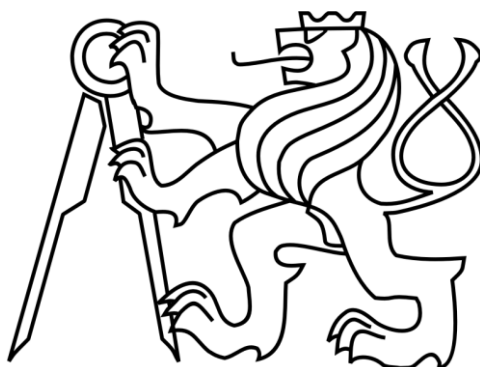


ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA STROJNÍ

ÚSTAV TECHNOLOGIE OBRÁBĚNÍ, PROJEKTOVÁNÍ A METROLOGIE



**IDENTIFIKACE A HODNOCENÍ RIZIK
PROCESU VÝROBY LISOVACÍCH NÁSTROJŮ**

Diplomová práce

Autor: Bc. Roman Vecheta

Vedoucí práce: Ing. Jiří Kyncl

Praha 2019



ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Vecheta** Jméno: **Roman** Osobní číslo: **411093**
Fakulta/ústav: **Fakulta strojní**
Zadávací katedra/ústav: **Ústav technologie obrábění, projektování a metrologie**
Studijní program: **Strojní inženýrství**
Studijní obor: **Výrobní a materiálové inženýrství**

II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce:

Identifikace a hodnocení rizik procesu výroby lisovacích nástrojů

Název diplomové práce anglicky:

Identification and Evaluation of the Risk Associated with the Press Tools Manufacturing Process

Pokyny pro vypracování:

1. Rešerše metod hodnocení rizik procesů
2. Analýza současného stavu procesu výroby
3. Identifikace rizik stávajícího procesu výroby
4. Návrh preventivních opatření
5. Technicko-ekonomické zhodnocení návrhů

Seznam doporučené literatury:

Jméno a pracoviště vedoucí(ho) diplomové práce:

Ing. Jiří Kyncl, 12134

Jméno a pracoviště druhé(ho) vedoucí(ho) nebo konzultanta(ky) diplomové práce:

Datum zadání diplomové práce: **02.04.2019**

Termín odevzdání diplomové práce: **19.07.2019**

Platnost zadání diplomové práce: _____


Ing. Jiří Kyncl
podpis vedoucí(ho) práce


Ing. Libor Beránek, Ph.D.
podpis vedoucí(ho) ústavu/katedry

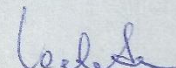

prof. Ing. Michael Valášek, DrSc.
podpis děkana(ky)

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Diplomant bere na vědomí, že je povinen vypracovat diplomovou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je třeba uvést v diplomové práci.

10.4.2019

Datum převzetí zadání



Podpis studenta

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci s názvem: „Identifikace a hodnocení rizik procesu výroby lisovacích nástrojů“ vypracoval samostatně pod vedením Ing. Jiřího Kyncla, s použitím literatury uvedené na konci diplomové práce v seznamu literatury.

V Praze dne 19.7.2019

.....

podpis

Poděkování

Rád bych poděkoval vedoucímu práce panu Ing. Jiřímu Kynclovi za konzultace a čas, který mi věnoval. V druhé řadě bych rád poděkoval firmě Škoda Auto a.s., jejím zaměstnancům a kolegům za čas, který mi poskytli při konzultacích. Dále pak za poskytnutá data a věcné rady pro vypracování diplomové práce. V poslední řadě bych rád poděkoval všem členům rodiny za morální podporu v průběhu celého mého studia.

Abstrakt

Tato diplomová práce se zabývá identifikací a hodnocením rizik v procesu výroby lisovacích nástrojů pro výrobu blatníku karoserie automobilu. V teoretické části je krátce popsána technologie tváření. Následuje rešerše metod využívaných pro identifikaci a hodnocení rizik. Praktická část se věnuje analýze stávajícího stavu procesu výroby lisovacích nástrojů. Následně jsou pomocí metody FMEA identifikována a ohodnocena rizika ve fázi koncepčního plánování. Pomocí Paretovy analýzy jsou dle priority rozřazena do dvou skupin a v poslední části navržena preventivní opatření. Prioritní rizika jsou poté vyhodnocena z ekonomického hlediska.

Klíčová slova

Lisovací nástroje; FMEA; rizika; proces; výroba

Abstract

This diploma thesis studies the identification and analyses of the risks associated with the production of pressing tools employed by the automotive industry in fender manufacturing. The theoretical part of the thesis briefly introduces the forming technology theory, followed by a review of risk identification and evaluation methodology. The practical part analyses the current conditions in the fender pressing tools manufacturing. Subsequently, the FMEA method is utilized as a framework for risk identification and assessment. The risks are then organized into two categories pursuing to the Pareto analysis. In conclusion, this thesis proposes preventive measures and prioritized risks are evaluated economically.

Key words

Press tools; FMEA; risks; process; production

1	ÚVOD	9
2	ŠKODA AUTO A.S.	11
3	TECHNOLOGIE TVÁŘENÍ.....	14
3.1	Rozdělení dle teploty tváření.....	14
3.2	Rozdělení podle tepelného efektu.....	16
3.3	Rozdělení tváření podle stupně deformace	17
3.4	Rozdělení podle působení vnějších sil.....	18
4	METODY HODNOCENÍ RIZIK	19
4.1	Terminologie managementu rizik.....	21
4.2	Posuzování rizika.....	24
4.3	Metody hodnocení rizik	29
5	ANALÝZA SOUČASNÉHO STAVU PROCESU.....	50
5.1	Úloha plánování lisoven	51
5.2	Výroba nového modelu.....	52
5.3	Termínový plán výroby lisovacích nástrojů.....	55
5.4	Koncepční plánování	56
5.5	Výběr dodavatele.....	61
5.6	Konstrukce nástrojů	62
5.7	Výroba nástrojů	67
5.8	Předání nástrojů	77
6	IDENTIFIKACE RIZIK.....	79
6.1	Cíl studie	81
6.2	Hodnotící tým.....	82
6.3	Hodnotící kritéria.....	84
6.4	Postup při identifikaci a hodnocení rizik	86
6.5	Identifikovaná rizika.....	88

7	NÁVRH PREVENTIVNÍCH OPATŘENÍ.....	98
7.1	Paretova analýza.....	98
7.2	Řešení pro prioritní rizika	100
7.3	Řešení pro rizika bez zvýšené priority.....	105
8	TECHNICKO-EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ.....	111
9	ZÁVĚR	115
10	BIBLIOGRAFIE	117
11	SEZNAM OBRÁZKŮ.....	121
12	SEZNAM TABULEK.....	124

1 ÚVOD

Cílem diplomové práce je provedení identifikace a ohodnocení rizik procesu výroby lisovacích nástrojů ve společnosti Škoda Auto a.s. Předmětem analýzy jsou lisovací nástroje určené pro výrobu blatníku, který je součástí karoserie automobilu. Od analýzy se očekává identifikace rizik z důvodu vyvarování se nákladům, které mohou důsledkem rizik vzniknout. Dále jsou pro identifikovaná rizika navržena preventivní opatření eliminující dopady rizik na proces.

Na začátek práce jsou uvedeny informace o společnosti Škoda Auto a.s., týkající se založení společnosti a její historie. Zmíněny jsou zde i aktuální rekordy v oblasti produkce. Dále jsou zde uvedeny plánované dlouhodobé strategie do budoucnosti spojené s investicemi do projektu India 2.0 a zavedením prvního elektromobilu do svého produktového portfolia.

Jelikož nástroje podléhající analýze slouží pro technologii lisování za studena, je na úvod práce uvedena kapitola se základními informacemi o tváření, do kterého daná technologie spadá. Kapitola je rozdělena do čtyřech částí, přičemž každá se zabývá rozdělením dle charakteristického znaku.

Práce pokračuje kapitolou zabývající se používanými metodami pro hodnocení rizik procesu. Obsahuje informace o základní používané terminologii v managementu rizik a dále o procesu jeho posuzování. Následně je zde podrobně popsáno šest metod pro identifikaci a hodnocení rizik, ze kterých je pro tuto diplomovou práci nejdůležitější metoda FMEA. Ta je zde z důvodu použití v praktické části popsána v porovnání s ostatními metodami podrobněji-

Další, v pořadí pátou, kapitolou začíná praktická část práce, kterou je analýza současného stavu výroby lisovacích nástrojů. Popsán je zde celkový proces od vývoje nového automobilu po začátek sériové produkce výlisku v lisovací lince. Rozvedena je zde podrobněji úloha oddělení plánování lisoven a termínové plány, kterými se řídí výroba lisovacích nástrojů pro povrchové díly automobilu. Poté jsou zde uvedené jednotlivé fáze výroby. Jedná se o koncepční a konstrukční fázi na kterou navazuje výrobní. Celá kapitola je, stejně jako proces výroby, završena předáním nástrojů do užívání lisoven.

Od analýzy současného stavu výroby se práce posouvá k identifikaci rizik objevujících se v koncepční fázi výroby lisovacích nástrojů. Identifikovaná rizika jsou zde ohodnocena pomocí předem definovaných kritérií a následně rozřazena do jednotlivých skupin dle dané funkce.

Po identifikaci a ohodnocení rizik jsou rozřazena dle významu do dvou skupin. Rozhodnutí o jejich významu je provedeno na základě provedení Paretovy analýzy. Preventivní opatření pro prioritní rizika jsou zde rozepsána detailněji. Následně jsou uvedena preventivní opatření eliminující riziko u skupiny, které nebyla přiřazena zvýšená priorita.

Poslední kapitola se zabývá technicko-ekonomickým zhodnocením navrhovaných preventivních opatření se zvýšenou prioritou. Jsou zde vyhodnoceny náklady na provedení analýzy FMEA a zavedení preventivních opatření do procesu. Dále jsou odhadnuty náklady, které by mohly nastat v případě, že by nebylo provedeno preventivní opatření.

2 ŠKODA AUTO A.S.

Kapitola stručně popisuje historii podniku Škoda Auto a.s. a aktuální stav společně s plány do budoucnosti. Ty jsou v dnešní době spojovány především s požadovanou elektromobilitou v rámci tzv. „čtvrté průmyslové revoluce“.

Podnik Škoda Auto a.s. byl založen v roce 1895 dvěma společníky. Těmi byli přátelé mechanik Václav Laurin a knihkupec Václav Klement, které spojoval vynalézavý duch a láska k jízdám kolům. Tehdejší nabídka jízdám kol je však neuspokojovala a v reakci na to se rozhodli zkonstruovat kolo vlastní. Tak tedy vznikl první produkt nově vzniklé společnosti – jízdám kolo nazvané Slavia. S rozvojem spalovacího motoru se zaměřili na výrobu motocyklů, které slavily úspěch nejen na domácím trhu, ale také v zahraničí. S tím, jak se podniku dařilo neustále rozrůstat vznikla s modelem Voiturette A nová kategorie produktů, a to automobily. Další modely pak následovaly a jako jeden průlomový je nutné označit poválečnou Škodu Popular z roku 1925, pak Škodu 100 MB a předrevoluční Škodu Favorit. [1]



Obr. 2-1 – Voiturette A [2]

Po Sametové revoluci, které proběhla v České republice v roce 1989, se ze státem vlastněného podniku stal podnik akciový a roku 1991 do něj vstoupil majoritním vlastnickým podílem německý Volkswagen.

Pod novým majitelem, který se rozhodl značku zachovat a investovat do ní finanční prostředky, vznikly dnes dá se říct legendární, modely Felicia a Octavia. Felicia byla uvedena na trh v roce 1994 a nahradila úspěšný model Favorit. Octavia přichází na trh o dva roky později, tedy v 1996 a prodává se v mírně změněné (faceliftované) podobně až do roku 2010. Mnoho těchto modelů můžeme i přes dnes už značné stáří stále potkávat na silnicích.

V současnosti má Škoda Auto a.s. rekordní rok 2018 v počtu vyrobených aut v České republice, který činí 886 100 vozidel, čímž mimo jiné zaznamenala meziroční zvýšení o 3,3 %. Na hrubém domácím produktu se tak automobilka podílí přibližně 9 % a patří jí tak velký vliv na státní ekonomiku. Celosvětově pak vyrobila 1 285 269 vozů, čímž popáté dokázala překonat hranici milionu vozů a meziročně zaznamenala nárůst o 4,4 %. Rozložení vyrobených vozů do jednotlivých řad je uvedeno v Tab. 2-1. [3]

Tab. 2-1 – Celosvětově vyrobené vozy [4]

Model	Rok 2018 [ks]
Citigo	37 101
Fabia	186 213
Kamiq	39 553
Karoq	133 463
Kodiaq	153 442
Kodiaq GT	2 122
Octavia	400 210
Rapid	195 270
Superb	136 985
Yeti	910

Dlouhodobá strategie plánovaná do roku 2025 se pak zaměřuje na aktuálně všude přítomnou elektromobilitu. Jedná se o největší investice v rámci historie značky. Hodnota investice do elektromobility činí 2 miliardy eur. V návaznosti na to byla v druhém čtvrtletí roku uvedena vlajková loď značky Superb v provedení Plug-in hybrid a model Citigo s pouze elektrickým pohonem. Dalším strategickým úkolem přiděleným na odpovědnost podniku je projekt INDIA 2.0 kde podnik přebírá zodpovědnost za uvedení cenově dostupného modelu na indický automobilový trh. [3]



Obr. 2-2 – Konceptní vůz Škoda Vision iV [5]

Pokud se však podíváme do budoucnosti z hlediska lisovacích nástrojů pro pohledové díly, očekávat se dají stále vyšší požadavky na design a s tím posouvání limitů technologie lisování. Další výzvou, která se dá v budoucnu očekávat je změna materiálu na hliníkové slitiny z důvodu snižování hmotnosti vozu a tím spojené ekologie.

3 TECHNOLOGIE TVÁŘENÍ

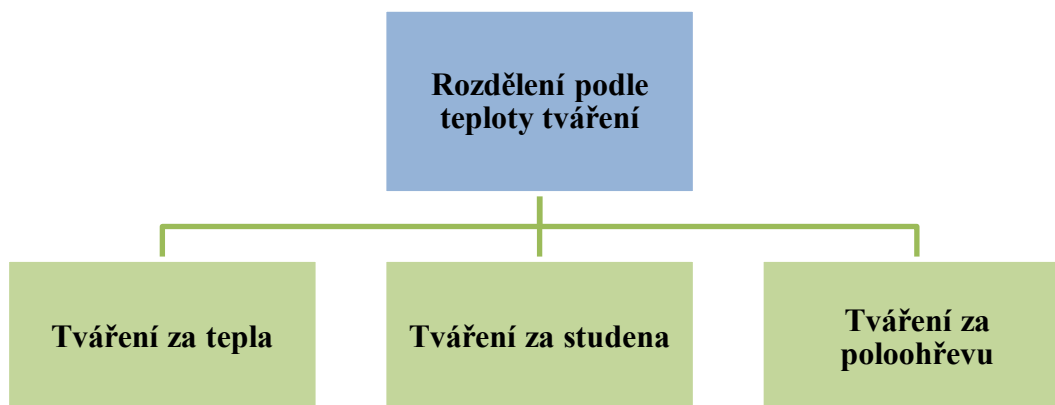
Předtím, než se práce dostane ke kapitole identifikace rizik v procesu výroby lisovacích nástrojů, jsou zde uvedeny základy technologie lisování, pro kterou jsou nástroje určeny. Úvodem, je nutné říct že se jedná o technologii tváření, kterou můžeme rozdělit do čtyřech podkategorií dle následujících kritérií:

- dle teploty tváření,
- dle tepelného efektu,
- dle stupně deformace,
- dle působení vnějších sil. [6]

Jednotlivé kategorie jsou blíže rozepsány v následujících kapitolách a rozděleny dle výše uvedených podkategorií.

3.1 Rozdělení dle teploty tváření

První podkategorií je rozdělení podle teploty tváření (Obr. 3-1). Lisovací nástroje určené pro lisování komponent, která tato diplomová práce popisuje, spadají dle tohoto kritéria do podkategorie tváření za studena.



Obr. 3-1 – Rozdělení tváření podle teploty [6]

Tváření za tepla

Tento druh tváření probíhá za vysoké teploty, konkrétně pak nad teplotou rekrystalizační. Tato teplota je nad $0,7 T_T$ tvářeného materiálu. Při tváření za tepla nedochází ke zpevnění materiálu a k přetvoření je zapotřebí až desetkrát menších sil než v případě tváření za studena. Povrch výkovku tvářeného za tepla je nekvalitní vlivem okují, a navíc dochází k hrubnutí zrna. Hrubé zrno je problémem především u dalšího technologického zpracování.

Jako pozitivum je však možné uvést odstranění vad v podobě trhlin, bublin atd. Jako další výhodnou vlastnost lze uvést vznik vláknité struktury ve finálním výrobku, která ovlivňuje mechanické vlastnosti a anizotropii. Tato struktura vzniká z hrubé dendritické struktury ingotu a kopíruje pak tvar výrobku.

Vláknitou strukturu nelze odstranit tepelným zpracováním ani dalším tvářením součástí. Dalším negativem je skutečnost, že proces tváření materiálu za tepla je zdoluhavý a finančně v porovnání s ostatními nákladný. [6]

Tváření za poloohřevu

Z hlediska teplot probíhá tváření za poloohřevu při takových teplotách, kdy nedochází ke vzniku oxidů na povrchu materiálu. Lze jej označit za kompromis mezi tvářením za studena a za tepla. Využívá se především pro zlepšení přetvárných vlastností a snížení přetvárných odporů materiálu.

Dále dochází ke zlepšení jeho mechanických, fyzikálních vlastností. V neposlední řadě dochází také oproti tváření za tepla ke zlepšení jakosti povrchu a zvýšení rozměrové přesnosti. [6]

Tváření za studena

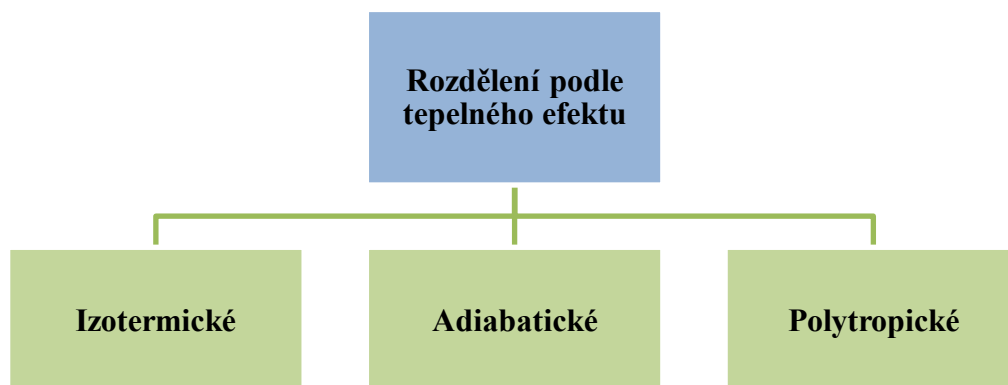
Tváření za studena probíhá při teplotách menších než $0,3T_T$ tvářeného materiálu. Během tváření materiálu dochází k jeho zpevnování, které se zachovává a zároveň k nárůstu odporu proti dalšímu tažení (tváření) materiálu. Odpor proti dalšímu tváření roste do doby vyčerpání plasticity materiálu. V průběhu tváření se deformují zrna ve tvaru ve směru tváření, vytváří se textura a dochází k anizotropii mechanických vlastností.

Zpevněním probíhajícím v procesu tváření za studena dochází ke zvýšení meze pevnosti a meze kluzu za současného klesání tažnosti. Deformační schopnosti kovu je možné obnovit zahřátím kovu, čímž opět materiál získá tvárné vlastnosti. Z výhod této technologie lze uvést vysokou přesnost rozměrů, kvalitní povrch bez okují a zlepšení mechanických vlastností. [6]

Převážná většina dílů použitých pro stavbu těla auta je tvářena za studena, ale objevují se zde také díly z materiálu s vysokou pevností, které je nutné tvářit za tepla. Těmito díly jsou především ty, které zajišťují bezpečnost posádky automobilu a pevnost karoserie. Zbývající strukturní díly jsou v podniku nejčastěji nakupovány od dostupných a prověřených dodavatelů.

3.2 Rozdělení podle tepelného efektu

V pořadí druhou základní podkategorií je rozdělení kování podle tepelného efektu. Ten popisuje, jak reaguje materiál v průběhu procesu s okolím a kam dojde k odvedení vzniklého tepla.



Obr. 3-2 – Rozdělení tváření podle tepelného efektu [6]

Izotermické tváření

V průběhu izotermického tváření dochází k odvedení veškerého vyvinutého tepla do okolního prostředí při zachování teploty tvářeného kovu. Deformace je pomalá.

Adiabatické tváření

Během tváření zůstává veškeré teplo v materiálu a dojde k současnému zvýšení teploty kovu. Z hlediska rychlosti deformace se jedná o extrémně vysokou hodnotu.

Polytropické tváření

Jedná se o nejrozšířenější druh tváření, při kterém je část tepla odvedena do okolí a zbývající část zůstává v tvářeném materiálu. [6]

Tváření plechů pro díly karoserie automobilu můžeme zařadit do kategorie polytropického tváření, jelikož část vzniklého tepla se předá do nástroje a zbylé teplo přechází do tvářeného materiálu. Předpokladem je však nepřesáhnutí teploty $0,3T_T$.

3.3 Rozdělení tváření podle stupně deformace

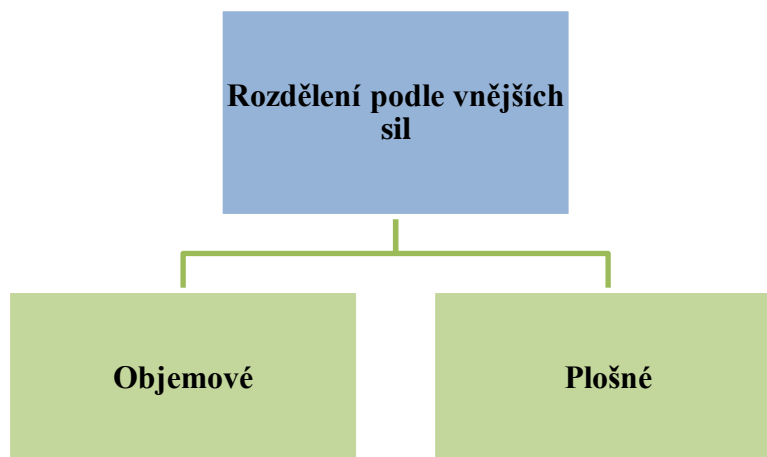
Pro rozdělení tváření podle stupně deformace je klíčovým kritériem, jak už názvu vyplývá, stupeň deformace materiálu. Ten je definován při dané teplotě a rychlosti deformace, při které nedojde ke vzniku trhlin na povrchu materiálu. Vynaložená energie se částečně mění na teplo a jeho množství je závislé na rychlosti deformace a odporu materiálu proti deformaci. Následně dělíme do tří skupin:

- tlak mezi nástrojem a materiálem je malý (volné kování),
- tlak mezi nástrojem a materiálem je vysoký (zápustkové kování),
- tlak mezi nástrojem a materiálem je velmi vysoký (protlačování). [6]

V další kapitole se od rozdělení dle stupně deformace práce dostává k rozdělení podle působení vnějších sil na tvářený polotovár.

3.4 Rozdělení podle působení vnějších sil

Poslední čtvrtou kategorií je rozdělení dle působení vnějších sil na tvářený materiál, kde pro toto dělení je rozhodující velikost a směr síly. Tato práce se zabývá nástroji pro plošné tváření, kde jsou majoritní dvě síly.



Obr. 3-3 – Rozdělení podle působení vnějších sil [6]

Objemové tváření

K deformaci dochází ve všech třech směrech souřadného systému. Můžeme zařadit válcování, kování, protlačování a tažení drátů.

Plošné tváření

Během plošného tváření dochází k deformaci ve dvou směrech, přičemž deformace tloušťky materiálu jsou brány jako zanedbatelné. Vstupním polotovarem pro plošné tváření je nejčastěji plech. Do této skupiny lze zařadit operace tažení, ohýbání a stříhání. [6]

V kapitole je tedy pospáno rozdělení tváření z hlediska teploty tváření, vnějších sil, tepelného efektu a stupně deformace. Tyto základy jsou zde pro uvedení do základní problematiky lisování, pro niž jsou analyzované nástroje určeny.

4 METODY HODNOCENÍ RIZIK

Aby bylo možné důkladně popsat jednotlivé metody hodnocení rizik, je nejprve nutné seznámit se s definicí rizika, kterou se zabývá úvodní částí této kapitoly. Ruku v ruce s tímto termínem je spojena další terminologie používaná v managementu rizik, jejíž rozbor plynule navazuje. Na níže uvedeném Obr. 4-1 jsou uvedeny základní skupiny rizik, přičemž zde uvedené metody jsou především pro rizika technická a výrobní.



Obr. 4-1 – Všeobecné druhy rizik [7]

Jako první se tedy nabízí otázka, co to vlastně je riziko? Odpověď by se mnohým mohla zdát jednoduchá, při hlubším zamyšlení nad tímto termínem však dojdeme k zjištění, že nic není tak jednoduché, jak se na první pohled může zdát.

Úvodem je zde zmíněn základní historický vývoj tohoto termínu a jeho aktuální definice. Jedná se o historický pojem pocházející z období 17. století. První použití se pojí v souvislosti s lodní plavbou a termín vychází z italského slova *risico*. Tento pojem byl v Itálii používán pro úskalí, kterým museli tehdejší plavci čelit a vyhnout se jim. Později byl tento termín využíván pro označení situace, kdy byl člověk vystaven nepříznivým okolnostem. Starší zdroje uvádí jako vysvětlivku tohoto hesla, že se jedná o nebezpečí, případně odvahu něco „riskovat“.

Pokud se na časové ose posuneme dále, setkáváme se s významem ztráty. Podle současných výkladů můžeme tomuto termínu rozumět jako nebezpečí vzniku škody, poškození, ztráty či úplnému zničení, případně je takto vysvětlen potenciální nezdár při podnikání. [8]

Pro příklad lze uvést následující možnosti, jak riziko definovat:

- *pravděpodobnost či možnost vzniku ztráty, obecně nezdaru,*
- *variabilita možných výsledků nebo jejich dosažení,*
- *odchýlení skutečných a očekávaných výsledků,*
- *nebezpečí chybného rozhodnutí,*
- *pravděpodobnost jakéhokoli výsledku, odlišného od výsledku očekávaného.* [8]

V posledních dvaceti letech se však definice rizika posunula. Do roku 2009 byla normou PD ISO Guide 73:2002 uvedena jako „*Kombinace pravděpodobnosti nějaké události a jejích následků*“. K uvedené definici byly připojeny dvě poznámky:

„Poznámka 1: termín riziko je obecně používán, jen když je tu alespoň možnost negativních následků;“

„Poznámka 2: v některých situacích riziko vzniká z možnosti odchylky od očekávaného výsledku události.“ [8]

Rizikem, ať už interním nebo externím, jsou obklopeny všechny organizace bez rozdílu velikosti či typu a vytvářejí nejistotu týkající se dosahování předem stanovených cílů.

Je však nutné zmínit, že rizikem nejsou obklopeny jen organizace. Pokud se koukneme na rizika z vlastního pohledu, dojdeme k závěru, že sami jsme každodenně vystavováni určitému riziku. Však si každý uvědomme, že už jen během každodenní cesty do práce jsme vystaveni stovkám rizik, ať už se dopravujeme veřejnou dopravou či vlastním automobilem. A rizika se samozřejmě v každodenním životě nevyskytují jen v dopravě do zaměstnání.

Pro jednoznačnou odpověď na otázku definice rizika, které je uvedené v kapitole 4.1 na straně 21, jsem využil českou technickou normu, která se zabývá managementem rizik. Jedná se o normu ČSN ISO 31 000, která je českou verzí mezinárodní normy ISO 31 000:2018 a nahrazuje od 1.1.2019 normu ČSN ISO 31 000 (01 0351) z října 2010. Následuje porovnání obou zmíněných norem, kde hlavní změny aktualizace této normy jsou:

- *„revize zásad managementu rizik, které jsou klíčovými kritérii pro jeho úspěch,*
- *zviditelnění významu vedení ze strany vrcholového vedení a integrování managementu rizik, počínaje správou organizace,*
- *větší důraz na soustavně se opakující povahu managementu rizik, která upozorňuje na to, že nové zkušenosti, znalosti a analýzy mohou vést ke změně prvků procesů, činností i opatření (pro řízení) v každém stádiu procesu,*
- *zefektivnění obsahu s větším zaměřením na udržování modelu otevřených systémů tak, aby vyhovoval různým potřebám a kontextům.“ [9]*

S touto normou úzce souvisí ČSN EN 31 010 (01 0352) Management rizik – Techniky posuzování rizik, kde jsou rozepsány jednotlivé výše uvedené (Obr. 4-4) metody používané pro analýzu rizik v každodenní praxi.

4.1 Terminologie managementu rizik

V této kapitole jsou vybrány nejdůležitější termíny zabývající se terminologií managementu rizik. Tyto termíny jsou důležité pro následnou komunikaci v expertním týmu během aplikace jednotlivých metod, ale také pro porozumění jejich významu. Pracuje se s nimi také v dalších kapitolách, proto považuji za nutné je zde zmínit.

Riziko

Výše uvedená norma ČSN ISO 31 000 definuje riziko jako: *„účinek nejistoty na cíle“* a k této definici uvádí tři poznámky, které ujasňují její význam.

Poznámka 1 říká: *„Účinek je odchylka od očekávaného. Může být pozitivní, negativní nebo obojí a může řešit, vytvářet nebo vyústit v příležitosti a hrozby.“*

Poznámka 2 se zabývá užším rozbohem slova cíle a říká: *„Cíle mohou mít různá hlediska a kategorie a mohou být uplatňovány na různých úrovních.“ [9]*

Poznámka 3: „*Riziko bývá obvykle vyjadřováno jako zdroje rizika, potenciální událost jejich následky a jejich pravděpodobnost výskytu.*“ [9]

Riziko vs. problém

Z projektového hlediska je nutné zdůraznit rozdíl mezi těmito dvěma termíny, které jsou snadno zaměnitelné. Mnoho lidí se potýká s problémy mezi sebou je odlišit a přesně je definovat. Jejich přesná definice popisující význam:

- riziko – je to událost, která pokud nastane, ohrozí úspěšnou realizaci projektu,
- problém – je situace, která nastala a pokud nedojde k jejímu řešení, může mít stejný dopad jako riziko. [10]

Považuji za důležité, tyto dva termíny zdůraznit a uvést na pravou míru. Důležitý je především rozdíl v tom, že problém je skutek který již nastal jak vyplývá z definice a riziko je událost, ze které nám vzniká problém.

