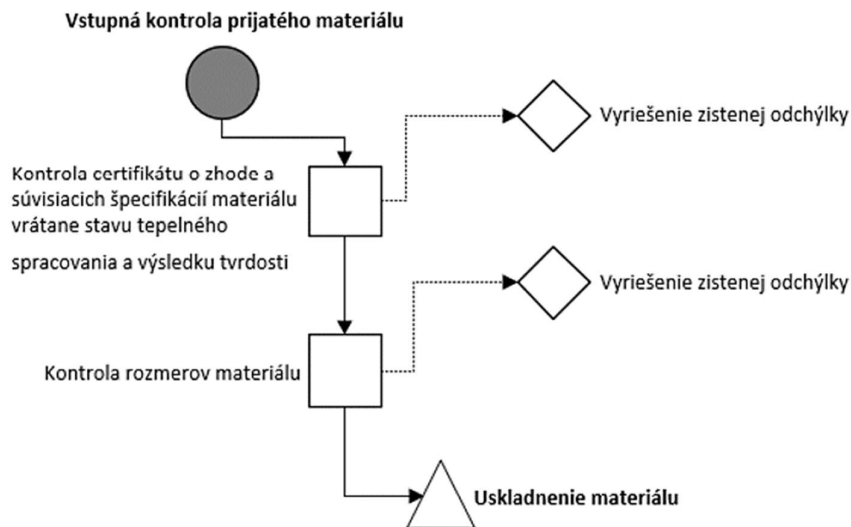
[Zdroj: Vlastné spracovanie podľa 35]

| Vlastník procesu | Výrobná operácia | Kroky procesu |
|---|--|---|
| Interný proces | Vstupná kontrola prijatého materiálu | Kontrola certifikátu o zhode a súvisiacich špecifikácií materiálu vrátane stavu tepelného spracovania a výsledku tvrdosti |
| | | Kontrola rozmerov materiálu |
| | | Uskladnenie materiálu |
| | Rezanie tyč | Uvoľnenie do výroby |
| | Obrábanie - sústruženie (CNC STAR SV32) | Príprava pracoviska |
| | | Schválenie prvého kusu |
| | | Úplne sústruženie a vŕtanie |
| | | Medzi procesná kontrola |
| | | Balenie každého kusu zvlášť do blistrov |
| | | Uvoľnenie do ďalšieho procesu |
| | Medzioperačná kontrola | Kontrola vykonaných výrobkov a meranie charakteristík, ktoré boli vykonané počas predchádzajúcej operácie |
| | Skúška tesnosti toku | Príprava pracoviska |
| | | Skúška tesnosti toku |
| | | Medzi procesná kontrola |
| | | Uvoľnenie do ďalšieho procesu |
| | Vibračné značenie | Príprava pracoviska |
| | | Vibračné značenie |
| | | Medzi procesná kontrola |
| | | Balenie každého kusu zvlášť do sieťoviny |
| | | Uvoľnenie do ďalšieho procesu |
| | Medzioperačná kontrola | 100% Vizuálna kontrola dielov |
| | Pasivácia | Balenie každého kusu zvlášť do sieťoviny |
| | | Odoslanie dielov schválenému zdroju |
| Pasivácia podľa výkresu - EXTERNÝ PROCES | | |
| Overenie certifikátu a prijatie dielov | | |
| Finálna kontrola | Kontrola vlastností podľa požiadaviek výkresu; vizuálna kontrola na 100 % dielov | |
| Balenie | Balenie podľa požiadaviek zákazníka | |
| Kontrola | DQR 100 % vizuálna kontrola a označovanie dielov. | |
| Vypracovanie dokumentov | Vyhotovenie dokumentov podľa požiadaviek zákazníka a interných požiadaviek | |
| | Objednanie prepravy a odoslanie | |

Vstupná kontrola prijatého materiálu

Počiatočná kontrola vstupného materiálu je nevyhnutnou náležitosťou pri každom procese výroby bezprostredne na začiatku výrobného programu. Toto zabezpečenie kvality pozostáva z overenia, či prevzatý materiál odoveda objednávke a splňuje stanovené parametre a normy. Pri tejto kontrole sa vizuálne skúma, či nedošlo k poškodeniu, defektom alebo kontaminácii materiálu, čo môže ovplyvniť jeho výkonnosť alebo bezpečnosť. V rámci dodávky materiálu musí byť priložený certifikát o zhode a dokumenty popisujúce stav tepelného spracovania materiálu a jeho výsledku tvrdosti. Tieto náležitosti musia spĺňať veľmi špecifické kritéria, aby bola zaručená požadovaná kvalita materiálu pre ďalšie spracovanie. Finálny výrobok má vysoké nároky na spoľahlivosť a je požadované aby vydržal rôzne tepelné a záťažové podmienky. Popisovaná kontrola musí byť spracovaná dôkladne a s toho dôvodu má spoločnosť zavedené interné predpisy na zhotovenie kontroly. Pri vizuálnej kontrole doloženej dokumentácie a rozmerov materiálu sa využíva kontrolný zoznam, do ktorého sa zaznamenáva splnenie náležitostí.

Výstupom tohto procesu je vyplnený kontrolný zoznam a konfirmácia zaevidovaná v internej dokumentácii, ktorá predstavuje úspešné prijatie posudzovaného materiálu. V prípade identifikácie odchýlky medzi požadovaným a plánovaným stavom je nevyhnutné aby začali nápravné opatrenia v súlade so stanovenými postupmi. To môže zahŕňať zamietnutie materiálu, jeho vrátenie dodávateľovi alebo jeho opätovné spracovanie [35].

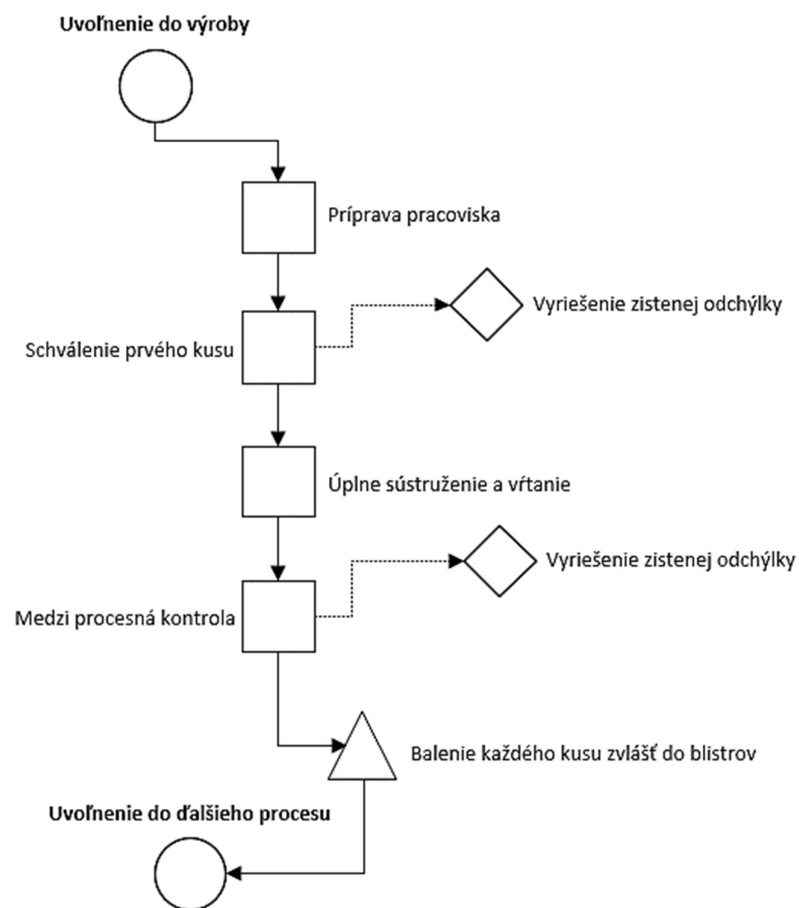


Obrázok 13 - Procesný diagram vstupnej kontroly prijatého materiálu

[Zdroj: Vlastné spracovanie]

Rezanie týčí - Obrábanie - sústruženie (CNC STAR SV32)

Celý proces pozostáva z niekoľkých fáz, ktoré sú nevyhnutné pre úspešné a spoľahlivé mechanické spracovanie výrobkov na stroji STAR SV32 CNC. Na začiatku procesu, sa prijatý materiál narezáva na presne stanovené rozmery podľa predloženej dokumentácie, aby sa následne predpripravený materiál mohol uvoľniť do nasledujúcej výrobnjej operácie obrábania. Obsluha stroju je povinná pripraviť všetky potrebné nástroje a konfigurácie pracoviska, podľa predpísaných postupov a noriem. Po dokončení samotnej prípravy sa overuje výrobný program pomocou kontroly a validácie prvého kusu výrobku, tým sa zabezpečí konzistentná kvalita a overí sa súlad so stanovenými špecifikáciami a normami. Na každom kuse materiálu sa nadväzne realizuje pracovný postup podľa výrobného programu. Medzi jednotlivými operáciami sa uskutočňuje priebežná kontrola, čím sa znižuje počet porúch a zmätkov a zabraňuje sa ich odovzdaniu do ďalších procesov. Záverečným krokom je separátne balenie každého kusu do blistrových obalov, vďaka čomu sa môže zabezpečiť ich bezpečná preprava a skladovanie [35].

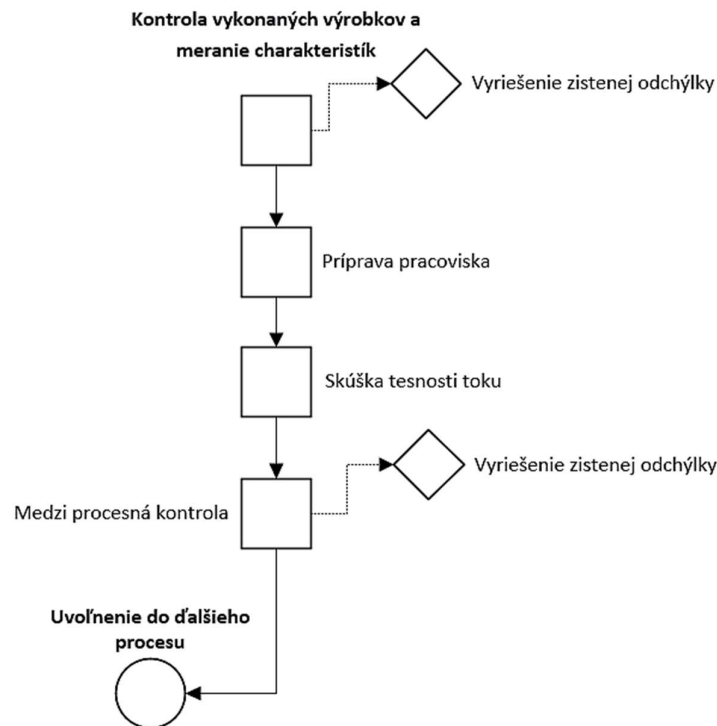


Obrázok 14 - Procesný diagram rezania týčí - obrábania - sústruženia (CNC STAR SV32)

[Zdroj: Vlastné spracovanie]

Medzioperačná kontrola – skúška tesnosti toku

Kontrola spočíva v preskúmaní správneho stavu vyrobených kusov a tým sa verifikuje, správnosť predchádzajúcich výrobných operácií a ich náležité úkony. Kontrolór sa na túto inšpekciu pripraví a použije všetky potrebné meracie prístroje, aby zistil bezchybnosť kľúčových vlastností výrobkov. Následne sa vykoná skúška tesnosti s cieľom overiť, či sú atribúty výrobkov funkčné a teda či nedochádza k úniku skúšobného plynu. Prvým krokom je príprava na test, ktorá zahŕňa zaistenie prístrojov a pomocných nástrojov potrebných na skúšku a vytvorenie izolačného prostredia. Po príprave pracoviska sa do systému zavedie skúšobný plyn pričom sa monitoruje i meria tlak a prietok plynu v rôznych bodoch systému. Na konci skúšky sa vykoná vizuálna kontrola, aby sa zabezpečilo, že sa na výrobkoch neobjavili žiadne nové chyby výrobkov [35].



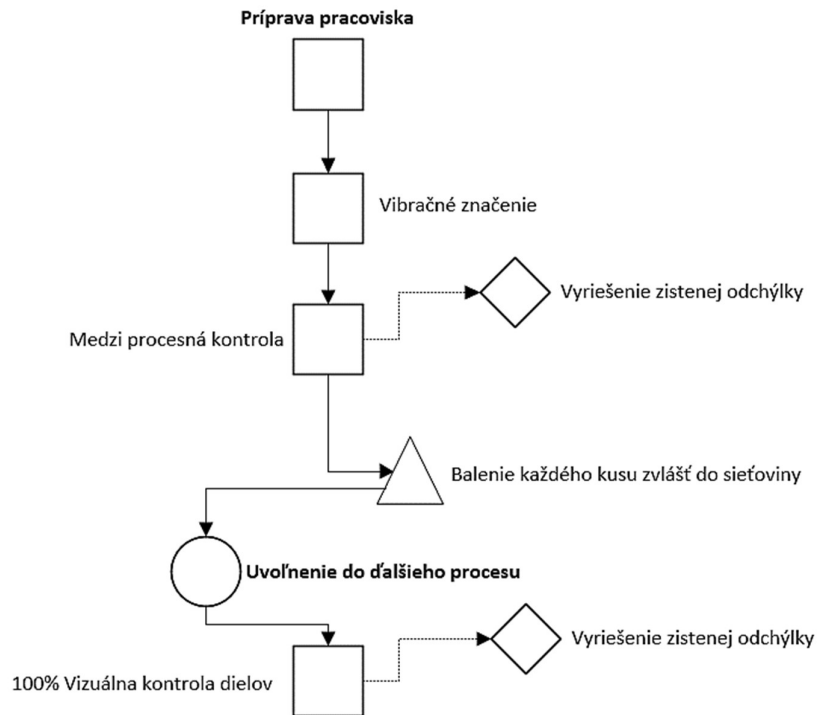
Obrázok 15 - Procesný diagram medzioperačnej kontroly - skúšky tesnosti toku

[Zdroj: Vlastné spracovanie]

Vibračné značenie - medzioperačná kontrola

Rovnako ako pri predchádzajúcich výrobných operáciách je prvou etapou procesu dôsledná príprava pracoviska, ktorá umožní optimálne fungovanie všetkých potrebných zariadení a nástrojov.

Po dôkladnej príprave začína samotný proces, pri ktorom sa využíva technológia vibračného značenia pre vyrytie presných identifikačných prvkov na výrobky. Na identifikáciu prípadných chýb, ktoré by sa mohli vyskytnúť počas procesu, a ich včasnú elimináciu sa používa procesná kontrola. Finálnym krokom je náležité uskladnenie označených výrobkov, ktoré spočíva v balení každého jednotlivého výrobku do samostatnej sieťoviny, vďaka ktorej je zabezpečená ochrana počas prepravy. Skladník následne vizuálne overí obsah všetkých požadovaných komponentov výrobkov [35].



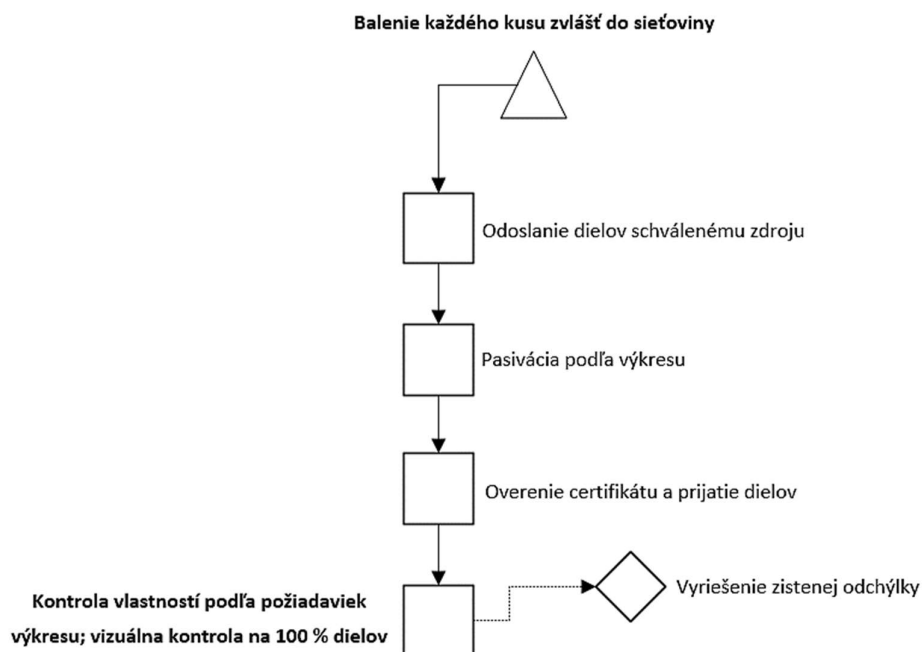
Obrázok 16 - Procesný diagram vibračného značenia - medzioperačnej kontroly

[Zdroj: Vlastné spracovanie]

Pasivácia - finálna kontrola

Po dokončení kontroly sa zabalené výrobky posielajú certifikovanému dodávateľovi, ktorý je zvolený podľa kritérií stanovených zákazníkmi v kombinácii s nevyhnutnými normami na zaručenie požadovanej kvality. Dodávateľ vykoná proces pasivácie podľa technického výkresu dodaným spoločnosťou. Ide o proces, pri ktorom sa z povrchu odstránia všetky nečistoty a naniesie sa chemická úprava, ktorá vytvorí ochrannú vrstvu. Dodávateľ zašle spolu s výrobkami zodpovedajúci certifikát, v ktorom uvedie, že proces bol vykonaný v súlade s príslušnými normami a že výrobky boli testované a skontrolované na prítomnosť chýb.

Tieto skutočnosti sa dôkladne kontrolujú pri prijímaní výrobkov do spoločnosti, aby sa zabránilo prevzatiu výrobkov, ktoré nezodpovedajú stanoveným parametrom. Tento proces je zhotovovaný na základe posúdenia vizuálnej stránky a predloženej dokumentácie. Proces sa ukončuje finálnou kontrolou, ktorá zahŕňa preskúmanie technických náležitostí podľa priloženého výkresu, vizuálnu kontrolu každého dielu, dokumentáciu výsledkov a vyradenie všetkých nezhodných dielov. Celý uvedený prístup je kľúčový na zaručenie splnenia potrebných špecifikácií a vhodnosti dielov pre konečného zákazníka. Cieľom tohto procesu je zabrániť v odoslaný výrobkov, ktoré nie sú v súlade s nastavenými kritériami a tak znižuje dopad nepriaznivého stavu, pri ktorom zákazník obdrží nekvalitné súčiastky [35].



Obrázok 17 - Procesný diagram pasivácie - finálnej kontroly

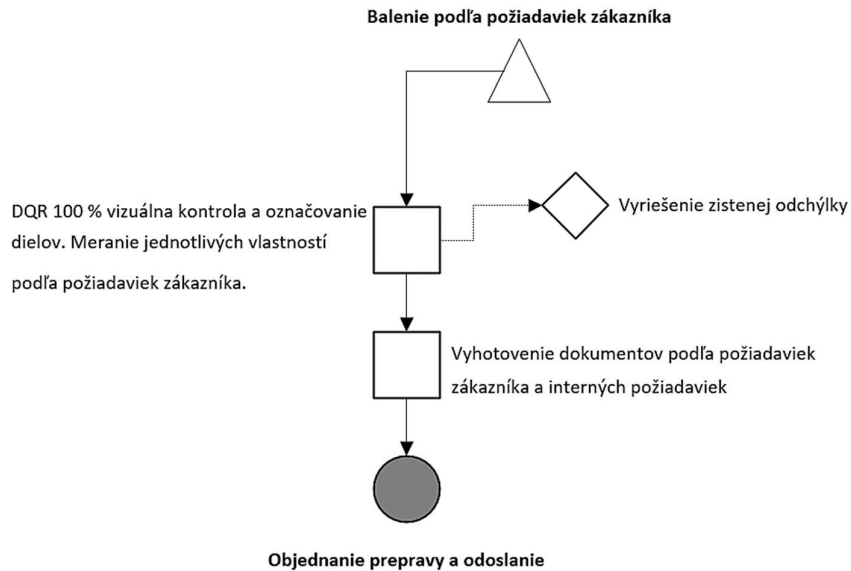
[Zdroj: Vlastné spracovanie]

Balenie – kontrola – vypracovanie dokumentov

Balenie podľa špecifických kritérií zákazníka je súčasťou riadenia dodávateľského reťazca. Tento proces zahŕňa niekoľko krokov, ktoré je potrebné vykonať v určitom poradí, aby sa zaistila, pripravenosť výrobkov na záverečný proces celého projektu a to je dodanie zákazníkovi. Kritéria, ktoré sú aplikované na celý tento proces zahŕňajú použitie špecifických obalových materiálov, rozmerov, hmotnosti a ďalších špecifikácií.

Po zabalení výrobkov prichádza na radu 100 % vizuálna kontrola a označovanie jednotlivých položiek. Zabalené diely sa vizuálne skontrolujú, a každý diel sa označí potrebnými informáciami.

Po vykonaní vizuálnej kontroly a označení sa vyhotoví dokumentácia v súlade s potrebami zákazníka spolu s dokumentáciou súvisiacou s internými normami. Môže ísť o baliace listy, kontrolné správy a inú požadovanú dokumentáciu. Nakoniec sú výrobky pripravené na prepravu a expedíciu. Vykonajú sa potrebné opatrenia, aby sa zabezpečilo, že výrobky budú odoslané a dodané zákazníkovi včas a v súlade s jeho špecifickými požiadavkami. [35].



Obrázok 18 - Procesný diagram balenia - kontroly - vypracovania dokumentov

[Zdroj: Vlastné spracovanie]

4.3.2. Zostava

V tejto kapitole je popísaná zostava, ktorá sa skladá ako s vyrobených dielov spoločnosťou Frentech Aerospace s.r.o. i s nakúpených dielov od externých spoločností. Bude sledovaná časť procesu kde sa všetky diely pripravujú na finálnu montáž, ktorá má presne definované parametre čistoty, vlhkosti a teploty vzduchu tak aby sa zhotovila do konečnej podoby. Ide o valcovú zostavu, kde vnútorná časť vykonáva priamočiary pohyb v lineárnych ložiskách pomocou piestu ovládaného stlačeným plynom. Pritom so sebou nesie celú zadnú časť podzostavy. Táto podzostava je súčasťou zariadenia používaného na automatické vstrekovanie plynu do špeciálnej komory [35].

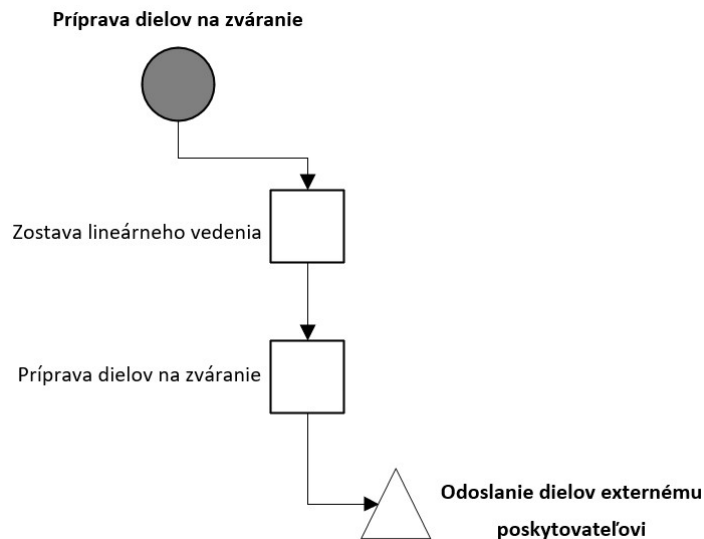
Tabuľka 6 - Popis výrobných operácií a krokov

[Zdroj: Vlastné spracovanie podľa 35]

| Vlastník procesu | Výrobná operácia | Kroky procesu |
|---------------------------|--|--|
| Interný proces | Príprava dielov na zváranie | Zostava lineárneho vedenia |
| | | Príprava dielov na zváranie |
| | | Odoslanie dielov externému poskytovateľovi |
| Externé špeciálne procesy | Zváranie technológiou elektrónového lúča (podľa smerových inštrukcií dodávateľa) | Centrovanie dielov |
| | | Zváranie elektrónovým lúčom |
| | | Vákuový test |
| | | Vrátenie dielov |
| Interný proces | Medzioperačná kontrola | 100 % vizuálna a kontrola vrátených zváraných dielov a súvisiacej dokumentácie |
| | | Vákuová skúška vrátených zváraných dielov |
| | Čistenie zváratej zostavy | Príprava čistiaceho kúpeľa |
| | | Čistenie |
| | | Uvoľnenie do ďalšieho procesu |
| | Pečenie tesnenia vyrobeného z vitonu | Pečenie |
| | Montáž | Montáž |
| | | Medzi procesná kontrola vykonanej montáže |
| | | Uvoľnenie do ďalšieho procesu |
| | Finálna kontrola | 100 % vizuálna kontrola a kontrola súvisiacej dokumentácie |
| | | Kontrolný list |
| | Skladovanie | Skladovanie kompletnej zostavy |

Príprava dielov na zváranie (*Interný proces*)

Samotná príprava dielov na zváranie pre lineárnu montáž pozostáva z niekoľkých kritických krokov, ktoré zohrávajú kľúčovú úlohu vo výrobnom procese. V prvej fáze musia inžinieri zabezpečiť, aby každý diel bol navrhnutý tak, aby presne zapadal do konečnej zostavy a aby boli všetky diely navzájom kompatibilné. Tento krok zaručuje, že konečný výrobok bude mať správnu funkčnosť, bezpečnosť a spoľahlivosť. Ďalším krokom je kontrola súčiastok z hľadiska dodržiavania predpísaných tolerancií a parametrov. Toto preskúmanie je nevyhnutné pre zabezpečenie aby každý diel plnil svoju úlohu v rámci finálnej zostavy a bol schopný odolať extrémnym podmienkam a zaťaženiu. Na všetky časti sa nanášajú jedinečné označenia, ktoré umožňujú jednoznačnú identifikáciu počas inštalácie a montáže. Tým sa zabezpečí, aby boli diely správne poskladané a zmontované v určenom poradí a na náležitom mieste. Pred samotným procesom zvárania sa diely dôkladne očistia a vybrúsia. Týmto krokom sa zaručí, že diely sú úplne zbavené akýchkoľvek nečistôt, mastnoty alebo oxidácie a že majú optimálnu povrchovú úpravu na zváranie. Diely sú potom pripravené na samotné zváranie. V poslednej etape sa diely odošlú externému certifikovanému poskytovateľovi zváracích služieb [35].



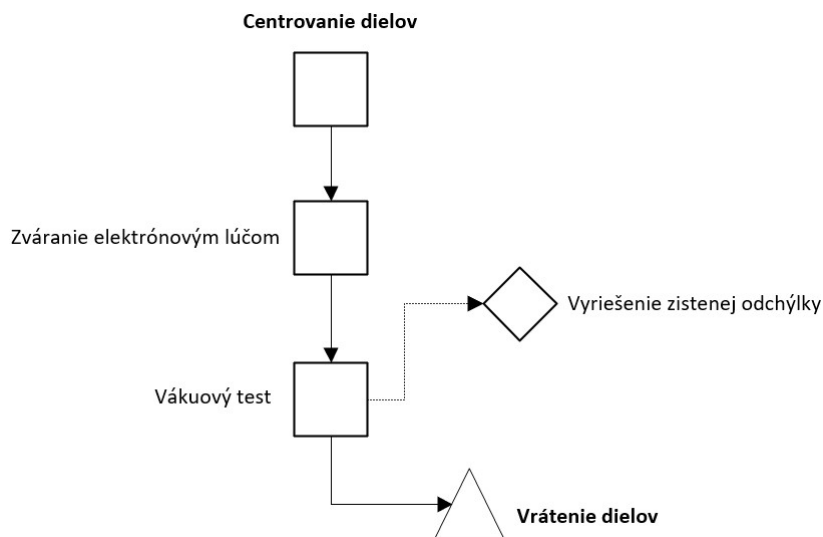
Obrázok 19 - Procesný diagram prípravy dielov na zváranie

[Zdroj: Vlastné spracovanie]

Zváranie technológiou elektrónového lúča (*Externé špeciálne procesy*)

Pri zváraní elektrónovým lúčom sa materiály zvaria pomocou vysokorýchlostného, úzkeho a koncentrovaného prúdu elektrónov, ktorý sa riadi a sústreďuje na miesto zvaru. Vďaka tomuto postupu sa dosahuje vysoká presnosť a minimálne zmeny vlastností materiálu po zváraní.

Pri zváraní elektrónovým lúčom je veľmi dôležité centrovacie zariadenie. Ak je centrovanie nesprávne, diely by sa mohli počas zvárania posunúť, čo by mohlo viesť k zhoršeniu kvality zvaru alebo k potenciálnej poruche. Elektrónové zváranie sa vykonáva v komore s vysokým vákuom, aby sa minimalizovali interakcie s okolitým prostredím. Proces sa vykonáva pomocou stroja, ktorý generuje prúd elektrónov a umožňuje ich sústredenie na miesto spoja. Týmto spôsobom sa materiály spájajú v mieste zvárania pomocou intenzívneho tepla. Po dokončení procesu zvárania sa diely vákuovo testujú, aby sa overilo, či sa do komory neuvolnili žiadne plyny alebo nečistoty, ktoré by mohli ovplyvniť kvalitu. Po kontrole dielov a ich vlastností sa diely náležite zabalia, aby sa počas prepravy nepoškodili, a odošlú sa späť do spoločnosti [35].



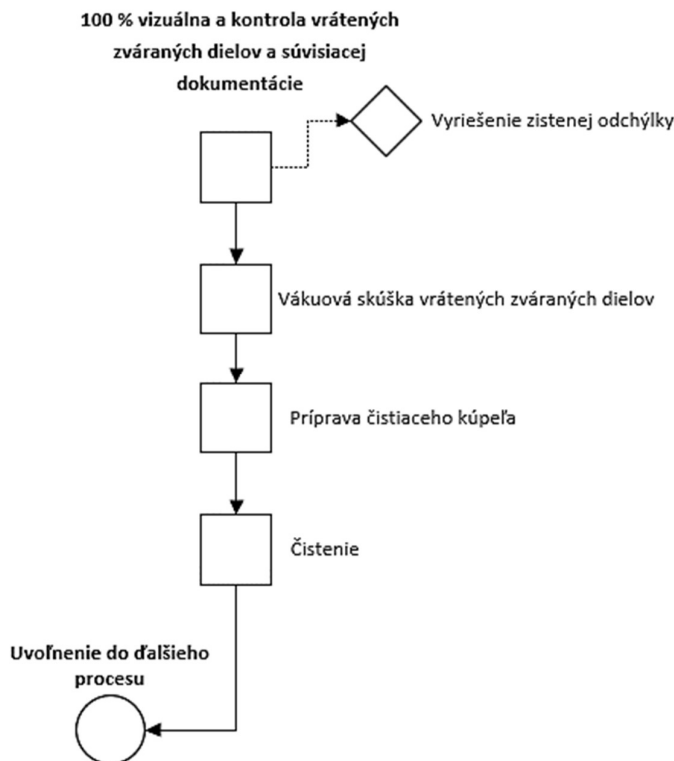
Obrázok 20 - Procesný diagram zvárania technológiou elektrónového lúča

[Zdroj: Vlastné spracovanie]

Medzioperačná kontrola - Čistenie zvaranej zostavy (*Interný proces*)

Po dokončení zvárania je nevyhnutné, aby sa diely podrobili 100 % vizuálnej kontrole a overeniu ich príslušnej dokumentácie. V prípade, že sa v priebehu kontroly odhalia nesprávne vlastnosti dielov alebo neodpovedajúca dokumentácia, je nevyhnutné túto odchýlku odstrániť. Pracovník je povinný odchýlku zaznamenať a túto informáciu predať príslušným oprávneným osobám pre ďalšie riešenie nepriaznivej situácie s dodávateľom. Ak diely odpovedajú všetkým kritériám, nasleduje vákuová skúška na overenie ich tesnosti. Pred ďalším spracovaním je potrebné vyhotoviť

čistenie jednotlivých dielov. Tento proces sa začína prípravou čistiaceho kúpeľa, kde sa diely následne dôkladne očistia. Tým sa zaistí ich pripravenosť na finálne spracovanie. Celý proces je rozhodujúci pre zabezpečenie kvality a spoľahlivosti finálnej zostavy [35].



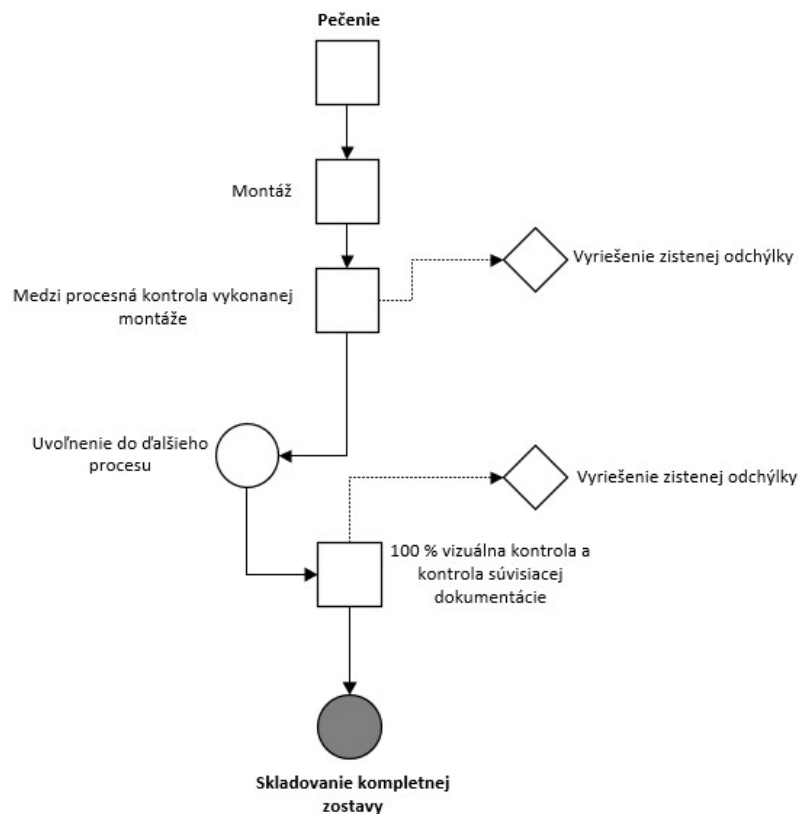
Obrázok 21 - Procesný diagram medzioperačnej kontroly - Čistenia zváratej zostavy

[Zdroj: Vlastné spracovanie]

Pečenie tesnenia vyrobeného z vitonu - Montáž - Finálna kontrola - Skladovanie (*Interný proces*)

Proces výroby tesnenia si vyžaduje správne technologické postupy a kvalitné materiály s vhodnými vlastnosťami. V prípade príslušného tesnenia sa použil vhodný materiál, spoločnosť používa na jeho výrobu vitón. Prvým krokom je príprava materiálu, ktorý sa narezáva na požadovanú veľkosť a tvar podľa technologickej dokumentácie. Je dôležité vybrať správne veľkosti a tvar tesnenia, aby sa zaručila ich presná a účinná integrácia s ostatnými komponentmi zostavy. Po príprave materiálu nasleduje proces krútenia, ktorý zahŕňa zahrievanie materiálu na presne definovanú teplotu a dobu, materiál je tak pod vplyvom tlaku a chemikálií. Týmto procesom sa dosiahne požadovaná tvrdosť a pružnosť tesnenia, ktoré následne získa vynikajúcu odolnosť voči vysokým teplotám, chemikáliám a mechanickému zaťaženiu. Po ukončení procesu krútenia sa tesnenie vyberie z ohrievača a nechá sa vychladnúť. Ďalej nasleduje proces montáže, pri ktorom sa tesnenie zjednotí

s ostatnými komponentmi podľa technologického výkresu. Po montáži nasleduje proces kontroly, aby sa overilo správne umiestnenie tesnenia a jeho funkčnosť. Ak je kontrola úspešná, tesnenie sa uvoľní do ďalšieho procesu. Tento proces zahŕňa záverečnú inšpekciu pomocou kontrolného zoznamu a testovanie, aby sa overilo, že zostava spĺňa požiadavky a špecifikácie zákazníka. Po úspešnom výsledku kontroly nastáva uskladnenie kompletnej zostavy, ktoré spočíva v presune hotového výrobku do skladového priestoru. Skladovací priestor musí byť čistý, suchý a dobre vetraný, aby sa minimalizovalo riziko poškodenia alebo znehodnotenia výrobku [35].