Management rizik

Management rizik se myslí: „*Koordinované činnosti pro vedení a řízení organizace s ohledem na rizika.*“ [9]

Zainteresaná strana

Zainteresanou stranou z pohledu managementu rizik je „*Osoba nebo organizace, která může mít vliv na rozhodnutí nebo činnost, může být jimi ovlivňována nebo se může domnívat, že je rozhodnutím nebo činností ovlivňována.*“ [9]

Zdroj rizika

Je jím „*Prvek, který sám nebo v kombinaci s jinými prvky má potenciální schopnost způsobit riziko.*“ [9]

Událost

Událostí je chápáno „*Výskyt nebo změna určité množiny do okolností.*“

K této definici se opět pojí poznámky, které říkají:

- k výskytu události může dojít jedenkrát nebo může docházet k jejímu opakování,
- může jí být něco očekávaného co nenastane nebo neočekávaného co nastane,
- může být zdrojem rizika. [9]

Následek

Za následek norma označuje „*Výsledek události působící na cíle.*“

V uvedených poznámkách norma říká, že může být

- jistý x nejistý,
- pozitivní x negativní,
- přímé x nepřímé účinky na cíle,
- kvalitativní x kvantitativní. [9]

Pravděpodobnost výskytu

Tento termín je definován jednoduchým způsobem jako „*Možnost, že něco nastane.*“ V managementu rizik se používá v nezávislosti na tom, zda je možnost exaktně měřena nebo stanovena pouze na základě subjektivního pocitu (kvalitativně vs. kvantitativně). Nejčastěji bývá popsána matematicky pomocí pravděpodobnosti nebo četnosti za určité časové období. [9]

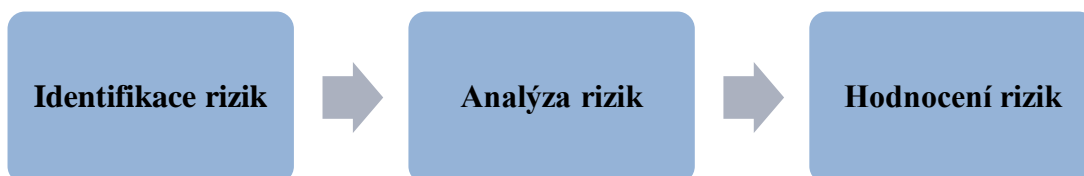
Opatření

Opatření je „*Prostředek řízení, který udržuje úroveň a/nebo modifikuje riziko.*“ Mezi opatření řadíme proces, politiku, zařízení nebo činnosti, které udržují úroveň a/nebo přímo modifikují riziko jako takové. Není nutnou podmínkou, že navržená (aplikovaná) opatření budou mít reálný účinek na riziko.

Výše uvedená terminologie tedy obsahuje všechny termíny spojené s managementem rizik. [9]

4.2 Posuzování rizika

Tato kapitola se věnuje jednotlivým částem procesu posuzování rizik. Jedná se o proces, který je složen ze tří fází, které na sebe přímo navazují a jsou pro přehlednost zpracovány v Obr. 4-2. Cílem procesu posuzování rizika je mít jasně ohodnocená rizika za účelem jejich ošetření a tím snížení jejich dopadu.



Obr. 4-2 – Proces posuzování rizika

4.2.1 Identifikace rizik

První fází celého procesu posuzování rizik je identifikace. Účelem této fáze je nalezení, rozpoznání a detailní popsání tak, aby byla organizace schopna včasné reagovat a došlo k dosažení jejich plánovaných cílů. Z této skutečnosti plyne, že pro identifikaci rizik je důležitá aktuální, platná a odpovídající informace. [9]

Jak je již uvedeno výše, cílem fáze je nalézt rizika. Konkrétně se zde klade důraz na jejich kvantitu, která má být co nejvyšší. Zaměření se na velkou kvantitu má důvod v tom, aby nedošlo k přehlédnutí (zanedbání) některého z rizik. Z projektového hlediska je nutné se soustředit nejen na to, co se může pokazit, ale také na to, kde jsou příležitosti pro zlepšení. [11]

Do fáze identifikace rizika je vhodné zapojit co nejvíce zúčastněných stran projektu, pro příklad lze jmenovat následující:

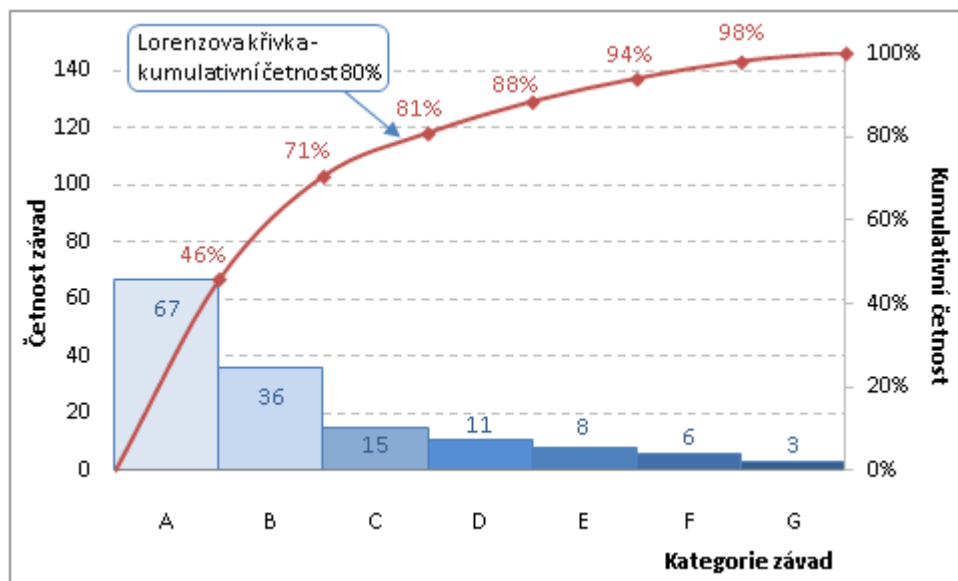
- zákazníka u externího projektu a interního příjemce výsledků,
- uživatele výsledku projektu,
- klíčového dodavatele,
- externí a interní experty. [11]

V průběhu této fáze je nutné vyvíjet vlastní aktivitu a podněcovat zúčastněné strany. Velice nevhodné je řešení pomocí vyplnění formuláře zasláného prostřednictvím elektronické pošty. V takovém případě může dojít k zanedbání a podcenění důležitosti osobou, které byl ten takový formulář zaslán. Následně se lze snadno dostat do situace, že nedostaneme adekvátní odpověď (v extrémním případě i nepravdivá) a hloubka informace nemusí být dostatečná.

4.2.2 Analýza rizik

Analýzu rizik provádíme za účelem pochopení povahy a charakteristiky, případně úrovně rizika. Zahrnujeme do ní posouzení nejistot, zdrojů rizik, následků a v neposlední řadě taky pravděpodobnost výskytu. Událost plynoucí z rizika může mít vliv na několik cílů, příčin a následků zároveň. Analýzu je možné provádět v různé hloubce (podrobnosti) a složitosti. Tyto faktory jsou však závislé na analyzovaném problému, dostupnosti a spolehlivosti informací. Dalším ovlivňujícím faktorem je dostupnost a spolehlivost zdrojů. Při analýze rizik je možné se setkat jak s kvalitativním, tak i kvantitativním přístupem, případně jejich kombinací. [9]

Fáze analýzy rizik následuje po jejich předchozí identifikaci a stanovuje v jakém rozsahu mohou identifikovaná rizika ovlivňovat výsledek celého projektu. V praxi se pro analýzu rizik osvědčilo pravidlo 20:80 které nám říká, že 20 % rizik má vliv na 80 % dopadů. Jedná se o použití Paretovy analýzy. [11]



Obr. 4-3 – Příklad Paretovy analýzy [12]

Postup v této fázi projektu je závislý na jeho typu a charakteru, dále pak na míře důležitosti pro podnik a jeho rizikovosti (investice do nového závodu versus pořízení nového obráběcího stroje). Jedním z dalších faktorů, který je nutné při analýze vzít v potaz je počet identifikovaných rizik v předchozí části. Dále je při analýze rizik nutné zvážit následující faktory:

- pravděpodobnost výskytu událostí a následků,
- povahu a závažnost následků,
- složitost a propojenost,
- časové faktory a míru kolísání aktiv,
- efektivitu a existující opatření,
- úroveň citlivosti a spolehlivosti. [9]

V praxi se uplatňují následující závislosti mezi riziky a analyzovaným projektem:

- s vyšší rizikovostí projektu roste počet rizik,
- s rostoucí důležitostí projektu pro podnik roste počet rizik,
- podle typu projektu (nový produkt či technologie, ofenziva na nový trh, nový závod, spojení s partnerským podnikem, akvizice). [11]

Dle rozsahu projektu je možné nalézt různé množství rizik. U projektů rizikových se jedná o desítky rizik a běžné množství je 50–100. Při projektech (procesech) pro podnik se jedná o počet 10-20, což umožňuje celý proces zjednodušit.

Postup fáze analýzy rizik může probíhat na základě kvalitativní nebo kvantitativní analýzy.

Kvalitativní analýza

1. Ověření ošetření rizik
2. Ověření kvality podkladů
3. Hodnocení pomocí stupnic, numericky či jejich kombinace
4. Určení prioritních rizik
5. Struktura a vazby
6. Definice zodpovědnosti

Používá se u projektů, které čelí menšímu počtu rizik (20-50) a předpokládá se u nich hodnocení vlivu na náklady a harmonogram. Body 1 až 3 věnují stávajícímu ošetření rizik a je posuzována kvalita podkladů s ohledem na vybranou variantu hodnocení. Dále se rizika ohodnocují hrubou kvantifikací. Body 4-6 se věnují určení priority, analyzuje se jejich struktura, vazby mezi nimi a závěrem se definuje odpovědnost pro podrobnější kvantitativní analýzu. [11]

Kvantitativní analýza

Postup při kvantitativní analýze se dá popsat do následujících třech bodů:

1. kvantifikace rizik,
2. stanovení priorit dle kvantifikace,
3. kvantifikace komplexního rizika pro celý projekt.

Při kvantitativní analýze dochází ve výše uvedených bodech k doplnění potřebných podkladů a pro prioritní rizika se provede detailní kvantitativní analýza. Pro méně prioritní rizika je hrubá kvantitativní analýza k dispozici z předchozí fáze analýzy. Závěrem kvantitativní části se přehodnotí priority rizik dle jejich dopadů do cílů a kvantifikuje se celkové riziko projektu.

Ke zvolení vhodné varianty k analýze rizik je nutné říct, že závisí na požadavku kvantifikovat nákladová rizika v harmonogramu projektu. Důležité je také vzít v potaz celkovou sumu rizik vyskytujících se v projektu.

Doporučení pro velké množství rizik je prvotní použití stupnic a numerického vyhodnocení z důvodu rychlého ohodnocení prvotně velkého počtu rizik. Pro projekty s nižším počtem rizik tzn. pod padesát se doporučuje použití hrubého odhadu. Varianta hrubé kvantifikace se používá především u podniků, které pracují s hodnocením rizik, připravují stejné projekty a je tedy možné provést kvantifikaci na základě zkušeností. [11]

V průběhu této fáze posuzování rizik může snadno dojít k ovlivnění jakoukoli odlišností názorů, podjatostí, vnímáním (subjektivní pocit) rizika a úsudkem. Dalšími faktory je zmíněná kvalita zdrojů, technická omezení a způsob provedení analýzy. S těmito vlivy je nutné počítat a brát je při rozhodování v potaz. Je také nutné zmínit, že nejisté události jsou špatně kvantifikovatelné.

Cílem analýzy rizik je poskytnout vstup pro jejich hodnocení ve kterém se určuje, kterému riziku je nutné se věnovat (ošetřovat) a navrhopat pro něj opatření. Výsledky této fáze tedy poskytují přehled o průběhu výběru, alternativách a úrovních rizika. [9]

4.2.3 Hodnocení rizika

Důvodem proč se zabývat hodnocením rizika je podpořit rozhodnutí o něm. Fáze hodnocení rizika zahrnuje porovnání výsledků z analýzy rizika se stanovenými kritérii pro hodnocení. Tyto kritéria je nutné stanovit na základě zkušeností s předchozími projekty, pokud s nimi však nejsou zkušenosti z minulých projektů je nutné je stanovit na základě zkušeností hodnotitele. Hodnocením dojdeme k závěru, že je buď nutné stanovit opatření nebo opatření není nutné provádět. Další možností je provést analýzu rizika, udržovat existující opatření nebo přehodnotit cíle.

Tato fáze probíhá bez výrazných odlišností u všech druhů projektu. Jednotlivá rizika jsou zde rozdělena dle přiřazeného ohodnocení do skupin. První skupinou jsou „TOP“ rizika projektu, která jsou řešena s nejvyšší prioritou. Skupina s nejvyšší prioritou nejvíce ovlivňuje cíle projektu, je nutné je řešit přednostně a navrhopat pro jejich eliminaci nebo odstranění preventivní opatření. V pořadí druhou skupinou jsou velmi malá rizika, která mají velmi nízký vliv na cíle projektu. Vůči těmto rizikům není nutné navrhopat preventivní opatření. Veškeré úkony vůči těmto rizikům jsou pouze jejich monitoring a v případě změny (zvýšení) rizika pružně reagovat. Poslední třetí skupinou jsou rizika nespádající ani do jedné z výše uvedených skupin a jedná se o skupinu se středním vlivem na cíle projektu. U této skupiny je nutné provést dle časových možností provést detailnější analýzu a přehodnocení pro určení skupiny. V případě nezařazení do skupiny i po další smyčce hodnocení je vhodné se navrhopat opatření, aby došlo k eliminaci zjištěného rizika.

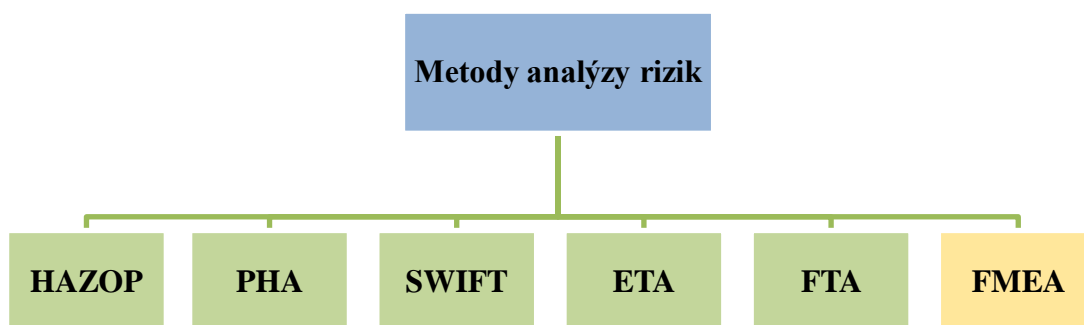
Rozhodnutí o hodnocení mají brát v potaz širší kontext problému a skutečné následky pro všechny zúčastněné (ovlivněné) strany. Výsledky hodnocení rizik jsou následně předávány na patřičná místa v organizaci a jsou podkladem pro rozhodování managementu. [9]

V kapitole jsme tedy získali potřebné informace o procesu posuzování rizika. Každá z jednotlivých fází má stejnou váhu a rozhodně (pokud chceme získat co nejpřesnější analýzu) není možné jakoukoli z nich zcela vypustit nebo zanedbat.

V následujících podkapitolách jsou popsány jednotlivé metody hodnocení rizik. U každé metody je uvedeno její použití společně se zkráceným postupem, pozitivní a negativní vlastnosti. Závěrem jsou popsány výstupy jednotlivých metod, které pak slouží pro návrh opatření.

4.3 Metody hodnocení rizik

Další část této kapitoly se věnuje rozboru jednotlivých metod. Z metod pro identifikaci rizik jsou vybrány ty, které jsou doporučeny pro použití při identifikaci a hodnocení rizik procesu. Pro přehlednost jsou jednotlivé, zde uvedené, metody zobrazené na Obr. 4-4 kde je zvýrazněná metoda FMEA, která je aplikována v praktické části diplomové práce.



Obr. 4-4 – Přehled uvedených metod

4.3.1 Metoda HAZOP

První uvedenou metodou je HAZOP. Tato zkratka vyplývá z kombinace anglických slov Hazard (nebezpečí) a Operability (provozní schopnost). Metoda byla původně určena pro analýzu systémů chemických procesů, nicméně se pro své vlastnosti rozšířila do dalších odvětví průmyslu.

Jedná se o metodu spadající do kvalitativní kategorie a jejím základem je použití vodících slov. Ty se využívají z důvodu, aby došlo k zjištění, jak zamezit odchylce od požadovaného záměru. Zpravidla analýzu zajišťuje tým složený z odborníků zastupujících všechny zúčastněné (zainteresované) strany, které jsou závislé na analyzovaném procesu.

Metoda HAZOP je koncepčně velice blízká metodě FMEA, která je detailně popsána v kapitole 4.3.6. Podobnost obou zmíněných metod je v identifikaci poruch procesu systému společně s příčinami a následky. Odlišnosti se nachází v tom, že zpracovávající tým zohledňuje nechtěné výsledky a odchylky od požadovaných cílů. Poté se propracovává zpět k příčinám a způsobům poruchy. Oproti tomu při zpracování metodou FMEA se začíná od identifikace způsobu poruch.

HAZOP je vhodná pro už existující nebo plánovaný produkt, proces, postup nebo systém a lze její pomocí identifikovat riziko pro člověka, zařízení, prostředí či organizační cíle. Provádí se ve fázi, kdy dochází k přezkoumání podrobného návrhu a je k dispozici schéma plánovaného procesu. V průběhu analýzy však musí být ještě zajištěna možnost zapracování změn.

Vstupem pro analýzu jsou aktuální informace o zkoumaném systému, procesu nebo postupu. Pro příklad lze uvést výkresy, schémata, diagramy, půdorysná uspořádání (layouty) a další dokumenty související s předmětem analýzy.

V případě, že se o analýzu nesouvisející s hmatatelným prvkem je možné zařadit jakýkoli dokument popisující funkce a prvky systému. Zde lze jako zástupce uvést organizační schémata, popisy rolí či návrhy smlouvy.

Při technice HAZOP se zkoumá každá část navrhovaného procesu zvlášť s cílem zjištění velikosti odchylky od požadovaného cíle, potenciální příčiny a vzniklých následků. Během procesu analýzy technikou HAZOP jsou systematicky zkoumány fáze kladením vhodných vodících slov. Těmito vodícími slovy jsou pro technické systémy: [13]

- „žádný nebo ne,
- *více (vyšší),*
- *méně (nižší),*
- *jakož i,*
- *část z.* “ [13]

V uvedených odrážkách jsou ta, která jsou v praxi hodnocení metodou HAZOP nejčastěji používána.

Výstupem z analýzy rizik touto metodou jsou zápisy nejčastěji v elektronické podobě, které obsahují podrobnosti pro jednotlivé přezkoumávané body. Dále by tyto zápisy měly obsahovat použitá vodící slova, zjištěné odchylky a jejich příčiny. Poslední věc, kterou obsahují jsou definované odpovědnosti za opatření eliminující vznik odchylky od požadovaného cíle.

Jako výhody této metody lze uvést, že v jejím průběhu vznikají řešení a zásahy pro ošetření rizika, široká možnost aplikace (proces, systém, postup) a přináší multioborový pohled na zkoumaný prvek. Na druhou stranu je nutné uvést i její nedostatky, do kterých můžeme zařadit časovou náročnost, vysoké náklady na provedení, nutnost podrobné dokumentace a jako poslední možnost odklonění od podstaty řešení s následným se zaměřením se na detailní rozbor problému. [13]

4.3.2 Předběžná analýza nebezpečí – PHA

V pořadí druhou zmíněnou metodou je Předběžná analýza nebezpečí, která vychází z anglického překladu Preliminary Hazard Analysis a jedná se o jednoduchou induktivní analýzu s cílem identifikovat rizika činnosti nebo systému.

Používá se především v rané fázi projektu, kdy nejsou známy podrobnosti o rizicích a předběžná analýza nám slouží jako výchozí pro identifikaci detailnějších informací o rizicích. Dalším případem použití může být pro určení priority rizik pro hlubší analýzu.

Vstupem pro průběh analýzy jsou informace o zkoumaném systému v dostatečné podrobnosti. U těchto informací je také důležité zajistit jejich dostupnost a zvážit jejich důležitost pro zkoumaný systém. Metoda PHA bere také v potaz seznam nebezpečí a nebezpečných situací. Dále zohledňuje použité materiály, prostředí, v jakém systém funguje, uspořádání, vazby k ostatním částem a prvkům systému.

V průběhu procesu je možnost provést kvalitativní analýzu následků včetně pravděpodobnosti, že nastanou. Kvalitativní analýza si dává za cíl identifikovat rizika pro další podrobnější zpracování. Norma ČSN ISO 31 010 doporučuje průběžnou aktualizaci během etap návrhu, konstrukce a zkoušení s cílem odhalit nová potenciální nebezpečí. [13]

Výsledky analýzy jsou nejčastěji vyobrazeny v tabulce a mohou obsahovat popis příčin, konsekvence systému, jejich hodnocení, stávající opatření v závěru pak doporučené akce s definovanými odpovědnostmi.

Pokud chceme uvést pozitivní vlastnosti této metody, pak je nutné zmínit její použití tam, kde je omezený přístup (zdroj) k informacím. S tím úzce souvisí aplikace ve vývojové části projektu, případně počáteční fázi životního cyklu výrobku, kde není k dispozici příliš informací o procesu. Z negativ lze jmenovat zvážení pouze zmíněných počátečních nepodrobných informací o rizicích ze kterých je obtížné definovat nápravná opatření. Pro získání detailních informací o rizicích je vhodné počkat do další fáze projektu, což mnohokrát může znamenat zvýšené náklady, jelikož nebyla rizika dostatečně ošetřena rizika hned v počátku. [13]

4.3.3 Metoda SWIFT

V této kapitole se dostáváme k rozboru v pořadí třetí metody, kterou je metoda SWIFT. Tato metoda vychází z anglického spojení *Structured What If Technique* volně přeloženo „Co se stane když.“ Technika vznikla v reakci na metodu HAZOP, a to především z důvodu jejího zjednodušení. Jedná se o metodu pracující na stejném konceptu vyzývacích slov či frází., kde se nejčastěji používá výše zmíněné spojení „co se stane když“. Doporučuje se ji použít jako vhodný doplněk pro brainstorming.

Pro metodu SWIFT se jako vstup používá předem jasně definovaný (vymezený) systém zodpovědnou osobou. Předem je důležité si ujasnit, které dokumenty mají zúčastněné strany k dispozici a ně koncipovat otázky. Tato skutečnost pomůže celkové připravenosti zúčastněných stran a zvýší kvalitu diskuze. Nutné je zde také zmínit, že volba účastníků musí být adekvátní projednávanému bodu. Zdrojem informací jsou plány, výkresy, případně do jednotlivých bodů rozdělený systém. [14]

Proces identifikace rizik metodou SWIFT začíná zpravidla přípravou nápovědních seznamů slov a frází, které budou pokládány během rozhovorů se zpovídanými osobami. Následně přednesou zúčastněné osoby svoji přípravu, která obsahuje jimi známá rizika a nebezpečí vyplývající ze zkušeností. Zdůrazní také požadavky a omezení vyplývající z předpisů a nařízení, které jsou nuceni následovat. Po tomto přednesu následuje diskuze založená na – v první části určených nápovědných slovech

či frázích. Těmito frázemi jsou nejčastěji „co se stane, když...“, „co by následovalo, kdyby...“, „mohl by někdo...“ či „mohlo by se něco...“. Cílem těchto frází je podnítit hlubší debatu zúčastněných lidí, dohledat příčinu, následky a dopady jednotlivých rizik. Během této debaty jsou jednotlivá rizika zaznamenávána zapisovatelem, která jsou následně vyhodnocena z hlediska adekvátnosti k tématu, pravděpodobnosti výskytu a závěrem se stanoví ošetření jednotlivých rizik. [14]

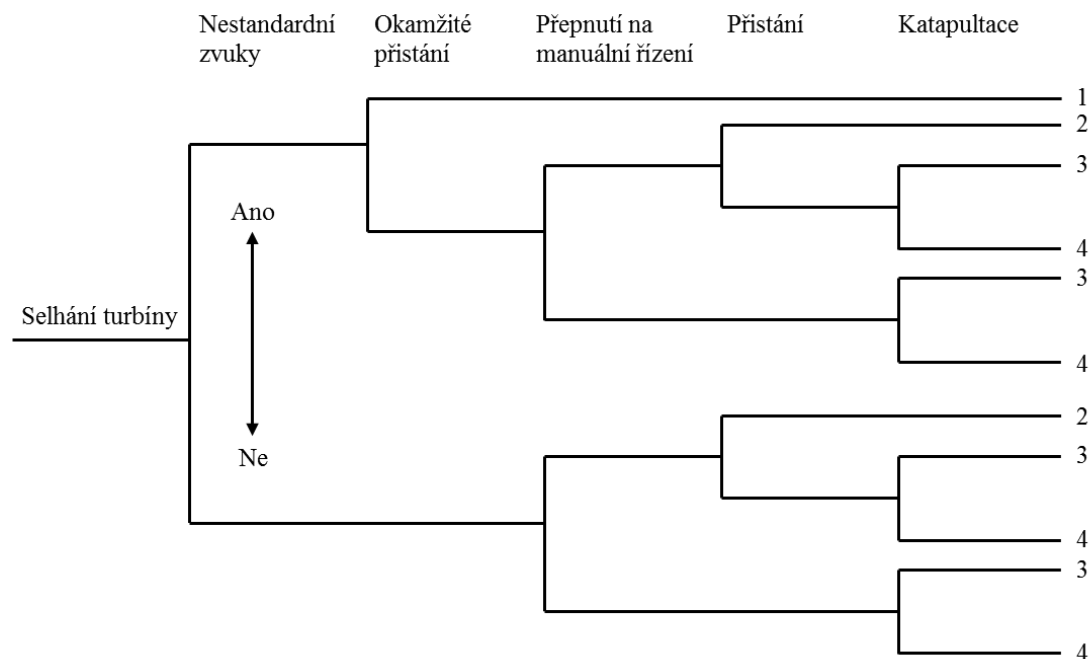
Výstupem této techniky je registr rizik, který je vhodným podkladem pro navržení ošetření a jejich klasifikaci. Dalšími kladnými vlastnostmi metody je její jednoduchost v přípravě provedení, posílení odpovědnosti zúčastněných osob. Závěrem lze uvést širokou škálu uplatnění jak na existujícím, tak i plánovaném systému či procesu. Nutné je však také zmínit negativa. V případě provedení na vysoké úrovni managementu nemusí metoda odhalit všechny složité, podrobné nebo korelované příčiny.

Metoda má také vysoké nároky (z hlediska zkušeností, vzdělání) na člověka, který vede jednání z důvodu jeho efektivnosti. [13]

Tato metoda se také používá v oboru kvality, kde je známá jako 5Why, česky 5Proč. Použití spočívá v tom, že se člověk odpovědný za kvalitu se pětkrát v řadě dotazuje proč, člověka odpovědného za proces. Metoda může na první pohled působit komicky, avšak je známo, že za pátou otázkou proč, se skrývá opravdová podstata problému. Metoda se uplatňuje především při hledání kořenu problému, proč vznikl nekvalitní výrobek nebo vznikla chyba v procesu.

4.3.4 Analýza stromu událostí – ETA

Čtvrtou metodou, kterou považuji za vhodné zmínit je Analýza stromu událostí. Název vychází z oficiálního anglického názvu Event tree analysis a jedná se o grafickou metodu identifikace následků po iniciační události. Členění a grafické provedení stromu událostí je vyobrazeno na Obr. 4-5. Po provedení grafické analýzy jsou navrhována ošetření identifikovaných rizik, aby došlo ke zmírnění následků analyzované události. Její hodnocení je možné jak kvantitativní, tak i kvalitativní metodou. [13]



Obr. 4-5 – Příklad strom událostí [15]

Použití metody analýzy stromu událostí je možné v jakékoli fázi životního cyklu výrobku, systému nebo procesu. Vhodné je její použití během brainstormingu, kdy nám poskytuje přehled o událostech a společně s tím se doporučuje kvalitativní hodnocení možných scénářů, působení jednotlivých ošetření či dopadů na iniciační události okolí.

Kvantitativní analýzou je číselně vyjádřen dopad jednotlivých scénářů (u kvalitativních se jedná pouze o stupnice) a používá se především pro hodnocení iniciačních událostí u kterých je kladen důraz na bezpečnostní opatření.

Postup při analýze rizik začíná volbou iniciační události, která má být analyzována. Pro příklad lze uvést selhání turbíny z Obr. 4-5, iniciaci požáru nebo nedodání zakázky odběrateli. Následně jsou zaznamenávány funkce a systémy, které zabraňují vzniku iniciační události nebo jak se při nastalé události chovat. Každá funkce či systém mají vlastní čáru, na které je rozhodováno o jejich úspěchu nebo neúspěchu. Každý úspěch nebo neúspěch je ohodnocen pravděpodobností, že nastane a ohodnocení se nejčastěji zakládá na zkušenostech zúčastněných odborníků nebo na surových datech, pokud se jedná o kvantifikovatelný proces či událost.

Takto dochází k modelování diagramu ve tvaru stromu, kde začátkem je iniciační událost a závěrem je uchopitelné číslo dopadu při určitém scénáři událostí. Analýza ETA nám poskytuje kvalitativní popis možných problémů, kvantitativní odhady četností nebo pravděpodobností sledů navazujících událostí. Dále je výsledkem analýzy dokument s doporučenými ošetřeními rizik a kvantitativní hodnocení efektivnosti doporučení.

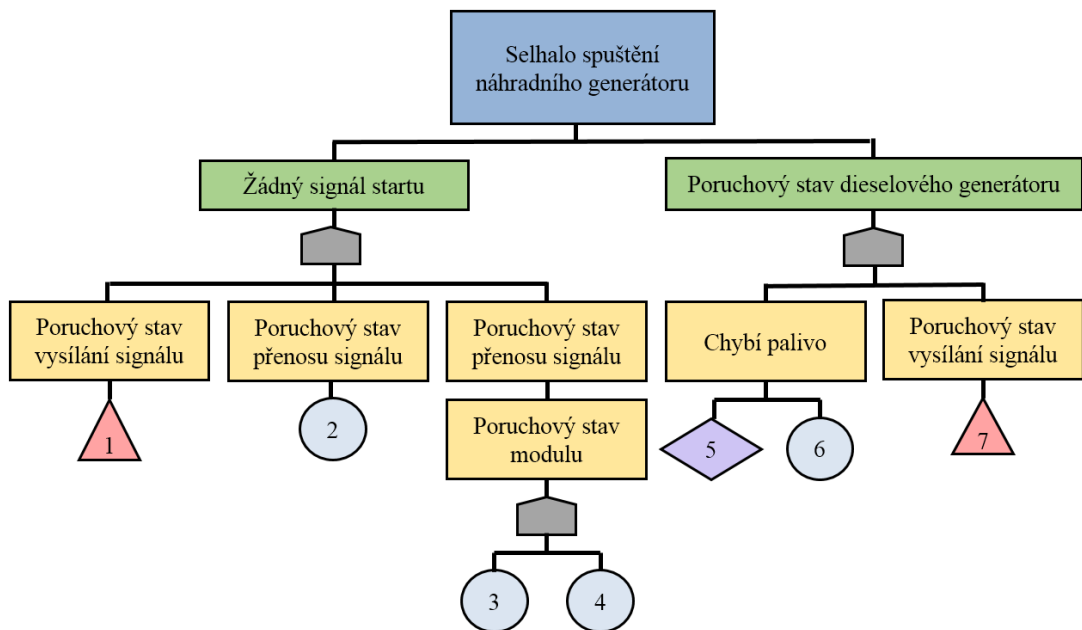
Závěrem podkapitoly je nutné zhodnotit samotnou metodu. Mezi silné stránky je možné uvést její grafické zpracování sledu událostí, které není možné zobrazit při použití stromů poruchových stavů, dále pak metoda ETA vysvětluje časování, závislost jednotlivých událostí a navazující domino efekty. Jako její nevýhodu lze uvést, nutnost provedení identifikace rizik pomocí jiné metody (HAZOP, PHA), jelikož tato metoda může některá rizika zanedbat. Soustředí se tedy více na jejich hodnocení a dopady než na jejich identifikaci. Mezi nevýhody je také nutné uvést, že metoda bere v potaz pouze úspěchy nebo poruchy a je těžké odhalit vzdálenější události na které má iniciační událost vliv.