Obrázok 22 - Procesný diagram pečenia tesnenia vyrobeného z vitonu - montáže - finálnej kontroly - skladovania

[Zdroj: Vlastné spracovanie]

4.3.3. Výstupy metódy PFD

Spracované diagramy popisujú priebeh výrobného procesu u vybraných výrobkov. Zákazky boli vybrané s ohľadom na obťažnosť ich spracovania v nadväznosti na odlišnosť. Súčiastka je zhotovovaná s veľkej časti prostredníctvom vlastnej výroby, pričom sa jedná o komponent, ktorý je súčasťou pneumatického systému motora lietadla. Druhý projekt je zhotovený s komponentov

vyrobených v rámci podniku spolu s nakúpenými dielmi, jedná sa o podzostavu, ktorá je súčasťou zariadenia používaného na automatické vstrekovanie plynu do špeciálnej komory.

Ako prvý bol uvedený výrobný postup pre súčiastku, ktorý sa skladá s 30-tich krokov, tieto kroky je možné vidieť v **tabulke 5**. Proces je svojou komplexnosťou a časovou náročnosťou odlišný oproti výrobného postupu zostavy a to primárne s dôvodu väčšieho množstva výrobných operácií, ktoré sú z veľkej časti zhotovované v rámci spoločnosti Frentech Aerospace, s.r.o.. Okrem procesu pasivácie v závere výroby sú všetky procesy interné a s toho dôvodu je nutné ich monitorovať a riadiť s ohľadom na ich kvalitu a funkčnosť. Toto tvrdenie neznačí, že by sa spoločnosť nemala zaoberať procesmi, ktoré sú vykonané mimo spoločnosť, ale činnosti, ktoré však môže spoločnosť podniknúť pre ich kontrolu a zlepšenie sú značne obmedzené.

Na základe spracovaných procesných diagramov je možné vidieť, že procesy sa skladajú s niekoľkých krokov, ktoré sú v diagramoch zaradené podľa ich druhu. Na začiatku procesu je vždy zvýraznená prvá zahajovacia operácia, ktorá následne prechádza do ďalšej operácie, podľa jej druh. Všetky procesy kontroly majú definované prvky na opatrenie prípadnej odchýlky, ktorá sa v procese môže vyskytnúť. Je dôležité si uvedomiť, že pre správne vyhotovenie súčiastky je potrebný každý jeden krok v zobrazenom postupe, no niektoré procesy sú komplexnejšie a s toho dôvodu môžu mať väčšiu náchylnosť k poruchovosti. Pre tento dôvod boli vybrané určité skupiny procesov, ktorými sa následne bude práca zaoberať s väčším dôrazom. Na základe spracovaných diagramov a konzultácie s vedúcim výroby spoločnosti, boli vybrané tri procesné skupiny s výrobného postupu súčiastky.

Prvá procesná skupina zahŕňa operáciu vstupnej kontroly materiálu a to primárne s toho dôvodu, že sa vyskytuje skoro v každej zákazke. Následné dve skupiny boli vybrané pre proces rezania tyčí, sústruženia a obrábania a proces pasivácie, končiacim finálnou kontrolou. Tieto procesy boli ohodnotené za prioritné na základe ich komplexnosti.

Pri výbere procesných skupín pre zostavu, bol použitý rovnaký spôsob s ohľadom na čiastočnú odlišnosť procesov. Pre široký záber analyzovanej problematiky je nutné vybrať rozdielne procesy tak aby sa zhotovené analýzy neopakovali. Procesy boli vybrané i s ohľadom na ich komplexnosť, pričom sa jedná o zváranie pomocou technológie elektrónového lúča a pečenie tesnenia spolu s montážou a finálnou kontrolou.

4.4. Analýza stromu porúch

FTA analýza je pomocným prvkom pri plánovaní a optimalizácii výrobného procesu, využíva sa hlavne pre zabezpečenie spoľahlivého procesu. To má následne pozitívny vplyv na kvalitu výrobku, bezpečnosť a náklady spojené s výrobou.

Uvedená analýza bola spracovaná pre celý proces výroby dvoch vybraných zákaziek, i napriek tomu, že predošlou metódou procesných diagramov boli vybrané kľúčové procesné skupiny pre výrobný proces. Tento prístup bol zvolený pre budúce využitie spracovaných analýz. Samotná komplexnosť procesov neumožňuje pri danej úrovni diplomovej práce identifikovať všetky príčiny a udalosti vedúce k vrcholovej udalosti. Napriek tomu je ,ale možné použiť všetky uvedené procesy výroby na identifikáciu väčšieho množstva príčin, ktoré je možné následne použiť pri spracovaní analýzy spôsobov a následkov porúch. V kapitole sú zobrazené iba vybrané FTA analýzy pre určité kľúčové časti procesu, ktoré boli po konzultácii s vedúcim výroby ohodnotené ako procesy s najväčšou prioritou. Jedná sa o rovnaké procesné skupiny, ktoré boli definované v predchádzajúcej kapitole, zvyšné spracované grafy je možné vidieť v prílohách.

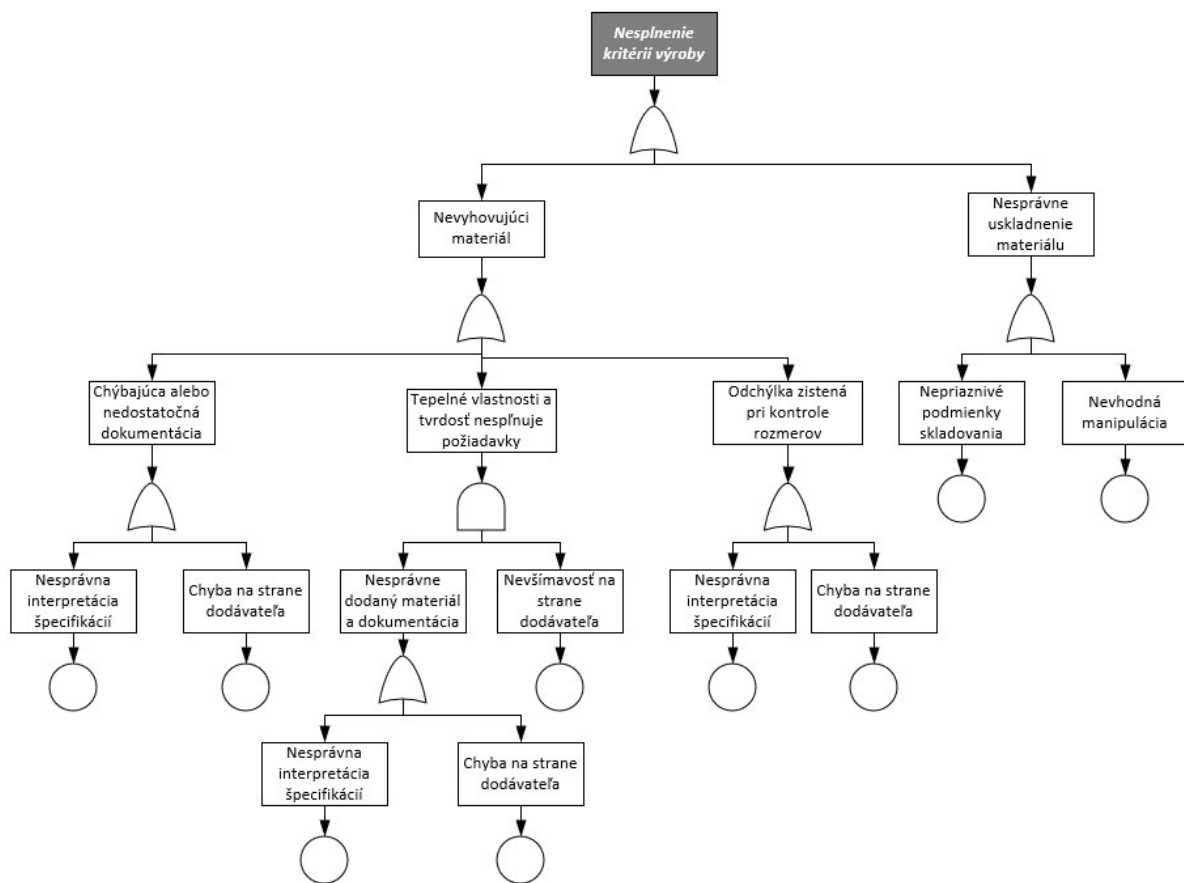
4.4.1. Vrcholová udalosť

Ako vrcholová udalosť u oboch analyzovaných prípadov bola vybraná udalosť pri, ktorej nastane nesplnenie kritérií výroby. Táto udalosť predstavuje nežiaduci stav, kedy vyrobená súčiastka alebo zostava nevyhovuje stanoveným kritériám zákazníka alebo potrebným normám. Spracovaná FTA analýza sa zameriava na identifikáciu príčin a možných následkov tejto odchýlky. Nesplnenie kritérií výroby môže byť zdrojom mnohých problémov a nedostatkov v procese výroby, takéto nedostatky majú vážne následky na kvalitu výrobku a môžu zvyšovať riziko havárie alebo jeho zlyhania. Preto je dôležité identifikovať a analyzovať potenciálne príčiny nesplnenia kritérií výroby, aby sa mohli prijať opatrenia na zlepšenie procesu a zabezpečiť kvalitu výrobku.

4.4.2. Analýza stromu porúch pre súčiastku

Súčiastka má komplikovanú a časovo náročnú výrobu, ktorá sa celkovo skladá s 30-tich krokov. Tieto kroky musia byť zhotovené v danom postupe a za stanovených kritérií pre úspešné dokončenie celého výrobného procesu. Pre komplexnosť procesu je nutné analýzu spracovať čo najpodrobnejšie teda, tak aby sa uviedlo niekoľko príčin danej poruchy pri každom z krokov.

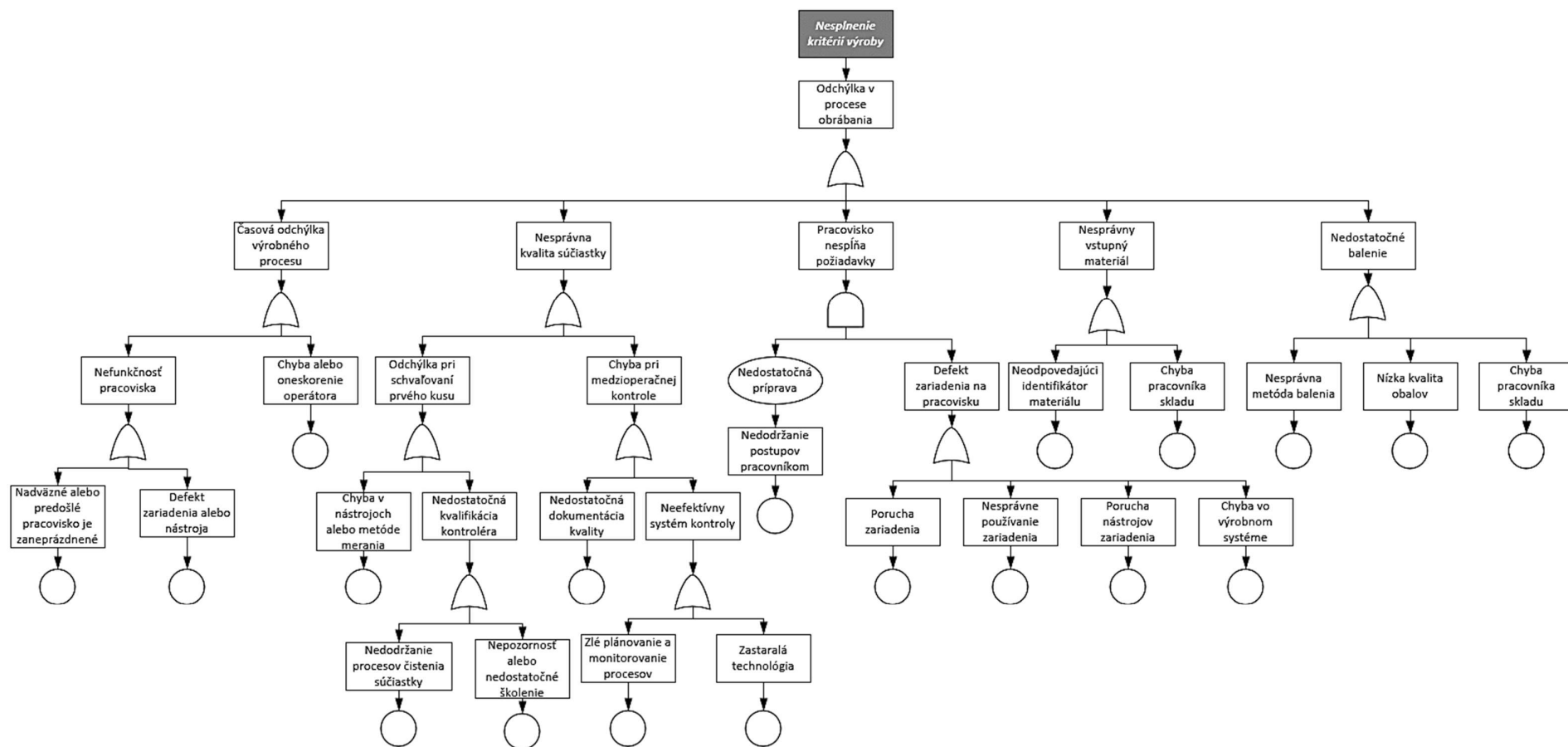
Nasledujúci **graf 1** zobrazuje príčiny porúch začiatku celého procesu výroby a to konkrétne pri vstupnej kontrole materiálu.



Graf 1 - FTA procesu vstupnej kontroly prijatého materiálu - Súčiastka

[Zdroj: Vlastné spracovanie]

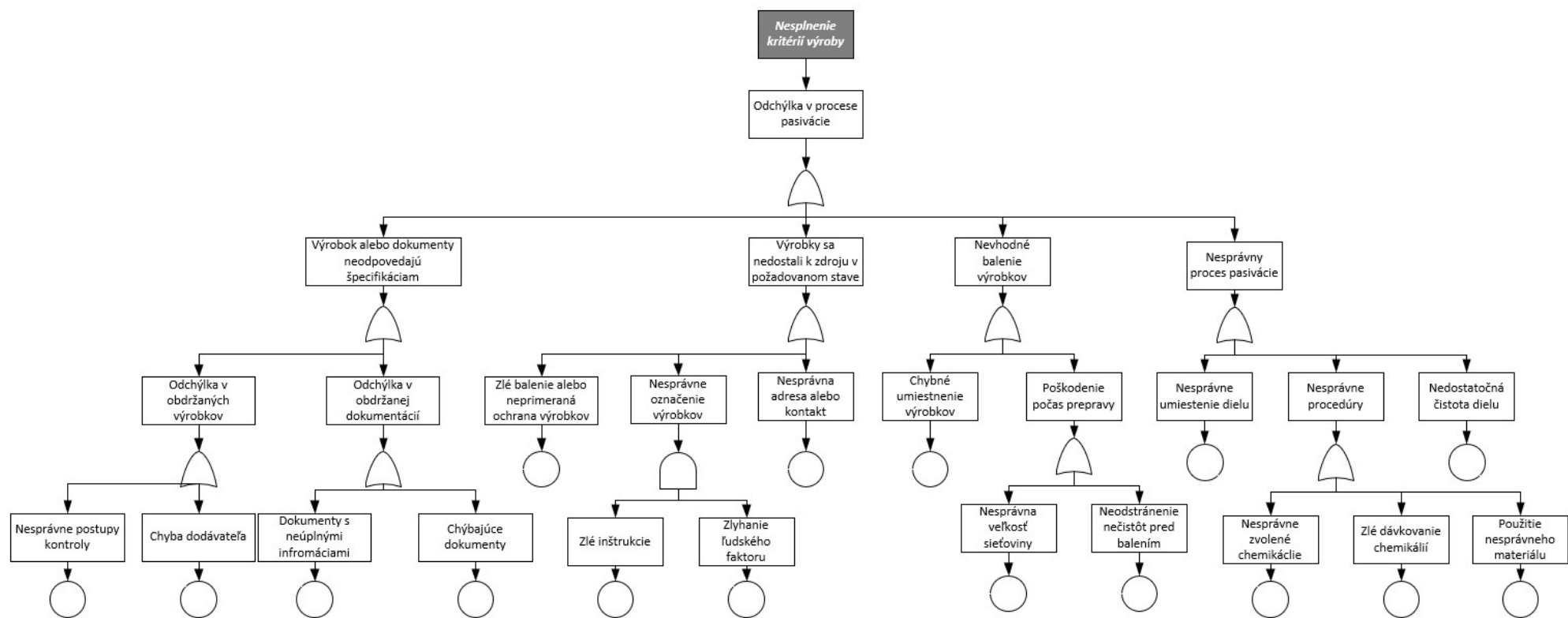
Graf 2 zobrazený nižšie ukazuje FTA analýzu, v ktorej boli identifikované príčiny poruchy od procesu rezania tyčí cez obrábanie a sústruženie.



Graf 2 - FTA graf procesu od rezania tyče cez obrábanie a sústruženie

[Zdroj: Vlastné spracovanie]

Nasledujúci **Graf 3** zobrazuje spracovanú FTA analýzu, kde boli identifikované príčiny poruchy pre proces pasivácie a finálnej kontroly.



Graf 3 - FTA analýza procesu pasivácie až finálnej kontroly

[Zdroj: Vlastné spracovanie]

Ako je možné vidieť na predošlých grafov analýza rozdelená do viacerých častí tak aby bola dosiahnutá lepšia priehľadnosť identifikovaných príčin. To znamená, že každý graf zobrazuje iba časť výrobného procesu o niekoľkých krokoch, teda jednu procesnú skupinu. Ich zobrazenie je možné vidieť v spracovaných procesných diagramoch. Na zachovanie podobnej štruktúry ako v prípade, že by bola analýza spracovaná do jedného grafu sú zachované úrovne jednotlivých príčin v grafe tak že na vrchu každého grafu je zobrazená vrcholová udalosť.

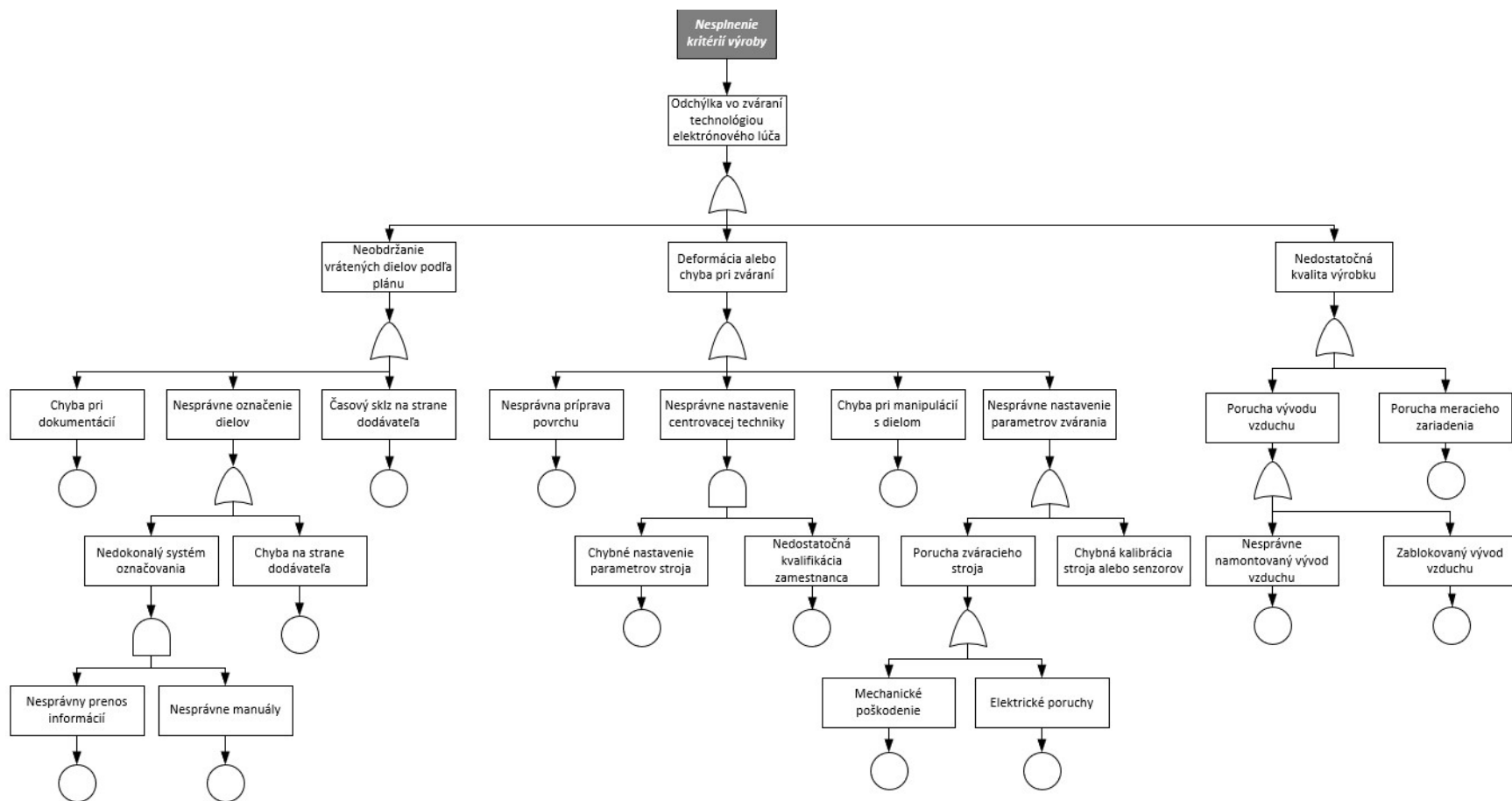
4.4.3. Analýza stromu porúch pre zostavu

Ako už bolo spomenuté v predchádzajúcej kapitole zostava je zhotovovaná v spolupráci s externým poskytovateľom služieb, ktorý má zodpovednosť za kvalitné dokončenie procesu zvarovania s použitím technológie elektrónového lúča. Analýza príčin zlyhania daného procesu je zameraná na udalosti, ktoré môžu spôsobiť zlyhanie všetkých krokov daného procesu. Tento prístup je správny pre zobrazenie jednotlivých príčin, ktoré môžu mať za následok celkové zlyhanie výrobných operácií. V tomto prípade sa ale jedná o proces externej spoločnosti, a preto nie je možné ovplyvniť ich charakter a kvalitu s akou ich bude spoločnosť vykonávať.

Spoločnosť Frentech Aerospace, s.r.o. môže pre nebezpečenstvá, ktoré môžu nastať v procese externej spoločnosti aplikovať rôzne kontrolné mechanizmy na detekciu zlyhaní a následne sa podľa toho rozhodnúť pre zmenu poskytovateľa týchto služieb. Tieto opatrenia a postupy pri procesoch, ktoré spoločnosť Frentech Aerospace s.r.o. nemôže ovplyvniť budú širšie rozobrané v nasledujúcej kapitole pri zhodnotení analýzy FMEA.

Tento princíp bol aplikovaný i u predošlej FTA analýze, ktorá bola zhotovená pre proces výroby súčiastky. Zároveň pri spracovaní analýz pre zostavu boli použité predošlé postupy. Konkrétne sa jedná o rozdelenie celého procesu výroby zostavy do jednotlivých častí, pre ktoré bola každá analýza spracovaná zvlášť v nadväznosti na jednu vrcholovú udalosť. Zároveň boli vybrané dva kľúčové úseky procesu pre, ktoré je FTA analýza zobrazená v tejto kapitole a zvyšné grafy sú pridané do príloh.

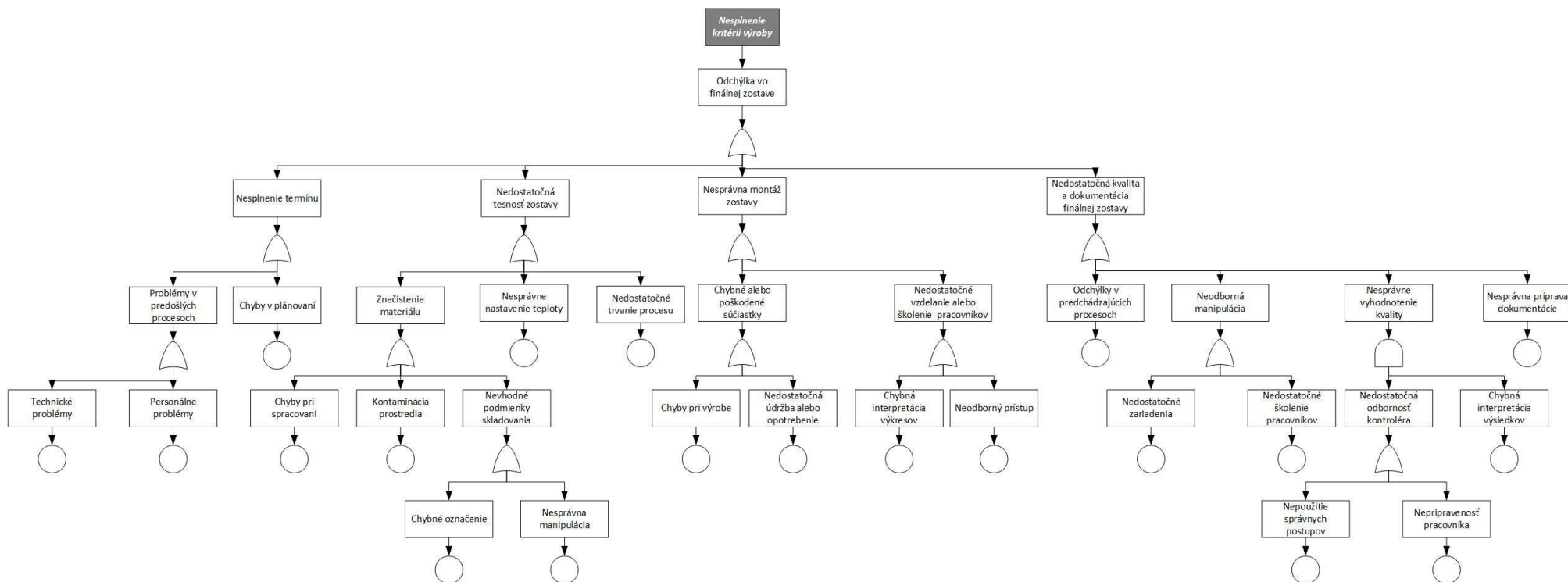
Graf 4 je vypracovaná analýza pre externý proces zvárania technológiou elektrónového lúča a následné vrátenie dielov do spoločnosti



Graf 4 - FTA analýza pre proces zvárania technológiou elektrónového lúča

[Zdroj: Vlastné spracovanie]

Na **grafe 5** je zobrazená analýza pre proces pečenia tesnenia, ktorý pokračuje montážou, finálnou kontrolou a končí skladovaním.



Graf 5 - FTA analýza procesu od pečenia po skladovanie

[Zdroj: Vlastné spracovanie]

4.4.4. Analytické zhodnotenie výstupov

Pre účely hodnotenia najčastejších sa vyskytujúcich príčin bolo vybratých päť analýz. Ako možno vidieť z predchádzajúcich grafov najčastejšími príčinami vedúcich k vrcholnej udalosti sú nedodržanie stanoveného termínu zákazky v **grafe 2** zobrazené ako časová odchýlka vo výrobnom procese, a nedostatočná kvalita výrobku.

Príčiny vedúce ku nedodržaniu termínu plnenia zákazky sa môžu líšiť, jedna z nich môže nastať v samotnom výrobnom procese, kedy dochádza k odchýlke medzi skutočným časom výrobného pracoviska a plánovaným harmonogramom. To následne vedie k predĺženiu celkovej doby výroby. Pokiaľ vedúci výroby pri tvorbe výrobného plánu pochybil, a nestanovil adekvátnu časovú rezervu, je pravdepodobné, že stanovený termín doručenia výrobku nebude dodržaný. Vďaka tomu môže následne dôjsť k zhoršeniu vzťahov so zákazníkmi, alebo dokonca k finančným sankciám v závislosti od dohodnutej zmluve. Vo výrobe sa vyskytujú dva faktory, ktoré môžu ovplyvniť výrobnú operáciu natoľko, že dôjde k časovému sklzu. Prvý je ten ľudský faktor, pričom nastane buď chyba alebo časový sklz v procese spôsobený pracovníkom aktuálneho výrobného pracoviska. Výroba sa môže taktiež oneskoriť vplyvom technického faktoru, kedy nastane na aktuálnom alebo nasledujúcom pracovisku defekt, ktorý zapríčini jeho neschopnosť plniť svoju funkciu a tak pokračovať vo výrobnom postupe.

Ďalšia príčina zlyhania je nedostačujúca kvalita výrobku, čo značí jeho znehodnotenie, a neschopnosť plniť požiadavky zákazníka. Takýto stav môže nastať napríklad pri manipulácii výrobku, ktorá sa najčastejšie vyskytuje medzi výrobnými operáciami. Pracovník môže nesprávne umiestniť diel do výrobného zariadenia alebo ho presúva z jedného bodu do druhého. Kvalita výrobku sa môže taktiež zle vyhodnotiť pri jednej z kontrol, ktoré v priebehu procesu prebiehajú. Táto situácia sa vyskytne v prípade že kontrolér nemá dostatočnú odbornosť alebo školenie pre používanie prístrojov na meranie alebo samotné nástroje sú nepresné alebo opotrebované. Ďalšou z príčin je, že spoločnosť má nastavený nesprávny systém kontroly pre daný výrobok. V takom prípade môže byť reálna kvalita nižšia ako tá požadovaná, a teda nesplní kritéria výroby. Kontroly sú vo výrobe pravidelné a pokiaľ bude inšpekcia zhotovená správne, odchýlka v kvalite bude s veľkou pravdepodobnosťou odhalená. Identifikácia odchýlky mimo nastavenej tolerancie, značí že procesy, ktoré predchádzali kontrole neboli zhotovené správne. Túto nehodu je nutné okamžite riešiť, ako je zobrazené na procesných diagramoch, kde po každej kontrole nasleduje proces riešenia zistenej odchýlky. Posledná identifikovaná príčina nedostatočnej kvality je chyba dodávateľa, pri procesoch ktoré sú zhotovované v rámci externej spoločnosti. V týchto procesoch

je možné zaviesť rôzne kontrolné prvky na základe, ktorých sa následne dá vyhodnotiť kvalita ich prevedenia. Za predpokladu, že bude nevyhovujúca, by mala spoločnosť zistené nedostatky komunikovať s dodávateľom pre ich odstránenie. S kvalitou výrobku sú spojené i logistické prvky ako je jeho balenie, skladovanie a preprava. Pri týchto činnostiach môžu nastať rôzne nezrovnalosti, ktoré zapríčinia zníženie kvality výrobku. Ak sa nastavia nesprávne podmienky skladovania, výrobok sa môže znehodnotiť alebo sa vážne ohrozí jeho funkcionálnosť. V prípade použitia nevhodného spôsobu balenia sa môže výrobok poškodiť počas manipulácie alebo prepravy.

Ďalšia udalosť, ktorá nie je priamo vytýčená medzi najčastejšími príčinami, ale má veľkú prioritu v nadväznosti na kvalitu výrobku je dodanie nesprávneho vstupného materiálu do procesu výroby. Táto udalosť sa potenciálne môže vyskytnúť pri každom výrobnom procese a preto je kľúčové jej správne zhotovenie. Tento nepriaznivý stav môže zapríčiniť dodávateľ, pracovník, alebo zlé označenie materiálu. Nezhoda materiálu pri výrobných operáciách a jej následne odhalenie môže mať dopad ako na kvalitu výrobku tak i na časové a finančné hľadisko výroby. V prípade že pracovník dodá nevhodný materiál, ktorý sa následne odhalí v priebehu operácie, nastane jeho znehodnotenie a tak sa zvýšia náklady o materiál, ktorý už nebude možné použiť pre jeho účely. Zároveň sa oneskorí i výrobný proces, keďže je nutné výrobnú operáciu zhotoviť s materiálom, ktorý má správne špecifikácie. To všetko nastane, ale iba za predpokladu, že nesprávny materiál bude odhalený v procese výroby, alebo pri jednej z procesných kontrol. V najhoršom scenári by mohla nastať situácia, kedy takto nesprávne vyrobený produkt je odoslaný zákazníkovi. Tento stav môže nastať v prípade, že jedna výrobná operácia nebude vyhotovená podľa predom stanovených špecifikácií, a tak vznikne odchýlka na kvalite finálneho produktu. Z dôvodu rozsiahlej kvantity odlišných výrobných technológií u každej zákazky a s ohľadom na rozsah spracovanej analýzy nie sú vymenované všetky adekvátne prípady.

Na záver je nutné vytýčiť ďalšiu s kľúčových udalostí, ktorá je posledná iba svojim poradím ale nie významom. Jedná sa o procesy zhotovované externým poskytovateľom pričom ich kvalita a poruchovosť nie je jednoducho ovplyvniteľná. V prípade, že nastane jedna s identifikovaných príčin je nutné ju v rámci spoločnosti včas odhaliť. Opatrenia, ktoré spoločnosť môže zaviesť na prevenciu nebezpečenstiev v procese externého poskytovateľa budú detailnejšie popísané v nasledujúcej kapitole.

4.5. Analýza spôsobov a následkov porúch

Analýza spôsobov a následkov porúch (**FMEA**) je významný nástroj, ktorý je možné použiť na prevenciu porúch a minimalizáciu rizík vo výrobnom procese. Cieľom spracovaných analýz je identifikovať všetky možné spôsoby, akými môžu výrobné operácie zlyhať, a určiť ich dôsledky, takže sa následne môžu navrhnuť opatrenia pre minimalizáciu týchto rizík.

Táto kapitola je rozdelená na dve hlavné časti. Na začiatku sú definované stupnice hodnotenia závažnosti, výskytu a detekcie potenciálnych nebezpečenstiev. S toho následne plynie stupnica rizikového hodnotiaceho systému priorít, ktorá je spracovaná v závislosti na násobky predošlých hodnôt. Druhá časť sa zaoberá spracovanými analýzami, pričom predmetom je päť procesných sekcií, ktoré boli identifikované ako najvýznamnejšie v predchádzajúcej kapitole.

4.5.1. Klasifikačný systém

Pred samotným spracovaním analýzy spôsobov a následkov porúch je kľúčové si správne definovať hodnotiace kritéria. Pre klasifikáciu závažnosti, výskytu a detekcie poruchy bola zvolená stupnica od 1 – 10, pričom 1 reprezentuje najmenšiu hodnotu a 10 tú najväčšiu, v závislosti na hodnotenom faktore. Význam jednotlivých hodnôt s ich slovným popisom, ktorý daný parameter charakterizuje je možné vidieť v tabuľkách uvedených nižšie.