Všechny cesty jsou podmíněny předcházející událostí, což může vést k optimistickým odhadům rizika u běžných součástí nebo systémů. Tento optimistický odhad může být způsoben právě přehlednutím předcházející události. [13]

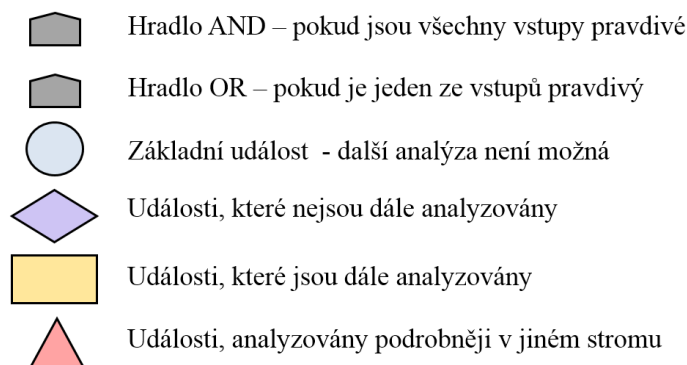
4.3.5 Analýza stromu poruchových stavů – FTA

Předposlední zde uváděnou metodou hodnocení rizik je analýza stromu poruchových stavů. S předchozí metodou mají společné grafické zobrazení, které se však liší v organizaci. Struktura metody ETA je organizována horizontálně a bez grafických prvků, proti tomu metoda FTA je členěna vertikálně s geometrickým odlišením jednotlivých prvků.

Stejně jako u všech předchozích metod vyplývá název z anglické zkratky *FTA – Fault tree analysis*. Jedná se o techniku, která slouží pro identifikaci a analýzu faktorů, které přispívají k nežádoucí události, která je zde definována jako vrcholová událost. Faktory ovlivňující vrcholovou událost jsou identifikovány v logické návaznosti a stejně i organizovány. Tyto faktory jsou dále mezi sebou odlišeny pomocí již zmíněných geometrických tvarů a organizovány do stromu viz Obr. 4-6. [13]



Obr. 4-6 – FTA strom [13]



Obr. 4-7 – Legenda pro FTA strom [13]

Analýza stromu poruchových stavů má společné s metodou analýzy stromu událostí možnosti použití. FTA lze použít jak kvantitativně, tak i kvalitativně. První možnost je vhodné využít v případě, že chceme získat celkovou pravděpodobnost vzniku vrcholové události. Pro toto použití je však nutné znát pravděpodobnosti příčinných událostí. Pokud se rozhodneme použít vyhodnocení kvalitativní, získáme touto metodou možné příčiny a cesty vedoucí k vrcholové události, avšak bez pravděpodobnosti jejího vzniku. [13]

Metoda se používá při etapě návrhu systému, kde slouží pro porovnání jednotlivých řešení a jejich rizik a následně zkoumá jejich význam a zavinění s cílem graficky znázornit jejich návaznosti. Nabízí se zde i použití při analýze poruch jakékoli fáze procesu.

Při rozhodnutí vydat se cestou kvalitativního hodnocení se požaduje po celém hodnotícím týmu hluboké porozumění analyzovanému systému jak z hlediska technického, tak i funkčního (jak daný proces probíhá). K provedení kvalitní analýzy je vhodné využít podrobných diagramů. Při kvantitativní analýze jsou kladeny vysoké požadavky na zdroje o intenzitě poruch a pravděpodobnosti jejich výskytu na základě sbíraných dat. Data jsou v dnešní době automatizace stále více, a hlavně snadněji dostupná.

Prvním krokem pro vypracování analýzy je určení zkoumané vrcholové události. Pokud je vrcholová událost definována jsou identifikovány příčiny a způsoby, jak jí bylo dosaženo. Dále dochází k analýze jednotlivých identifikovaných příčin s cílem zjistit jejich vznik do té doby, dokud je analýza smysluplná.

V případě analýzy poruchy stroje se bere maximální analýza do úrovně poruch jednotlivých součástí. Po dosažení maximální úrovně jsou jednotlivým událostem přiřazena pravděpodobnostní ohodnocení, aby bylo možné spočítat celkovou pravděpodobnost vrcholové události. Stejně jako výpočet pravděpodobnosti může být jako výsledek FTA uvedena množina minimálních řezů, kterou tvoří individuální samostatné cesty vedoucí k vrcholové události. Vyhodnocení může být pro usnadnění provedeno i pomocí softwaru, který na rozdíl od člověka nezapomene vzít v potaz i opakující se události vyskytující se ve více stromech.

Výstupem metody FTA je grafické znázornění vrcholových událostí a sledu událostí které je zapříčinily. Druhým výstupem (v případě kvantitativního přístupu) jsou seznamy množin minimálních řezů, které nám poskytují informaci o individuálních cestách k poruše a pravděpodobnosti, že nastane. Posledním uchopitelným výsledkem analýzy pak je pravděpodobnost vrcholové události. [13]

Výhody této metody jsou systematický a disciplinovaný přístup, který je však dostatečně flexibilní a poskytuje možnost zvážit jak faktory způsobené člověkem, tak i ty které jsou dané fyzikálními zákony. Dalšími kladnými vlastnostmi jsou její snadná pochopitelnost z grafického znázornění a užitečnost množin řezů při zjišťování jednoduchých cest ve velmi složitém systému, kde by mohlo dojít k přehlédnutí kombinace událostí vedoucích k vrcholové události.

Ze slabých stránek této metody je nutné zmínit nejistotu, která se kupí skrze všechny základní události až do výsledné vrcholové. Nutné je také zmínit statickost celého stromu a zanedbání časové závislosti jednotlivých událostí. Dále je nutné vzít v potaz skutečnost, že se stromy mohou zabývat pouze binárními stavy (má poruchu/nemá poruchu). nevýhodou stromu je, že do kvalitativního stromu není možné začlenit poruchy stupně nebo stupně kvality často sloužící k popisu lidských chyb. [13]

4.3.6 Metoda FMEA

Poslední metodou, která je zde uvedena je FMEA. Jelikož je tato metoda aplikována v praktické části této diplomové práce je zde popsána podrobněji než metody předchozí. V kapitolách je zde uvedena krátká historie vzniku, dělení a následně pak samotné hodnocení rizik a postup při něm. Dozvíte se zde také o hodnotitelském týmu a možnostech kombinace FMEA s FTA.

V českém jazyce se metoda nazývá „Analýza způsobů a důsledků poruch“ a vychází z anglického názvu „Failure Modes and Effects Analysis“. Pomocí analýzy FMEA je možné identifikovat způsoby poruch systému, procesu nebo produktu a jejich důsledky. Metodou lze identifikovat mechanismy poruchy a následně navrhnout optimální způsob, jak jim zabránit nebo alespoň snížit jejich vliv na analyzovaný prvek.

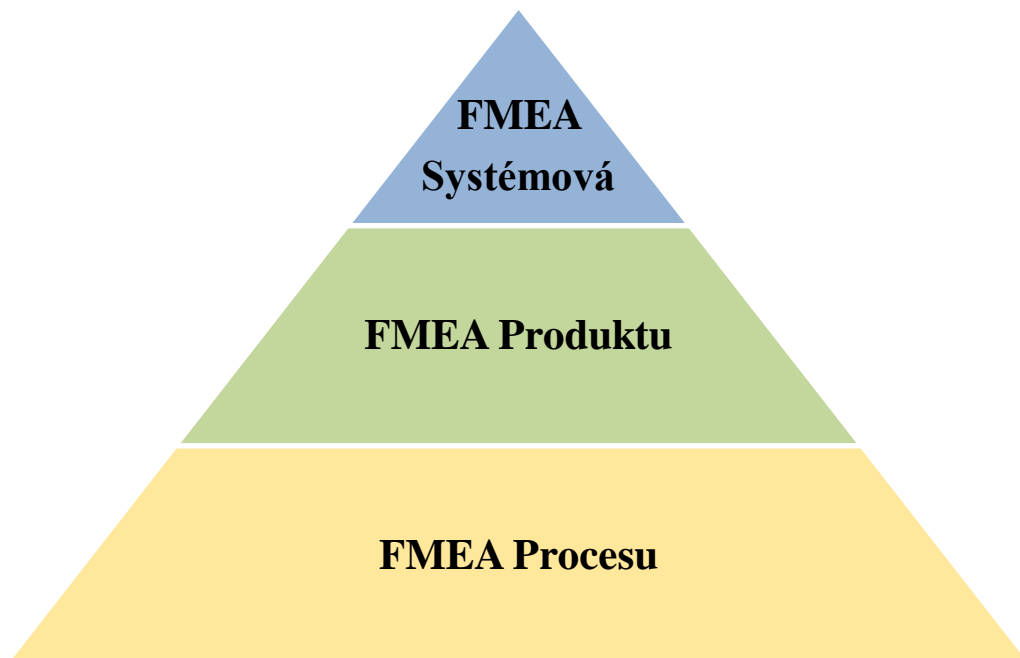
Historický vznik metody

Z historického hlediska se její první neoficiální použití datuje k roku 1944, kdy byla použita v podniku Lockheed zabývajícím se výrobou letadel, konkrétně pak na projektu proudového letounu P-80 Shooting Star. Oficiálně se metoda objevuje v roce 1949 v armádním předpise MIL-P-1629, který popisuje postup hodnocení spolehlivosti se zřetelem na možné následky vad systémů a zařízení. FMEA však nezůstala výsadou použití pouze ve vojenském prostředí a v 60. letech ji zavádí společnost Ford Motor Company pro řešení problémů spojených s bezpečností svých vozidel, především pak s legendárním Fordem Mustang. V tomto období implementuje metodu také Národní úřad pro letectví a kosmonautiku (NASA) pro projekt Apollo, kde sloužila pro minimalizaci rizik. Tímto krokem NASA změnila metodu FMEA na spolehlivostní analýzu. V následujících obdobích byla metoda rozšířena do dalších odvětví průmyslu jako jsou letectví nebo jaderná energetika. Dnešní podobu však nejvíce ovlivnil automobilový průmysl. Nasazení metody do sériového výrobního procesu bylo v roce 1977 již zmíněnou firmou Ford pro projekt Pinto. U tohoto vozu se vyskytovaly problémy s palivovou nádrží, která se při malém

nárazu porušila a následně docházelo ke vznícení. K její standardizaci došlo v 80. letech, kdy byla zařazena do normy amerických výrobců automobilů QS 9000. Do německého automobilového průmyslu metoda proniká v 80. letech a je definována Německou asociací pro automobilový průmysl (VDA). V následujícím desetiletí se pak metoda rozšířila do mnoha odvětví. Aktuálně metoda FMEA disponuje multioborovým použitím v lékařských vědách, softwarovém inženýrství, údržbě, výrobě nebo montáži. Její použití pomáhá především pro volbu alternativ návrhu, zajišťuje zohlednění všech možných vyskytujících se poruch a jejich důsledků. Poskytuje také potřebné informace pro plánování zkoušek a údržbu systému, zlepšení návrhu procesu nebo postupu. Nabízí také dostatek poznatků, ať už kvalitativních nebo kvantitativních, pro další techniky analýzy např. analýzu stromu poruchových stavů. [16]

Dělení metody FMEA

Pro začátek je nutné si metodu FMEA rozdělit na základě použití do tří skupin, které jsou podrobněji popsány v následujících odstavcích. Toto rozdělení metody je patrné z Obr. 4-8.



Obr. 4-8 – Rozdělení FMEA [16]

Procesní FMEA

Analýza procesu se provádí vždy před samotným zahájením výroby nových či inovovaných výrobků. Dalším důvodem pro provedení analýzy je pak změna technologického postupu nebo zavedení nové technologie do procesu. Procesní FMEA obvykle navazuje na předchozí analýzu produktu a využívá její výsledky pro nalezení optimálního řešení. Tento druh analýzy se zabývá studií potenciálních vad navrhovaného technologického postupu s následným navržením opatření. Odpovědnost za její sestavení je na pověřeném pracovníkovi, který předkládá technologický postup pro výrobu výrobku. [17]

FMEA produktu

FMEA produktu, označována také jako DFMEA (z anglického Design-FMEA) si klade za cíl odhalit možné nedostatky v průběhu procesu konstrukce. Odhalením těchto nedostatků již v etapě vývoje je možné učinit taková opatření, která odstraní potenciální závady či nedostatky ve finálním produktu. Z časového hlediska zařazujeme analýzu produktu před procesní analýzu.

Existují dva pohledy, kterými lze analýzu FMEA produktu řešit. Prvním pohledem je pohled zákazníka, kde se hodnotí funkčnost a závady, se kterými se může setkat. Druhým pohledem na analyzovaný produkt je pohled podniku, který hodnotí složitost konstrukce a závady, které se mohou vyskytnout během jeho výroby. [17]

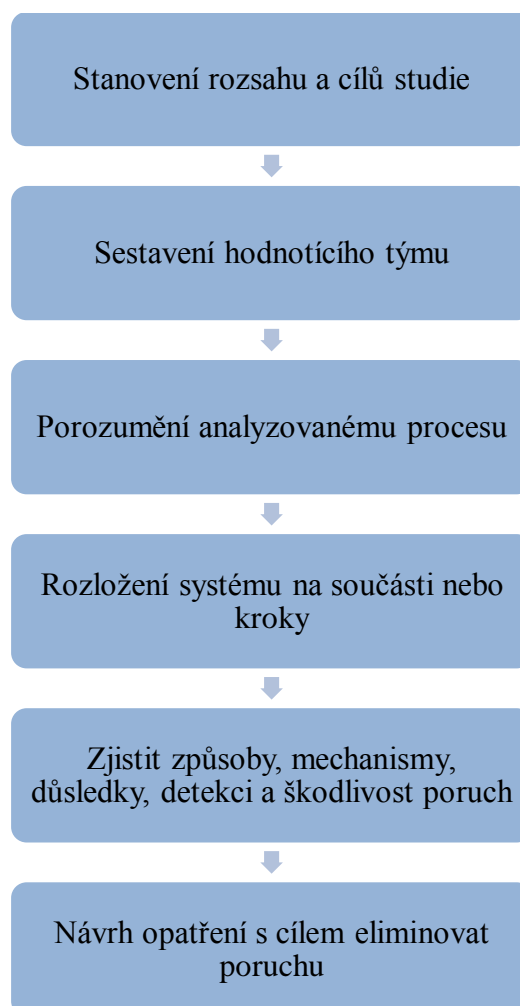
Systémová FMEA

Principiálně se shoduje s předchozími dvěma uvedenými metodami, avšak s tím rozdílem, že se zde uplatňuje systémový přístup. Produkt a proces je zde brán jako systém skládající se z prvků různých úrovní u kterých dochází k analýze jejich funkce. U těchto funkcí jsou pak analyzovány vady, jejich důsledky a příčiny.

Provedení systémové analýzy spočívá v pěti krocích. V prvním kroku probíhá stanovení prvků a struktury systému, po kterém následuje stanovení struktury funkcí prvků. V pořadí třetím krokem je analýza vad nebo také vadných funkcí prvků systému. Poté následuje hodnocení rizik a na závěr jejich optimalizace. [17]

Postup při analýze

Pro každou uvedenou skupinu v kapitole 0 platí všeobecný postup, který je pro přehlednost vyobrazený v procesním diagramu na Obr. 4-9. Tento postup pro analýzu FMEA je doporučen normou ČSN EN ISO 31 010.



Obr. 4-9 – Všeobecný postup pro analýzu FMEA [13]

Vstupy pro analýzu jsou podrobné informace o jednotlivých prvcích systému. V případě podrobné návrhové analýzy může být rozpad informací do jednotlivých součástí výrobku. Naopak pro případ systémové analýzy FMEA jsou jednotlivé součásti popsány na vyšší úrovni sestavy.

Všeobecně lze jako zdroje informací jmenovat výkresy, vývojové diagramy systému nebo procesu, podrobnosti o prostředí a parametrech ovlivňujících provoz, informace založené na předchozích zkušenostech, intenzitě a frekvenci poruch. [13]

Tab. 4-1 – Příklad tabulky pro metodu FMEA [17]

Funkce	Možný způsob vady	Možné důsledky vady	Závažnost	Klasifikace	Příčiny vady	Vyskyt	Stávající opatření		RPN	Doporučená opatření	Odpovědnost a termín realizace	Výsledky opatření			
							Prevence	Odhalení				Odhaltitelnost	Vyskyt	Odhaltitelnost	RPN
	Jaké jsou funkce, vlastnosti nebo požadavky?	Jaké jsou důsledky?	Jak jsou závažné?	Jaké jsou příčiny?	Co se může pokazit? - vůbec nefunguje - částečně funguje - přerušovaná funkce - nezamýšlená funkce	Jak často se vyskytuje?	Jak se dá vadě zabránit a jak se dá odhalit?			Co se dá dělat? - změnit návrh - změnit proces - speciální opatření - změnit normy, postupy nebo návody	Jak dobrá je metoda odhalování vady?	Závažnost	Vyskyt	Odhaltitelnost	RPN

Během průběhu jsou na všechna rizika moderátorem zaznamenávána do tabulky, která je obdobná s Tab. 4-1. Tabulka není pro použití jasně definována a její provedení se může lišit v závislosti na analyzovaném prvku. Obsah a vzhled se bude také lišit v jednotlivých podnicích lišit. Dále zde budou úpravy tabulky pro proces, produkt či systém.

Hodnocení rizika

V této podkapitole jsou uvedena kritéria, podle kterých hodnotí analýza FMEA rizika. Výsledná úroveň rizika se získá z kombinace následků, způsobu a pravděpodobnosti poruchy a používá se v případě, že se následky různých způsobů poruch liší. Úroveň je zpravidla vyjádřena kvantitativně, může být vyjádřena i semikvantitativně či kvalitativně. Označuje se jako „číslo priority rizika“ (RPN – Risk Priority Number).

$$\text{RPN} = \text{Význam vady} \times \text{četnost závad} \times \text{odhalitelnost vady}$$

Jedná se o semikvantitativní ukazatel, který se získá násobením čísel z klasifikační stupnice. Stanovuje se na základě předem definovaných tabulek, které si stanovuje podnik na základě použití v daném procesu.

Pro hodnocení významu vady lze použít hodnoty uvedené v Tab. 4-2. Hodnocení je na stupni od jedné do deseti, přičemž hodnota deset vykazuje nebezpečnou vadu, která ohrožuje zdraví nebo bezpečnost zákazníka. [17]

Tab. 4-2 – Význam vady

Význam vady	Hodnocení
Nepravděpodobný vliv vady pro zákazníka/uživatele	1
Málo významná vada , nepatrné ovlivnění zákazníka, vadu zaznamená náročný zákazník	2-3
Středně významná vada , vada obtěžující zákazníka, vyžaduje dodatečné opravy	4-6
Významná vada , vada rozhořčující zákazníka, snižuje funkci, nutná okamžitá oprava, neohrožuje bezpečnost	7-8
Nebezpečná vada , ohrožuje bezpečnost zákazníka nebo jeho okolí	9-10

V případě Tab. 4-3 se jedná o stanovení hodnotících kritérií pro četnost závad. Tato konkrétní tabulka popisuje četnost závad pomocí pravděpodobnosti od nepravděpodobného výskytu po jistotu, že závada nastane.

Tab. 4-3 – Četnost závad

Výskyt vady	Četnost závad	Hodnocení
Nepravděpodobný výskyt , nevzniknou problémy	0,01 z 1000ks	1
Malý výskyt , objevuje se zřídka, potřeba přezkoušet konstrukci/proces, odstranit příčiny vady	0,1-0,5 z 1000ks	2-3
Mírná pravděpodobnost , občasné vady, ze srovnatelných případů známý vznik vad, odstranění příčin změnou v konstrukci/procesu	1-5 z 1000ks	4-6
Vysoká pravděpodobnost , časté vady, podstatné přepracování konstrukce/procesu	10-20 z 1000ks	7-8
Téměř jistý vznik vad , nový návrh konstrukce/procesu	50+ z 1000ks	9-10

Tab. 4-4 popisuje odhalitelnost vady, což znamená, s jakou jistotou lze říct, že bude vada odhalena. V tomto případě hraje velkou roli zvolený způsob kontroly vad.

Tab. 4-4 – Odhalitelnost vady

Odhalitelnost vady	Hodnocení
Téměř jisté, odhalení vady v následující operaci , bezpečná konstrukce/ proces, automatická 100% kontrola	1
Vysoká pravděpodobnost , viditelná vada	2-3
Střední pravděpodobnost , výběrová kontrola měřením nebo srovnáváním	4-6
Velmi malá pravděpodobnost , těžko rozeznatelné vady (např. spojení konektorem)	7-8
Absolutní nejistota, nepatrná pravděpodobnost , kontrola není možná z důvodu nepřístupnosti dílu, neměřitelnosti, vada projde k zákazníkovi	9-10

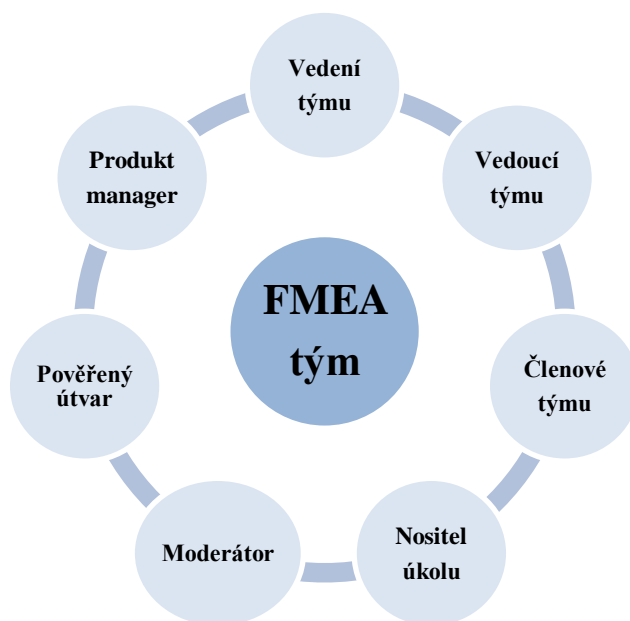
Výstupem analýzy FMEA je seznam poruch, mechanismů a jejich důsledků na krok procesu nebo součást systému. Dále pak poskytuje informace o příčinách a následcích rizik pro systém jako celek.

Součástí je i zpráva obsahující podrobnosti o systému, způsob provedení, zdroj dat, vyhotovené pracovní listy, doporučení k dalším analýzám, změnám a navrhovaná opatření. [13]

U metody FMEA je vhodné jako kladné vlastnosti uvést její širokou aplikovatelnost na činnosti člověka, poruchy zařízení a systému, hardware či software dále pak identifikaci způsobu poruch, příčiny a důsledky pro systém. Tato metoda také disponuje přehledným zpracováním, které je jasně čitelné i pro nezainteresovaného (procesu neznalého) člověka. Za nevýhody lze uvést její použití pouze pro identifikaci jednotlivých poruch, nikoli pro jejich kombinaci. Studie FMEA může být vzhledem ke své časové náročnosti pro zúčastněné strany při nevhodném řízení nákladná a neefektivní. [13]

FMEA tým

Pro zpracování podrobné a efektivní analýzy je potřeba zodpovědný tým složený z odborníků zainteresovaných do daného procesu, vývoje produktu nebo těch, kteří jsou součástí daného systému. Ze zainteresovaných oblastí lze pro příklad jmenovat zástupce vývoje, nákupu, kvality, výroby a údržby. Těmto jednotlivým zástupcům jsou poté na základě požadovaného přínosu přiděleny role v týmu, které jsou podrobně popsány níže.



Obr. 4-10 – Složení FMEA týmu [17]

Na Obr. 4-10 jsou uvedeny všechny zainteresované strany, které jsou součástí FMEA týmu. Můžeme je shrnout do celkem sedmi kategorií popsanych v následujících odstavcích.

Produktmanager

Jeho zodpovědností je zapracování metody FMEA do termínového plánu a stanovení termínů pro vydávání zpráv o stavu FMEA projektu.

Vedení týmu

Při konstrukční FMEA je za vedení týmu zodpovědné oddělení vývoje, za zpracování FMEA procesu je zodpovědné oddělení plánování a při analýze systému jsou odpovědné příslušné útvary plánování nebo vývoje v závislosti na systému. Určení zodpovědnosti je však plně dáno osobou (případně skupinou osob), která analýzu požaduje.

Vedoucí týmu

Stanovuje témata a rozsah analýzy společně se zmíněnými zástupci zainteresovaných stran a stanovuje časový harmonogram pro její provádění. Zajišťuje podmínky pro práci jím vytvořeného týmu v podobě vhodných prostor, technického vybavení a pomůcek. Hlavní zodpovědností vedoucího týmu je sledování stavu plnění doporučených opatření pro snížení rizika.

Člen týmu

Zodpovědností člena týmu je zastupovat příslušný odborný útvar jehož je členem. Činnosti, které provádí jsou aktivní předávání informací na daném termínu setkání členů FMEA, navrhuje nápravná opatření a přijímá doporučená opatření příslušná pro oddělení, které zastupuje – tím se z něj stává nositel úkolu.

Nositel úkolu

Nositel úkolu koordinuje a provádí nutná opatření, která mu byla přidělena vedoucím týmu. Po zavedení přidělených opatření ověřuje jejich reálnou efektivitu na proces a výsledky předává zpět vedoucímu týmu k informaci pro případná další opatření. [17]

Moderátor

Řídí diskusi čímž se snaží zachovat přínosnost diskuze a vyhnout se tím odvedení od původního tématu. V průběhu diskuze zpracovává protokol FMEA (Tab. 4-1) a zajišťuje následnou distribuci mezi zúčastněné strany.

Útvar pověřený koordinací FMEA

Zpracovává report o stavu FMEA projektu pro útvar vedení projektu na základě zpráv o realizaci a účinnosti opatření. Druhým úkolem pověřeného útvaru je aktualizace protokolů na základě zpráv o realizaci a účinnosti opatření následně pak archivace neaktuálních dokumentů. [17]

Kombinace metody FTA a FMEA

Během aplikace metody FMEA se pro přehlednost začala zpracovávat společně i metoda FTA. Metodu FMEA a FTA je možné kombinovat takovým způsobem, že získáme výhody od obou zmíněných metod. Nabízí se dvě možnosti, první je použití metody odděleně a druhou je jejich kombinace.

V případě kombinace metod FMEA analýza je vedena metodou FTA. Analýza začíná definicí systému a následně vznikem analýzy stromu poruch pro celý systém. Poté se stanoví minimální počet řezů pro strom poruch. Posledním krokem je další hlubší analýza jednotlivých vad.

Další možností kombinace těchto dvou metod je metoda nazývaná jako BMA – „Bouncing Failure Analysis“ která začíná definicí tzv. největších vad na systémové úrovni, které jsou označovány jako konečné. Na základě těchto informací se sestaví strom poruch na úrovni jednotlivých komponent. Jednotlivé komponenty jsou hodnoceny metodou FMEA a zkoumány jejich účinky na systém jako celek. Následně jsou komponenty s vyšší prioritou zavedeny do interakční matice. To umožňuje analýze poskočit zpět do FTA a vytvořit korespondující strom rizik. [18]

Aktuálně je tedy v určitých případech možné použít obě metody. Ovlivněno je to ale stále především disponibilním časem zúčastněných osob pro zpracování obou metod a přesvědčením žadatele o skutečném přínosu takto složité analýzy. Dalším ovlivňujícím faktorem může být dostupnost dat.

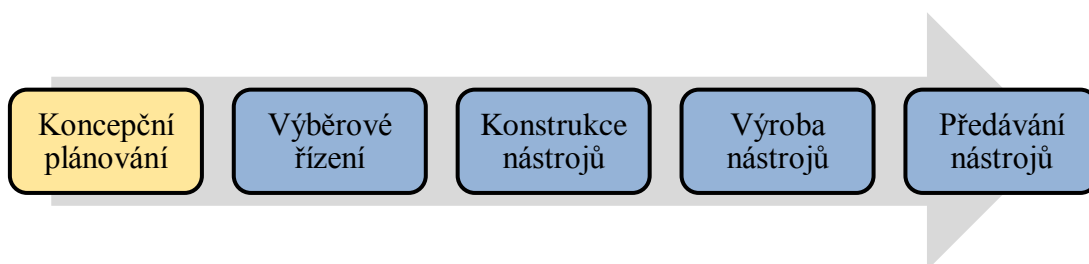
Kombinací těchto dvou zmíněných metod končí kapitola věnovaná metodám hodnocení rizik. Jsou zde uvedeny podstatné, v praxi používané analýzy. Detailněji je zde popsán jejich průběh včetně důvodů, proč jsou používány. Jejich přínos pro podniky z pohledu úspory potenciálních nákladů jsou neoddiskutovatelné. Jako nejvhodnější pro aplikaci na zkoumaný proces se jeví uvedená metoda FMEA. Další kapitolou této práce začíná praktická část, kde je analyzován současný stav výroby lisovacích nástrojů.

5 ANALÝZA SOUČASNÉHO STAVU PROCESU

Tato kapitola, se věnuje analýze stávajícího stavu procesu výroby lisovacích nástrojů. Začátkem této je popsáno rozhodnutí o výrobě nového modelu a jeho časová osa. Následně je pak do časové osy zařazen vývoj lisovacích nástrojů.

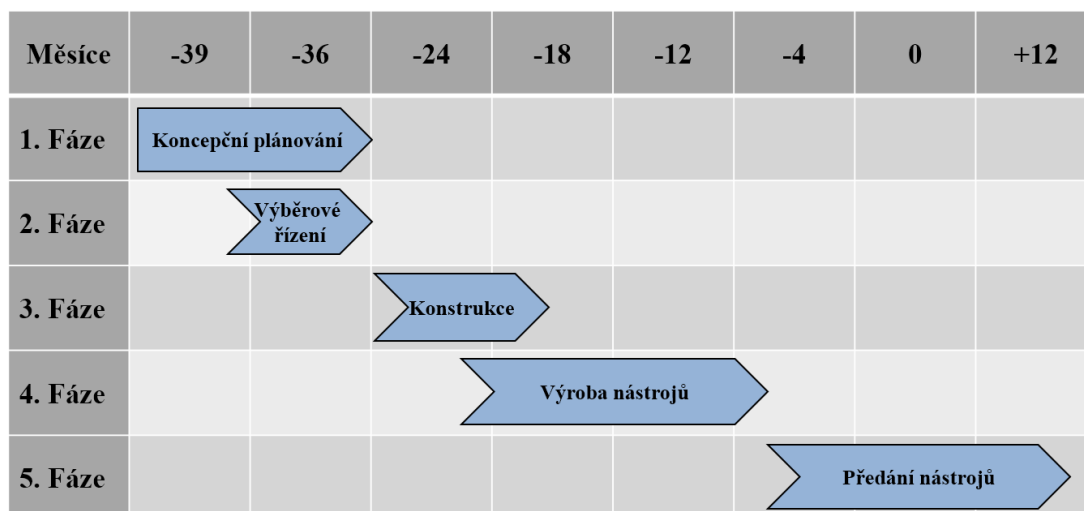
Další podkapitoly pak reprezentují a detailně popisují dané části procesu vzniku lisovacích nástrojů tak, jak na sebe chronologicky navazují. Začíná se předvýrobní částí, během které probíhá konstrukce a simulace vyrobiteľnosti daného dílu automobilu. Na tuto podkapitolu plynule navazuje výběr dodavatele a část konstrukce lisovacích nástrojů, kterou končí vývojová fáze projektu.