Tabuľka 7 - Hodnotenie závažnosti poruchy

[Zdroj: Vlastné spracovanie]

| Závažnosť poruchy | Charakteristika parametru | Číselná hodnota |
|-------------------|---|-----------------|
| Zanedbateľná | Nebezpečenstvo nemôže za bežných podmienok viesť k narušeniu chodu výrobného procesu a tým obmedziť jeho schopnosť plniť požiadavky zákazníka. | 1 - 2 |
| Nízka | Dochádza k narušeniu chodu dielčieho úseku bez významnejšieho vplyvu na prevádzku výrobného procesu a schopnosti plniť požiadavky zákazníka. | 3 - 4 |
| Stredná | Nebezpečenstvo zasahuje určitú oblasť, s určitým významom na prevádzku výrobného procesu a schopnosť zabezpečiť špecifikácie zákazníka. | 5 - 6 |
| Vysoká | Nastáva krátkodobé narušenie prevádzky, ktoré môže mať vplyv na jej dočasnú neschopnosť, čo má dopad na produkt a schopnosť plniť požiadavky zákazníka. | 7 - 8 |
| Kritická | Nebezpečenstvo vedie k vážnemu narušeniu prevádzky výrobného procesu a k jej dlhotrvajúcej neschopnosti splniť požiadavky zákazníka. Je to spojené s významným vplyvom na produkt a zároveň môže ovplyvniť výkonnosť spoločnosti. | 9 - 10 |

Tabuľka 8 - Hodnotenie výskytu poruchy

[Zdroj: Vlastné spracovanie]

| Výskyt poruchy | Charakteristika parametru | Číselná hodnota |
|---------------------------|--|-----------------|
| Nepravdepodobný výskyt | Vznik nebezpečenstva je skoro nepravdepodobný, nastáva iba v prípade výskytu veľmi špecifických podmienok. | 1 - 2 |
| Málo pravdepodobný výskyt | Nebezpečenstvo existuje avšak zatiaľ nebolo zaznamenané vo veľkom množstve prípadov. Vznik udalosti je značne nepravdepodobný. | 3 - 4 |
| Príležitostný výskyt | Nebezpečenstvo môže nastať alebo už v minulosti nastalo, každopádne sa vyskytuje iba príležitostne. | 5 - 6 |
| Pravdepodobný výskyt | Nebezpečenstvo je trvalého rázu, udalosť už niekoľkokrát nastala, stále pretrvávajú podmienky pre jej opakovaný výskyt. | 7 - 8 |
| Častý výskyt | Nebezpečenstvo je trvalého rázu a vznik udalosti je častým javom. | 9 - 10 |

Tabuľka 9 - Hodnotenie detekcie poruchy

[Zdroj: Vlastné spracovanie]

| Detekcia poruchy | Charakteristika parametru | Číselná hodnota |
|------------------|--|-----------------|
| Veľmi nízka | Kontrolné prvky nie sú v procese zavedené alebo ich účinnosť je veľmi nízka. Porucha je skoro neidentifikovateľná, jej detekcia sa spolieha len na náhodné skúsenosti pracovníkov. | 9 - 10 |
| Nízka | Kontrolné prvky sú zavedené, ale ich účinnosť je obmedzená alebo sa používajú len zriedka. Detekcia poruchy je možná na základe skúseností pracovníkov alebo manuálnej kontroly. | 7 - 8 |
| Stredná | Kontrolné prvky sú zavedené a účinné, ale existujú niektoré medzery v procese kontroly, ktoré môžu viesť k nespohľlivým výsledkom. | 5 - 6 |
| Vysoká | Kontrolné prvky sú zavedené a účinné, ale proces kontroly môže byť ďalej zdokonaľovaný alebo rozšírený na zvýšenie účinnosti a spoľahlivosti detekcie porúch. | 3 - 4 |
| Skoro istá | Kontrolné prvky sú zavedené a účinné a proces kontroly je vo vynikajúcom stave, s minimálnymi alebo žiadnymi medzerami v kontrole. Detekcia poruchy je považovaná za spoľahlivú a efektívnu. | 1 - 2 |

Kombináciou týchto hodnotiacich faktorov sa získa hodnota priority rizika, ktorá určuje prioritu identifikovaných porúch. Táto hodnota sa môže nachádzať na stupnici 1 – 1000, pričom je stanovených päť kategórií od veľmi nízkej až po kritickú. V tejto práci bude kladený dôraz na vysoké a kritické identifikované riziká. Doporučené opatrenia budú definované pre každé riziko, v prípade že by sa časom stanovená hodnota zvýšila. Spoločnosť tak bude môcť nahliadnuť do spracovanej analýzy, posúdiť využiteľnosť doporučeného opatrenia a v prípade, že bude opatrenie vhodné následne ho i zaviesť. Jednotlivé hodnotiace stupnice spolu s ich charakteristikou parametru je možné vidieť v **tabuľke 10**.

Tabuľka 10 - Klasifikácia prioritnej hodnoty rizika

[Zdroj: Vlastné spracovanie]

| Prioritná hodnota rizika | Charakteristika parametru | Číselná hodnota |
|---------------------------------|---|------------------------|
| Veľmi nízka | Riziko nemá žiadny alebo zanedbateľný vplyv na splnenie kritérií zákazníka, výrobok alebo proces. Riziko je zanedbateľné a preto nie je nutné zavádzať preventívne opatrenia. | 1 - 100 |
| Nízka | Riziko má malý vplyv na dosiahnutie požadovaných špecifikácií zákazníka, výrobok alebo proces. Z toho dôvodu nie je potrebné podniknúť žiadne kroky na riešenie rizika. | 101 - 300 |
| Stredná | Riziko má zjavný vplyv na naplnenie požiadaviek zákazníka, ovplyvňuje úlohu procesu, ale nedôjde k trvalému narušeniu funkcie výrobku. Môžu byť potrebné nejaké kroky na riešenie rizika, v závislosti na jeho výskytu v procese. | 301 - 500 |
| Vysoká | Riziko má významný vplyv na plnenie špecifikácií zákazníka, úlohu výrobného procesu a môže dôjsť k trvalému narušeniu funkcie výrobku. Je potrebné podniknúť kroky na riešenie rizika a minimalizovať jeho vplyv na výrobu a kvalitu produktov. | 501 - 800 |
| Kritická | Riziko má závažný vplyv na zákazníka a dôjde k narušeniu funkcie výrobku, a dopad rizika vedie k ohrozeniu celého výrobného procesu. Musí byť okamžite riešené zavedením preventívnych opatrení pre minimalizovanie jeho vplyvu na akceptovateľnú úroveň alebo jeho elimináciu. | 801 - 1000 |

4.5.2. Analýza procesu súčiasťky

Pri posudzovaní rizík sa zohľadňovala postupnosť jednotlivých analyzovaných procesov a podprocesov v rámci celého výrobného programu. Tento prístup bol zvolený na základe rozdielnej úrovne závažnosti nebezpečenstva v nadväznosti na okamih výskytu. Pokiaľ je riziko identifikované na začiatku procesu, nepredstavuje natoľko významnú hrozbu pre celý priebeh výroby ako v prípade, že jeho potenciálny výskyt je na konci. Za predpokladu, že je do procesu integrovaná primeraná časová rezerva, potenciálna porucha, ktorá sa vyskytne na začiatku procesu je jednoduchšie riadená, a pravdepodobnosť, že jej dopad sa preniesie až na zákazníka je nižšia. Táto domnienka sa dá aplikovať iba vtedy, ak potenciálna porucha nie je na toľko kritická, že by spoločnosť nebola schopná ju znížiť alebo eliminovať.

V nasledujúcej **tabulke 11** je možné vidieť identifikované spôsoby poruchy pri vstupnej kontrole.

Tabuľka 11 - FMEA pre proces vstupnej kontroly materiálu

[Zdroj: Vlastné spracovanie]

| Legenda | | S = Závažnosť O = Výskyt D = Detekovateľnosť | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------------------|--------------------------------------|---|--|---|---|----------------------------|--|-----------------------------|---|-----|--|--|--|-------------|---|----|---|------------------------|---|---|-----------------------------------|---|---|---|----|---|------------------|---|---|---|----|
| Vlastník procesu | Proces | Subproces | Požiadavky | Potenciálny spôsob poruchy | Potenciálny následok poruchy | S | Potenciálna príčina poruchy | O | Súčasné prvky na detekciu poruchy | D | RPN | Doporučené opatrenie | Zodpovednosť | Výsledky po | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | S | O | D | RPN | | | | | | | | | | | | | | |
| Interný proces | Vstupná kontrola prijatého materiálu | Kontrola certifikátu o zhode a súvisiacich špecifikácií materiálu vrátane stavu tepelného spracovania a výsledku tvrdosti | Certifikát o zhode splňuje požadované náležitosti | Chybné vyhodnotenie certifikátu o zhode | Akceptovanie nekvalitného materiálu | 7 | Nesprávna interpretácia špecifikácií | 5 | Vizuálna kontrola spolu s checklistom | 2 | 70 | Tvorba internej smernice na špecifikácie inšpekcie a následné školenie pracovníkov | Projektový manažer | 7 | 3 | 1 | 21 | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | Špecifikácie materiálu spolu zo stavom tepelného spracovania zodpovedajú požiadavkám | Materiál nemá požadované vlastnosti | Dodatočné náklady a časová odchylka výrobného procesu | 7 | Nesprávne definovanie špecifikácií materiálu | 4 | Porovnanie s technickými špecifikáciami a normami | 3 | 84 | Presná špecifikácia požiadaviek a pravidelná komunikácia s dodávateľom | Pracovník nákupu | 7 | 2 | 2 | 28 | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | Výsledok tvrdosti je v súlade s normami | Výskyt nevhodného materiálu vo výrobnom procese | Zníženie kvality výrobku | 8 | Nesprávna kontrola | 6 | Následné procesy pri ktorých sa prejavia vlastnosti materiálu | 3 | 144 | Dvojitá verifikácia pracovníkmi | Projektový manažer a Manažér logistiky | 8 | 3 | 1 | 24 | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | Dokumentácia je úplna v plnom znení | Chýbajúca dokumentácia alebo | Zdržanie výrobného procesu | 7 | Chyba na strane dodávateľa | 7 | Odborná kvalifikácia pracovníka skladu | 4 | 196 | Presná špecifikácia požiadaviek a pravidelná komunikácia s dodávateľom | Pracovník nákupu | 7 | 4 | 2 | 56 | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Kontrola rozmerov materiálu | Materiál má vhodné rozmery | Rozmery materiálu nespĺňujú kritéria | Dodatočné náklady a časová odchylka výrobného procesu | Chyba na strane dodávateľa | 5 | Kontrola rozmerov materiálu | 2 | 70 | Zavedenie pravidelnej spätnej väzby pre dodávateľa | Manažer nákupu | 7 | 2 | 2 | 28 | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | Nesprávne definovanie špecifikácií materiálu | 7 | 168 | | | | | | | | | | | | |
| | | Uskladnenie materiálu | Dodržanie bezpečnostných pokynov pre manipuláciu s materiálom | Zmena rozmerov alebo deformácia materiálu | Materiál stráca pôvodnú formu a kvalitu | Nevhodná manipulácia | 7 | Školenia pracovníkov | 4 | 168 | Ochranné balenie pri preprave materiálu | Manažer logistiky | 6 | 2 | 4 | 48 | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | Udržiavanie optimálnych podmienok pre skladovanie | Kontaminácia materiálu | Negatívny vplyv na kvalitu výrobku, poruchy v procese | 7 | Nepriaznivé podmienky skladovania | 3 | Senzory na monitorovanie teploty a vlhkosti vo skladovacích priestoroch | 1 | 21 | Pravidelná kontrola funkčnosti senzorov | Technológ | 7 | 2 | 1 | 14 |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | Správne značenie materiálu | Zámena materiálu | Nedodržanie požadovaných špecifikácií | 7 | Zlý identifikátor materiálu | 4 | Vizuálna kontrola | 3 | 84 | Automatizovaná identifikácia materiálu | Pracovník skladu | 7 | 2 | 2 | 28 |

Proces vstupnej kontroly materiálu

Príjem materiálu v spoločnosti sa v porovnaní s ostatnými analyzovanými výrobnými operáciami nepovažuje za jeden z komplexnejších procesov, napriek tejto skutočnosti ide o kľúčový nástroj na dosiahnutie požadovanej kvality a náležitej funkcionality vyrábaných dielov. Vstupná kontrola materiálu sa realizuje v rámci vysokého počtu zákaziek, prakticky vždy okrem prípadov, kde sa jedná o výrobu poskytovanú kooperačnou spoločnosťou alebo sa produkt nachádza v požadovanom množstve na sklade hotových výrobkov. Ide teda o kritický proces, ktorý je nevyhnuté v rámci výroby pravidelne monitorovať a riadiť. Spoločnosť má v procese zavedené primerané kontrolné mechanizmy, a preto boli identifikované iba nízka a veľmi nízka hodnota rizík. Pre tento dôvod nie je v aktuálnom stave prevádzky nutné zavádzať žiadne doporučené opatrenia.

Proces rezania tyčí, obrábanie a sústruženie

Pre svoju komplexnosť je posudzovaný proces rozdelený na dve časti, ktoré sú znázornené v **tabuľke 12** a **tabuľke 13**. V pokročilom štádiu výroby boli identifikované dve nebezpečenstvá s vysokou hodnotou, pričom obe sa nachádzajú na dolnej úrovni klasifikačnej skupiny rizika a je možné ich minimalizovať na nízku úroveň, za predpokladu, že sa prijímú preventívne opatrenia na ich zmiernenie.

Prvý potenciálny spôsob poruchy s vysokou hodnotou bol odhalený v rámci procesu uvoľnenia materiálu do výroby. Ak dôjde k poškodeniu priradeného identifikačného prvku čo zapríčini jeho nečitateľnosť, hrozí, že dôjde k zámene a tým bude do výroby uvoľnený nevhodný materiál. Výsledkom môže byť tvorba odpadového materiálu a predĺženie výrobného procesu v nadväznosti na výrobnú operáciu, pri ktorej sa nesprávny materiál odhalí. Ak táto porucha nebude detekovaná včas a dostanú sa nevhodne vyrobené produkty k zákazníkovi, dochádza k nespĺneniu stanovených technologických požiadaviek, čo môže významne ohroziť ich funkčnosť. Spoločnosť za účelom identifikácie výrobkov pri ich expedícií a preprave k zákazníkovi používa technológiu čiarových kódov, avšak tento spôsob označovania už neimplementovala do výrobného procesu k rozoznaniu materiálu. V rámci zabezpečenia spoľahlivej a efektívnej identifikácií vstupných materiálov je možné zaviesť technológiu čiarových kódov i do analyzovaného procesu. Tieto čiarové kódy umožňujú jednoznačné rozoznanie jednotlivých materiálových komponentov a môže taktiež poskytovať informácie o ich vlastnostiach.

Ďalšie identifikované nebezpečenstvo sa vyskytuje v procese schválenia prvého výrobku a zároveň i v medzi procesnej kontrole. Meracie prístroje sú na výrobných pracoviskách využívané viacerými zamestnancami, jedná sa o kľúčové prístroje pre správne hodnotenie a kontrolu vlastností

výrobných. Pri ich používaní existuje riziko zapríčinené nekvalifikovanou obsluhou zariadení, ktorá môže viesť k ich nadmernému opotrebovaniu alebo mechanickému poškodeniu. Pokiaľ pracovník takúto poruchu prístroja nezaznamená a nenahlási, môže dôjsť k vážnym následkom. Prvý skúšaný výrobok tak nemusí byť v rámci požadovaných tolerancií, no napriek tomu bude schválený a tieto nevyhovujúce parametre budú následne aplikované na celú výrobu. Operátor je povinný pri používaní CNC stroja medzi jednotlivými postupmi kontrolovať všetky výrobky. V prípade, že merací prístroj je poruchový, bude dochádzať k schvaľovaniu výrobkov, ktoré nespĺňajú špecifikácie definované v technologickom výkrese. Takéto nevhodné výrobky sa uvoľňujú do ďalšieho procesu, pri ktorom sa zasielajú externej spoločnosti. Za týchto okolností dochádza k výraznému zdržaniu celého výrobného procesu, a to výhradne v prípade odhalenia vzniknutej odchýlky. Napriek tomu, že meracie prístroje sa kalibrujú pravidelne každý rok, naďalej existuje riziko ich poruchy a ich chybnej funkcie v priebehu roka. Vzhľadom k tejto skutočnosti je nutné zvážiť zavedenie pravidelnejších kalibrácií meracích prístrojov, pričom by boli jednotlivé mieriace prístroje rozdelené do tried podľa kritičnosti odvíjajúcej sa od počtu vykonávaných kontrol. Podľa triedy mieriacich zariadení, by sa zvýšila frekvencia kalibrácie, ktorá by sa mohli vykonávať napríklad štvrťročne, v závislosti od potreby a citlivosti meracích prístrojov. Rovnako dôležité je zabezpečiť pravidelnú a dôkladnú vnútropodnikovú údržbu zariadení, aby sa minimalizovalo riziko porúch a zabezpečila optimálna funkčnosť.

Na konci celej výroby sa vykonáva záverečná kontrola 100 % množstva výrobkov, Za predpokladu, že kontrola zlyhá, dostanú sa nevhodné výrobky k zákazníkovi. Pokiaľ zákazník obdrží výrobok, ktorý nespĺňa požadované špecifikácie alebo kvalitu, môže tieto produkty reklamovať. To zvyšuje náklady a zaťaženie výrobného procesu spoločnosti, keďže je nevyhnutné riešiť tieto reklamácie a nahradiť reklamované výrobky. Ako bolo uvedené v úvode pri predstavení spoločnosti, v odvetví vesmírneho a leteckého priemyslu sa kladie veľký dôraz na spoľahlivosť a kvalitu výrobkov. V takomto prípade môže zákazník zvážiť ukončenie obchodného vzťahu, čo môže dlhodobo negatívne ovplyvniť reputáciu a podnikanie spoločnosti.

Tabuľka 12 zobrazuje prvú časť vybranej skupiny procesov začínajúcou rezaním tyčí a končiacou balením výrobkov a uvoľnením do ďalšieho procesu.

| Legenda | | Tabuľka 12 – FMEA pre proces rezania tyčí, obrábanie a sústruženie – prvá časť | | | | | | | | | | | | | | | |
|------------------|-------------------------|--|--|---|--|---|---|---|--|--|-------------------|---|--|---|----------------|-----|-----|
| | | [Zdroj: Vlastné spracovanie] | | | | | | | | | | | Výsledky po | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | S | O | D | RPN | |
| Vlastník procesu | Proces | Subproces | Požiadavky | Potenciálny spôsob poruchy | Potenciálny následok poruchy | S | Potenciálna príčina poruchy | O | Súčasné prvky na detekciu poruchy | D | RPN | Doporučené opatrenie | Zodpovednosť | S | O | D | RPN |
| Interný proces | Rezanie tyčí | Uvoľnenie do výroby | Narezaný materiál odpovedá stanoveným rozmerom a kvalite | Nesprávne rezanie | Nesprávne rozmery materiálu pre následujúci proces | 6 | Nesprávne nastavenie rezného prístroja | 6 | Meranie rozmerov narezaných tyčí | 2 | 72 | Zvýšená kvalifikácia pracovníkov prostredníctvom školení a certifikácie | Vedúci výroby | 6 | 2 | 2 | 24 |
| | | | | Nedostatočná fixácia tyče | Úraz na pracovisku a oneskorenie procesu | 7 | Nedostatočná kvalifikácia pracovníka | 6 | Vizuálna kontrola obsluhou pracoviska | 8 | 336 | Zavedenie vylepšených fixačných prostriedkov v kombinácii so školením pracovníkov | Vedúci výroby | 7 | 3 | 5 | 105 |
| | | | | Chybný rezací nástroj | Vysoké odpadové náklady | 6 | Nekvalitný alebo opotrebovaný nástroj | 3 | Monitorovanie opotrebenia strojov, ich príslušenstva a náradia | 3 | 54 | Pravidelné údržby strojov a náradia | Vedúci výroby | 6 | 2 | 1 | 12 |
| | | | Do výroby je uvoľnený správny materiál | Uvoľnenie nesprávneho materiálu | 10 | Tvorba odpadového materiálu, nedodržanie špecifikácií zákazníka | 6 | Nečitateľný alebo poškodený identifikátor materiálu | 6 | Interná smernica a poskytnutá dokumentácia vyhodnotená technologom | 9 | 540 | Zavedenie čiarových kódov pre lepšiu identifikáciu materiálu | Vedúci výroby v spolupráci s manažerom nákupu a logistiky | 10 | 6 | 2 |
| | Obrábanie - sústruženie | Príprava pracoviska | Pracovisko splňuje všetky normy, vnútorné predpisy a je plne pripravené pre proces | Nesprávne nastavenie pracoviska | Schvalovací kus nebude podľa špecifikácií, časový sklz | 6 | Nedodržanie pracovných postupov pracovníkom | 6 | Vizuálna kontrola obsluhou pracoviska | 5 | 180 | Dvojitá verifikácia pracovníkmi | Vedúci výroby | 6 | 6 | 2 | 72 |
| | | | | Nefunkčné pracovisko | Preručenie pracovného toku | 8 | Defekt zariadenia na pracovisku | 5 | Regulárna údržba a servis zariadení | 3 | 120 | Implementácia monitorovacieho systému na okamžitú detekciu defektu | Vedúci výroby | 8 | 4 | 1 | 32 |
| | Obrábanie - sústruženie | Schválenie prvého kusu | Schválený výrobok bude odpovedať doloženej dokumentácii | Nesprávne vyhodnotenie a schválenie prvého kusu výrobku | Chybné spracovanie každého kusu materiálu | 10 | Defekt meriaceho prístroja | 7 | Pravidelná kalibrácia meriacich prístrojov - raz za rok | 8 | 560 | Zvýšená frekvencia kalibrácie a preventívne údržby kontrolných prístrojov | Vedúci kontroly | 10 | 6 | 3 | 180 |
| | | | | Dokumentácia procesných parametrov | Chybné nastavenie parametrov pri schvalovaní prvého kusu | 10 | Zvýšená poruchovosť v ďalších fázach výroby | 3 | Nesprávny systém kontroly | 2 | 60 | Pokročilé technológie merania, automatizácia procesu | Technológ v spolupráci s vedúcim výroby | 9 | 3 | 2 | 54 |
| | | | | Dôkladná kontrola a overovanie kvality | Nekompatibilný nástroj | 9 | Nedodržanie požadovaných špecifikácií | 3 | Chyba pri príprave pracoviska | 3 | Vizuálna kontrola | 3 | 81 | Štandardizácia nástrojov a ich lepšia identifikácia | Majster výroby | 9 | 2 |

Zobrazená **tabuľka 13** uvádza spracovanú analýzu pre pokračovanie druhej vybranej skupiny proces.

Tabuľka 13 - FMEA pre proces rezania tyčí, obrábanie a sústruženie - druhá časť

[Zdroj: Vlastné spracovanie]

| Legenda | | S = Závažnosť O = Výskyt D = Detekovateľnosť | | | | | | | | | | | | | | | |
|------------------|-------------------------|--|---|---|---|----|--|---|---|---|-----|---|---|-------------|---|---|-----|
| Vlastník procesu | Proces | Subproces | Požiadavky | Potenciálny spôsob poruchy | Potenciálny následok poruchy | S | Potenciálna príčina poruchy | O | Súčasné prvky na detekciu poruchy | D | RPN | Doporučené opatrenie | Zodpovednosť | Výsledky po | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | S | O | D | RPN |
| Interný proces | Obrábanie - sústruženie | Úpine sústruženie a vrtanie | Správne nastavenie stroja CNC STAR SV32 | Nesprávne používanie stroja | Odlíšná kvalita výrobkov, poškodenie materiálu | 9 | Nekvalifikovaná obsluha stroja | 7 | Medzi procesná kontrola výrobkov | 2 | 126 | Zvýšená kvalifikácia pracovníkov prostredníctvom školení a certifikácie | Vedúci výroby | 9 | 4 | 2 | 72 |
| | | | Dodržiavanie presných postupov a noriem | Chybné upnutie materiálu | Odlíšná kvalita výrobkov, poškodenie materiálu | 8 | Nesprávna funkcia upínacieho prístroja | 4 | Interné smernice, vizuálna kontrola | 3 | 96 | Implementácia presnejších a spoľahlivejších zariadení | Technológ v spolupráci s vedúcim výroby | 8 | 2 | 3 | 48 |
| | | | | Nekvalitné nástroje zariadenia | Poškodenie materiálu a možné odstavenie stroja | 9 | Defekt zariadenia | 5 | Pravidelné údržby a monitorovanie zariadení | 3 | 135 | Implementácia monitorovacieho systému na okamžitú detekciu | Technológ v spolupráci s vedúcim výroby | 6 | 5 | 2 | 60 |
| | | | Dôkladné dokumentovanie procesných parametrov | Chýbajúce alebo nepresné záznamy | Chýbajúca dokumentácia pre zákazníka | 8 | Nedostatočná zodpovednosť alebo pozornosť pracovníka | 5 | Kontrola a overenie dokumentácie následným procesom | 4 | 160 | Kontrola vyhotovenej dokumentácie pomocou checklistu | Vedúci výroby | 8 | 2 | 4 | 64 |
| | | Medzi procesná kontrola | Presnosť merania | Nesprávne vyhodnotenie a schválenie ostatných kusov výrobku | Chybná kontrola tolerancií, pripustený nekvalitný výrobok | 10 | Defekt meriaceho prístroja | 7 | Pravidelná kalibrácia meriacich prístrojov - raz za rok | 8 | 560 | Zvýšená frekvencia kalibrácie a preventívne údržby kontrolných prístrojov | Vedúci kvality | 10 | 6 | 3 | 180 |
| | | | Kontrola tolerancií | Nesprávne nastavené tolerance kontroly | | 10 | Chyba technologá | 3 | Interné smernice, zavedené postupy spolu s obdržanou technologickou dokumentáciou | 2 | 60 | Zvýšená kvalifikácia pracovníkov prostredníctvom školení a certifikácie | Vedúci kvality | 10 | 1 | 1 | 10 |
| | | | Identifikácia vadných kusov | Nevhodné meracie metódy alebo prístroje | | 5 | Neadekvátny systém kontroly | 3 | Interné smernice, zavedené postupy | 2 | 30 | Zavedenie auditov kvality | Vedúci kvality | 4 | 2 | 1 | 8 |
| | | Balenie každého kusu zvlášť do blistrov | Správne umiestnenie výrobkov v blistrovom obale | Nevhodné zarovnanie výrobkov | Problémy s manipuláciou vedúce k zníženiu kvality | 7 | Nedostatočné vedenie pracovníka | 5 | Vizuálna kontrola | 7 | 245 | Automatizácia procesu umiestňovania | Manažer nákupu a logistiky | 4 | 3 | 6 | 72 |
| | | | Dostatočná kvalita balenia | Nedostatočné tesnenie blisterového obalu | Vypadnutie výrobku, poškodenie alebo strata pri preprave | 8 | Použitie nesprávnych tesniacich materiálov | 5 | Odborná kvalifikácia pracovníka skladu | 4 | 160 | Mechanická kontrola každého blisterového obalu | Pracovník kontroly | 5 | 2 | 2 | 20 |
| | | Uvolnenie do ďalšieho procesu | Proces funguje podľa nastaveného plánu | Neskoršie uvoľnenie | Nesplnenie termínu dodania | 9 | Nefunkčnosť pracoviska | 6 | Monitorovanie pomocou informačného systému | 3 | 162 | Pravidelná kontrola a riadenie výrobného procesu | Vedúci výroby | 9 | 3 | 2 | 54 |

Proces pasivácie a finálnej kontroly

Ako plynie s **tabuľky 14** v analyzovanom procese boli identifikované dve riziká, na ktoré by sa spoločnosť mala zamerať a podniknúť kroky pre ich opatrenie.

Prvý potenciálny spôsob poruchy spadajúci do kritických rizík bol identifikovaný pri procese pasivácie podľa výkresu, jedná sa o proces externej spoločnosti. Medzi požiadavky na kvalitu analyzovaného procesu patrí včasné dodanie výrobkov, ktoré už prešli procesom pasivácie. V minulosti sa vyskytli situácie pri ktorých externý poskytovateľ služby porušil zmluvne podmienky a nesplnil termín dodania. Táto udalosť následne zapríčinila natoľko významné predĺženie doby výroby, že spoločnosť nesplnila stanovený termín zákazky. Ide o závažný problém, ktorý vedie k zhoršeniu zákazníckych vzťahov, reputácií a v prípade pravidelného opakovania môže viesť až k strate zákazníka. Spoločnosť v tomto procese nemá zavedené veľmi účinné kontrolné prvky, spôsob akým overujú aktuálny stav výrobkov je prostredníctvom komunikácie s dodávateľom. Jedná sa o problém v rámci všetkých externých kooperácií pri ktorých spoločnosť nekladie veľký dôraz na overenie kontrolných postupov dodávateľa. V prípade že je dodávateľ nesprávne vybraný a nekladie dôraz na spoľahlivosť, účinnosť kontrolného prvku môže jednoducho zlyhať. Spoločnosť by mala zvážiť výber nového spoľahlivého dodávateľa spolu s priebežným monitorovaním výkonnosti všetkých externých služieb. Výber spoľahlivého dodávateľa je dôležitý pre zabezpečenie kvalitných produktov a služieb, zatiaľ čo monitorovanie výkonnosti pomáha identifikovať prípadné nedostatky a zlepšiť celkovú efektivitu a spoľahlivosť dodávateľského reťazca. Pri výbere nového dodávateľa je dôležité zhodnotiť jeho reputáciu, skúsenosti, schopnosť plniť požadované normy, spolu so typom a stavom technického vybavenia. Taktiež je nutné si stanoviť jasne definované podmienky a presné termíny v zmluvných podmienkach.

V uvedenej skupine procesov bolo identifikované ešte jedno riziko, ktorému by mala spoločnosť venovať náležitú pozornosť, a tým je nesprávne vykonaná pasivácia. Toto riziko súvisí s predchádzajúcim možným zlyhaním a je zapríčinené nevhodným výberom dodávateľa. V prípade, že sa spoločnosť rozhodne ponechať stávajúceho externého poskytovateľa, napríklad pre unikátnosť vykonávanej výrobnéj operácie, je možné zaviesť iné opatrenie a tým je audit externého poskytovateľa. Tento proces spočíva v nezávislom posúdení dodržiavania noriem, predpisov a požiadaviek v rámci externej spoločnosti. Cieľom je overiť či dodávateľ splňuje požadované kritéria a dodáva kvalitné služby. V prípade, že počas auditu spoločnosti identifikujú nezrovnalosti je nutné tieto zistenia riešiť, tak aby externá spoločnosť vykonala kolektívne opatrenia.

Tabuľka 14 – FMEA pre proces pasivácie a finálnej kontroly

[Zdroj: Vlastné spracovanie]

| Vlastník procesu | Proces | Subproces | Požiadavky | Potenciálny spôsob poruchy | Potenciálny následok poruchy | S | Potenciálna príčina poruchy | O | Súčasné prvky na detekciu poruchy | D | RPN | Doporučené opatrenie | Zodpovednosť | Výsledky po | | | |
|------------------|--|---|---|--|---|----------------------------|---|--|---|-----|---|---|----------------------------|-------------|---|-----|-----|
| | | | | | | | | | | | | | | S | O | D | RPN |
| Interný proces | Pasivácia | Balenie každého kusu zvlášť do sieťoviny | Zabezpečenie primeranej ochrany výrobku | Poškodenie sieťoviny pri manipulácií | Vypadnutie výrobku z obalu a jeho stráta | 9 | Nesprávna veľkosť sieťoviny | 3 | Vizuálna kontrola | 6 | 162 | Dôkladné meranie rozmerov používaného balenia | Manažer nákupu a logistiky | 9 | 2 | 2 | 36 |
| | | | Dodržanie stanovených štandardov a postupov balenia | Nesprávne balenie výrobku | Poškodenie výrobkov počas prepravy | 8 | Chybné umiestnenie výrobkov | 6 | Skúšobné manipulačné testy | 2 | 96 | Zvýšená kvalifikácia pracovníkov prostredníctvom školení a certifikácie | Manažer nákupu a logistiky | 8 | 3 | 2 | 48 |
| | | | | Použitie nevhodného ochranného obalu | Kontaminácia výrobkov | 8 | Nepozornosť pracovníka | 6 | Vizuálna kontrola | 6 | 288 | Zvýšená kvalifikácia pracovníkov prostredníctvom školení a certifikácie | Manažer nákupu a logistiky | 8 | 3 | 3 | 72 |
| | | Odoslanie dielov schválenému zdroju | Identifikácia dielu a správne označenie balíkov | Chybná identifikácia výrobkov | Dodávateľ neobdrží správne výrobky, nastane | 6 | Zlyhanie ľudského faktoru | 5 | Vizuálna kontrola identifikačných štítkov | 3 | 90 | Kontrola dát v systéme, sledovanie zaslaných výrobkov | Manažer nákupu a logistiky | 6 | 2 | 1 | 12 |
| | | | Správne balenie a zabezpečenie dielov | Nesprávne vykonanie predošlého procesu | Poškodenie výrobkov počas prepravy | 8 | Nepripravená ochrana výrobkov | 4 | Vizuálna kontrola zabalenej sady pri prepustení do prepravy | 6 | 192 | Zvýšená kvalifikácia pracovníkov prostredníctvom školení a certifikácie | Manažer nákupu a logistiky | 8 | 4 | 3 | 96 |
| | | | Dodávateľ obdrží výrobky v požadovanom stave | Zaslanie dielov na nesprávnu adresu | Dodávateľ neobdrží správne výrobky, nastane časový sklz | 7 | Nesprávna adresa alebo kontakt | 2 | Kontrola pracovníkom logistiky | 4 | 56 | Pravidelné aktualizovanie údajov | Pracovník nákupu | 7 | 2 | 2 | 28 |
| Externý proces | Pasivácia podľa výkresu | Správne nastavenie parametrov procesu | Nesprávne vykonaná pasivácia | Ohrozenie funkcionality a kvality výrobkov | 10 | Zlé dávkovanie chemikálií | 8 | Kontrola certifikátu pri vstupe do spoločnosti (Neznáme kontrolné prvky externej spoločnosti) | 7 | 560 | Audit externého poskytovateľa | Projektový manažer v spolupráci s manažérom nákupu a logistiky | 10 | 5 | 3 | 150 | |
| | | Dôkladná príprava povrchu výrobkov pred pasiváciou | Kontaminácia výrobkov počas pasivácie | Nedostatočná ochrana proti korózii | 9 | Nedostatočná čistota dielu | 7 | Kontrola certifikátu pri vstupe do spoločnosti (Neznáme kontrolné prvky externej spoločnosti) | 7 | 441 | Skúšobné testovanie proti korózii | Vedúci kvality | 9 | 7 | 2 | 126 | |
| | | Dodržanie času trvania a postupov procesu pasivácie | Dodávateľ nespĺňa zmlúvne podmienky | Oneskorenie termínu dodania výrobkov zákazníkovi | 9 | Nespoľahlivosť dodávateľa | 9 | Komunikácia s dodávateľom | 10 | 810 | Výber spoľahlivých dodávateľov spolu s monitorovaním výkonnosti | Projektový manažer v spolupráci s manažérom nákupu a logistiky | 9 | 4 | 4 | 144 | |
| Interný proces | Overenie certifikátu a prijatie dielov | Dôkladná dokumentácia procesu | Správna interpretácia certifikačných požiadaviek | Nesprávne overenie certifikátu | Prijatie výrobkov neodpovedajúcim uvedenej kvalite | 10 | Nedodržanie požadovanej kvality v procese pasivácie | 8 | Porovnanie informácií na certifikáte so špecifikáciami | 6 | 480 | Vstupná kontrola a skúšobné testovanie | Vedúci kvality | 10 | 8 | 3 | 240 |
| | | | Finálna kontrola | | | | | | | | | | | | | | |

4.5.3. Analýza procesu zostavy

Proces zvárania technológiou elektrónového lúča

Analýza spôsobov a následkov nebola pre uvedený proces spracovaná, i napriek tomu, že sa jedná o jednu z vybraných procesných skupín. V predchádzajúcej kapitole stromovej analýzy porúch sa výrobná operácia hodnotila ako proces s vysokou prioritou, každopádne ide o proces zhotovovaný externým poskytovateľom presne ako pri predchádzajúcej skupine procesov. Pre tento dôvod by sa identifikovali rovnaké princípy spôsobov poruchy, a teda nekvalitné spracovanie alebo oneskorenie dodania. Identifikované riziká nie je možné presne hodnotiť kvôli neznámym kontrolným prvkom externej spoločnosti. Tieto riziká môžu byť kvantifikované iba na základe predošlých skúseností a s toho dôvodu bolo napríklad vyhodnotenú extrémne riziko v prípade procesu pasivácie. Spoločnosť nezaznamenala významný problém s poskytovateľom externej služby zvárania no napriek tomu je veľmi dôležité monitorovať výkonnosť poskytovaných služieb tak aby sa hneď odhalili prípadné nedostatky. Tento princíp by mala aplikovať na všetkých svojich dodávateľov ako i služieb tak i materiálu aby sa zabránilo nedostatočnej kvalite alebo oneskoreniu dodania iba na základe cudzieho pochybenia. Spoločnosť si musí stanoviť presné požiadavky a kritéria na základe, ktorých bude následne hodnotiť zhromaždené dáta. Pri identifikácii určitých nedostatkov je nutné tieto výsledky komunikovať s dodávateľmi a podniknúť príslušné kroky pre ich odstránenie. V prípade, že na strane externého poskytovateľa nedôjde k spolupráci, spoločnosť by mala zvážiť výber nového dodávateľa a posúdiť dopady takého rozhodnutia.