Poté následuje kapitola zabývající se analýzou výrobní fáze, během které probíhá slévání, obrábění, montáž a konečné zapracování lisovacího nástroje. Zmíněné podkapitoly tedy podrobně popisují proces, který je rozdělený do pěti fází a vyobrazený na Obr. 5-1.



Obr. 5-1 – Proces výroby lisovacích nástrojů

Pokud zařadíme jednotlivé fáze z Obr. 5-1 do termínového plánu výroby lisovacích nástrojů, dojdeme ke zjištění, že výběrové řízení a výroba nástrojů probíhají paralelně, tak jak je uvedeno v Obr. 5-2.



Obr. 5-2 – Časová osa jednotlivých fází

5.1 Úloha plánování lisoven

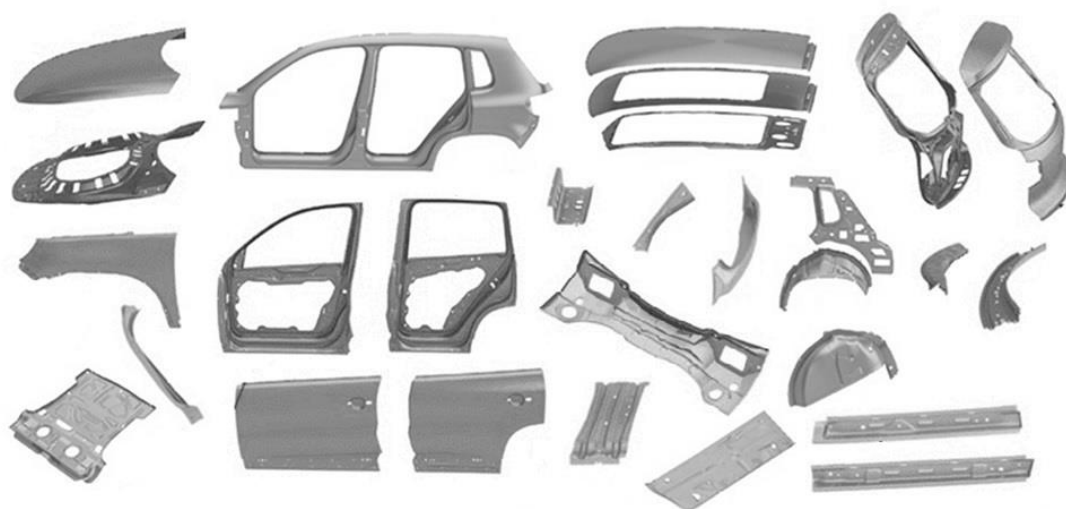
Plánování lisoven je v tomto procesu zodpovědné za technologickou přípravu náběhu nových vozů a z nich odvozených modelů, kde společně s technickým vývojem spolupracuje na designu dílu, který průběžně připomínkuje z hlediska lisovatelnosti. (technologické studie proveditelnosti). Hlavní odpovědností je zprovožňování a předávání nových lisovacích nástrojů do sériové výroby. Další odpovědností tohoto oddělení je plánování výrobních kapacit, výrobního procesu, stanovení koncepce a řízení rozvoje lisoven Škoda Auto a.s. v tuzemsku i v zahraničí.

Vstupem pro tyto procesy jsou požadavky výroby interního i externího (koncernového) charakteru. Mezi dodavatele lze zařadit interní nářadovnu společnosti Škoda Auto a.s. a poté mnoho celosvětově rozmístěných firem, které dodávají komplexní řešení pro lisovací nástroje a linky.

Komplexním řešením pro lisovací nástroje je brán proces od provedení simulací vyrobiteľnosti dílu až po finální zapracování na sériovém lisu. U lisovacích linek je to od vytvoření poptávky do jejího provozního spuštění. Pro zajištění těchto procesů je samozřejmé zajistit dostatek kvalifikovaného personálu, který dohlíží a řídí činnosti zmíněných dodavatelů a přebírá výstupy jejich práce.

Těmito výstupy jsou způsobilý výrobní proces, výrobní dokumentace, posouzení lisovatelnosti pro oddělení vývoje, investiční analýzy, technický koncept výroby a předávání zařízení do sériové výroby zákazníkům. Mezi zákazníky lze zařadit útvary výroby, vývoje interního nebo koncernového charakteru a jejich zahraniční závody.

Z pohledu výroby lisovacích nástrojů se oddělení zaměřuje především na povrchové a strategické díly automobilu uvedené na Obr. 5-3. Povrchovými díly se rozumí všechny na první pohled viditelné (např. kapota, blatník, postranice), strategickými díly jsou např. vnitřní dveře nebo jiné vybrané díly karoserie či platformy.



Obr. 5-3 – Přehled výlisků [19]

5.2 Výroba nového modelu

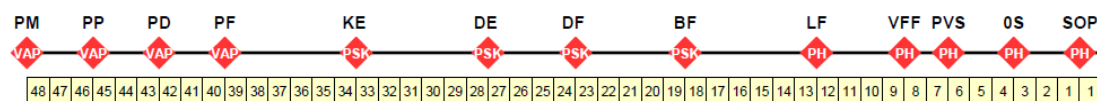
Důležitá rozhodnutí spojená s uvedením nového produktu podnikem Škoda Auto a.s. na automobilový trh spadají do kompetencí představenstva společnosti. Rozhodnutí představenstva jsou pak dále schvalována ve společnosti VW.

Jednotlivé fáze projektu celého vozu popisuje interní směrnice PEP (Produktenstehungprocess – Proces vzniku produktu), která se zabývá delegováním odpovědností za produkt (projekt) do jednotlivých oddělení, tak aby na konci projektu byl nový automobil připravený k prodeji zákazníkovi.

Pro rozhodnutí o výrobě nového automobilu je však nutná spolupráce mnoha oddělení a zainteresovaných osob, které zpracovávají podklady pro představenstvo. Teprve na základě těchto podkladů představenstvo rozhoduje. Před tímto strategicky důležitým rozhodnutím je projekt uvedení na trh hodnocen z mnoha aspektů. Těmito aspekty jsou finance (např. množství investic, pozitivní ekonomický přínos), analýzy trhu (tuzemské či zahraniční trhy, poptávka), kapacitní vytížení jednotlivých závodů a složitost technického vývoje (množství převzatých dílů vs. vývoj nových).

Při rozhodování o novém modelu je také nutné znát výrobní množství, na které přímo navazuje konstrukce nástrojů. Toto číslo ovlivňuje v počáteční fázi především oddělení marketingu, které má k dispozici analýzy poptávky na cílovém trhu. Pro výrobu raznic je toto číslo důležité především z hlediska volby materiálu jednotlivých částí, tak aby byla zajištěna životnost raznice po celou dobu produkce automobilu a následné zajištění náhradních dílů dané trhem zpravidla po dobu patnácti let.

Celý proces vývoje nového vozu trvá od prvotní ideje po start sériové výroby celkem 48 měsíců. V průběhu tohoto procesu je interním PEP předpisem definováno třináct důležitých milníků, které jsou vyobrazeny na níže uvedeném Obr. 5-4.



Obr. 5-4 – Milníky výroby nového vozu [20]

Z hlediska fáze projektování výroby lisovaných dílů jsou důležité milníky od Projekt-Feasibility (PF), ke kterému je zpracovávána první studie vyrobiteľnosti. Milníky předcházející PF jsou řešeny na všech úrovních z pohledu financí, jelikož předpokladem každého nového modelu je pozitivní finanční přínos pro podnik. Samotný milník PF je z časového úhlu pohledu umístěn 39 měsíců před začátkem sériové výroby.

K tomuto projektovému milníku je nutno potvrdit realizovatelnost projektu ze všech odborných oblastí, včetně plánování lisoven.

Následující milník Rozhodnutí o koncepci (KE) – stanovený 33 měsíců před sériovou produkcí, představuje ukončení koncepčního vývoje automobilu závazné převzetí konceptu vozu. Dále je pak na základě dat zpracován virtuální model, na kterém se prověřují kolize jednotlivých komponent a vyhodnocují technické vlastnosti vozu.

Milník „Rozhodnutí o designu“ (DE) který se nachází 27 měsíců před sériovou produkcí) rozhoduje o výsledné podobě vozu, jelikož je zde schválen jeden designový model exteriéru a interiéru u nichž jsou stanoveny tvary hlavních ploch.

Mezi milníky DE a DF se z pohledu výroby lisovacích nástrojů nachází významný milník P-Freigabe (24 měsíců před startem sériové výroby), kde dochází k předání prvních dat dodavateli.

O čtyři měsíce blíže k sériové produkci oproti DE je milník DF – Design-Freeze, ve kterém je ukončen proces vytváření povrchových ploch a je potvrzena vyrobiteľnosť na základě virtuálního prototypu.

Během dalšího milníku BF je zahájena výroba náradí, na které nejsou kladeny náročné časové požadavky pro jejich výrobu. Uvolněna jsou konečná data a výkresy s rozměrovými požadavky.

Rok před sériovou výrobou se nachází milník LF nazvaný „Uvolnění pro náběh“. K tomuto termínu je potvrzena vyrobiteľnosť ze všech oblastí (organizačních jednotek), zajištěny jsou díly a kvalita v souladu s plánem pro uvedení na trh.

Dostáváme se k posledním třem milníkům projektu. Osm měsíců před sériovou výrobou se nachází milník Před sériové uvolnění vozu (VFF).

Cílem tohoto milníku je stavba vozů za použití sériového náradí a nástrojů. Důvodem je optimalizace zařízení, ale i celého výrobního procesu. Prověřuje se také smontovatelnost sestav a rozměrová stálost.

Předposledním milníkem je PVS – Zkušební výrobní série, která je 6 měsíců před sériovou produkcí. Montují se zde díly ze sériového náradí. Zkouší se zde funkce provozních prostředků a výrobních zařízení pro sestavy, které nejsou propojeny. Cílem je potvrzení procesní spolehlivosti provozních prostředků, postupů a zkušebních zařízení. [20]

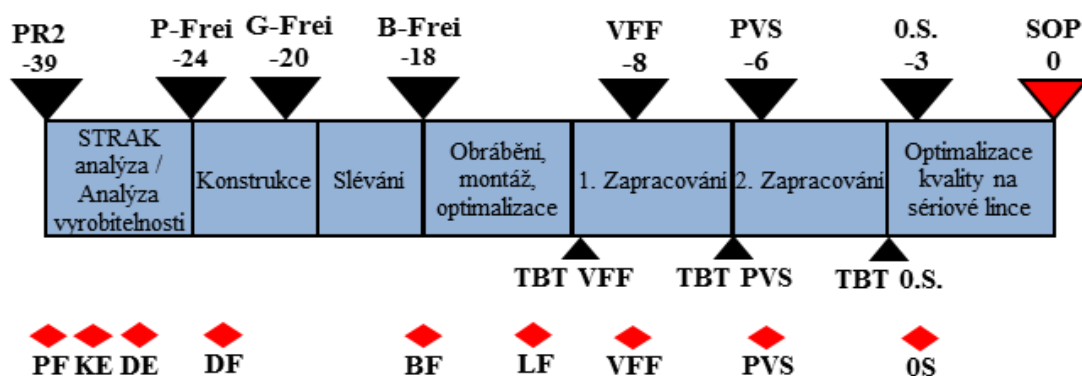
Posledním významným milníkem před startem sériové výroby je 0S – Nultá série, který slouží k ověření procesu sériové výroby. Začleněn je tři měsíce před startem sériové výroby a dochází zde k montáži dílů do sestav z náradí po všech předchozích kolech optimalizace s důrazem na dodržení rozměrovosti. Prověřuje se také funkčnost všech systémů a provozních prostředků podle výrobních podmínek.

Vyvrcholením celého procesu je již zmíněný milník SOP – Start sériové produkce, při kterém začíná výroba vozů určených pro cílový trh. První vozy určené zákazníkům se na trh dostanou po třech měsících produkce.

V uvedené kapitole se podařilo shrnout proces rozhodnutí o výrobě nového vozu a popsat jednotlivé milníky, které se v průběhu vyskytují. Nutné je však do této časové osy ještě zařadit proces výroby lisovacích nástrojů a detailněji jej rozebrat. Tomuto tématu je věnována následující kapitola.

5.3 Termínový plán výroby lisovacích nástrojů

V této kapitole je implementován proces plánování výroby lisovacích nástrojů do vzniku nového modelu. Viditelné je to z následujícího Obr. 5-5, kde jsou uvedené jak důležité milníky pro vznik lisovacích nástrojů (uvedené jako černé trojúhelníky), tak i milníky projektu celého vozidla (červené kosočtverce ve spodní části obrázku). Celý proces výroby trvá v ideálním případě od zadání zakázky dodavateli dva roky.



Obr. 5-5 – Termínový plán výroby

Význam milníků pro výrobu lisovacích nástrojů je následující:

- PR2 – obdržení prvních dat pro analýzu vyrobitelnosti,
- P-Frei – předání dat vybranému dodavateli,
- G-Frei – uvolnění pro slévání,
- B-Frei – uvolnění odlitých dílů pro obrábění,

po kterých se dostáváme do termínů VFF, PVS a OS, které jsou popsány v předchozí kapitole 5.2. Na spodní ose jsou uvedeny s předponou TBT, která indikuje pro oddělení plánování termín tak, aby bylo dosaženo požadovaného termínu oddělení napříč podnikem. Díly pro jednotlivé termíny se od sebe liší kvalitou povrchů a rozměrovostí dílu. Pro dosažení termínů musí být dodány díly s dostatečným předstihem, aby nebyly ovlivněny následující oddělení, které jsou v toku materiálu za lisovnou.

V kapitole je ujasněna pozice plánování výroby lisovacích nástrojů a s tím spojených milníků. U těchto milníků byl pro ujasnění popsán jejich význam z projektového hlediska.

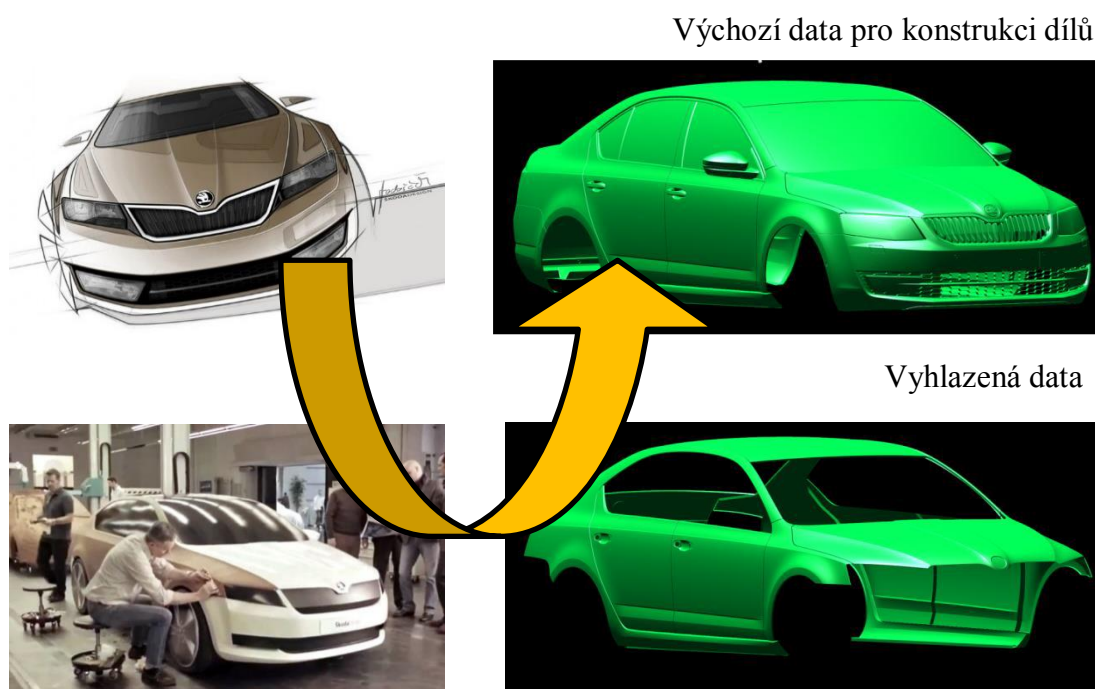
5.4 Koncepční plánování

Koncepční plánování je předvýrobní fází procesu vzniku lisovacích nástrojů. Cílem této fáze je dosažení vyrobitelného dílu z hlediska lisovatelnosti, což vyžaduje spolupráci s oddělením vývoje, které je zodpovědné za konstrukci jednotlivých dílů a zajištění toho, že díl nebude v kolizi s ostatními díly. Tato skutečnost může zvyšovat nároky na jeho složitost a komplexnost. V následujících bodech jsou popsány jednotlivé činnosti, které jsou spojené s koncepčním plánováním.

Design dílu

Od prvotní skici po vznik reálného dílu je dlouhá doba, a proto zde rozebereme jednotlivé fáze jeho vzniku. Základem pro vznik CAD dat je vytvoření hliněného modelu oddělením designu. Jedná se o speciální hlinu určenou přímo pro tyto účely a celý z ní vyrobený automobil může vážit i přes tři tuny. Pro získání elektronických dat z hliněného modelu je využito reverzního inženýrství. To znamená, že model je pro získání potřebných dat naskenován pomocí 3D skeneru.

Výstupem ze skenování modelu jsou mračka jednotlivých bodů, která se následně pomocí softwaru CATIA zrekonstruuje (vyhladí) do požadované formy. S takto upravenými daty lze již dále pracovat a jsou vstupem pro konstrukci jednotlivých dílů, které ovlivňují povrch (pohledové části) automobilu.

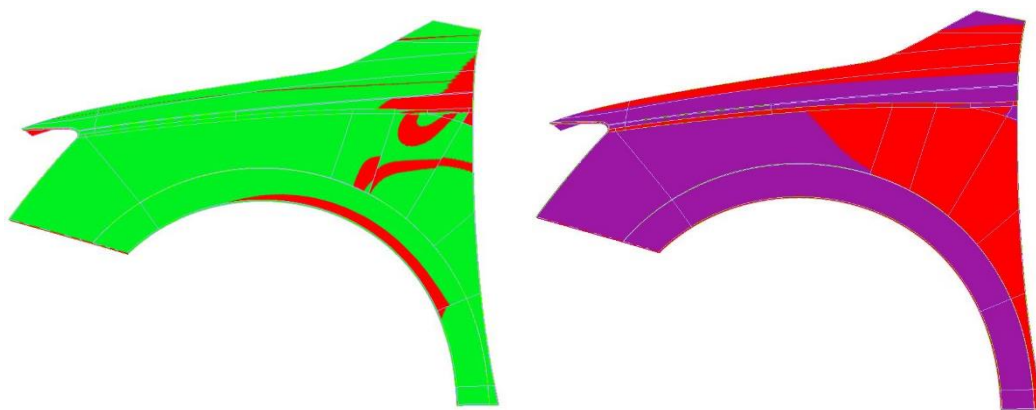


Obr. 5-6 – Od skici po elektronická data [19]

Na Obr. 5-6 je symbolicky naznačen proces vzniku dat od prvotní skici po výsledná CAD data určená pro konstrukci povrchových dílů. Tato data jsou dále vyhodnocována pomocí STRAK analýzy.

STRAK analýza

Cílem STRAK analýzy je vyhodnotit provedení ploch z pohledu lisovatelnosti. Hodnotící kritéria u STRAK analýzy jsou průběh křivosti, křivostní rádiusy nebo analýza lomu světla na designových plochách. Dalšími kritérii, které je důležité vyhodnotit jsou designové linie, tvar ploch a průběh spár mezi jednotlivými karosářskými díly. Analýzou těchto dat lze odstranit nebo alespoň snížit riziko potenciálních auditových vad, které vznikají na hotových výliscích. Pro vyhodnocení STRAK analýzy se používá počítačový software ICEM Surf od společnosti Dassault Systemes.



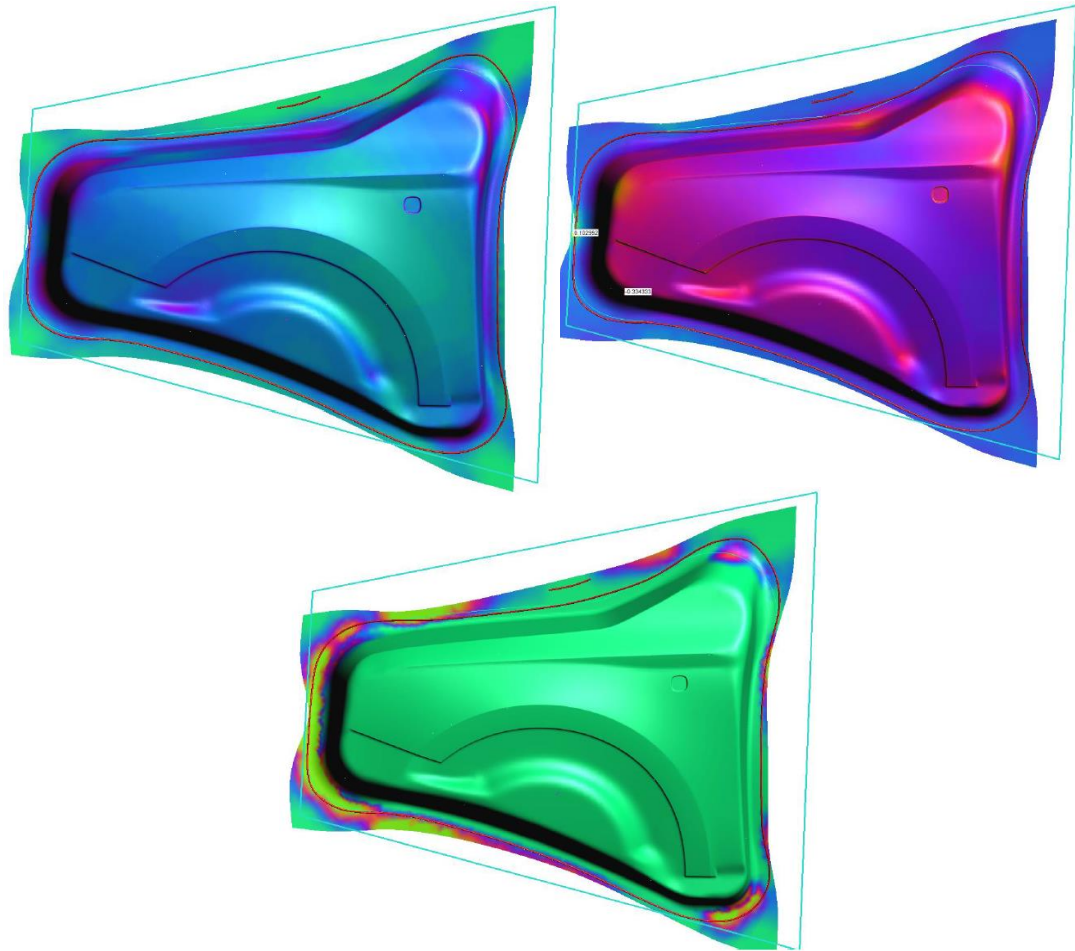
Obr. 5-7 – Analýza STRAK

Na Obr. 5-7 jsou uvedeny dvě vyhodnocení pro blatník automobilu. V levé části obrázku je uvedena analýza křivostních rádiusů. Červená barva zde indikuje křivostní rádius přesahující požadovanou hodnotu $R=10000$ mm a možné doporučení pro oddělení vývoje je jeho zmenšení. Pro druhý případ, v pravé části obrázku Obr. 5-7, je uvedena analýza inflexe ploch, kde červená barva indikuje negativní orientaci ploch a fialová naopak pozitivní. Negativní orientace ploch je požadována především v oblasti tzv. Tornado linií z důvodu lisovatelnosti a je možné ji vidět ve zmíněném červeném zvýraznění směrem od světlometu k A sloupku automobilu.

Hodnocení vyrobiteľnosti

Veškeré díly karoserie automobilu musí být vyhodnoceny z hlediska vyrobiteľnosti dílu, což znamená prověření z hlediska tažení, dotvarování, ostřížení a děrování. Pro hodnocení vyrobiteľnosti se využívá počítačových simulací založených na metodě konečných prvků v softwaru Autoform, který vyhodnocuje důležitá kritéria pro celý proces. Mezi hlavní kritéria lze zařadit vznik trhlin, ztenčení materiálu, zvlnění, přetažené hrany a odpružení plechu. Dále jsou v průběhu hodnoceny velikosti a tvary otvorů, tvary, délky a směry návazných ploch, přírub a stojin.

Pro provedení simulace tahového modelu je nutné určit v jaké poloze bude díl lisován a definovat plochy, které budou tvořit čelní tvar tažníku. Po určení těchto parametrů je nutné vytvořit plochy přidržovače, činných technologických ploch následně pak definovat polohu a tvar brzdících lišt.



Obr. 5-8 – Výstupy analýzy vyrobiteľnosti

Na výše uvedeném Obr. 5-8 je možné vidieť výstupy simulácie tahového modelu. Na obrázku vľavo je vyobrazená analýza prasknutia materiálu dôsledkom ťaženia, ze ktorej plyne riziko prasknutia ve fialovej zvýraznených zónach. Hneď vedľa se nachádza analýza ztenčenia materiálu, kde jsou nejhoršie miesta zvýrazněna červenou barvou. Na posledním obrázku umístěném v dolní části je pro příklad uvedena analýza zvlňění plechu. Ke zvlňění dochází především v oblasti za brzdami, kde neovlivňuje výsledný vzhled výrobku. Riziková oblast se však nachází v oblasti krku, kde dochází k mnoha auditovým vadám a je tedy žádoucí se zvlňění v simulaci vyvarovat.

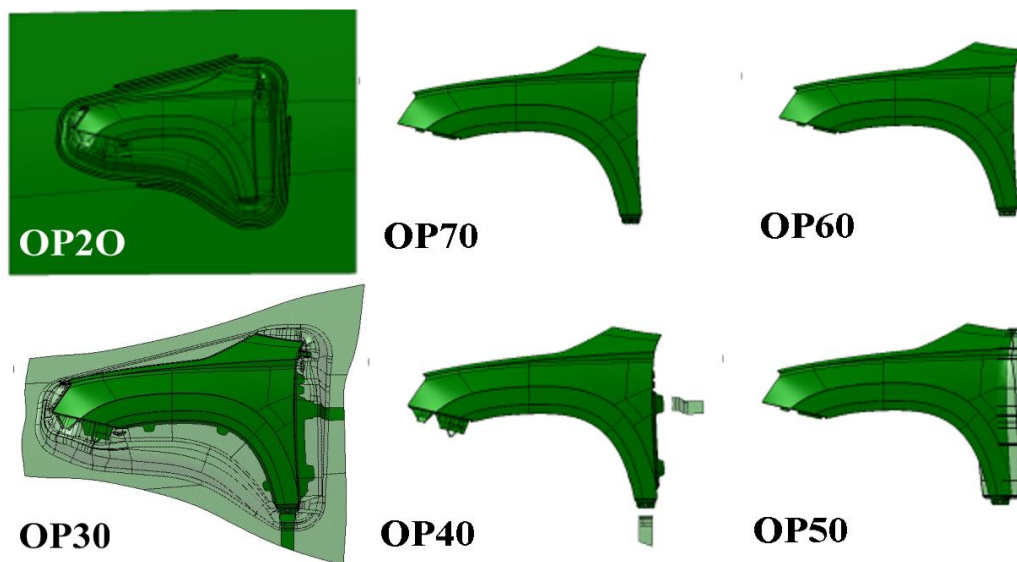
STRAK analýza spoločne se simulacemi vyrobiteľnosti jsou prováděny paralelně v průběhu vývoje dílu do milníku P-Freigabe, kdy jsou data předána dodavateli lisovacích nástrojů. Ten následně vypracuje vlastní simulaci vyrobiteľnosti, pro potvrzení vyrobiteľnosti z vlastní strany, případně navrhne svoje požadavky na změny konstrukce dílu.

Metodický plán

Před zahájením konstrukční fáze procesu je nutné vytvořit metodický plán, který stanovuje obsah jednotlivých lisovacích operací, kde se stanoveným obsahem rozumí to, jaká činnost bude v dané operaci probíhat. Činnostmi v jednotlivých operacích mohou být tažení, ostříhování, tvarování nebo děrování. Po určení činností se v metodickém plánu definuje poloha výlisku v operacích a analyzuje se střížný úhel, který by neměl přesáhnout hranici 15° dále jsou pak stanoveny geometrie technologických ploch pro eliminaci rozpružení.

Součástí metodického plánu vytvořeného v 3D CAD programu CATIA V5 jsou souřadnicové systémy klínů, osy rotace rotačních klínů a směry stříhání. Dalšími součástmi nutnými pro zahájení konstrukce jsou obrysové křivky řezných hran, otvorů, nástřihu, odpadů a tvary vyplňovacích klínů.

Metodický plán jako takový tedy obsahuje všechna potřebná data pro konstrukci jednotlivých operací a obrábění činných ploch nástrojů. Zodpovědnost za zpracování nese dodavatel lisovacích nástrojů. Dodaná data jsou následně připomínkována ze strany zadavatele a po zapracování požadovaných změn jsou data uvolněna pro konstrukci raznic.



Obr. 5-9 – Metodický plán

5.5 Výběr dodavatele

V podkapitole výběru dodavatele jsou uvedeny požadavky hodnocené při výběru dodavatele pro výrobu lisovacího náradí. K výběru dodavatele nástrojů, které se pohybují v hodnotě 3 000 000 €, je využíváno vícekritériálního hodnocení na základě osmi hlavních kritérií, kde nejdůležitějším kritériem není vždy cena nebo celkové náklady. Pro důsledné rozhodnutí jsou důležité i další okolnosti, které je nutné zvážit a jsou uvedeny v následující Tab. 5-1 jako dílčí kritéria.

Tab. 5-1 – Požadavky na dodavatele [21]

Hlavní kritérium	Dílčí kritérium
Cena / celkové náklady	Stabilita ceny
	Struktura nákladů
	Přístup k cenovému jednání
	Náklady náradí
	Podmínky placení
Flexibilita	Mimořádné požadavky a změny
	Nárůst objemů odvolávek
	Lessons learned
Vývojový potenciál	Přístup k inovacím a rizikům
	Analýza hodnot
	Potenciál k dlouhodobým vztahům
Know-How	Management dodavatele
	Schopnosti zaměstnanců
	Přístupy a kreativita
	Patenty
Bonita / Finanční síla	Kapitálová struktura
	Likvidita
	Cash-Flow
	Finanční stabilita
Místo působení	Náklady a doba na přepravu
	Komunikační jazyk
	Mentalita
	Geografická situace
Kvalita	Zajištění systému kvality
	TQM
	Směrnice a interní dokumenty
Komunikace	Důvěryhodnost
	Eskalace
	Přístup během jednání

Na začátku výběru dodavatelů může jejich počet být v řádu desítek, což by v praxi znamenalo příliš dlouhou a nákladnou fázi jejich výběru. Pro snížení časové náročnosti a nákladů se proto zavádí takzvaná KO kritéria, která jsou definována předem jednotlivými účastníky hodnotícího týmu. Při nesplnění tohoto kritéria jsou někteří potenciální dodavatelé ihned odstraněni, čímž dojde k redukci účastníků s nutností detailní analýzy. Za účelem provedení co nejdetailnějšího hodnocení dodavatele se doporučuje multioborové složení hodnotícího týmu tak, aby byla pokryta všechna zainteresovaná oddělení (nákup, technická oddělení, oddělení controllingu, kvalita).