Proces pečenia tesnenia až po skladovanie

Pri danom procese neboli identifikované odlišné potenciálne poruchy s vysokou alebo kritickou hodnotou oproti predchádzajúcej analýze. Zároveň je možné aplikovať už doporučené opatrenia i v prípade tohoto procesu. Jedná sa konkrétne o pravidelnejšiu kalibráciu a údržbu mieriacich prístrojov, keďže sa v sledovanom procese nachádza medzi procesná a finálna kontrola. Pri tomto opatrení by boli jednotlivé mieriace prístroje rozdelené do tried podľa kritičnosti odvíjajúcej sa od počtu vykonávaných kontrol. Podľa triedy mieriacich zariadení, by sa zvýšila frekvencie kalibrácie, ktorá by sa mohli vykonávať napríklad štvrťročne, v závislosti od potreby a citlivosti meracích prístrojov. Spoločnosť tak môže rýchlejšie prísť na potenciálnu odchýlku mieriaceho prístroja a odstránenie tejto poruchy nepovedie k schváleniu výrobkov, ktoré nespĺňajú požadované kritéria.

Tabuľka 15 – FMEA pre proces pečenia až po skladovanie kompletnej zostavy

[Zdroj: Vlastné spracovanie]

| Legenda | S = Závažnosť O = Výskyt D = Detekovateľnosť | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|----------------|--|---|---|--|---|---|---|---|---|-----------------------------------|---|---|--|--------------|-------------|----|----|-----|
| | Vlastník procesu | Proces | Subproces | Požiadavky | Potenciálny spôsob poruchy | Potenciálny následok poruchy | S | Potenciálna príčina poruchy | O | Súčasné prvky na detekciu poruchy | D | RPN | Doporučené opatrenie | Zodpovednosť | Výsledky po | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | S | O | D | RPN |
| Interný proces | Pečenie tesnenia vyrobeného s vitonu | Pečenie | Správna teplota pečenia | Príliš vysoká teplota | Prehriatie a degradácia materiálu | 7 | Nesprávne nastavenie teploty | 3 | Teplomer na pečiacom zariadení | 3 | 63 | Použitie nových technológií na overenie rovnomerného rozloženia teploty | Vedúci výroby v spolupráci s technológom | 7 | 1 | 2 | 14 | |
| | | | Optimálny čas pečenia | Nedostatočný čas pečenia | Nesprávne vytvrdnutie, nízka pevnosť a odolnosť | 7 | Nedostatočné trvanie procesu | 4 | Vizuálna kontrola | 5 | 140 | Systémové monitorovanie času pečenia | Vedúci výroby v spolupráci s technológom | 7 | 2 | 3 | 42 | |
| | | | Udržanie konzistentného tlaku | Nesprávny tlak počas pečenia | Deformácia tesnenia | 8 | Kontaminácia prostredia | 2 | Manometer na pečiacom zariadení | 3 | 48 | Použitie automatizovaných systémov na udržanie konzistentného tlaku | Vedúci výroby v spolupráci s technológom | 8 | 1 | 2 | 16 | |
| | Montáž | Montáž | Správne usporiadanie dielov podľa výkresu | Nesprávne zaradenie súčiastky do zostavy | Chybná funkčnosť alebo porucha celej zostavy | 10 | Chybná interpretácia výkresu | 3 | Kontrola polohy a zaradenia súčiastky | 3 | 90 | Dôkladné školenie a certifikácia na správnu montážnu techniku | Vedúci výroby | 10 | 2 | 2 | 40 | |
| | | | Požadovaná kvalita jednotlivých dielov | Nesprávne utiahnutie skrutiek | Zlomené alebo povolené súčiastky | 10 | Nesprávne nastavenie utahovacieho momentu | 5 | Kontrola pomocou momentového kľúča | 4 | 200 | Pravidelná kalibrácia nástrojov na utahovanie | Vedúci výroby | 10 | 3 | 2 | 60 | |
| | | | Kompletnosť zostavy | Neúplná montáž súčiastok | Nekompletná zostava, nízka funkčnosť | 10 | Nedostatočná pozornosť pri montáži | 3 | Vizuálna kontrola spolu s technologickým výkresom | 1 | 30 | Automatizácia kontroly pomocou senzorov a meracích prístrojov | Vedúci výroby v spolupráci s technológom | 10 | 1 | 1 | 10 | |
| | Medzi procesná kontrola | | | Všetky potenciálne spôsoby poruchy boli identifikované v spracovanej analýze pre predošlú skupinu procesov | | | | | | | | | | | | | | |
| | Uvoľnenie do ďalšieho procesu | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Finálna kontrola | Kontrola súvisiacej dokumentácie | Kompletná, presná a aktuálna dokumentácia | Chýbajúce, nepresné alebo zastarané dokumenty | Zákazník neobdrží potrebnú dokumentáciu | 9 | Nedostatočné kontroly dokumentácie | 5 | Vnútroné smernice, normy | 4 | 180 | Pravidelné auditovanie dokumentácie a overovanie jej súladu s normami | Projektový manažér | 9 | 2 | 2 | 36 | |
| | | | 100 % vizuálna kontrola | Všetky potenciálne spôsoby poruchy boli identifikované v spracovanej analýze pre predošlú skupinu procesov | | | | | | | | | | | | | | |
| Kontrolný list | | Úplne a správne vyplnený kontrolný list | Nesprávne vyplnený kontrolný list | Prehliadnutie chýb, nezrovnalosti v procese | 9 | Nedostatočné porozumenie a školenie pracovníkov | 6 | Vizuálna kontrola | 5 | 270 | Dvojitá verifikácia, kontrola druhým pracovníkom | Vedúci kontroly | 9 | 5 | 2 | 90 | | |
| Skladovanie | Skladovanie kompletnej zostavy | Vhodné skladovacie podmienky | Nesprávna teplota a vlhkosť skladovacích priestorov | Zhoršená kvalita a výkon zostavy | 9 | Nesprávne nastavené skladovacie podmienky | 2 | Senzory a monitorovanie skladových priestorov | 1 | 18 | Pravidelná kontrola a údržba senzorov | Manažer nákupu a logistiky | 9 | 1 | 1 | 9 | | |
| | | Pridelený identifikátor zostavy | Zlá identifikácia zostavy | Odoslanie nesprávneho výrobku | 7 | Nekvalifikovaný pracovník | 5 | Technológia čiarových kódov | 3 | 105 | Zvýšená kvalifikácia pracovníkov prostredníctvom školení a certifikácie | Manažer nákupu a logistiky | 7 | 2 | 2 | 28 | | |

5 ANALÝZA VÝSLEDKOV RIEŠENIA

Táto kapitola sa venuje dôkladnému zhodnoteniu výsledkov, ktoré boli stanovené pomocou spracovaných analýz. Na základe výstupov sú navrhnuté odporúčenia pre spoločnosť s dôrazom na ich prínosy.

5.1. Zhodnotenie dosiahnutých výsledkov

Prvou spracovanou metódou pre analýzu toku výroby bola metóda diagramov priebehu procesov. Pomocou tejto metódy je zobrazená postupnosť operácií vo výrobnom procese pre dve vybrané zákazky. Prvý výrobný postup súčiastky pneumatického systému, ktorý je využívaný do motora lietadla, je rozdelený do šiestich procesných skupín. Kritické operácie danej výroby sú kontrola vstupného materiálu, rezanie tyčí, obrábanie a sústruženie pomocou CNC stroju spolu s procesom pasivácie a finálnou kontrolou. Tieto procesy boli identifikované ako kľúčové v nadväznosti na dosiahnutie požadovanej kvality výrobku. Rovnaký princíp sa aplikoval na zostavu používanú do zariadenia pre automatické vstrekovanie plynu, v ktorom sú definované štyri časti procesov. Medzi kritické časti procesu patrí proces zvárania technológiou elektrónového lúča, proces pečenia tesniaceho zariadenia a skladovania. V každom diagrame boli zaznamenané jednotlivé kroky všetkých výrobných operácií, ktoré sú predmetom následných analýz.

Ako nadväzujúca analýza pre definované úseky procesu výroby bola zvolená analýza stromov poruchových stavov. Vrcholová udalosť zlyhania pre všetky procesy je stanovená udalosť, pri ktorej nastane nesplnenie kritérií výroby. Analýza bola zhotovená pre všetkých desať procesných úsekov, z dôvodu jej následného využitia, pre príčiny možných spôsobov poruchy na formulár FMEA. Najčastejšie udalosti vedúce k vrcholovému zlyhaniu sú nedodržanie stanoveného termínu zákazky a nedostatočná kvalita výrobku. Spoločnosť kladie vysoký dôraz na kvalitu svojich výrobkov a naplnenie stanovených kritérií. Tento prístup s časti plyní s odvetvia, v ktorom spoločnosť podniká, kde sú kladené obrovské požiadavky na spoľahlivosť, bezpečnosť a odolnosť voči extrémnym podmienkam. Druhá úroveň príčin, ktoré môžu viesť k nesplneniu termínu dodania sa skladá zo zdržania vo výrobe, nedostatočného plánovania, technického defektu alebo chybe pracovníka. Príčiny pre nedostatočnú kvalitu výrobku sú nevhodná manipulácia, nesprávne zhotovená kontrola, nedodržanie správnych postupov predošlých procesov, chyba dodávateľa a nesprávne nastavené logistické prvky výroby. Ďalšia udalosť, ktorá nie je priamo vytýčená medzi najčastejšími príčinami, ale má veľkú prioritu v nadväznosti na kvalitu výrobku je dodanie

nesprávneho vstupného materiálu do procesu výroby. Sekundárne príčiny tejto poruchy je nevhodný identifikátor materiálu, chyba dodávateľa alebo pracovníka.

Na záver sa pre vybrané skupiny procesov identifikovali a následne kvantifikovali riziká pomocou analýzy spôsobov a následkov porúch. Bolo vytýčených päť klasifikácií prioritnej hodnoty rizika, ktoré sú veľmi nízka, nízka, stredná, vysoká a kritická. Pre účely diplomovej práce sa riešili primárne opatrenia vysokých a kritických rizík.

Pre prvú fázu procesu vstupnej kontroly materiálu neboli identifikované žiadne riziká s vysokou alebo kritickou hodnotou. Spoločnosť má správne nastavené kontrolné prvky procesu a pre tento dôvod sa v rámci neho nevyskytujú žiadne závažné riziká. Napriek tomu boli navrhnuté opatrenia pre každú identifikovanú poruchu aby spoločnosť mohla tento podklad využiť i v prípade, že by sa vplyvom určitého javu časom hodnota rizika zmenila.

Druhá procesná skupina sa týkala procesu rezania tyčí, sústruženia a obrábania na CNC stroji. Pre túto časť výroby boli identifikované tri riziká s vysokou hodnotou. Prvé riziko sa týka uvoľnenia nesprávneho materiálu do výrobného procesu. Spoločnosť identifikuje uskladnený materiál pomocou manuálnych identifikátorov, pričom nie je v rámci tohto procesu používaná žiadna technológia na ich rozpoznanie. V prípade, že sa tento identifikátor poškodí, alebo si ho pracovník skladu nesprávne zaznamená môže nastať jeho zámena, čo má veľký dopad na výrobný proces. Pri jeho rýchlej detekcii, nastane časový sklz výroby a tvorba odpadového materiálu. Ak zoberieme najhorší scenár, ktorý môže nastať, tak sa výrobok s nesprávnym materiálom dostane až k zákazníkovi. Odberateľ sa na základe toho môže rozhodnúť výrobok reklamovať, čo povedie k väčšiemu zaťaženiu výrobných kapacít, alebo k finančným stratám, vo výške zmluvnej pokuty alebo nákladov na dodatočnú výrobu. V horšom prípade môže takáto porucha viesť až k strate zákazníka.

Ďalšie identifikované riziko plynie s nesprávnym vyhodnotením kvality výrobku, konkrétne sa toto riziko zistilo pri procese schvaľovania prvého kusu výrobku a následne sa objavilo i pri procese medzi procesnej kontroly. Táto hrozba sa môže vyskytnúť v každej kontrole v rámci procesu výroby, a plynie s nedostatočnou funkčnosťou mieriacich prístrojov. V prípade, že po určitú dobu pretrváva ich nesprávne používanie, alebo určitou príčinou sa stali defektnými, a pracovník to nespozoruje a nenahlási, strácajú svoju funkčnosť. Toto riziko môže viesť k závažným následkom a zároveň ovplyvniť viacero zákaziek, keďže sú na pracoviskách mieriace prístroje používané viacerými pracovníkmi. Spoločnosť má nastavenú v podniku pravidelnú kalibráciu týchto zariadení, no v priebehu roka čo sa zariadenia nekontrolujú sa môže vyskytnúť určitá porucha. Pre tento dôvod by spoločnosť mala zvážiť pravidelnejšiu kalibráciu a údržbu týchto zariadení.

Na záver boli v externom procese pasivácie identifikované dve riziká, pri čom jedno má vysokú hodnotu a ďalšie nesie hodnotu kritickú. V procese externej spoločnosti sú neznáme zavedené kontrolné prvky a preto boli riziká hodnotené i s ohľadom na predošlé skúsenosti a detekčné prvky, ktoré sú zavedené po príchodu výrobkov naspäť do spoločnosti. V prípade, že sa externý proces oneskorí vedie to k časovému sklzu a kvôli postupnosti procesu a jeho umiestnení na konci procesu výroby, je veľmi pravdepodobné, že tento sklz zapríčiní nesplnenie termínu dodania výrobkov. Taktiež môže byť nesprávne zhotovený proces pasivácie, čo následne vedie k nedodržanej kvalite výrobkov. Pre tento dôvod by sa spoločnosť mala zamerať na dôkladný výber poskytovateľa externej služby pre všetky svoje procesy, ktoré sa vykonávajú mimo spoločnosť. Prvý krok pre posúdenie kvality poskytovaného procesu je hodnotenie výkonnosti týchto procesov. Ak sa vyskytnú nedostatky v rámci hodnotených procesov je nutné zvážiť hlbšiu inšpekciu pomocou auditu externej spoločnosti alebo výberu iného dodávateľa, podľa konkrétnej služby.

Pre posledný analyzovaný proces neboli zistené žiadne nové vysoké alebo kritické hodnoty rizika, no mali by byť pre proces aplikované navrhnuté opatrenia s predošlých procesov. Jedná sa konkrétne o hodnotenie výkonnosti externých služieb a pravidelná kalibrácia a údržba mieriach prístrojov. Spoločnosť by tieto opatrenia mala zaviesť pre celý proces výroby.

5.2. Navrhnuté opatrenia pre výrobný proces

V tejto časti sú detailne popísané doporučené preventívne opatrenia pre výrobný proces, ktoré boli definované v predchádzajúcej kapitole.

5.2.1. Identifikácia materiálu pomocou čiarových kódov

Implementácia systému identifikácie pomocou čiarových kódov do súčasného procesu spoločnosti dokáže optimalizovať celý proces a zároveň minimalizovať potenciálne poruchy. Medzi najdôležitejšie aspekty procesu patrí predovšetkým jednoznačná identifikácia materiálu. Spoločnosť by sa preto mala zamyslieť nad efektívnejším prevedením procesu za pomoci čiarových kódov. Tento princíp identifikácie je už uplatňovaný v rámci expedície výrobkov k zákazníkovi. Pre tento dôvod by jeho implementácia do procesu identifikácie materiálu nepredstavovala zložitý proces. Automatizácia procesu identifikácie materiálu tak môže viesť k efektívnejšie manipulácii s materiálom, rýchlejšiemu získavaniu náležitých informácií a zníženiu pravdepodobnosti, že sa v procese vyskytne ľudské pochybenie. Toto opatrenie tak vedie k minimalizácii rizika, ktoré vedie k zníženiu kvality výrobkov a zámeny materiálu.

5.2.2. Pravidelnejšia kalibrácia a údržba meriacích prístrojov

Vďaka pravidelnejšiemu vykonávaniu kalibrácie a odbornej údržby meracích prístrojov v spoločnosti sa zvýši ich spoľahlivosť a kvalita merania. Napriek tomu, že spoločnosť v súčasnej dobe vykonáva kalibráciu svojich zariadení raz ročne, vzhľadom na vysokú hodnotu rizika je potrebné zvážiť zvýšenie frekvencie s cieľom zabezpečiť zefektívnenie tohto procesu. Meracie prístroje by boli rozdelené do tried podľa počtu prevádzaných kontrol, podľa ktorých by bola zvýšená frekvencia kalibrácií. Aktuálny stav zariadení sa odvíja od odbornosti pracovníka, a včasnému odhaleniu akéhokoľvek defektu. Meracie prístroje sú na pracoviskách využívané všetkými pracovníkmi, v prípade, že je zariadenie defektné môže ovplyvniť kvalitu celého kontrolného procesu. Vďaka uvedenému opatreniu sa spolu s dôkladnou a častou údržbou zabezpečuje optimálny stav prístrojov, ktoré tak plnia svoju funkciu a poskytujú presné a spoľahlivé výsledky. Správna údržba zahŕňa pravidelné čistenie a kontrolu meracích prístrojov.

5.2.3. Výber spoľahlivých dodávateľov a ich monitorovanie výkonnosti

Spoločnosť by mala venovať veľkú pozornosť výberu spoľahlivých dodávateľov a monitorovaniu ich výkonnosti, najmä v prípade, že externý poskytovateľ zabezpečuje kritické procesy alebo kľúčové komponenty. Nedostatočná kvalita výrobku, alebo poskytovanej služby môže zapríčiniť vážne poruchy procesu, čo môže ohroziť správne fungovanie spoločnosti. V rámci externých procesoch musí byť kladený veľký dôraz na certifikáciu dodávateľa, jeho spoľahlivosť, referencie, technologické vybavenie a jeho stav. Správny výber externého poskytovateľa zabezpečí kvalitné a včasné dodanie produktov, čím sa zároveň minimalizuje riziko prerušenia výroby a zdržiavania dodania. Zároveň by spoločnosť mala uplatňovať kontinuálne monitorovanie výkonnosti jednotlivých dodávateľov, ktoré pomáha včas odhaliť vzniknuté nedostatky externých procesov.

5.2.4. Audit externých spoločností

Za predpokladu, že externá firma poskytuje komplexné služby, pričom náklady a obťažnosť zmeny dodávateľa by boli pre spoločnosť neprijateľné, je možné riziko opatriť odlišným spôsobom. Spoločnosť by sa v tomto prípade mala zamerať na audit externých poskytovateľov. Týmto spôsobom sa na skúmaný proces pozrie nezávislá a objektívna tretia spoločnosť, ktorá odhalí nedostatky skúmaných procesov. Na základe výstupov kontroly sa následne môžu nedostatky zhodnotiť a následne riešiť. Táto externá kontrola tak prispieva k dokonalejšiemu riadeniu rizík, znižuje neistotu a umožňuje spoločnosti adekvátne reagovať na potenciálne nežiadúce udalosti.

ZÁVER

Cieľom diplomovej práce bolo opatriť identifikované nebezpečenstvá pre zvolenú oblasť, ktorou je výrobný proces v rámci spoločnosti Frentech Aerospace, s.r.o.. Prostredníctvom zvolených analýz boli odhalené hrozby kvantifikované, na základe ich závažnosti, výskytu a detekcie v procese. Pri rozhodovaní o zvolenom prístupe k identifikovaným rizikám bola zohľadnená komplexnosť a kritičnosť jednotlivých procesov v rámci výrobného postupu spoločnosti. Zhotovené analýzy poskytli výstupy pre doporučené návrhy preventívnych opatrení, na minimalizovanie hodnoty zistených rizík.

V prvej časti práce boli stanovené teoretické východiská pre riešenie problematiky, spolu s vytýčenými nástrojmi pre jej správne uchopenie. Tieto nástroje boli vybrané s ohľadom na skúmaný proces, pričom boli definované princípy metódy PFD diagramu, stromovej analýzy poruchových stavov a analýzy spôsobov a následkov porúch.

Následne bola spracovaná časť vlastného riešenia kde na úvod bola predstavená vybraná spoločnosť Frentech Aerospace, s.r.o., ktorá sa zameriava primárne na letecký a vesmírny priemysel. Spoločnosť bola predstavená v oblastiach výrobného portfólia, kvality, technológie a internej smernice. Pre správne spracovanie analýz je nutné dokonalé a kompletné chápanie sledovaného procesu. Pre tento dôvod bol popísaný všeobecný výrobný postup spoločnosti, na ktorý nadväzovala postupnosť jednotlivých výrobných operácií pre vybrané zákazky. Vzhľadom na komplexnosť výrobného systému spoločnosti boli v rámci procesu vybrané dve vzorové zákazky.

Pomocou PFD diagramov bol graficky zobrazený a popísaný výrobný postup vybraných zakaziek, no čo následne boli definované procesné skupiny. Na základe dôležitosti a komplexnosti jednotlivých výrobných operácií bolo určených päť procesných skupín, ktoré sa následne skúmali pomocou následných analýz.

Pre odhalenie najčastejších príčin poruchového stavu bola využitá metóda FTA, pričom ako vrcholová udalosť sa určila situácia, v ktorej nebudú splnené kritéria výroby. Výstupom analýzy boli najčastejšie príčiny vedúce k vrcholovému zlyhaniu.

Na záver bola spracovaná expertná analýza spôsobov a následkov porúch pre kvantifikáciu nebezpečenstiev vyskytujúcich sa v skúmaných procesných skupinách. Pre hodnotenie boli stanovené klasifikačné stupnice na základe, ktorých bolo každému identifikovanému nebezpečenstvu pridelená hodnota závažnosti, výskytu a detekcie. Kombináciou týchto čísel bola určená významnosť rizík klasifikovaná na základe predom stanovených úrovni RPC. Klasifikácie rizík

boli definované na veľmi nízkej, nízkej, strednej, vysokej a kritickej úrovni. V rámci FMEA formuláru boli opatrené všetky úrovne rizík, pre prípad že by sa časom hodnota rizika zvýšila na neprijateľnú úroveň. Spoločnosť má možnosť nahliadnuť do spracovaných formulárov, posúdiť využiteľnosť preventívneho opatrenia a návrh implementovať. Pre účely diplomovej práce bol kladený dôraz na riziká vysokej a kritickej úrovne, pri ktorých boli navrhnuté kľúčové preventívne opatrenia na ich minimalizáciu. Spoločnosť tak môže zvážiť prínosy spojené s ich zavedením a ich základe rozhodnúť ich implementáciu. Vysoké a kritické riziká vo výrobnom procese by boli takýmto spôsobom opatrené a ich hodnota minimalizovaná.

ZOZNAM POUŽITÝCH ZDROJOV

- [1] HOPKIN, Paul. *Fundamentals of risk management: understanding, evaluating and implementing effective risk management*. 2nd. London: Kogan Page Publishers, 2018. ISBN 978-0-7494-6539.
- [2] LEMOS, Filipe. *On the definition of risk. Journal of risk management in financial institutions* [online]. Henry Stewart Publications, 2020, 266-278 [cit. 2022-10-21]. ISSN 1752-8887
Dostupné z: <https://www.proquest.com/openurl/handler>
- [3] ČSN ISO 31000 *Management rizik – Směrnice*, ÚNMZ, 2019.
- [4] RAIS, Karel a Radek DOSKOČIL. *Risk management: studijní text pro kombinovanou formu studia*. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2007. ISBN 978-80-214-3510-0.
- [5] SMEJKAL, Vladimír a Karel RAIS. *Řízení rizik ve firmách a jiných organizacích: studijní text pro kombinovanou formu studia*. 3., rozš. a aktualiz. vyd. Praha: Grada, c2010. ISBN 978-802-4730-516.
- [6] GOETSCH, David L. a Stanley B. DAVIS. *Quality Management. Introduction to Total Quality Management for Production, Processing, and Services*. USA: Pearson, 2002. ISBN 978-0-1309-33874.
- [7] ČSN EN ISO 9000 *Systémy managementu kvality – Základní principy a slovník*, ÚNMZ, 2015.
- [8] ISO. *Selection and use of the ISO 9000 Family of Standards, International Organization for Standardization* (2016). ISBN 978-92-67-10656-4
- [9] ČSN EN ISO 9001 *Systémy managementu jakosti – Požadavky*, ÚNMZ, 2016.
- [10] ČSN EN ISO 9004 *Management kvality – Kvalita organizace – Návod k dosažení udržitelného úspěchu*, ÚNMZ, 2018
- [11] VAN WERT, J. Ambrose. *Linking quality control to effective compliance. Journal of GXP compliance* [online]. Advanstar Communications, 2009, 13(1), 52 [cit. 05.09.2022]. ISSN 1552-5791.
Dostupné z: <https://www.proquest.com/openurl/handler>
- [12] *AS9100D:2016* – PERRY JOHNSON CONSULTING, INC. [online]. Copyright © 2023 PERRY JOHNSON CONSULTING, INC. (PJC) [cit.11.09.2022]. Dostupné z: <https://www.pjcinc.com/standards/as9100/as9100-implementation/>
- [13] WAHLSTRÖM, Björn a Carl ROLLENHAGEN. *Safety management – A multi-level control problem. Safety science* [online]. AMSTERDAM: Elsevier India Pvt, 2014, 69, 3-17 [cit. 11.09.2022]. ISSN 0925-7535. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0925753513001318>

- [14] *Health and safety management* – NQA [online]. Copyright © 2021 NQA Store [cit. 1.10.2022]. Dostupné z: <https://www.nqa.com/en-ca/certification/standards/ohsas-18001>
- [15] ČSN ISO 45001 *Systémy managementu bezpečnosti a ochrany zdraví při práci – Požadavky s návodem k použití*, ÚNMZ, 2018
- [16] SAE AS 13004 *Process Failure Mode and Effects Analysis (PFMEA) and Control Plans*, AESQ, 2017
- [17] TICHÝ, Milík. Ovládání rizika: analýza a management. V Praze: C.H. Beck, 2006. Beckova edice ekonomie. ISBN 80-717-9415-5.
- [18] ČSN EN 61025 *Analýza stromu poruchových stavů (FTA)*, ÚNMZ, 2007
- [19] ERICSON, Clifton A. *Hazard analysis techniques for system safety*. Hoboken, NJ: Wiley-Interscience, 2005. ISBN 978-0-471-72019-5.
- [20] McDermott, Robin E., Raymond J. Mikulak, and Michael R. Beauregard. *The basics of FMEA*. 2nd. New York: Productivity Press, 2008.
- [21] STAMATIS, D. H. *Failure Mode and Effect Analysis: Fmea from Theory to Execution*. ASQ Quality Press, 2003. ISBN 978-0-873-89598-9.
- [22] *Using FMEA to Manage Risk* – ISO 13485 Store [online]. Copyright © 2023 The 13485 Store [cit. 5.10.2022]. Dostupné z: <https://13485store.com/articles/using-fmea-to-manage-risk/>
- [23] *Obchodní údaje* - Frentech Aerospace. Frentech Aerospace Jarní s.r.o. – Frentech Aerospace [online]. Copyright © 2017 Frentech [cit. 3.11.2022]. Dostupné z: <https://frentech.cz/frentech-aerospace/obchodni-udaje/>
- [24] *Politika organizace* - Frentech Aerospace. Frentech Aerospace Jarní s.r.o. – Frentech Aerospace [online]. Copyright © 2017 Frentech [cit. 3.11.2022]. Dostupné z: <https://frentech.cz/frentech-aerospace/politika-organizace/>
- [25] *Obchodní zaměření* - Frentech Aerospace. Frentech Aerospace Jarní s.r.o. – Frentech Aerospace [online]. Copyright © 2017 Frentech [cit. 3.11.2022]. Dostupné z: <https://frentech.cz/frentech-aerospace/obchodni-zamereni/>
- [26] *Letecký průmysl* - Frentech Aerospace. Frentech Aerospace Jarní s.r.o. – Frentech Aerospace [online]. Copyright © 2017 Frentech [cit. 3.11.2022]. Dostupné z: <https://frentech.cz/produkty/letecky-prumysl/>

- [27] *Vesmírný průmysl* - Frentech Aerospace. Frentech Aerospace Jarní s.r.o. – Frentech Aerospace [online]. Copyright © 2017 Frentech [cit. 3.11.2022]. Dostupné z: <https://frentech.cz/produkty/vesmirny-prumysl/>
- [28] *Obranný průmysl*- Frentech Aerospace. Frentech Aerospace Jarní s.r.o. – Frentech Aerospace [online]. Copyright © 2017 Frentech [cit. 3.11.2022]. Dostupné z: <https://frentech.cz/produkty/obranny-prumysl/>
- [29] *Ostatní průmysl*- Frentech Aerospace. Frentech Aerospace Jarní s.r.o. – Frentech Aerospace [online]. Copyright © 2017 Frentech [cit. 3.11.2022]. Dostupné z: <https://frentech.cz/produkty/os-tatni-prumysl/>
- [30] *Systémy zajištění jakosti*- Frentech Aerospace. Frentech Aerospace Jarní s.r.o. – Frentech Aerospace [online]. Copyright © 2017 Frentech [cit. 3.11.2022]. Dostupné z: <https://frentech.cz/kvalita/systemy-zajisteni-jakosti/>
- [31] *Technologie* - Frentech Aerospace. Frentech Aerospace Jarní s.r.o. – Frentech Aerospace [online]. Copyright © 2017 Frentech [cit. 3.11.2022]. Dostupné z: <https://frentech.cz/technologie-2/>
- [32] *Strojní vybavení* - Frentech Aerospace. Frentech Aerospace Jarní s.r.o. – Frentech Aerospace [online]. Copyright © 2017 Frentech [cit. 3.11.2022]. Dostupné z: <https://frentech.cz/technologie-2/strojni-vybaveni/>
- [33] *Testování* - Frentech Aerospace. Frentech Aerospace Jarní s.r.o. – Frentech Aerospace [online]. Copyright © 2017 Frentech [cit. 3.11.2022]. Dostupné z: <https://frentech.cz/technologie-2/testovani/>
- [34] *Čisté prostory* - Frentech Aerospace. Frentech Aerospace Jarní s.r.o. – Frentech Aerospace [online]. Copyright © 2017 Frentech [cit. 3.11.2022]. Dostupné z: <https://frentech.cz/technologie-2/ciste-prostory/>
- [35] Interný zdroj na základe dokumentácie a konzultáciách s vedúcim výroby spoločnosti

ZOZNAM POUŽITÝCH SKRATIEK A SYMBOLOV

| | |
|--------|--------------------------------------|
| ESA | Európska vesmírna agentúra |
| ESO | Európske južné observatórium |
| fmea | analýza spôsobov a následkov porúch |
| fta | stromová analýza poruchových stavov |
| kip | klúčové ukazovatele výkonnosti |
| pdca | plánovať, robiť, kontrolovať, jednať |
| pfd | diagram priebehu procesov |
| s.r.o. | spoločnosť s ručením obmedzeným |

ZOZNAM TABULIEK

| | |
|--|----|
| Tabuľka 1 – Značky diagramu priebehu procesov..... | 27 |
| Tabuľka 2 - Obecné značky pre udalosti a popis udalostí..... | 29 |
| Tabuľka 3 - Statická hradla..... | 30 |
| Tabuľka 4 - Informácie o spoločnosti Frentech Aerospace s.r.o..... | 33 |
| Tabuľka 5 - Popis výrobných operácií a krokov..... | 43 |
| Tabuľka 6 - Popis výrobných operácií a krokov..... | 50 |
| Tabuľka 7 - Hodnotenie závažnosti poruchy..... | 65 |
| Tabuľka 8 - Hodnotenie výskytu poruchy..... | 66 |
| Tabuľka 9 - Hodnotenie detekcie poruchy..... | 66 |
| Tabuľka 10 - Klasifikácia prioritnej hodnoty rizika..... | 67 |
| Tabuľka 11 - FMEA pre proces vstupnej kontroly materiálu..... | 68 |
| Tabuľka 12 – FMEA pre proces rezania tyčí, obrábanie a sústruženie – prvá časť..... | 71 |
| Tabuľka 13 – FMEA pre proces rezania tyčí, obrábanie a sústruženie – druhá časť..... | 72 |
| Tabuľka 14 – FMEA pre proces pasivácie a finálnej kontroly..... | 74 |

ZOZNAM GRAFOV

| | |
|---|----|
| Graf 1 - FTA procesu vstupnej kontroly prijatého materiálu - Súčiastka..... | 57 |
| Graf 2 - FTA graf procesu od rezania tyče cez obrábanie a sústruženie..... | 58 |

| | |
|--|----|
| Graf 3 - FTA analýza procesu pasivácie až finálnej kontroly..... | 59 |
| Graf 4 - FTA analýza pre proces zvarovania technológiou elektrónového lúča | 61 |
| Graf 5 - FTA analýza procesu od pečenia po skladovanie..... | 62 |

ZOZNAM OBRÁZKOV

| | |
|--|----|
| Obrázok 1 - Ilustratívny rizikový graf | 13 |
| Obrázok 2 - Pole nebezpečenstva u objektu a procesu | 15 |
| Obrázok 3 - Princípy pre efektívny rizikový management | 16 |
| Obrázok 4 - Fáze procesov riadenia rizík | 18 |
| Obrázok 5 - Kroky využitia ukazovateľov výkonnosti | 22 |
| Obrázok 6 - Logo | 33 |
| Obrázok 7 - Vzorové zobrazenie súčiastky pre letecký priemysel č. 2 | 34 |
| Obrázok 8 - Vzorové zobrazenie súčiastky pre letecký priemysel č. 1 | 34 |
| Obrázok 9 - Vzorové zobrazenie zostavy pre vesmírny priemysel č. 2 | 34 |
| Obrázok 10 - Vzorové zobrazenie štruktúry pre vesmírny priemysel č. 1 | 34 |
| Obrázok 11 - Proces riadenia rizík a príležitostí | 38 |
| Obrázok 12 - Procesná mapa výroby..... | 41 |
| Obrázok 13 - Procesný diagram vstupnej kontroly prijatého materiálu | 44 |
| Obrázok 14 - Procesný diagram rezania tyč - obrábania - sústruženia (CNC STAR SV32)..... | 45 |
| Obrázok 15 - Procesný diagram medzioperačnej kontroly - skúšky tesnosti toku | 46 |
| Obrázok 16 - Procesný diagram vibračného značenia - medzioperačnej kontroly..... | 47 |
| Obrázok 17 - Procesný diagram pasivácie - finálnej kontroly | 48 |
| Obrázok 18 - Procesný diagram balenia - kontroly - vypracovania dokumentov..... | 49 |
| Obrázok 19 - Procesný diagram prípravy dielov na zvarovanie..... | 51 |
| Obrázok 20 - Procesný diagram zvarovania technológiou elektrónového lúča | 52 |
| Obrázok 21 - Procesný diagram medzioperačnej kontroly - Čistenia zvaranej zostavy | 53 |
| Obrázok 22 - Procesný diagram pečenia tesnenia vyrobeného z vitonu - montáže - finálnej kontroly - skladovania | 54 |

ZOZNAM PRÍLOH

- Príloha 1: Technický výkres súčiastky
- Príloha 2: FTA analýza medzioperačnej kontroly až po skúšku tesnosti toku – Súčiastka
- Príloha 3: FTA analýza pre proces vibračného značenia až 100% vizuálnej kontroly – Súčiastky
- Príloha 4: FTA analýza pre proces vizuálnej kontroly, balenia a vypracovania dokumentácie – Súčiastka
- Príloha 5: FTA analýza pre proces prípravy dielov na zváranie – Zostava
- Príloha 6: FTA analýza od procesu kontroly po čistenie – Zostava