Aktuálně je ve společnosti Škoda Auto a.s. zhruba 40 % externích dodavatelů z devíti světových zemí (např. Španělsko, Německo, Itálie, Japonsko, Jižní Korea a nově také Čína). Zbylých 60 % lisovacích nástrojů je dodáváno interně z koncernových nářadoven VW. [19]

Výběr dodavatele je pro výrobu lisovacího nářadí stěžejní fází, která zásadně ovlivňuje průběh celého projektu. Z tohoto důvodu je nutné jí věnovat patřičný důraz, protože investované peníze a čas do kvalitně provedené analýzy se mohou v budoucnu mnohonásobně vrátit.

5.6 Konstrukce nástrojů

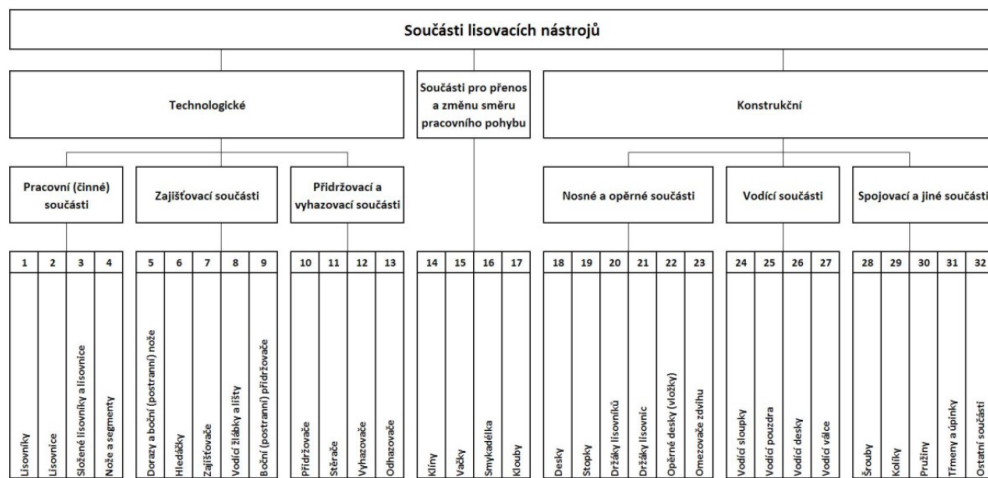
Podkapitola analýzy stávajícího stavu se věnuje konstrukci lisovacích nástrojů, kterou zajišťuje na základě výše zmíněných kritérií vybraný dodavatel. Role oddělení plánování lisoven v této fázi je pouze kontrolování a připomínkování stavu dat.

Konstrukce nástrojů je zcela prováděna v 3D CAD software, kde nejčastěji používaným je CATIA V5. Software je používán ve všech odděleních čímž se minimalizuje vznik problémů spjatých s informačními technologiemi a je také jedním z požadavků při výběru dodavatele. Vstupními daty pro konstrukci je metodický plán, který obsahuje všechna data nutná pro zahájení konstrukce.

5.6.1 Sestava nástroje

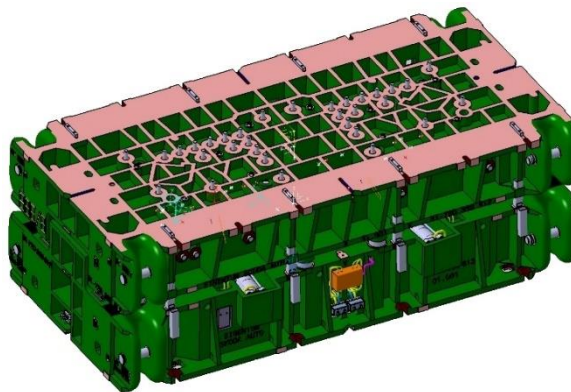
Samotný nástroj je sestavou složenou z několika stovek komponent, které mohou v prvním případě vznikat kusovou výrobou přímo pro daný nástroj. Tato varianta je z hlediska financí nákladnější, avšak v určitých případech je nutné k ní přistoupit.

Druhou možností je pak využití nakupovaných normalizovaných komponent od dodavatelů, což je méně náročné na náklady i čas. Dále můžeme rozdělit do různých skupin, tak jak je uvedeno na Obr. 5-10.



Obr. 5-10 – Součásti lisovacích nástrojů [22]

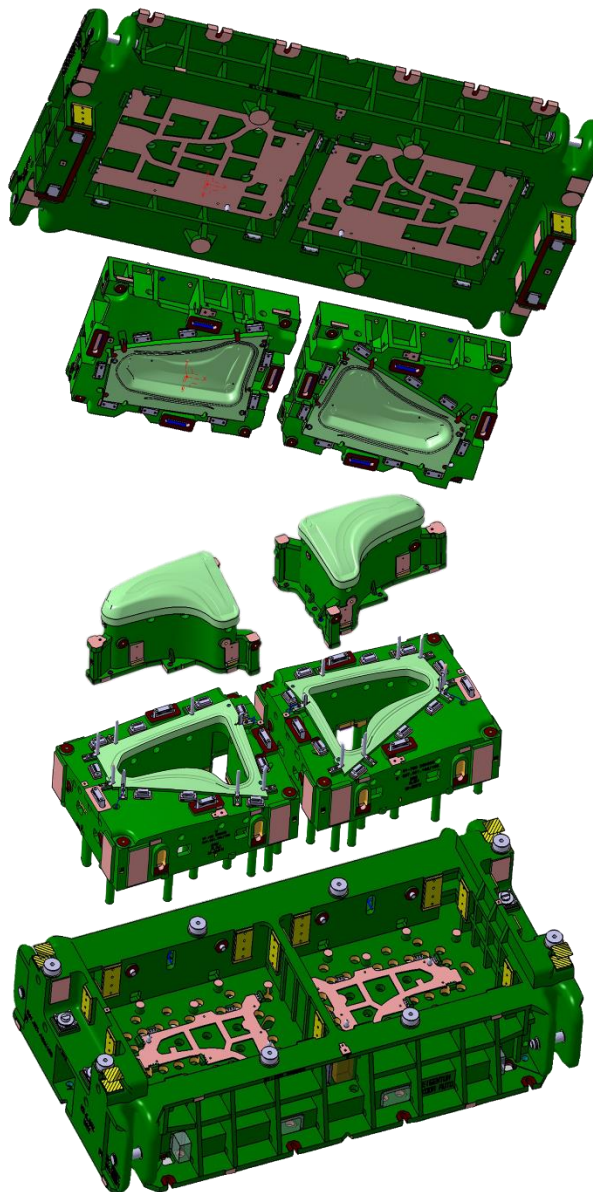
Základem nástroje jsou dvě litinové části, a to spodní (statická) a horní (dynamická) který se upíná do beranu lisu. Dohromady tvoří tyto dvě části takzvaný box, ve kterém jsou uloženy všechny komponenty lisovacího nástroje. Obě části jsou spojeny v celek na Obr. 5-11.



Obr. 5-11 – Lisovací nástroj

Operace 20

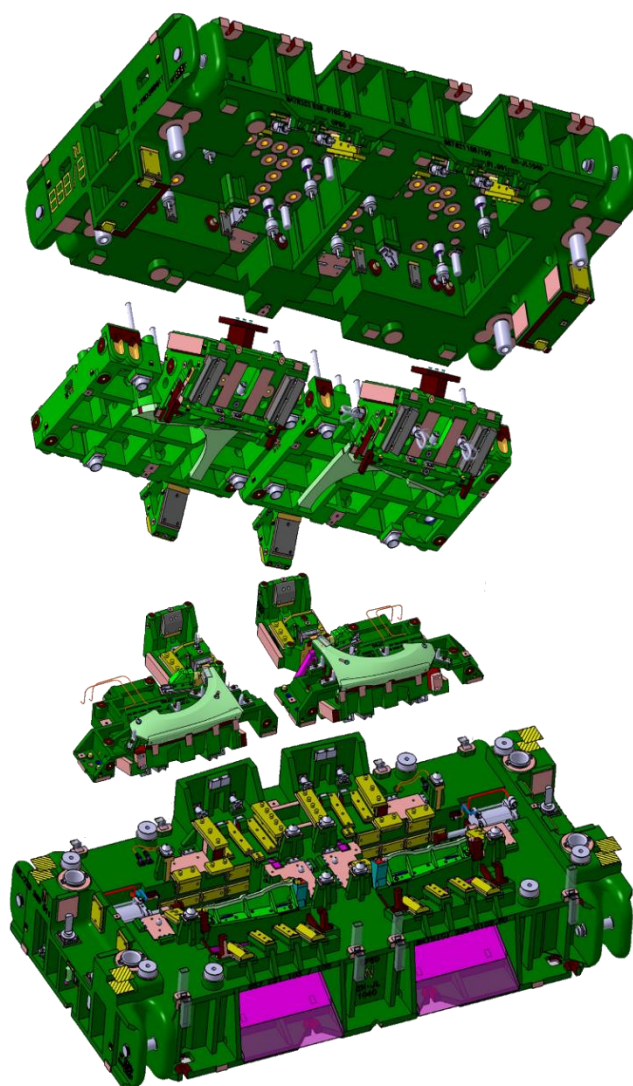
Jedná se o první operaci lisování, kde dochází k tažení požadovaného základního tvaru výlisku. Z pohledu konstrukce nástroje se jedná o jednodušší díl, jelikož zde není obsaženo mnoho komponent, význam operace je však naopak velmi vysoký. Nejdůležitější komponenty jsou uvedeny na Obr. 5-12, kde vidíme horní a spodní díl boxu. Ve spodním dílu je umístěn přidržovač, který slouží k přidržení plechu, než dojde k samotnému tažení a tažník určující tvar výlisku. V horním díle je umístěna tažnice neboli tahová matrice s brzdícími lištami pro sevření materiálu.



Obr. 5-12 – Operace 20

Operace 50

V operaci číslo 50 dochází ke kalibraci v oblasti vodního kanálu, který je ohnut do požadované polohy. Jelikož by nebylo možné po této operaci vyjmout díl, je nutné zde umístit vyplňovací klín jehož přesunutím polohy dojde k uvolnění dílu v ose mechanizace čímž může být umístěn do následující operace. Použití tohoto klínu je však spojeno se zvýšením konstrukční složitosti, a i následným zvýšením nároků na zpracování. Jedná se totiž o klín, který je nutné vyrobit a následně jej v závislosti na složitosti zástavby pohánět mechanicky nebo pomocí pneumatiky. Z Obr. 5-13 je při porovnání s Obr. 5-12 patrné zvýšení složitosti konstrukce a zvýšení počtu dílů lisovacího nástroje.

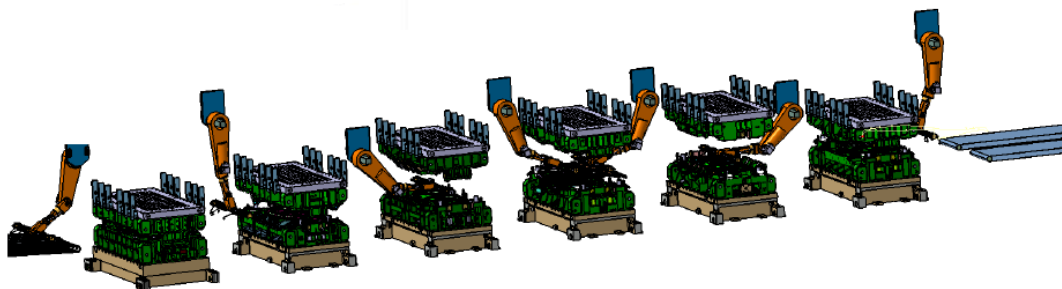


Obr. 5-13 – Operace 50

Složitost konstrukce tedy závisí jak na vyráběném dílu, tak i na prováděné operaci. Z hlediska konstrukce nástroje se považuje za nejsložitější díl blatníku, postranice, vnitřních pátých dveří, vnitřních dveří a kapoty.

5.6.2 Průchodový plán

Po dokončení konstrukce nástrojů pro jednotlivé operace je ověřena kinematika nástroje z hlediska vnitřních kolizí. Pokud zde ke kolizím nedochází, jsou umístěny nástroje do stanic lisovací linky a ověřeny vnější kolize s mechanizací, která zabezpečuje přenos výlisku mezi stanicemi. Všechny tyto simulace jsou prováděny v počítačovém softwaru určeném pro danou lisovací linku. V praxi se nejčastěji používá DELMIA nebo Motion designer.



Obr. 5-14 – Simulace průchodu linkou [23]

V průběhu simulace se optimalizuje kinematika robotických ramen tak, aby jejich pohybová křivka byla co nejkratší, což zvyšuje celkovou efektivitu lisovací linky. Díky kratším drahám jsou efektivněji využívány energie a může být zvýšen celkový počet zdvihů linky, čímž dojde ke snížení nákladů na vylisovaný kus. Pokud v průběhu simulace nedochází ke kolizím, jsou konstrukční data uvolněna do další fáze.

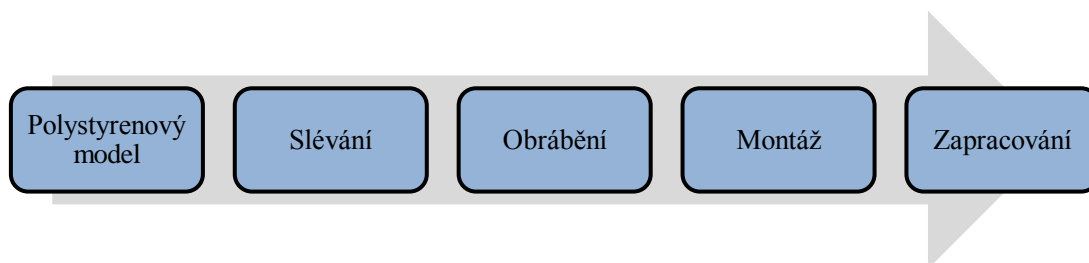
Výsledkem konstrukční fáze lisovacích nástrojů jsou data pro slévání (BMG data), data konstrukce (BM data) dále pak data pro obrábění (NCM data) a kusovníky která jsou nazývána jako KSL data.

Fáze konstrukce nástrojů je jednou z nejdůležitějších v celém procesu, jelikož významným podílem ovlivňuje všechny po ní následující procesy. Především pak výrobu samotného nástroje, jeho údržbu ale i samotnou produkci výrobku po celou dobu jeho živostnosti.

Výsledná data jsou z těchto důvodů v průběhu konstrukce mnohokrát kontrolována, zda splňují interní VW normy a dále aby byla odstraněna všechna potenciální rizika již na začátku v CAD datech, jelikož změny v průběhu výroby jsou několikanásobně nákladnější.

5.7 Výroba nástrojů

Fázi výroby nástrojů lze rozdělit do šesti na sebe navazujících různých kroků obsahujících širokou škálu strojírenských technologií. Prvním krokem je vytvoření polystyrenových modelů, které jsou použité v druhé fázi při slévání technologií spalitelného modelu. Na tuto technologii navazuje obrábění surových odlitků, konkrétněji rovinných ploch především pomocí frézování. Po obrobení rovinných ploch následuje frézování tvarových součástí lisovacích nástrojů. Když jsou všechny jednotlivé součásti obrobena přichází na řadu jejich montáž do požadované sestavy a po dokončení obou polovin následuje jejich spojení v lisovací nástroj. Pokud dojde k úspěšnému spojení obou částí bez kolize následuje zapracování na hydraulickém lisu. Zmíněné kroky jsou pro lepší představu zpracovány na Obr. 5-15 a následující podkapitoly se věnují podrobněji jednotlivým fázím. [19]

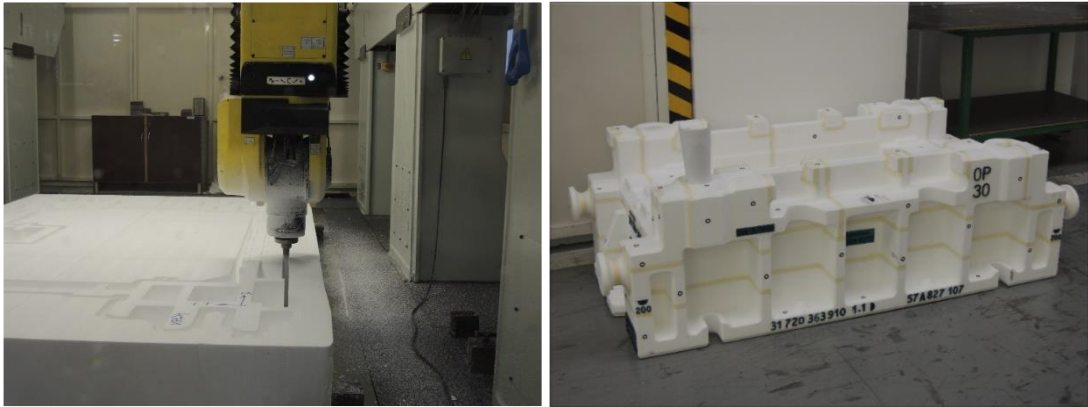


Obr. 5-15 – Proces výroby nástrojů

5.7.1 Polystyrenový model

Pro slévání metodou spalitelného modelu je nutností vyrobit polystyrenový model, který se následně pomocí tepla vlévaného kovu spaluje. Vlévaný kov tak přesně kopíruje zaformovaný model, a proto je nutné vyrobit ho přesně dle dat vzniklých v konstrukci. V dnešní době se pro výrobu polystyrenových modelů používá oproti všeobecně známému polystyrenu tzv. styropor, který vykazuje pro slévání lepší vlastnosti.

Samotná výroba polystyrenových modelů začíná přípravou frézovacích dat založených na CAD modelu vzniklém v konstrukci. Tento model však obsahuje pouze požadovaný tvar, a tak je třeba data upravit o přídavky na smrštění odlitků (1 % pro litiny, 2 % pro lité oceli). Na takto upravený model se vytvoří pomocí CAM software frézovací data pro danou CNC frézku, která obrobí polystyrenový blok do požadovaného tvaru viz Obr. 5-16.



Obr. 5-16 – Polystyrenový model [19]

Po dokončení obrábění bloku jsou modely dokončovány ručně. Na obrobené kusy polystyrenu se pomocí speciálního lepidla dolepují další části, které bylo nutné z hlediska technologie nebo složitosti obrobít odděleně, případně vyrobit ručně. Pro příklad lze uvést dolepuvané tabulky pro uvedení hmotnosti.

V průběhu výroby polystyrenového modelu je ještě prostor pro tvarové či rozměrové změny, které by po dokončení slévání znamenaly vysoké náklady nebo by byly komplikované či zcela nerealizovatelné.

Dokončené polystyrenové modely (Obr. 5-16 vpravo) jsou před odesláním do slévárny měřeny, aby bylo jisté, že přídavky pro obrábění jsou dostatečné a bude dosaženo požadovaných rozměrů. Dále pak podléhají schvalování ze strany zákazníka, především z důvodu dodržení všech požadavků technologie. Po převzetí a schválení modelu všemi zúčastněnými stranami jsou odeslány modely do slévárny.

5.7.2 Slévání

Tato fáze je řešena pro tuzemské projekty kooperací s dodavateli v rámci celé Evropy, pro zahraniční pak vždy tím dodavatelem, který je pro region nejvýhodnější. Fáze slévání začíná předáním modelu dodavateli. S kooperací v rámci celé Evropy případně dalších světových oblastech je spojena vždy přeprava vyrobených modelů, které se mohou v jejím průběhu poničit. Z tohoto důvodu by měly být modely kontrolovány i po dokončení přepravy.

Pokud nedojde k žádnému porušení pak převzetím polystyrenového modelu dodavatelem začíná fáze slévání. Prvním krokem firmy odpovědné za slévání je zaformování modelu do forem. Po dokončení formování dochází k plnění formy tekutým kovem viz Obr. 5-17. Slévané materiály používané pro výrobu lisovacích nástrojů jsou uvedeny v Tab. 5-2.



Obr. 5-17 – Plnění formy tekutým kovem [19]

Tab. 5-2 – Materiály pro výrobu lisovacích nástrojů. [24]

Materiál	EN	Staré označení	ČSN
Litina	EN-JL 1040	GG-25	42 2425
	EN-JS 1050	GG-30	42 2430
		GGG-5	42 2305
	EN-JS 1060	GGG-60	42 2306
EN-JS 1070	GGG-70	42 2307	
Litě oceli	1.2769S	G-45 Cr Mo	
	1.2333	G-59 Cr Mo 18-5	

Rozhodnutí o použitém materiálu je stanoveno v FAP protokolu, který se vytváří v průběhu kontroly metodického plánu a je podkladem pro zahájení konstrukce nástrojů. Volba použitého materiálu pro jednotlivé součásti je stanovena interní normou, kterou je nutné se při volbě použitého materiálu řídit.

Po dokončení slévání jsou odlitky tepelně zpracovány a následně vyjmuty z forem. Surový odlitek je nutné dále opracovat, což spočívá v odstranění technologických prvků formy jako jsou např. nálitky a vtoková soustava. Nálitky jsou dále použity pro vyhodnocení kvality litiny. Pokud je v podmínkách uvedeno provedení nátěru litiny, provede dodavatel povrchový nátěr požadovanou barvou.

Pro převzetí surového odlitku je nutné opět provést měření, které se provádí pomocí 3D skenu. Naskenovaná data jsou porovnána s konstrukčními a pokud je měření vyhovující přebere jej zpět dodavatel lisovacích nástrojů. Takto získaná data jsou pak dále použita jako podklad pro tvorbu NC programu pro obrábění. Jelikož reflektují skutečný stav odlitku, dochází zde k úspoře času a optimalizaci drah nástroje.

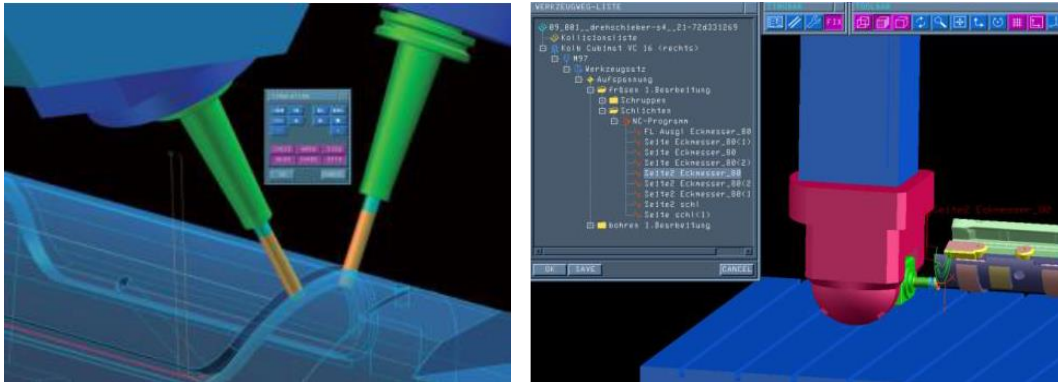
Pokud tedy odlitek splňuje všechny výše uvedené parametry, expeduje slévárna odlitek zpět do zodpovědné společnosti. Přejímky odlitků odběratelem probíhají pro úsporu transportu ve slévárnách, kde se prověřuje požadovaná kvalita. Pokud by odlitek nesplňoval kritéria a obsahoval některou z vad vzniklou při slévání nebyl by přebrán, čímž by došlo k oddálení navazující fáze, kterou je obrábění.

5.7.3 Obrábění

Obrábění součástí lisovacích nástrojů je možné rozdělit do tří skupin (disciplín). První skupinou je příprava samotného NC kódu pro obrábění. Do druhé skupiny se řadí 2D a 2,5D obrábění a poslední uváděnou skupinou je frézování tvarových ploch nazývané jako 3D obrábění.

Aby nedocházelo k časovým prodlevám tvorba NC programů pro obrábění probíhá paralelně se sléváním komponent. Tato skutečnost nám zajistí možnost začít s obráběním ihned po obdržení odlitých součástí. Obrábět se začíná od 2D a 2,5D ploch, z čehož plyne že odtud se začíná i tvořit NC program. Vstupními daty pro tvorbu programu jsou konstrukční BM data a kód je tvořen nadstavbou pro software CATIA V5.

Na základě schválení těchto dat jsou pak tvořena data pro obrábění 3D tvarových ploch, který je zpravidla tvořen v software TEBIS (Obr. 5-18), není to však podmínkou a použitý program závisí na zvoleném dodavateli. Závěrem jsou všechny programy simulovány z důvodu eliminace kolizí mezi strojem a obrobkem.



Obr. 5-18 – Tvorba NC programu [23]

Po dokončení tvorby NC programu a výsledné simulaci drah nástroje se nahraje kód do CNC centra vybavená mnohdy až 5 osami. Příklad obrábění je uveden na Obr. 5-19. Velikosti a hmotnosti nástrojů odpovídají také požadavky na tato centra. Hmotnost nástrojů se pohybuje v řádu desítek tun a velikost největšího rozměru dosahuje hodnoty až 5 metrů.



Obr. 5-19 – CNC obrábění [19]

Začátkem obrábění jsou hrubovací operace, kde dochází k odstranění přídavků pro obrábění, které mohou dosahovat hodnot až 15 mm. Po této operaci zůstává přídavek pro následné dohrubování cca 2 mm.

V závislosti na požadavku pro kalení plochy se obrábí v případě nezakalených ploch rovnou na čisto. Pokud je však požadavek plochu zakalit, dohrubuje se na přídavek 0,9 mm, indukčně se zakalí a poté se obrobí na čisto.

Všechny součásti nástroje však není možné obrábět z důvodů výsledné přesnosti oddělené a musí být finálně obráběny až po dokončení montáže. Konkrétně se jedná o obrábění nástavku, který je spojený s razníkem.

Výstupem fáze obrábění je tedy kompletní sada vyráběných komponent určených pro finální montáž. Dosažení technických požadavků je dokladováno měrovými protokoly ať už rozměrových nebo kvalitativních parametrů.

5.7.4 Montáž

Předposlední výrobní fází výroby je montáž komponent do sestav, kterou je možné vidět na Obr. 5-20. Vzhledem ke kusové výrobě raznic se z technického hlediska jedná o soustředěnou montáž stacionární, což v praxi znamená, že raznice se vzhledem ke své hmotnosti a obtížné manipulaci v průběhu montáže nepřesouvá nebo se její pohyb eliminuje na minimum. Velké množství vyráběných komponent dosahuje hmotnosti desítek kilogramů, a tak je pro montáž nutné využít jeřáb, jelikož není v lidských silách tyto díly přenášet. Tuto skutečnost je nutné brát v úvahu již ve fázi konstrukce a umístit na díly oka pro lana či řetězy. Některé raznice je však nutné přesouvat v různém stavu smontování z důvodů dokončování obrábění v sestavě kvůli vzájemné poloze jednotlivých dílů



Obr. 5-20 – Montáž spodního dílu raznice [19]

Začátek montáže probíhá dodáním vyráběných a nakupovaných komponent. Nakupovanými díly jsou standardizované prvky jako jsou elektronické nebo pneumatické součásti. Standardizovány jsou např. z důvodu kompatibility s lisem, nebo se jedná o všeobecně používané součásti raznic. Průběh montáže závisí na dodávání jednotlivých komponent raznice, ten by měl být zajištěn tak aby nedocházelo k prodlevám. Ideálním případem by bylo zahájit montáž se všemi dostupnými díly, realita je však mnohdy jiná. Přehled komponent, které je nutné smontovat jsou uvedeny v Obr. 5-10.

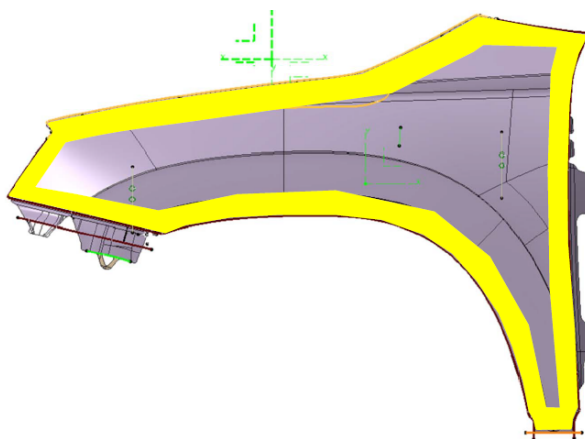
Po dokončení montáže komponent obou polovin nástroje dojde k jejich prvnímu spojení. Obě poloviny nástroje jsou upnuty do zkušebního lisu a dochází k prvnímu zkušebnímu zdvihu, kdy se beran lisu přesune do spodní polohy čímž se nástroj poprvé spojí. V průběhu prvního zdvihu může dojít i přes mnohé počítačové simulace v CAD softwarech ke kolizi mezi spodní a horní polovinou lisovacího nástroje. Tento proces je zdlouhavý, jelikož se zde vyskytuje riziko kompletního zničení nástroje vlivem kolize. Nástroje jsou proto upnuty do hydraulického lisu, který umožňuje sjíždět po několika milimetrech. Při zjištění kolize se beranem odjede, odstraní se kolize a celý proces se opakuje. Po konečném dosednutí se raznice předávají do další fáze, kterou je zapracování.

5.7.5 Zapracování lisovacích nástrojů

Nástroje, u kterých je jisté, že při pohybu beranu nedojde ke kolizi jsou předány do fáze zapracování pod lisy. Cílem této dlouhé fáze (mnohdy v řádech měsíců) je dosažení slícování obou polovin, přičemž hlavní zaměření je na rozměrovost a povrchovou kvalitu výlisku.

Prvním krokem zapracování je slícování přídržovače mezi matričním rádiusem a brzdící lištou. Po dosažení slícování přídržovače jsou slícovány ostatní komponenty, kterými jsou klíny a některé tvarové plochy.

V případě, že jsou obě poloviny nástroje slícovány postupuje se k ověření pomocí tuširovacího otisku. Místa s požadovaným otiskem jsou definována již během tvorby metodického plánu v teoretickém otisku, jehož příklad je viditelný na Obr. 5-21.



Obr. 5-21 – Teoretický otisk

Prvním krokem provedení tuširovacího otisku je oboustranné natření vkládaného nástřihu tuširovací barvou. Jedná se o velmi sofistikovanou práci, kterou musí provádět zkušená osoba tak, aby byla barva v rovnoměrné vrstvě po celé ploše. Následně se natřený nástřih vloží do lisu a provede se zkušební zdvih, který musí probíhat za dodavatelem definovaného tlaku, jelikož při vysokém tlaku bude docházet k velké deformaci a otisk bude vždy indikovat správné provedení bez nutnosti provést jakékoli změny. Správné provedení spočívá v ulpění tuširovací barvy na nástroji a odstranění z výlisku, kde zůstávají šedé plochy. Na nástroji v místech, kde neulpěla barva, i přesto že dle teoretického otisku měla být přítomna, nedošlo k dostatečnému sevření plechu a je proto nutné dále nástroj upravovat. Úpravy prováděné v této fázi jsou nejčastěji manuálního charakteru, a lze mezi ně zařadit brouskování nebo kamenování funkčních ploch. V některých případech může dojít k nutnosti dodatečného navaření materiálu (pomocí standardně používaných technologií svařování na raznici) v extrémním případě pak přefrézování celého tvaru.



Obr. 5-22 – Výlisek s tuširovací barvou [19]

5.7.6 Rozměrové a auditové požadavky

Kvalitativní parametry, které jsou u výlisků (dílů) karoserie sledovány, můžeme rozdělit do dvou kategorií.

První kategorií jsou rozměrové požadavky, které jsou z hlediska celého automobilu podstatnější a jsou řešeny primárně. Má to logický důvod, jelikož výlisky mají návaznost na další díly. Běžně užívané tolerance jsou $\pm 0,5$ mm objevují se však i tolerance $\pm 0,2$ mm. Při montáži rozměrově nevyhovujícího dílu na karoserii automobilu může dojít k nedodržení velikosti spár mezi díly, což ovlivňuje požadovaný design v krajním případě může být díl nefunkční tzn. kapota bude v kolizi s hranami blatníku nebo nebude možné usadit okno do pátých dveří. Z těchto důvodů se primárně řeší rozměrovost dílu.

Měření rozměrovosti probíhá na souřadnicových měřicích strojích. Pro každý díl existuje speciální přípravek, do kterého je v průběhu měření upnut z důvodu, aby byla zajištěna stabilita měření. Samotné měření může probíhat v různých souřadnicových systémech v závislosti na vzájemném ujednání.



Obr. 5-23 – Přípravek pro dveří [25]

Druhou kategorií jsou auditové vady, které řeší kvalitu provedení ploch. Analyzovány jsou pomocí brusného kamenu, kterým jsou plochy ve směru zakřivení přejížděny. V místech, kde nedojde k poškrábání povrchu brouskem se vyskytují povrchové vady. Těmito vadami jsou nejčastěji propadliny, přetažené hrany nebo zvlnění. Členěny jsou dle významu do tří kategorií A, B, C, kde nejvíce významnou je vada kategorie A, která je pro proces neakceptovatelná a je nutné ji odstranit.

Zbývající vady jsou za určitých okolností akceptovatelné. Závislé je to však i na fázi výroby a počtu zpracovacích smyček lisovacích nástrojů. Na níže uvedených obrázcích jsou uvedeny pro příklad dvě vady. První vadou na Obr. 5-24 je propadlina a je zde patrné místo, kde nedošlo ke kontaktu brusného kamenu s plechem. Druhou auditovou vadou na Obr. 5-25 je nebezpečně ostrý rádius, která je zřetelná při detailním zkoumání a především hmatem.



Obr. 5-24 – Auditová závada – propadlina



Obr. 5-25 – Auditová závada – ostrý rádius

Kvalita výlisků se v sériové produkci kontroluje na začátku produkce, kde se díl přebrouskuje a odstraní se potenciální závada před zahájením výroby dávky. Pokud je vše v pořádku, pokračuje se v produkci dávky, během které se kontroluje každý díl (vizuálně dle daného předpisu) zaměstnancem na konci linky, který je po kontrole zakládá do určených palet. V průběhu výroby jsou pro ověření stability procesu odebrány namátkově tři kusy, které jsou analyzovány pomocí brouskování.

Touto podkapitolou se uzavírá kapitola výroby lisovacích nástrojů. Podařilo se zde popsat všechny fáze, které je nutné absolvovat pro zhotovení nástrojů produkujících komponenty karoserie automobilu. Podkapitola shrnuje informace o jednotlivých fázích od počátku výroby polystyrenového modelu, slévání, obrábění komponent až po auditové závady, které se vyskytují na hotových výliscích.

5.8 Předání nástrojů

Poslední fází je předání do trvalého užívání určené lisovně, kde bude daný díl v produkci. Lisovna může být interního i externího charakteru nástroje však vždy zůstávají v majetku společnosti Škoda Auto a.s. po celou dobu životního cyklu výrobku, tedy i 15 let po ukončení sériové produkce, kdy je nutné zajistit dodání náhradních dílů.

Pro předání nástrojů do lisovny je nutné pro lisovací nástroje splnit několik kritérií. Mezi tato kritéria patří dosahovaný počet zdvihů, kvalita a stabilita kvality výlisků, konstrukce dle platných norem a míra prostojů v průběhu výroby lisovací dávky. Zapracování nástrojů do sériové lisovací linky z pohledu uvedených kritérií se může pohybovat i v horizontu několika let (viz Obr. 5-2) v nejhorším případě (pro dodavatele) nemusí v průběhu produkce ani k převzetí dojít.



Obr. 5-26 – Sériová linka [19]

Předáním nástroje do oddělení lisoven končí role oddělení plánování lisoven a celého výrobního procesu lisovacích nástrojů. V dalším procesu již figuruje pouze užívání nástrojů pro výrobu daných dílů a údržba. Údržba zajišťuje dohled nad technickým stavem nástrojů, dostupnost náhradních dílů, případně jejich výrobu a zajišťuje opravy v případě vzniku defektů.

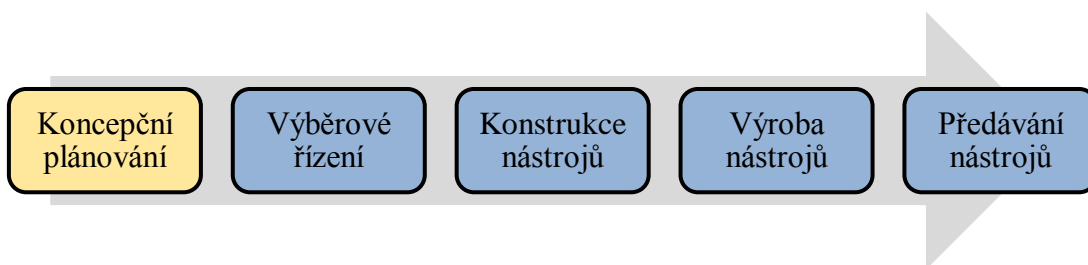
Udržuje také v provozu pneumatické, hydraulické a elektrické komponenty a zajišťuje jejich revize dle platných standardů. Identifikace rizik

Předáním nástrojů končí nejen výroba lisovacích nástrojů, ale také hlavní kapitola analýzy současného stavu jejich výroby. Začátkem jsou uvedeny úkoly oddělení plánování lisoven, termínové plány procesu vzniku samotného automobilu a také lisovacích nástrojů. Od termínových plánů se kapitola přesouvá k tomu, jak se díl navrhuje a plánuje koncept výroby. Následně jsou krátce popsána kritéria, podle kterých se hodnotí potenciální dodavatelé lisovacích nástrojů, kteří jsou odpovědní i za navazující podkapitulu konstrukce. S hotovou konstrukcí se postupuje do výrobní fáze. Kapitola se stejně jako výroba lisovacích nástrojů ukončuje předáním nástrojů do trvalého užívání.

6 IDENTIFIKACE RIZIK

Nyní se od analýzy stávajícího stavu výroby lisovacích nástrojů práce přesouvá ke kapitole identifikace rizik vyskytujících se v průběhu procesu. Pro jejich identifikaci a hodnocení je v tomto případě použita metoda identifikace a hodnocení rizik FMEA, která je podrobně popsána v kapitole 4.3.6.

Všechna rizika jsou vztažena k nástroji určenému pro výrobu blatníku. Jedná se o párový díl (levá a pravá strana automobilu). Nástroj pro výrobu je však pouze jeden, jelikož se blatník lisuje tandemově, což znamená že v jedné raznici jsou umístěny dva díly. Na jeden zdvih beranu jsou tedy vyrobeny dva díly, což snižuje celkový počet požadovaných zdvihů pro výrobu dávky.



Obr. 6-1 – Proces výroby lisovacích nástrojů

Vzhledem k aktuálnímu stavu projektu je analýza FMEA zaměřena na rizika, která se mohou vyskytovat v průběhu první fáze výroby lisovacích nástrojů, kterou je (viz Obr. 6-1) koncepční plánování. Význam této předvýrobní fáze je podstatný pro následující projektové fáze, jelikož podstatným způsobem ovlivňuje konstrukci nástroje a následně celý proces lisování dílu. U fáze koncepčního plánování se dá díky kvalitně zpracované simulaci dosáhnout jistoty vyrobitelnosti požadovaného dílu. Analýzou rizik metodického plánu lze zase navrhnout taková opatření, která povedou ke stabilitě procesu bez nežádáných prostojů.

Zbývající čtyři projektové fáze podléhají vlastním rizikům a nepochybně by se zde našlo velké množství rizik, kterým by bylo vhodné se věnovat. V případě výběrového řízení jsou však ze strany plánování lisoven poskytována pouze technická doporučení pro jednotlivé potenciální dodavatele. Konečné rozhodnutí o dodavateli je ale vždy na oddělení nákupu.

Vybraný dodavatel přebírá zodpovědnost za konstrukci a výrobu lisovacích nástrojů. Společně s odpovědností za tyto fáze pak přebírá i rizika, která se mohou v dané fázi vyskytovat. Pro příklad lze z fáze konstrukce uvést technická rizika, kterými jsou např. nevyrobitelný nástroj, nevhodná konstrukce z hlediska údržby či smontovatelnosti. Společná jsou v této fázi rizika spojená se smluvenými termíny, která je dodavatel povinen dodržovat a oddělení plánování jej pak kontrolovat.

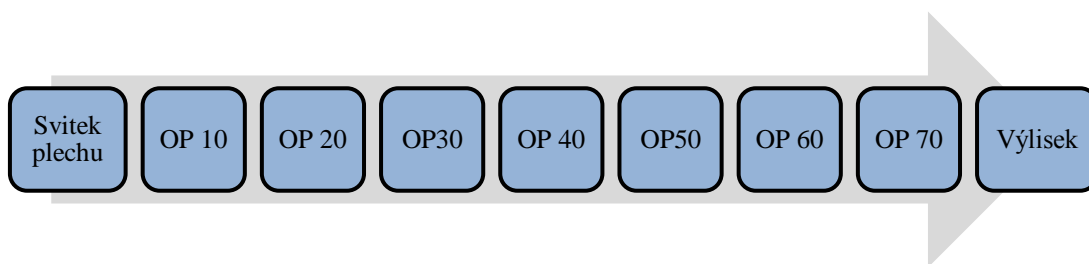
Ve výrobní fázi přebírá dodavatel rizika spojená s výrobou polystyrenových modelů, dále sléváním (během kterého se může vyskytnout pro příklad porezita, staženiny, trhliny, praskliny, nevhodná volba přísad pro obrábění), následnou tvorbou programu (např. kolize nástrojů s obrobky). Poté následuje obrábění odlitků, které je stejně jako předchozí fáze spojeno s mnoha riziky. Pouze jako příklad lze jmenovat upnutí obrobku nebo rizika spojená s obráběním kaleného materiálu. Další fází je montáž, kde hrozí poškození dílu během manipulace, nedodržení daného postupu či dokonce ztráta vyráběného dílu. Obrovským rizikem je projetí nástroje na kolizi, kde může dojít k nenávratnému poškození nástroje, což by představovalo opětovnou výrobu a velký dopad do stanoveného termínového plánu. Po vylisování prvního kusu existuje riziko praskání dílu, které je nutné odstranit.

Je tedy zřejmé, že zpracovat všechna rizika spojená s jednotlivými fázemi není možné v rozsahu několika desítek stran, proto se tato práce zabývá pouze fází koncepčního plánování. Do průběhu celého procesu výroby se zapojuje řada specialistů v daných oborech, od kterých se vyžaduje vysoce kvalifikovaná práce založená na dlouholetých zkušenostech.

V následujících podkapitolách je uveden cíl této studie, dále pak postup při identifikaci rizik a jejich následné hodnocení dle stanovených kritérií.

6.1 Cíl studie

Od prováděné analýzy FMEA se očekává identifikace a ohodnocení významu rizik, která se vyskytují v průběhu koncepčního plánování procesu lisování uvedených dílů. Proces lisování dílu se skládá z jednotlivých operací, které jsou uvedené v metodickém plánu a počet kroků je závislý na analyzovaném dílu.



Obr. 6-2 – Proces vzniku výlisku

Na Obr. 6-2 je zobrazen analyzovaný proces, kdy se ze svitku plechu průchodem operacemi lisovací linky stává požadovaný výlisek.

Analýza FMEA se zabývá hodnocením rizik v jednotlivých operacích lisování. Jedním ze vstupů pro analýzu je zpracovaná simulace vyrobitelnosti ze simulačního software AutoForm. Druhým podkladem pro analýzu je pak metodický plán zpracovaný v 3D CAD programu CATIA. Počítačová simulace a metodický plán definují celý proces lisování a je tedy možné je použít jako vstupní data pro analýzu rizik.

Tyto vstupní data pro analýzu (simulace, metodický plán) jsou dodávána vybraným dodavatelem před začátkem konstrukce lisovacích nástrojů. V době předání dat dílu dodavateli jsou již data ověřena z pohledu vyrobitelnosti ze strany Škoda Auto a je tedy jisté, že díl je lisovatelný (vyrobitelný). Následně je na dodavateli, aby stanovil takový metodický plán, který splňuje požadavky a zároveň dosahuje co nejmenší míry rizika.

Cílem analýzy je identifikovat rizika procesu v dodané simulaci a metodickém plánu, který se zpravidla liší od toho, který je zpracován interně.

P-FMEA			P-FMEA					
Měsíce	-39	-36	-24	-18	-12	-4	0	+12
1. Fáze	Koncepční plánování							
2. Fáze		Výběrové řízení						
3. Fáze			Konstrukce					

Obr. 6-3 – Zařazení FMEA z termínového hlediska

Z termínového hlediska je metoda FMEA zařazena za fázi výběrového řízení dodavatele. Po jeho vybrání jsou stanoveny společně s dodavatelem termínové plány pro výrobu lisovacích nástrojů a definován termín provedení prvního kola analýzy FMEA. Analýzu lze rozdělit do dvou částí, kde první je předvýrobní a druhou je výrobní.

6.2 Hodnotící tým

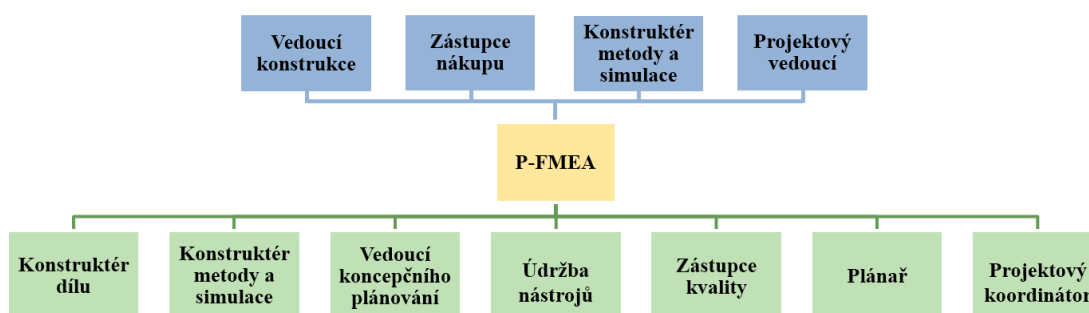
Po stanovení cílů studie rizik následuje kapitola zabývající se sestavením hodnotícího týmu. Tento tým je odpovědný za identifikaci rizik a ohodnocení rizik, která jsou obsažena v dodavatelem připravených podkladech.

Hodnotící tým je sestaven ze zástupců obou zúčastněných stran, kterými jsou Škoda Auto a.s. a vybraný dodavatel. Celý tým čítá celkem jedenáct členů, kde sedm zástupců je ze strany zadavatele (Škoda Auto a.s.) a zbývající čtyři zastupují dodavatele.

Nejprve jsou uvedeni členové ze strany zadavatele. Prvním členem je konstruktér dílu, který je odpovědný za konstrukci samotného dílu a zastupuje oddělení vývoje vozu. Hodnotí rizika z pohledu zásahu do konstrukce dílu. Druhým členem je konstruktér simulace a metodického plánu, který zastupuje oddělení koncepčního plánování a je ve firemní struktuře podřízen vedoucímu koncepčního plánování, který je třetím členem. Tito dva zástupci hledají rizika spojená s procesem lisování. Dalším, v pořadí čtvrtým, členem je zástupce údržby nástrojů, jelikož u v této fázi je nutné myslet na rizika spojená s údržbou a zástavbou jednotlivých raznic.

Důležitým členem týmu je také zástupce kvality, se kterým se hodnotí rizika spojená s auditem finálních výlisků, která jsou odhalena již v této fázi. Plánař pak přebírá roli moderátora FMEA, zapisuje zjištěná rizika do předem stanoveného protokolu a po dokončení distribuuje zápis a odpovědnosti mezi zúčastněné strany. Posledním zástupcem je projektový koordinátor, který definuje termíny dalšího setkání a sleduje termínová rizika celého projektu.

Strana dodavatele je zastoupena čtyřmi zástupci. Prvním je vedoucí konstrukce, pod kterého spadá i konstruktér odpovědný za tvorbu metody a simulace. Slouží zde především ke schválení možnosti odpracování rizik, případně jako podpora při hodnocení rizik. Vzhledem k tomu, že zastupují dodavatele, snaží se rizika bagatelizovat a jejich hodnocení nemusí odrážet realitu. Dalšími členy jsou pak zástupce nákupu a projektový vedoucí, kteří mají za úkol rizika ohodnotit z hlediska termínů a nákladů.



Obr. 6-4 – Členové hodnotícího týmu

Na výše uvedeném Obr. 6-4 jsou uvedeni členové hodnotícího týmu sestaveného pro účely zpracování analýzy FMEA. Zelenou barvou jsou zvýrazněni zástupci společnosti Škoda Auto a.s., žlutě pak zástupci ze strany dodavatele.

Oba uvedené týmy tak obsahují členy zastupující všechny zúčastněné strany. V případě externího dodavatele výlisků, je další stranou zúčastněnou na těchto schůzkách tým zastupující dodavatele. Volba a počet účastníků je však pouze vždy na vybraných dodavatelích.

6.3 Hodnotící kritéria

Pro hodnocení rizik je nutné stanovit jasná kritéria, podle kterých budou rizika ohodnocena. Tato kritéria stanovují, kolik bodů bude přiděleno pro dané riziko. Teoretické hodnoty pro hodnocení jsou uvedené v Tab. 4-2 až Tab. 4-4, avšak pro užití v praxi je nutné tabulky modifikovat.

První tabulkou, kterou je nutno modifikovat je tabulka hodnotící vznik vady. Rozdělena je do pěti kategorií dle toho, jaké změny v chystaném procesu se vyskytují. V tabulce hodnocení rizik je označena jako sloupec A.

Tab. 6-1 – Tabulka kritérií pro vznik vady

Vznik vady	A
Osvědčený proces ze sériové výroby	1
Drobné změny stávajících procesů	2 - 3
Nový proces, s implementací stávajících zkušeností	4 - 5 - 6
Nový známý proces, avšak s problematickými postupy	7 - 8
Nový proces bez znalostí	9 - 10

V pořadí druhou tabulkou, která vyžaduje modifikaci pro hodnocení procesu je stupnice popisující význam důsledku vady. Důsledky jsou rozřazeny od nejméně závažného, do kterého spadají např. poruchy které jsou očekávané a přijatelné, po závadu mimořádného charakteru. Do této kategorie ohodnocené nejvyšším počtem rizikových bodů spadají rizika ovlivňující bezpečnost, kde lze pro příklad lze uvést nevhodně zvolený úhel špičky, který nevyhovuje jak z hlediska bezpečnosti, tak i místní legislativy. Zvolená kritéria jsou uvedena v Tab. 6-2.

Tab. 6-2 – Tabulka kritérií pro hodnocení důsledku

Význam důsledku	B
Nízká závažnost, přijatelné poruchy	1
Malá závažnost vady, drobné poruchy procesu	2 - 3
Průměrná závažnost vady, zpožděná dodávka, porucha procesu, průměrné opotře- bení nebo poškození nástrojů	4 - 5 - 6
Závažná vada, vysoké opotřebení nebo poškození nástrojů, zastavení výrobní linky	7 - 8
Mimořádně závažná vada, ovlivnění bezpečnosti, nedodržení zákonů nebo kvalita- tivních požadavků	9 - 10

Poslední tabulkou vyžadující modifikaci pro hodnocení procesu je odhalení chyby v jeho průběhu. Hodnocení je stejně jako u předchozích dvou na stupnici od jedné do deseti, přičemž hodnocení stupněm jedna znamená velmi vysokou pravděpodobnost odhalení vady procesu, pro příklad na zkušenostech z předchozího projektu. Hodnotou deset je označeno takové riziko, kde je velmi malá pravděpodobnost prokázání nebo je dokonce neprokazatelné. Stupně hodnocení jsou uvedeny v Tab. 6-3.

Tab. 6-3 – Tabulka kritérií pro hodnocení odhalitelnosti

Odhalení v procesu	E
Velmi vysoká pravděpodobnost odhalení, prokázání na předchozím projektu	1
Vysoká pravděpodobnost odhalení, osvědčený způsob průkaznosti	2 - 3
Průměrná pravděpodobnost odhalení, prokázání ze stávajících procesů	4 - 5 - 6
Malá pravděpodobnost odhalení	7 - 8
Velmi malá pravděpodobnost odhalení, neprokazatelná	9 - 10

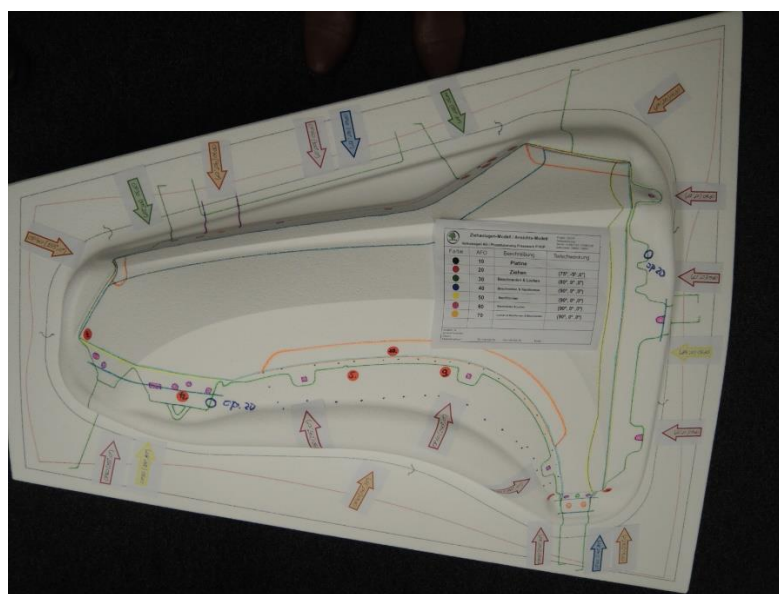
Výše uvedené modifikované tabulky jsou následně použity v části práce, kde dochází k hodnocení identifikovaných rizik na daném díle karoserie vozu.

Hranice tolerance rizika byla stanovena na hodnotu 100 RPN.

6.4 Postup při identifikaci a hodnocení rizik

Postup při FMEA analýze začíná sjednáním vhodného termínu mezi oběma zúčastněnými stranami. Za sjednání vhodného termínu, který splňuje požadavky termínového termínu odpovídá vždy plánař odpovědný za daný díl, ke kterému se FMEA termín svolává. Pro tato setkání je nutné zajistit prostory, kde je technicky možné provedení (dostatečná kapacita prostor, technické vybavení místnosti atd.).

Aby byl zaručen co nejjednodušší a nejkratší průběh, předem se zajišťují pro každý díl polystyrenové makety. Podklady pro jejich výrobu zasílá dodavatel a v případě konání FMEA analýzy v jeho prostorách, také zajišťuje jejich výrobu. Pokud se však koná termín v prostorách Škoda Auto závisí výroba na domluvě mezi zúčastněnými stranami. Zpravidla však výrobu zajišťuje Škoda Auto u svých dodavatelů (vzhledem ke snížení náročnosti na přepravu). Dodavatelům lisovacích nástrojů stačí zaslat obráběcí data, která obsahují kromě dat pro obrobení dílu také barevně odlišené čáry značící dělení odpadu. Příklad takové polystyrenové makety je uveden na Obr. 6-5.



Obr. 6-5 – Polystyrenová maketa

Polystyrenová maketa pak slouží k označení míst, kde se nachází potenciální procesní rizika. Místa jsou označena pomocí červených bodů a následně moderátorem (v tomto případě plánařem) zaznamenána do FMEA protokolu. Takto identifikovaná rizika jsou ihned celým hodnotícím týmem ohodnocena dle tabulek uvedených v kapitole 6.3.

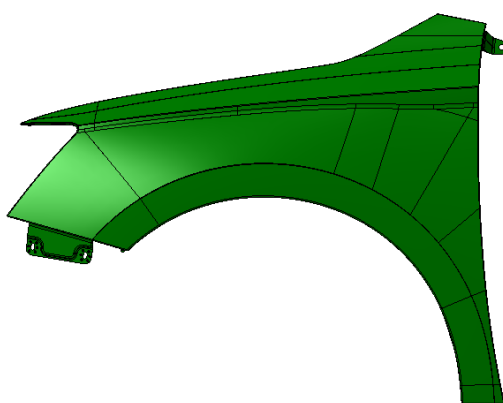
Aby byl zkrácen nutný čas pro analýzu jednotlivých dílů, je po dodavateli požadováno zaslání dat pro simulaci a metodický plán s dostatečným časovým předstihem. Mnoho rizik je díky tomu odhaleno konstruktérem Škoda Auto již před začátkem samotné schůzky. Tato rizika identifikovaná daným konstruktérem jsou poté představena a hodnocena celou skupinou sestavenou za tímto účelem. Následně probíhá diskuze (případně technická doporučení) o nápravných opatřeních, která jsou po dodavateli požadována k implementaci. Tato navržená mají za cíl eliminaci nebo úplné odstranění rizika.

Obvyklé trvání prvního kola schůzek je v řádu dnů, závislé je to však na počtu složitosti dílů. Pro zde analyzovaný blatník se počítá jeden pracovní den. Druhé kolo, kde by měla být implementována nápravná opatření stanovená v prvním kole, trvá zhruba polovinu času. Není však výjimkou, že jsou zde zjištěna z aktualizované simulace nová rizika, která je nutná odstranit před zahájením konstrukce.

Na závěr analýzy, kdy jsou identifikovaná rizika ohodnocena a definována nápravná opatření se postupuje k vyplnění FAP protokolu, který slouží k detailní definici požadavků pro konstrukci jednotlivých operací. Další kapitola této práce se již věnuje samotné identifikaci a hodnocení rizik na nástroji určenému pro lisování blatníku automobilu.

6.5 Identifikovaná rizika

Předmětem analýzy FMEA je nástroj určený pro lisování blatníku karoserie automobilu. Jedná se o plechový výlisek, který tvoří pohledovou část automobilu, proto jsou na něj kladeny vysoké kvalitativní požadavky. Jakýkoli nedostatek v povrchové části je při prvním pohledu na automobil viditelný. Z hlediska technologie lisování se jedná o jeden z nejsložitějších dílů pro výrobu. Konstrukce obsahuje v porovnání s ostatními nástroji větší podíl vyráběných dílů a klínů. Mnohdy zde navrhované tvary oddělením designu naráží na limity této technologie.



Obr. 6-6 – Blatník automobilu

Z důvodu projektové fáze zde není možné uvést obrázek dílu pro který je nástroj určen, jelikož stále podléhá utajení. Z těchto důvodů je zde uveden pouze příklad vyobrazený na Obr. 6-6.

Na základě uvedeného postupu v kapitole 6.4 byla provedena analýza FMEA pro tento nástroj. V průběhu analýzy bylo pro proces lisování blatníku zjištěno celkem padesát rizik, jejichž rozpětí hodnot RPN je od hodnoty 105 po hodnotu 448. Všechna rizika jsou rozdělena do celkem deseti skupin dle funkce a operace. Identifikovaná rizika jsou seřazena od nejvyšší hodnoty RPN, kterou má riziko č. 1 po nejnižší. Tabulky vypovídají o čísle rizika, dané funkci (skupině) a v ní vznikající vadě. Následně je popsán důsledek identifikovaných rizik. V posledních čtyřech sloupcích je hodnocení rizika z pohledu vzniku, významu, odhalení a následně spočítaná hodnota RPN, která vypovídá o celkovém potenciálním riziku.

V následujících tabulkách jsou uvedena rizika skrze deset definovaných skupin. První tabulkou je Tab. 6-4, která popisuje identifikovaná rizika v OP 20. Jedná se o tahovou operaci, ve které je definována největší část tvaru výsledného výlisku. Z její důležitosti vyplývá i nejvyšší počet identifikovaných rizik.

Tab. 6-4 – Rizika v OP 20

Číslo	Funkce	Možná vada	Možný důsledek	Příčina	Vznik	Význam	Odhalení	Možné riziko RPN
5	OP 20	Přetažené hrany v přední části a u A-sloupku	Vzhledová vada	Přetažení hrany o více než 5 mm	8	8	4	256
7	OP 20	Praskání v oblasti A-sloupku	Neshodný díl	Kvalita hrany kanálu	8	8	4	256
19	OP 20	Přetažená hrana nahoru o cca 5 mm	Vzhledová vada	Navržený tvar stříhu	8	8	3	192
23	OP 20	Předvedená simulace nezajišťuje ostrou hranu v oblasti Tornádo linie	Vzhledová vada	Simulace neodpovídající výrobě	5	8	4	160
24	OP 20	Praskání výlisku v oblasti špičky a paty	Neshodný díl	Náročné tahové poměry	5	6	5	150
25	OP 20	Propadliny v horní části	Vzhledová vada	Náročné tahové poměry	5	6	5	150
27	OP 20	Využití plechu	Vyšší spotřeba materiálu	Náročné tahové poměry	5	6	5	150
43	OP 20	Špatně založený nástřih	Neshodný díl	Plánovaná změna tloušťky plechu z 0,65 na 0,6mm	5	5	5	125
44	OP 20	Přetažení Tornádo linie Linie v přední části blatníku	Vzhledové vady	Plánovaná změna tloušťky plechu z 0,65 na 0,6mm	5	5	5	125
51	OP 20	Propadliny v oblasti Tornádo Linie u A sloupku	Vzhledové vady	Stříhání v jedné operaci	5	7	3	105

V OP 20 bylo identifikováno celkem deset rizik. Ve třech případech se jedná o přetažení hrany, což může mít za důsledek vznik problémů při kontrolách kvality, tím že zde dojde ke vzhledovým vadám. Ve dvou případech se jedná o riziko spojené s praskáním dílu. Důsledkem tohoto praskání je pak vyrobení neshodného dílu. Dvakrát se zde vyskytuje i možná vada spojená se vznikem propadlin na díle, jejímž důsledkem jsou viditelné vzhledové vady. Riziko číslo 23 souvisí s provedením Tornádo linií.

Jedná se o designovou hranu, která má začátek v oblasti předního světlometu a probíhá přes celou osu automobilu tedy blatník, povrchové dveře, postranici až po zadní světlomet. Možná vada je, že nebude dosažena dostatečná ostrost této hrany a tím i vznik auditové vady. Další riziko spojené s využitím plechu, které je označováno jako MNG. Možnou vadou je v případě tohoto rizika využití materiálu, které bude mít za důsledek vyšší spotřebu materiálu a s tím spojené zvýšení nákladů. Poslední vadou v OP 20 je pak špatně založený nástřih, který může zapříčinit vylisování neshodného dílu.

Níže uvedená Tab. 6-5 popisuje rizika, která mohou vznikat v OP 30. V této operaci probíhá řez přebytečného materiálu a děrování. Celkem zde bylo identifikováno pět rizik v rozpětí 105 až 250 RPN..

Tab. 6-5 – Rizika v OP 30

Číslo	Funkce	Možná vada	Možný důsledek	Příčina	Vznik	Význam	Odhalení	Možné riziko RPN
8	OP 30	Nelze vystříhnout otvory (střih pod 25°)	Nelisovatelné	Chybí "měsíčky" R 0,5 v oblasti napojení řezů	5	10	5	250
14	OP 30	Značení hrany lemu u výkroje kola	Vzhledová vada	Navržený tvar výlisku	7	8	4	224
28	OP 30	Vznik otřepů v oblasti střihů přichytky u A sloupku	Zalisování otřepů nebo poranění pracovníka o grotty	Komplikovaný tvar vysoké stojiny	5	6	5	150
41	OP 30	Praskání výlisku u patky v horní části u A sloupku	Neshodný díl	Náročné tahové poměry	7	6	3	126
49	OP 30	Nedodržení maximálních střížných úhlů (do 15°)	Komplikace při výrobě	Náročné tahové poměry	5	7	3	105

V případě OP 30 se jedná o dvě vady spojené se střížnými úhly, které mohou konkrétně zapříčinit nelisovatelnost dílu, případně pak mohou vznikat komplikace při výrobě například snížení životnosti řezných vložek. Dalším rizikem je značení hrany lemu v oblasti předního kola. V této oblasti je riziko vzniku vzhledových vad. Čtvrté riziko souvisí se vznikem otřepů, které vznikají po střihu materiálu.

U těchto otřepů může dojít k jejich zalisování do dílu. Dalším důsledkem je potenciální zranění pracovníka, který obsluhuje dopravníkový pás, ze kterého odebírá výlisky do připravených palet určených pro další přepravu. V pořadí pátým rizikem je praskání výlisku v oblasti horní části A-sloupku. Důsledkem tohoto rizika může nastat výroba neshodných kusů s danými požadavky.

Následující operací procesu lisování je OP 40, ve které probíhá tvarování, ořez zbývajících částí a děrování otvorů. Rizika jsou zpracována v Tab. 6-6 a celkem zde bylo identifikováno devět rizik.

Tab. 6-6 – Rizika v OP 40

Číslo	Funkce	Možná vada	Možný důsledek	Příčina	Vznik	Význam	Odhalení	Možné riziko
9	OP 40	Chybný odpad v oblasti horní části styku s postranicí	Vážne, prostoje	Předepsaný technický tvar	9	9	3	243
10	OP 40	Chybný odpad výkroje kola	Vážne, prostoje	Chybí klín pro tvarování špičky	10	8	3	240
11	OP 40	Otřepy v oblasti napojení řezů	Poranění pracovníka	Chybí klín pro tvarování špičky	10	8	3	240
16	OP 40	Praskání v kanálu u paty A-sloupku	Neshodný díl	Simulace není zcela připravená, jen pro op. 20	10	7	3	210
20	OP 40	Nelze vystřihnout otvory (střih pod 25°)	Nelisovatelné	Změny v projektu	10	9	2	180
29	OP 40	Zvlnění dosedací plochy ke dveřím u A sloupku v oblasti hrany Tornádo linie	Nekvalitní dosedací plocha a vzhledová vada	Ve výkresu předepsán odlišný materiál	10	5	3	150
30	OP 40	Nedodržení tvaru prolisu u kapoty	Neshodný díl	Ve výkresu předepsán odlišný materiál	10	5	3	150
34	OP 40	Zvlnění v oblasti nárazníku	Vzhledová vada	Navržená metody lisování	5	6	5	150
42	OP 40	Zvlnění výlisku stojiny	Vzhledová vada	Náročné tahové poměry	7	6	3	126

V této operaci jsou jako dvě nejvýznamnější rizika identifikována ta, která jsou spojená s dělením odpadu. V prvním případě se jedná o odpad umístěný v horní oblasti, kde dochází ke styku s postranicí. Druhým případem je odpad v oblasti výkroje kola.

Obě vady spojené s dělením odpadu mohou mít následně za důsledek jeho uvážnutí v odpadovém skluzu z čehož při produkci plynout prostoje lisovací linky. Stejně jako v OP 30 se zde opět vyskytují problémy se vznikem otřepů, díky nimž může dojít k pracovnímu úrazu obsluhy dopravníku. Dalším rizikem je praskání dílu v oblasti kanálu A-sloupku, což může zapříčinit produkci neshodného dílu. V pořadí pátým rizikem jsou stříh otvorů, které překračují požadovanou hodnotu úhlu. V případě, že nebude tento úhel dodržen důsledek může být, že nástroj nebude schopen produkovat výlisky. Obsahem výčtu rizik OP 40 jsou také rizika zvlnění ve třech partiích, konkrétně pak v oblasti nárazníku, stojny a Tornado linie. Ve všech případech je důsledkem auditová vada viditelná na výlisku. Posledním identifikovaným rizikem pro danou operaci je nedodržení tvaru prolisu v oblasti kapoty, která má za důsledek neshodný díl.

Analýza rizik navazující OP 50, v níž probíhá tvarování a ořez, je uvedena v Tab. 6-7, kde byla identifikována čtyři rizika souvisejících s touto operací.

Tab. 6-7 – Rizika v OP 50

Číslo	Funkce	Možná vada	Možný důsledek	Příčina	Vznik	Význam	Odhalení	Možné riziko
17	OP 50	Zvlnění v oblasti nárazníku	Vzhledová vada	Navržené střížné křivky nesplňují max 15°	5	8	5	200
38	OP 50	Zvlnění v oblasti A-sloupku	Vzhledová vada	Stříhané hrany jsou téměř paralelní	5	7	4	140
39	OP 50	Praskání výlisku v technologické ploše	Výrobní problémy	Navržený tvar oblasti	8	2	8	128
40	OP 50	Přetah ve výkroji kola	Komplikace při korekcích	Ohyb vodního kanálu bez přidržovače	8	4	4	128

Dvě rizika jsou spojena se zvlněním. V prvním případě se jedná o oblast nárazníku, v tom druhém pak oblast A-sloupku. Důsledek obou změn je vzhledová vada viditelná na svařené karoserii. Dalším rizikem je praskání výlisku v oblasti technologické plochy, kde mohou následně vznikat problémy spojené s výrobou. Čtvrtým rizikem je vznik přesahu ve výkroji, který může způsobit komplikace při korekcích nástroje.

Proces pokračuje OP 60, kde probíhá tvarování zbytků dílu. Čtyři identifikovaná rizika v této operaci jsou uvedena v Tab. 6-8.

Tab. 6-8 – Rizika v OP 60

Číslo	Funkce	Možná vada	Možný důsledek	Příčina	Vznik	Význam	Odhalení	Možné riziko
12	OP 60	Chybí značení dílu	Díl nelze identifikovat	Není zpracován průchodový plán pro linku	7	8	4	224
13	OP 60	Zvlnění držáku pod nárazníkem	Vzhledová vada	Náročné tahové poměry	8	7	4	224
31	OP 60	Díl nelze založit z důvodu nevhodného úhlu lemu podběhu pro stříh otvoru	Výrobní problémy	Navržený tvar výlisku	5	6	5	150
36	OP 60	Praskání rádiusu v oblasti upevnění blatníku ke kapotě u A sloupku	Neshodný díl	Chybné nastavení simulace	7	7	3	147

Prvním rizikem je chybějící značení dílu, díky němuž jej není možné dále v procesu identifikovat (rozeznat). Značení dílu zpravidla obsahuje číslo dílu, logo Škoda Auto a číslo výrobní dávky. Druhým identifikovaným rizikem je zvlnění držáku, který je umístěn pod nárazníkem. Důsledkem tohoto zvlnění je vznik vzhledové vady případně problémy při montáži dílu. Třetí riziko se věnuje založení dílu do nástroje, které není možné provést z důvodu úhlu lemu. Pokud by bylo toto riziko akceptováno, daly by se očekávat výrobní problémy spojené právě se zakládáním. Poslední, tedy čtvrté riziko OP 60 je praskání rádiusu v oblasti upevnění blatníku ke kapotě. Praskání v této oblasti může mít za důsledek lisování neshodného dílu.

V Tab. 6-9 jsou uvedena rizika spjatá přímo s nástrojem dané OP 70, kde probíhá tvarování, ořez a děrování. Zjištěna zde byla dvě rizika, z nichž však jedno dosahuje nejvyšší hodnoty celé FMEA analýzy.

Tab. 6-9 – Rizika v OP 70

Číslo	Funkce	Možná vada	Možný důsledek	Příčina	Vznik	Význam	Odhalení	Možné riziko
1	OP 70	Nelze zastavět nástroje	Nevyrobitelný díl	FAP protokol nebyl předložen	8	8	7	448
35	OP 70	Chybí značení dílu	Díl nelze identifikovat	Uzavřený tvar odpadu	7	7	3	147

V dané operaci bylo jako největší riziko identifikováno riziko související se zástavbou nástroje. Konkrétně bylo v průběhu analýzy zjištěno, že není možné zastavět požadovaný počet razníků pro stříh otvorů v oblasti kola. V tomto případě, kdy není možné zastavět požadované razníky do nástroje je důsledkem rizika nevyrobitelný díl stávající navrhovanou metodou. Druhé riziko, souvisí opět se značením dílu, které je rozdělené do dvou operací. Značení dílu chybí, stejně jako v předchozí operaci, důsledkem čehož je díl neidentifikovatelný v dalších procesech.

Následující skupiny rizik jsou rozděleny dle dané funkce, nebo konkrétnímu problému. První skupinou tohoto typu je skupina data, kde byly identifikována dvě rizika. Uvedena jsou níže v Tab. 6-10.

Tab. 6-10 – Rizika spojená s daty

Číslo	Funkce	Možná vada	Možný důsledek	Příčina	Vznik	Význam	Odhalení	Možné riziko
26	Data	Chybí FAP protokol na jednotlivé operace	Nelze prověřit vypracování jednotlivých operací	Nezpracován dodavatelem	5	6	5	150
50	Data	Nejsou k dispozici	Nelze připravit simulaci	Stříh do ostrého úhlu	5	7	3	105

První riziko je spojeno s nedodáním FAP předvyplněného protokolu dodavatelem. Tento dokument slouží pro definici konstrukce a je jedním z požadavků dodávky. Důsledkem nedodání protokolu nelze prověřit zpracování jednotlivých nástrojů. Druhé riziko vzniká nedodáním aktuálních dat ze strany vývoje, důsledkem čehož nelze zpracovat simulaci na aktuální data k danému datumu.

Další skupinou jsou rizika spojená s počítačovou simulací. Uvedena jsou v Tab. 6-11, ve které bylo identifikováno celkem sedm relevantních rizik.

Tab. 6-11 – Rizika v počítačové simulaci

Číslo	Funkce	Možná vada	Možný důsledek	Příčina	Vznik	Význam	Odhacení	Možné riziko
2	Simulace	V modelu použit rozdílný materiál	Nepřesná simulace	Nevhodně nastavená počítačová simulace	8	8	5	320
4	Simulace	Simulace neodpovídá tloušťce plechu	Problémy při lisování a nepřesnosti	Nastavení počítačové simulace	8	7	5	280
18	Simulace	Nevytažení L-zony na 3,5 %	Vzhledová vada	Malý nástřih	8	8	3	192
32	Simulace	Simulace neodpovídá směru válcování	Nepřesná simulace	Ve výkresu předepsán jiný materiál	10	5	3	150
37	Simulace	Nevytaženo v linii auta	Vzhledová vada	Navržená poloha nožů	5	7	4	140
45	Simulace	Neaktuální	Nelze vyrobit	Změny konstrukce	5	8	3	120
46	Simulace	Nevytaženo u kapoty v přední části	Vzhledová vada	Nevhodný úhel stříhu	5	8	3	120

V dodané počítačové simulaci se vyskytuje použití rozdílného materiálu. V tomto případě jsou dodána data pro simulaci nepřesná a mohou být zkrácena. Rizikem, které je opět spojeno s materiálem je použití jiné tloušťky použitého plechu, což může způsobovat problémy při lisování a nepřesnosti simulace. V simulaci se také vyskytují tři problémy, kdy dochází k nevytažení materiálu v oblastech L-zóny, linii auta a v přední části v místech kapoty. Důsledkem zmíněných rizik je vznik auditových vzhledových vad. Jedno z identifikovaných rizik vyplývá z neodpovídajícího směru válcování výlisku což zapříčiňuje další nepřesnost simulace. Poslední identifikované riziko k simulaci je neaktuálnost simulace, ze které může plynout nevyrobitelnost dílu.

Předposlední skupinou jsou rizika spjatá se středěním výlisku do jednotlivých nástrojů daných operací. Uvedena jsou v Tab. 6-12.

Tab. 6-12 – Rizika středění

Číslo	Funkce	Možná vada	Možný důsledek	Příčina	Vznik	Význam	Odhalení	Možné riziko
6	Středění	Neustředěno	Prostoje	Chybějící dorazy	8	8	4	256
47	Středění	Neodpadnutí odpadu středících jazýčků	Komplikace při výrobě	Navržené tahové poměry	7	2	8	112

Prvním rizikem je neustředění plechu v nástroji, ze kterého může plynout vznik vad daného dílu nebo prostoje. Druhým identifikovaným rizikem je neodpadnutí středících jazýčku, které jsou užívány pro středění. Důsledkem neodpadávání těchto jazýčků může dojít ke komplikacím v průběhu výroby, které se týkají kupení odpadů v určitých částech nástroje.

Poslední Tab. 6-13 se věnuje rizikům v oblasti špičky, která je z pohledu konstrukce nástrojů velmi složitá a z těchto důvodů byla tato rizika zařazena do vlastní skupiny. Skupina obsahuje celkem pět identifikovaných rizik. Špička blatníku je umístěna v oblasti mezi předním světlometem a kapotou.

Tab. 6-13 – Rizika v oblasti špičky

Číslo	Funkce	Možná vada	Možný důsledek	Příčina	Vznik	Význam	Odhalení	Možné riziko
3	Špička	Nelze vytvarovat	Neshodný díl	Gravitace dílu a přidržení umožňuje pohyb až o 13 cm	9	8	4	288
15	Špička	Zvlnění v partii špičky	Vzhledová vada	Navržení tvaru výlisku	6	7	5	210
21	Špička	Zaseknutí odpadu při stříhu u špičky	Prostoje	Náročné tahové poměry	5	8	4	160
22	Špička	Zvlnění v partii špičky	Vzhledová vada	Namožení dílu	5	8	4	160
48	Špička	Městnání materiálu	Vzhledová vada, komplikace při výrobě	Založení bez pomoci mechanizace	2	9	6	108

V pořadí prvním rizikem spojeným se špičkou je nemožnost jejího vytvarování dle dodané simulace důsledkem čímž může dojít k výrobě neshodného dílu. Dvě identifikovaná rizika se týkají zvlnění materiálu v partii špičky a mají za důsledek vzhledové vady. Vzájemně se liší v příčině jejich vzniku, kdy jedno je způsobeno tvarem výlisku a druhé pak namožením dílu v dané partii. Další riziko zvažuje vznik zaseknutí odpadu při stříhu v okolí špičky, což může způsobit hromadění odpadu v nástroji a z toho plynoucí prostoje lisovací linky. Poslední riziko je spojeno s městnáním materiálu, které má za důsledek vznik vzhledové vady a komplikací při výrobě.

V této kapitole se tedy podařilo na začátku definovat cíle studie, stanovit hodnotící tým a kritéria hodnocení pro jednotlivá rizika. Poté zde byl popsán postup analýzy FMEA pro fázi koncepčního plánování. V poslední podkapitole se pak podařilo identifikovat a dle stanovených kritérií ohodnotit celkem 50 rizik, pro nástroj určený k lisování blatníku. Rizika jsou rozčleněna pro lepší přehlednost do deseti skupin. Šest skupin je vztažených přímo k danému nástroji. Zbylé čtyři se pak věnují detailněji dodaným CAD datům, počítačové simulaci, středění polotovaru do nástroje a poslední skupina oblastí špičky blatníku z hlediska lisovatelnosti.

7 NÁVRH PREVENTIVNÍCH OPATŘENÍ

Součástí FMEA analýzy je k identifikovaným rizikům nalézt řešení. Řešení daného rizika by mělo vést k jeho celkovému odstranění, nebo alespoň jeho eliminaci takovým způsobem, že dojde ke snížení jeho důsledků na minimální požadovanou hranici.

Vzhledem k vysokému počtu identifikovaných rizik je nutné rozřadit je dle priority do skupin. Pro tento účel se nabízí využití Paretovy analýzy, která říká že 20 % rizik ovlivňuje zbývajících 80 %. Určení poměru vždy závisí na potřebách pro daný příklad. Na takto identifikovaná rizika jsou následně navržena preventivní opatření, která jsou vzhledem ke své důležitosti řešena podrobněji. Zbývajících rizik jsou uvedena v tabulkách, přičemž u každého rizika je navrženo preventivní opatření vedoucí k jeho částečné nebo celkové eliminaci.

7.1 Paretova analýza

V následující podkapitole je aplikována Paretova analýza na rizika identifikovaná metodou FMEA. Celkem zde bylo v procesu koncepčního plánování identifikováno padesát rizik, kterými je nutno se zabývat. Aby byl určen počet těch, které nejvíce ovlivňují daný proces byla rizika sloučena skrze skupiny, do kterých jsou rozdělena.

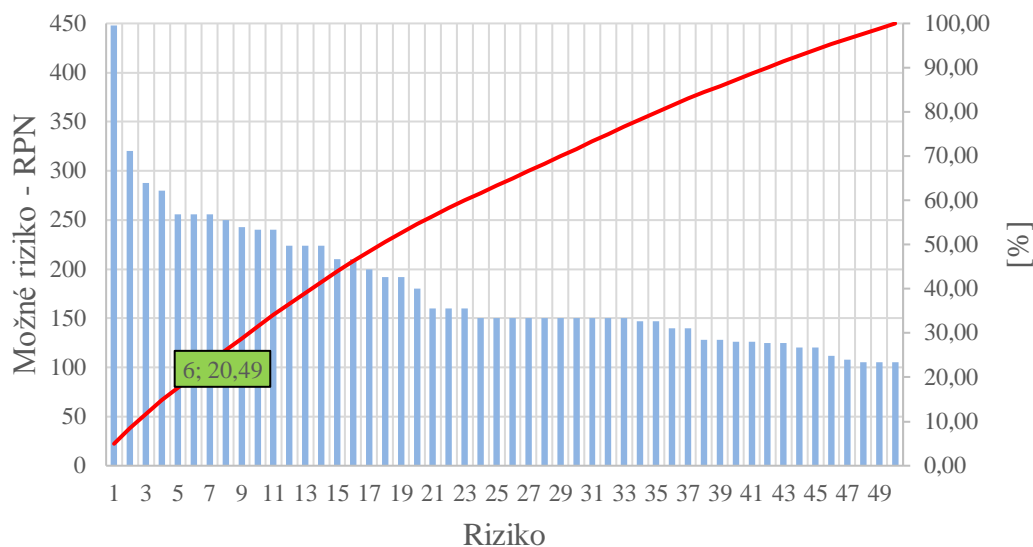
Takto sloučená rizika byla seřazena dle možného rizika RPN od největšího po nejmenší a následně vyhodnocena. Z vypočteného kumulativního součtu a kumulativní četnosti uvedených v Tab. 7-1 byl sestaven graf pro Paretovu analýzu, který je uveden na Obr. 7-1.

Tab. 7-1 – Data pro Paretovu analýzu

Číslo rizika	Kumulativní suma [RPN]	Kumulativní četnost [%]	Číslo rizika	Kumulativní suma [RPN]	Kumulativní četnost [%]	Číslo rizika	Kumulativní suma [RPN]	Kumulativní četnost [%]
1	448	5,0	18	4561	50,6	35	7207	79,9
2	768	8,5	19	4753	52,7	36	7347	81,5
3	1056	11,7	20	4933	54,7	37	7487	83,0
4	1336	14,8	21	5093	56,5	38	7615	84,4
5	1592	17,6	22	5253	58,2	39	7743	85,8
6	1848	20,5	23	5413	60,0	40	7869	87,2
7	2104	23,3	24	5563	61,7	41	7995	88,6
8	2354	26,1	25	5713	63,3	42	8120	90,0
9	2597	28,8	26	5863	65,0	43	8245	91,4
10	2837	31,5	27	6013	66,7	44	8365	92,7
11	3077	34,1	28	6163	68,3	45	8485	94,1
12	3301	36,6	29	6313	70,0	46	8597	95,3
13	3525	39,1	30	6463	71,7	47	8705	96,5
14	3749	41,6	31	6613	73,3	48	8810	97,7
15	3959	43,9	32	6763	75,0	49	8915	98,8
16	4169	46,2	33	6913	76,6	50	9020	100,0
17	4369	48,4	34	7060	78,3			

K provedení Paretovy analýzy slouží data uvedená v Tab. 7-1 ze kterých byla počítána kumulativní suma a kumulativní četnost. Z těchto dat byl následně sestaven graf pro Paretovu analýzu uvedený na Obr. 7-1. Kumulativní četnost identifikuje, že mezi prioritní rizika budou zařazena ta s pořadovým číslem jedna až šest.

Paretova analýza



Obr. 7-1 – Graf Paretovy analýzy

Z uvedeného grafu vyplývá, že hranici 20 % překonává kumulativní četnost u rizika číslo šest. Dále je zde patrný význam možné vady prvního rizika, které je vzhledem k ostatním velmi vysoké a jeho hodnota kumulativní četnosti činí 5 %. Zbýlých pět rizik z prioritní skupiny nevykazuje mezi sebou příliš velký rozdíl v hodnotě RPN.

Rizika zařazená do druhé, méně prioritní, kategorie vykazují lineární klesající trend po riziko s pořadovým číslem 24. Od tohoto rizika je deset rizik konstantních a následuje opět klesající trend až do hodnoty 105 RPN u rizika s číslem 50.

Pomocí Paretovy analýzy byla rizika rozdělena do dvou skupin. První skupina s vysokou prioritou obsahuje celkem šest rizik spojených s lisovacími nástroji. Druhá skupina zahrnuje zbývající rizika, kterých je celkem čtyřicet pět.

7.2 Řešení pro prioritní rizika

V následující podkapitole jsou detailněji rozebrána rizika z první prioritní skupiny. Pro přehlednost jsou daná rizika uvedena v Tab. 7-2, kde jsou seřazena dle možného rizika vyjádřeného v RPN od největšího po nejmenší.

Tab. 7-2 – Prioritní rizika

Číslo	Funkce	Možná vada	Možný důsledek	Příčina	Vznik	Význam	Odhalení	Možné riziko
1	OP 70	Nelze zastavět nástroje	Nevyrobitelný díl	FAP protokol nebyl předložen	8	8	7	448
2	Simulace	V modelu použit rozdílný materiál	Nepřesná simulace	Nevhodně nastavená počítačová simulace	8	8	5	320
3	Špička	Nelze vytvarovat	Neshodný díl	Gravitace dílu a přidržení umožňuje pohyb až o 13 cm	9	8	4	288
4	Simulace	Simulace neodpovídá tloušťce plechu	Problémy při lisování	Nastavení počítačové simulace	8	7	5	280
5	OP 20	Přetažené hrany v přední části a u A-sloupku	Vzhledová vada	Přetažení hrany o více než 5 mm	8	8	4	256
6	Středění	Neustředěno	Prostoje	Kvalita hrany kanálu	8	8	4	256

Riziko č. 1 – OP 70

Jedná se o riziko spojené s operací 70, ve které probíhá tvarování dílu, jeho ořez přebývajících částí plechu a děrování zbývajících děr v oblasti kola. Vzhledem k pokročilé fázi projektu se jedná o riziko, které může mít negativní vliv na termínový plán výroby lisovacích nástrojů.



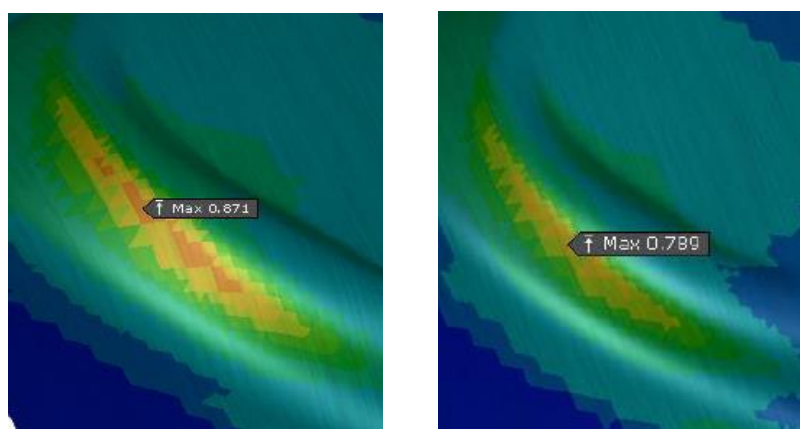
Obr. 7-2 – Klín pro děrování [26]

Z designu dílu týkajícího se této oblasti vyplývá zastavení velkého počtu klínů určených pro děrování otvorů, které není možné konstrukčně umístit do nástroje pro operaci 70. Příklad klínů určených pro děrování je uvedený na Obr. 7-2.

Řešením pro odstranění tohoto rizika je změna metodického plánu pro lisování blatníku. Konkrétně je nutné, vzhledem k možnosti tyto klíny do raznice zastavět, rozdělit stříh otvorů do dvou operací. Razníky, které nejsou kolizní je možné ponechat a zbylé je nutné přesunout do OP 60. Díky rozdělení děrování otvorů do dvou operací bude možné zastavět děrovací klíny do raznice a nebude docházet ke konstrukčním kolizím mezi střížnými klíny.

Riziko č. 2 - Simulace

Druhé prioritní riziko je spojené s počítačovou simulací v programu Autoform. Představená simulace neodpovídá procesním požadavkům pro lisování dílu v daném lisovacím nástroji z hlediska použitého materiálu. Použitý materiál pro lisovaný díl v simulaci neodpovídá materiálu uvedenému v datech odeslaných dodavateli.



Obr. 7-3 – Odlišnosti v materiálech

Na Obr. 7-3 je vyobrazeno riziko praskání materiálu. Obě simulace mají stejné základní nastavení s rozdílem použitého materiálu. Výsledky jsou však díky použití materiálu s jinými vlastnostmi odlišné. Díky nastavení odlišného materiálu může mít simulace ve více případech (než je tento jeden uvedený) odlišné výsledky.

Pro odstranění rizika spojeného s použitým materiálem je nutné upravit nastavení a přepočítat stávající počítačovou simulaci. Jestliže nedojde k přepočítání simulace, hrozí neakceptování provedené práce dodavatele a nepřipuštění do konstrukční fáze projektu. Z této skutečnosti by hrozil vznik dalších nákladů spojených s

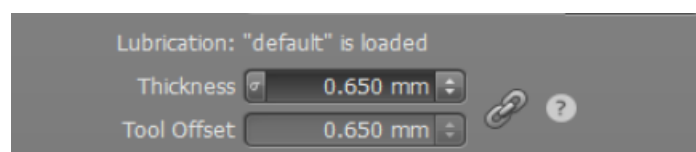
Riziko č. 3 - Špička

V pořadí třetí riziko s vysokou prioritou se vztahuje k oblasti špičky blatníku. Jedná se z hlediska technologie o velmi náročnou partii daného dílu, a proto je nutné ji věnovat patřičnou pozornost. V tomto případě se jedná o nemožnost vytvarovat tuto část s možným důsledkem v podobě výroby neshodného dílu. Příčinou rizika je pohyb dílu v nástroji až o 13 cm, který je neakceptovatelný z hlediska lisování.

Navrhovaným řešením pro toto riziko je tedy zamezit pohybu nástřihu v dané operaci. Toho lze dosáhnout zajištěním nástřihu pomocí konstrukčních opatření, která spočívají v umístění středících kolíků. K těmto středícím kolíkům (dorazům) je nástřih doražen a zajištěn proti pohybu v lisovacím nástroji.

Riziko č.4 - Simulace

Čtvrté riziko je stejně jako druhé spojeno s počítačovou simulací lisování daného dílu. V tomto případě se jedná o riziko plynoucího z nastavení simulace, kde je použita odlišná tloušťka materiálu.

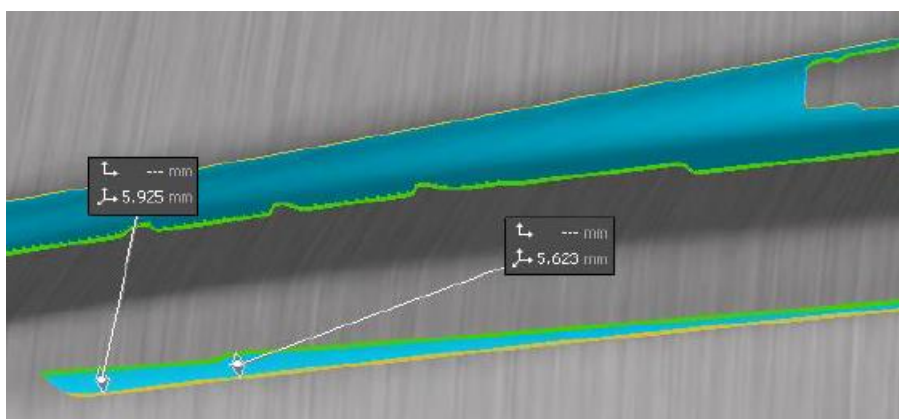


Obr. 7-4 – Nastavení simulace

Požadavek a navrhované opatření pro snížení rizika je tedy následující. Dodavatel je povinen odstranit tuto nesrovnalost, optimalizovat tahové poměry a dodat novou simulaci s upraveným nastavením dle technických vlastností lisovaného dílu. V případě nedodání není simulace adekvátní pro celý proces, a tudíž všechny nástroje účastníci se lisování.

Riziko č. 5 – OP 20

Riziko s pořadovým číslem pět se týká nástroje operace 20, ve kterém dochází k tažení základního tvaru celého dílu. Dochází zde k riziku vzniku přetažených hran v přední části dílu a v oblasti A-sloupku. Důsledkem toho, zde může docházet ke vzniku vzhledových vad odhalených při auditu kvality.



Obr. 7-5 – Přetažená hrana

Na Obr. 7-5 je zřetelná přetažená hrana v simulaci výroby dílu vznikající operací 20. Řešením tohoto rizika je provedení optimalizace tahových poměrů v počítačové simulaci. Možnost optimalizace tahových poměrů spočívá v přítlaku brzd, které jsou umístěné na přídržovači a matici.

Riziko č. 6 - Středění

Poslední riziko identifikované jako prioritní je spojeno se středěním nástřihu do lisovacího nástroje. Důsledkem tohoto rizika může docházet při lisování k prostojům lisovací linky, případně výrobě neshodných dílů a tím plýtvání materiálu.

Řešením pro eliminaci tohoto rizika je doplnit dorazy, které zajistí přesnou polohu dílu v nástroji. Dále je nutné s dodavatelem projednat během konstrukční fáze zástavbu daného nástroje, ve kterém není zajištěno středění.

Tímto tedy končí podkapitola, která se zabývá návrhem řešení pro šest rizik, která byla definována jako prioritní pomocí Paretovy analýzy. Podařilo se zde pro identifikovaná rizika podrobněji popsat řešení, které vede k eliminaci jeho výše.

7.3 Řešení pro rizika bez zvýšené priority

V následující podkapitole jsou v tabulkách navržena řešení pro ta rizika, kterým nebyla pomocí Paretovy analýzy přiřazena vyšší priorita a ovlivňují tak celý proces menším podílem. Rozdělení je opět dle určených skupin v kapitole 6.5.

První skupinou jsou řešení pro rizika objevující se v OP 20, uvedená jsou níže v Tab. 7-3.

Tab. 7-3 – Opatření pro OP 20

Číslo	Funkce	Možná vada	Doporučená opatření
5	OP 20	Přetažené hrany v přední části a u A-sloupku	Provést optimalizaci tahových poměrů novou počítačovou simulací, odladit v simulaci 3 x Tornádo linii, např. úpravou přitlaku brzd
7	OP 20	Praskání v oblasti A-sloupku	Provést optimalizaci tahových poměrů novou počítačovou simulací
19	OP 20	Přetažená hrana nahoru o cca 5 mm	Upravit rozvinutý tvar řezu dle výsledku nové počítačové simulace
23	OP 20	Předvedená simulace nezajišťuje ostrou hranu v oblasti Tornádo linie	Odladit v simulaci minimální přetažení hran
24	OP 20	Praskání výlisku v oblasti špičky a paty	Optimalizovat plochy pro lepší vytažení
25	OP 20	Propadliny v horní části	Optimalizovat technologickou plochu
27	OP 20	Provéřit využití plechu	Optimalizovat přetažení hrany
42	OP 20	Špatně založený nástřih	Představit simulaci na materiál 0,6 mm
43	OP 20	Přetažení Tornádo linie Linie v přední části blatníku	Představit simulaci na materiál 0,6 mm
50	OP 20	Propadliny v oblasti Tornádo Linie u A sloupku	Rozdělit do dvou operací

Doporučení navrhovaná pro OP 20 souvisejí především s optimalizací počítačové simulaci, tak aby byla odstraněna rizika, která vznikají v průběhu procesu lisování. Ve dvou případech se jedná o řešení změnou tloušťky materiálu v simulaci.

Následující Tab. 7-4 navrhuje opatření pro proces lisování v operaci číslo 30.

Tab. 7-4 – Opatření pro OP 30

Číslo	Funkce	Možná vada	Doporučená opatření
8	OP 30	Nelze vystříhnout otvory (stříh pod 25°)	Doplnit měsíčky do technické dokumentace
14	OP 30	Značení hrany lemu u výkroje kola	Navrhnout úpravu ostříhu dílu doplněním výkusu
28	OP 30	Vznik otřepů v oblasti stříhů přichytky u A sloupku	Optimalizovat stojinu
40	OP 30	Praskání výlisku u patky v horní části u A sloupku	Upravit simulaci v oblasti špičky
48	OP 30	Nedodržení maximálních střížných úhlů (do 15°)	Optimalizovat v simulaci

Vzhledem k charakteru vad jsou zde na rozdíl od operace 20 doporučení pro eliminaci rizik rozmanitější. V prvním případě se jedná o doporučení k doplnění měsíčků do technické dokumentace, dále pak úpravě ostříhu dílu. Třetí v tabulce uvedené riziko souvisí se změnou konstrukce dílu. Poslední dvě rizika se vztahují k optimalizaci počítačové simulace.

Tab. 7-5 – Opatření pro OP 40

Číslo	Funkce	Možná vada	Doporučená opatření
9	OP 40	Chybný odpad v oblasti horní části styku s postranicí	Navrhnout úpravu tvaru otvorů
10	OP 40	Chybný odpad výkroje kola	Doplnit klín pro tvarování špičky
11	OP 40	Jehly v oblasti napojení řezů	Doplnit klín pro tvarování špičky
16	OP 40	Praskání v kanálu u paty A-sloupku	Představit simulaci na poslední stav dat a pro všechny operace
20	OP 40	Nelze vystříhnout otvory (stříh pod 25°)	Zaslat nová data pro přípravu nové simulace
29	OP 40	Zvlnění dosedací plochy ke dveřím u A sloupku v oblasti hrany Tornádo linie	Představit novou simulaci pro odlišný materiál a dle výsledků rozhodnout o použitém materiálu
30	OP 40	Nedodržení tvaru prolisu u kapoty	Představit novou simulaci pro odlišný materiál a dle výsledků rozhodnout o použitém materiálu
33	OP 40	Zvlnění v oblasti nárazníku	Odladit v simulaci
41	OP 40	Zvlnění výlisku stojiny	Upravit simulaci v oblasti špičky

V Tab. 7-5 jsou navrhovaná řešení vztahující se k operaci 40. Navrhované řešení pro první riziko je spojeno s designem dílu a požaduje změnu tvaru otvorů. Následuje řešení spočívající v doplnění klínů do nástroje, které jsou určeny pro tvarování špičky. Zbývající navrhovaná řešení souvisejí opět s konkrétní změnou počítačové simulace

Tab. 7-6 – Opatření pro OP 50

Číslo	Funkce	Možná vada	Doporučená opatření
17	OP 50	Zvlnění v oblasti nárazníku	Upravit stříh pro lepší střížné úhly do 15°
37	OP 50	Zvlnění v oblasti A-sloupku	Otevřít stříhané hrany a zvětšit radiusy ve výkusech
38	OP 50	Praskání výlisku v technologické ploše	Vypracovat novou počítačovou simulaci a minimalizovat možnost proláklín
39	OP 50	Malý přetah ve výkroji kola	Eliminovat zvlnění v oblasti vodního kanálu použitím nátláčného předržovače na klínu

Návrh preventivních opatření pokračuje skupinou související s operací 50. První dvě doporučení jsou vztahena k metodickému plánu, přičemž první navrhuje úpravu střížných úhlů. Druhé doporučení požaduje otevření střížných hran a zvětšení rádiusů. Preventivní opatření pro operaci 50 požaduje vypracování nové simulace s minimalizací možnosti proláklín. Poslední opatření požaduje eliminování zvlnění v oblasti vodního kanálu začleněním klínu do konstrukce nástroje.

Tab. 7-7 – Opatření pro OP 70

Číslo	Funkce	Možná vada	Doporučená opatření
12	OP 60	Chybí značení dílu	Doplnit průchodový plán
13	OP 60	Zvlnění držáku pod nárazníkem	Odladit v simulaci úpravou brzdných lišt
31	OP 60	Díl nelze založit z důvodu nevhodného úhlu lemu podběhu pro stříh otvoru	Odladit v simulace na co nejlepší stav vytažení, doplnit stupeň na vytažení
35	OP 60	Praskání rádiusu v oblasti upevnění blatníku ke kapotě u A sloupku	Vypracovat novou počítačovou simulaci dle posledního stavu CAD dat a požadavků Škoda a předložit

První opatření pro operaci 60, uvedené v Tab. 7-7 se vztahuje k doplnění chybějícího průchodového plánu linkou. Zbývající tři opatření se týkají počítačové simulace, ve které je nutné potenciální rizika optimalizovat.

Tab. 7-8 – Opatření pro OP 70

Číslo	Funkce	Možná vada	Doporučená opatření
1	OP 70	Nelze zastavět nástroje	Změna metodického plánu – zaslat před opakování FMEA s novou simulací do firmy Škoda
34	OP 70	Chybí značení dílu	Otevřít více úhel rozstřihovacích nožů

V Tab. 7-8 se nachází opatření vztahená ke konkrétní operaci, kterou je OP 70. Opatření pro první riziko je detailně popsáno v kapitole 7.2. Druhé navrhované opatření se týká úhlu otevření rozstřihovacích nožů, které slouží k dělení odpadu. Díky otevření úhlu rozstřihovacích nožů pak bude možné umístit razník určený pro značení dílu.

Tab. 7-9 – Opatření pro data

Číslo	Funkce	Možná vada	Doporučená opatření
26	Data	Chybí FAP protokol na jednotlivé operace	Dodat předvyplněný FAP protokol
49	Data	Nejsou k dispozici	Dodat aktuální data

Navrhovaná opatření pro data se týkají FAP protokolu, který je nutno požadovat po dodavateli a druhé opatření je požadovat po oddělení vývoje aktuální data pro lisovaný díl.

Tab. 7-10 – Opatření pro simulaci

Číslo	Funkce	Možná vada	Doporučená opatření
2	Simulace	V modelu použit rozdílný materiál	Vytvořit novou simulaci pro aktuální materiál
4	Simulace	Simulace neodpovídá tloušťce plechu	Provést optimalizaci tahových poměrů novou počítačovou simulací
18	Simulace	Nevytažení L-zony na 3,5 %	Upravit nástřih
32	Simulace	Simulace neodpovídá směru válcování	Představit novou simulaci pro odlišný materiál a dle výsledků rozhodnout o použitém materiálu
36	Simulace	Nevytaženo v linii auta	Upravit úhel nožů
44	Simulace	Neaktuální	Představit simulaci na aktuální data
45	Simulace	Nevytaženo u kapoty v přední části	Upravit úhel plochy

Opatření vztažená k simulaci jsou uvedena ve výše uvedené Tab. 7-10. První opatření se týká použitého materiálu v simulaci. Druhé požaduje po dodavateli dodání nové simulace s optimalizovanými tahovými poměry. Pro riziko nevytažení L-zóny je navrhovaným opatřením úprava nástřihu. V případě čtvrtého navrhovaného opatření se navrhuje použití odlišného materiálu a následné porovnání simulací. Na základě těchto simulací následně společně se zainteresovanými stranami rozhodnout o použitém materiálu. Následuje doporučené opatření pro úpravu nožů a úhlu plochy. Závěrem je nutné zmínit doporučení týkající se simulace pro aktuální data.

Tab. 7-11 – Opatření pro středění

Číslo	Funkce	Možná vada	Doporučená opatření
6	Středění	Neustředěno	Projednat zástavbu nástrojů
46	Středění	Neodpadnutí odpadu středících jayčků	Vypracovat novou počítačovou simulaci

Pro první riziko uvedené v Tab. 7-11 spojené se středěním dílu v nástroji je opatření rozepsáno v kapitole 7.2. Opatření pro druhé riziko spočívá v aktualizaci počítačové simulace.

Poslední skupina navrhovaných opatření se nachází v Tab. 7-12. Tato opatření se týkají špičky blatníku. První navrhované se nachází mezi prioritními opatřeními a je detailně rozepsáno v kapitole 7.2. Následující opatření se týká optimalizace metodického plánu, konkrétně pak tvaru a geometrie stříhu. Třetí zde uvedené opatření souvisí s optimalizací simulace. Pro odstranění možné vady týkající se zvlnění v oblasti špičky je navrhována konstrukční změna dílu. U pátého rizika je nutné prověřit, zda bude nutné prohnout nástřih při zakládání dílu pomocí mechanizace.

Tab. 7-12 – Opatření pro špičku

Číslo	Funkce	Možná vada	Doporučená opatření
3	Špička	Nelze vytvarovat	Navrhnout jisté navedení nástřihu do lisu
15	Špička	Zvlnění v partii špičky	Optimalizovat tvar a geometrii stříhu
21	Špička	Zaseknutí odpadu při stříhu u špičky	Odladit v simulaci
22	Špička	Zvlnění v partii špičky	Optimalizovat tvar dílu
47	Špička	Městnání materiálu	Provéřít, zda bude nutno prohnout nástřih při zakládání pomocí mechanizace

V kapitole návrhu preventivních opatření bylo na začátku rozděleno padesát identifikovaných rizik do dvou kategorií na základě aplikace Paretovy analýzy. Díky provedení analýzy bylo zjištěno, že prvních šest rizik ovlivňuje ta zbývající významným poměrem 20:80. Druhá podkapitola se věnuje návrhu řešení pro rizika se zvýšenou prioritou. Zde jsou uvedeny konkrétní řešení pro eliminaci původně ohodnoceného rizika. Na tato navrhovaná řešení přímo navazuje podkapitola, která uvádí řešení pro rizika, kterým nebyla udělena zvýšená priorita. Doporučená opatření jsou uvedena v tabulkách, které jsou rozděleny dle daných kategorií. Ke každé tabulce náleží krátký text přibližující doporučené opatření.

8 TECHNICKO-EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ

Tato kapitola se zabývá technicko-ekonomickým zhodnocením provedené analýzy FMEA. Pro zjištění jejího přínosu je nutné stanovit náklady na její provedení a následně je porovnat s přínosy, které nám poskytla. Vzhledem k tomu, že eliminací rizik se snižuje jejich dopad je složité odhadovat vzniklé náklady pro všechna rizika. Dále výši nákladů podstatně ovlivňuje, kdy bude dané riziko odhaleno. Pro příklad lze uvést změnu metodického plánu vzhledem ke konstrukci dílu. Provést změnu metodického plánu ve fázi koncepčního plánování v porovnání se změnou při obrábění je z hlediska nákladů markantní rozdíl. Zde uvedené kalkulace nákladů jsou proto uvedeny k fázi koncepčního plánování.

Prvním krokem je spočítání nákladů pro provedení analýzy FMEA. Rozpad nákladů je uveden v následující Tab. 8-1.

Tab. 8-1 – Náklady na provedení analýzy

Náklady Škoda Auto a.s.		Náklady dodavatel	
Mzdové náklady	71 951 Kč	Mzdové náklady – odhad	65 000 Kč
Počet pracovních hodin v měsíci	150 hod.	Počet pracovních hodin v měsíci	150 Kč
Hodinová mzda	480 Kč	Hodinová mzda	433 Kč
Počet hodin pro analýzu FMEA	12 hod.	Počet hodin pro analýzu FMEA	12
Počet účastníků	7	Počet účastníků	4
Celkem člověkohodin	84	Celkem člověkohodin	48
Režijní náklady	5 000 Kč	Polystyrenová maketa	10 000 Kč
		Doprava	200 000 Kč
Suma nákladů	45 293 Kč	Suma nákladů	220 800 Kč

V uvedené tabulce je rozpad nákladů spojených s provedením analýzy FMEA. Mzdové náklady jsou počítány z průměrné superhrubé mzdy, kterou je povinen zaměstnavatel uhradit. Ta je následně podělena počtem pracovních hodin v kalendářním měsíci pro získání nákladů za hodinovou mzdu. Z hodinového požadavku na provedení analýzy a počtu účastníků pak lze dopočítat mzdové náklady. Po přičtení režijních nákladů dostáváme sumu nákladů potřebnou pro FMEA.

Z pohledu dodavatele jsou náklady mnohem vyšší vzhledem k tomu, že pochází ze vzdálené destinace a musí využít leteckou dopravu. Dále také hradí ze svého rozpočtu náklady na výrobu polystyrenové makety, která slouží pro potřeby analýzy. Mzdové náklady jsou odhadnuty na základě zkušeností s tamním trhem.

K identifikovaným rizikům se vztahuje doporučení k provedení nové počítačové simulace. Náklad spojené s provedením zde záleží na rozsahu prováděných změn. Pokud je nutné předělat celou simulaci, což je v tomto konkrétním případě nástrojů pro blatník požadováno, jedná se o rozsah prací v podobě tří pracovních týdnů. Kalkulace nákladů pro provedení nové simulace je uvedena v Tab. 8-2

Tab. 8-2 – Náklady nové simulace

Kalkulace nákladů pro simulaci	
Rozsah prací	120 hod.
Hodinová taxa	2 125 Kč
Suma nákladů	255 000 Kč

Rozsah prací pro přepracování a tvorbu nové simulace je stanoven na základě zkušenosti z předchozích projektů. Hodinová taxa odpovídá interním nákladům v případě časového skluzu nebo nedostatku interních kapacit je však nutné vyčlenit tuto práci externímu dodavateli. Vzhledem k tomu, že je nutné externí firmě uhradit i zisk, který má v hodinové taxě započítány, může se cena práce lišit o daný rozdíl. V praxi se v takovém případě připočítává zhruba 9 %.

Zbývající dvě navrhovaná opatření souvisejí s náklady v konstrukční fázi nástroje. Jedná se o navržení navedení nástřihu do lisu a projednání zástavby nástrojů. V tomto konkrétním případě lze odhadovat náklady na navrhovaná opatření pouze na základě zkušeností. Předpoklad je zapracování změn v rámci pracovního týdne. Rozpočet je uveden v Tab. 8-3.

Tab. 8-3 – Náklady na konstrukci

Kalkulace nákladů pro konstrukci	
Rozsah prací	40 hod.
Hodinová taxa	2 125 Kč
Suma nákladů	85 000 Kč

Následně je zde uvedena analýza nákladů důsledků, které by vznikly v případě neodstranění rizik spojených s prostoji a vzhledovými vadami ve fázi koncepčního plánování. První jsou uvedeny rizika spojená s prostoji sériové linky.

Spočítány jsou potenciální náklady, ke kterým by došlo v případě, že k neustředění dílu by docházelo třikrát během hodiny produkce dílu.

Tab. 8-4 – Náklady na prostoje

Náklady spojené s prostojevodostí	
Roční objem výroby	50 000 ks
Počet zdvihů lisu za hodinu celkem	360 zdvihů/hod.
Hodiny nutné k lisování	140 hod./rok
Zdvih	185 Kč
Propadlé zdvihy za 3 minuty	18 zdvihů
Náklady na prostoje	3 330 Kč/hod.
Náklady za rok	466 200 Kč
Náklady za životnost nástroje	4 195 800 Kč

Ve výpočtu uvedeném v Tab. 8-4 se počítá se třemi způsobenými prostoji od nezajištěného středění dílu. Délka trvání prostoje je uvažována jednu minutu. Z ročního objemu výroby a počtu zdvihů za hodinu jsou spočítány roční hodinové požadavky pro lisování. Cena zdvihu a počet propadlých zdvihů za minutu pak určují náklady na prostoje způsobené neustředěním za hodinu. Od této částky jsou dopočítány náklad na prostoje za rok a za životnost nástroje.

Druhým důsledkem jsou vzhledové vady způsobené nedostatečným zapracováním nástroje. Pokud by tedy nebylo odstraněno riziko jejímž důsledkem jsou vzhledové vady, mohlo by dojít k navýšení nákladů na zapracování. Výše nákladů je závislá na charakteru a velikosti vzhledové vady. V extrémních případech může dojít k opětovnému frézování nástroje. Kalkulace předpokládá zapracování nástroje a odstranění vady v horizontu dvou pracovních týdnů. Celkové náklady jsou uvedené v Tab. 8-5

Tab. 8-5 – Náklady na zapracování

Kalkulace nákladů pro vzhledovou vadu	
Rozsah prací	80 hod.
Hodinová taxa	1 625 Kč
Suma nákladů	130 000 Kč

V této kapitole byly na začátku kalkulovány náklady na provedení analýzy FMEA, kde byla zjištěna výše nákladů ze strany Škoda Auto suma 45 293 Kč. Ze strany dodavatele se jedná o 213 200 Kč. Vysoká částka, je způsobena především náklady na leteckou dopravu. Následně je uvedena kalkulace pro vznik nové simulace, která je počítána s hodinovou taxou používanou pro interní účely. Vypočítané náklady dosahují výše 255 000 Kč. Náklady navrhovaného opatření spojeného s konstrukcí jsou počítány na 85 000 Kč. Další výpočet nákladů je spojen s prostoji sériové lisovací linky při neodstranění rizika se středěním dílu. U těch byla spočítána roční výše 466 200 Kč a za životnost nástroje pak 4 195 000 Kč. Poslední kalkulací je suma nákladů pro odstranění vzhledové vady, které byla stanovena odhadem času nutného pro zapracování nástroje.

9 ZÁVĚR

Cílem diplomové práce bylo provedení identifikace a ohodnocení rizik procesu výroby lisovacích nástrojů ve fázi koncepčního plánování. Konkrétně nástroje určené pro výrobu blatníku.

Práce začíná teoretickou částí, která se věnuje technologii tváření, do které lisování za studena spadá. Uvedeno je zde rozdělení dle teploty tváření, tepelného efektu, stupně deformace a působení vnějších sil. Na tuto kapitolu plynule navazuje část zabývající se metodami hodnocení rizik. Ve svém začátku uvádí terminologii, která se používá v managementu rizik. V další části je popsán proces posuzování rizika, po které následuje část detailně popisující šest metod určených pro hodnocení rizik. Konkrétně se jedná o metodu HAZOP - Studie nebezpečí a provozuschopnosti, PHA – Předběžná analýza nebezpečí, SWIFT – Co když, ETA – Analýza stromu událostí a FTA:- Analýza stromu poruchových stavů. Poslední uvedenou je metoda FMEA, která je popsána nejdetailněji, jelikož je aplikována v navazující praktické části.

Praktická část začíná pátou kapitolou zabývající se analýzou současného stavu procesu. Začátkem kapitoly je popsána úloha oddělení plánování lisoven společně s popisem termínového plánu vývoje nového modelu automobilu. Následuje popis termínového plánu pro výrobu lisovacích nástrojů a jeho implantace do termínového plánu vývoje automobilu. Po ujasnění obsahu těchto plánů je detailně rozebrán proces výroby lisovacích nástrojů. Jeho první fází je koncepční plánování, ve kterém probíhá počítačová simulace lisování a stanovení metodického plánu. Paralelně s ním probíhá vývoj konstrukce dílu. Koncepční plánování je následováno fází procesu, která se věnuje konstrukci lisovacích nástrojů. Následuje podrobný popis procesu výroby od slévání metodou spalitelného modelu, přes obrábění a montáž po zapracování nástrojů pro sériovou produkci a předání do správy lisoven.

V šesté kapitole byl uveden cíl studie FMEA a stanoven hodnotící tým, který čítá celkem jedenáct členů. Pro hodnocení rizik jsou zde stanovena specifická hodnotící kritéria sloužící k aplikaci na analyzovaný proces. Následně byl popsán průběh procesu identifikace a hodnocení rizik. Výsledkem analýzy rizik pomocí metody FMEA je celkem padesát rizik týkajících se koncepční fáze výroby lisovacích nástrojů.

Ta byla na základě funkce rozdělena do deseti skupin. Nejvyšší dosahovaná hodnota rizika dle stanovených kritérií je 448 RPN, nejnižší pak 105 RPN.

V sedmé kapitole pak byla rizika rozdělena pomocí Paretovy analýzy do dvou kategorií dle priority. Do první kategorie bylo touto metodou zařazeno šest rizik, na která jsou zde podrobněji popsána a následně jsou na ně navrženy konkrétní preventivní opatření. V druhé skupině se nachází zbývající rizika, kterým nebyla udělena priorita. K těmto rizikům jsou zde formou tabulek uvedena nápravná opatření.

V poslední kapitole je uvedeno technicko-ekonomické zhodnocení navrhovaných opatření s udělenou prioritou. Náklady na provedení analýzy ze strany Škoda Auto a.s. jsou vyčísleny na 45 293 Kč ze strany dodavatele dosahují hodnoty 220 800 Kč. Doporučené opatření v podobě zpracování nové simulace bylo z pohledu nákladů zkalkulováno na 255 000 Kč. Konstrukční práce byly vyčísleny na 85 000 Kč. Náklady spojené s důsledkem vzniku prostojů jsou 466 200 Kč za rok a důsledek odstranění vzhledových vad byl vyčíslen na 130 000 Kč.

Prostřednictvím zde uvedených kapitol došlo k naplnění požadovaných cílů diplomové práce.

10 BIBLIOGRAFIE

- [1] Historie Škoda. *Škoda Auto* [online]. Mladá Boleslav: Škoda Auto a.s., 2019 [cit. 2019-04-02]. Dostupné z: <https://www.skoda-auto.cz/onas/historie>
- [2] Laurin & Klement Voiturette A: Prvnímu automobilu z Mladé Boleslavi je 110 let. *Auto.cz* [online]. Praha: CZECH NEWS CENTER a.s., 2015 [cit. 2019-04-02]. Dostupné z: https://img2.auto.cz/img/29/normal690/4677727_male-vozy-v0.jpg?v=0
- [3] Rekordní počet vyrobených vozů ŠKODA v ČR v roce 2018. *Škoda Auto* [online]. Mladá Boleslav: Škoda Auto a.s., 2019 [cit. 2019-04-02]. Dostupné z: <https://www.skoda-auto.cz/novinky/novinky-detail/2019-01-24-vyroba-2018>
- [4] Výroční zpráva 2018. *Škoda Auto* [online]. Mladá Boleslav: Škoda Auto a.s., 2019 [cit. 2019-04-02]. Dostupné z: https://cdn.skoda-storyboard.com/2019/03/SKODA_2018_CZE.pdf
- [5] SEZNAMTE SE: ŠKODA VISION iV. In: *Škoda Storyboard* [online]. Mladá Boleslav: Škoda Auto a.s., 2019 [cit. 2019-04-02]. Dostupné z: <https://cdn.skoda-storyboard.com/2019/03/skoda-vision-iv-geneva-side-view-photo-1920x1280.jpg>
- [6] LEGENFELD, Petr. *Technologie II. Technologie II.* 3. vyd. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2016.
- [7] Rizika (Risks). *Managementmania.com* [online]. Wilmington: Managementmania.com, 2018 [cit. 2019-04-28]. Dostupné z: <https://managementmania.com/cs/rizika>

- [8] SMEJKAL, Vladimír a Karel RAIS. *Řízení rizik ve firmách a jiných organizacích*. 3., rozš. a aktualiz. vyd. Praha: Grada, 2010. Expert (Grada). ISBN 978-80-247-3051-6.
- [9] ČSN ISO 31 000. *Management rizik: Směrnice*. 2. vyd. Praha: Česká agentura pro standardizaci, 2018.
- [10] BARKER, Stephen a Rob COLE. *Projektový management pro praxi*. 1. Praha: Grada, 2009. Management (Grada). ISBN 978-80-247-2838-4.
- [11] KORECKÝ, Michal a Václav TRKOVSKÝ. *Management rizik projektů: se zaměřením na projekty v průmyslových podnicích*. 1. vyd. Praha: Grada, 2011. Expert (Grada). ISBN 978-80-247-3221-3.
- [12] LORENC, Miroslav. Paretova analýza. In: *Lorenc.info* [online]. Praha, 2010 [cit. 2019-05-25]. Dostupné z: <https://lorenc.info/obrazky/3MA381/graf-paretova-analyza.png>
- [13] ČSN ISO 31 010. *Management rizik: Techniky posuzování rizik*. 1 vyd. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, 2011.
- [14] BUJNA, Marián a Beloev HRISTO. *Tools of Risk management in Production processes*. 1. vyd. Ruse: University of Ruse, 2015. ISBN 978-954-712-654-1.
- [15] ČARSKÝ, M. Identifikace a vyhodnocení rizik chemických procesů. In: *KVIC* [online]. Praha: VSCHT, 2008 [cit. 2019-06-12]. Dostupné z: <https://www.kvic.cz/soubor/1354/Kvantitativnianalyzarizik.pdf>
- [16] RUSEK, Jan. *Identifikace možných vad a jejich prevence ve výrobě kompozitních dílů*. Brno, 2016. Diplomová práce. VUT v Brně, Fakulta strojního inženýrství. Vedoucí práce Ing. Luboš Kotek, Ph.D.

- [17] PERNET, Vojtěch. *FMEA – Analýza možností vzniku vad a jejich následků*. Interní dokument Škoda Auto a.s. Mladá Boleslav, 2010.
- [18] PEETERS, J.F.W., R.J.I. BASTEN a T. TINGA. Improving failure analysis efficiency by combining FTA and FMEA in a recursive manner. *Reliability Engineering & System Safety*. 2018, **172**(172), 36-44. DOI: 10.1016/j.ress.2017.11.024. ISSN 09518320. Dostupné také z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0951832017304192>
- [19] VODĚROVÁ, Milena. *Plánování lisoven*. Interní dokument Škoda Auto a.s. Mladá Boleslav, 2016.
- [20] *Proces vzniku výrobku*. Interní dokument Škoda Auto a.s. Mladá Boleslav, 2010.
- [21] GÜNTNER, Hofbauer. Strategische Lieferantenauswahl. *Working papers* [online]. Ingolstadt: Technische Hochschule, 2015, **36**, 51 [cit. 2019-06-15]. ISSN 1612-6483. Dostupné z: https://www.thi.de/fileadmin/daten/Working_Papers/thi_workingpaper_36_hofbauer.pdf
- [22] ROMANOVSKIJ, Viktor. *Příručka pro lisování za studena*. 2. vyd. Praha: SNTL, 1959.
- [23] CHALOUPECKÝ, Petr. *Konstrukce a výroba karosářského lisovacího nářadí*. Interní dokument Škoda Auto a.s. Mladá Boleslav, 2013.
- [24] LEVCHENKO, Denys. *Materiály pro lisovací nástroje*. Interní dokument Škoda Auto a.s. Mladá Boleslav, 2013.
- [25] *Příklady uchycení pro CMM*. Interní dokument Škoda Auto a.s. Mladá Boleslav, 2019.

- [26] General Description of Cam Unit. In: *Sankyo Oilless Industry* [online]. Tokyo: Sankyo Oilless Industry, 2017 [cit. 2019-06-27]. Dostupné z: http://www.sankyo-oilless.co.jp/english/products/files/cam_unit.pdf

11 SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 2-1 – Voiturette A [2].....	11
Obr. 2-2 – Koncepční vůz Škoda Vision iV [5]	13
Obr. 3-1 – Rozdělení tváření podle teploty [6]	14
Obr. 3-2 – Rozdělní tváření podle tepelného efektu [6]	16
Obr. 3-3 – Rozdělení podle působení vnějších sil [6]	18
Obr. 4-1 – Všeobecné druhy rizik [7]	19
Obr. 4-2 – Proces posuzování rizika	24
Obr. 4-3 – Příklad Paretovy analýzy [12]	25
Obr. 4-4 – Přehled uvedených metod	29
Obr. 4-5 – Příklad strom událostí [15].....	34
Obr. 4-6 – FTA strom [13].....	36
Obr. 4-7 – Legenda pro FTA strom [13].....	37
Obr. 4-8 – Rozdělení FMEA [16].....	40
Obr. 4-9 – Všeobecný postup pro analýzu FMEA [13]	42
Obr. 4-10 – Složení FMEA týmu [17]	46
Obr. 5-1 – Proces výroby lisovacích nástrojů	50
Obr. 5-2 – Časová osa jednotlivých fází.....	51
Obr. 5-3 – Přehled výlisků [19].....	52
Obr. 5-4 – Milníky výroby nového vozu [20].....	53
Obr. 5-5 – Termínový plán výroby.....	55
Obr. 5-6 – Od skici po elektronická data [19].....	57
Obr. 5-7 – Analýza STRAK.....	58
Obr. 5-8 – Výstupy analýzy vyrobiteľnosti	59
Obr. 5-9 – Metodický plán [19].....	60

Obr. 5-10 – Součásti lisovacích nástrojů [22]	63
Obr. 5-11 – Lisovací nástroj.....	63
Obr. 5-12 – Operace 20.....	64
Obr. 5-13 – Operace 50.....	65
Obr. 5-14 – Simulace průchodu linkou [23]	66
Obr. 5-15 – Proces výroby nástrojů	67
Obr. 5-16 – Polystyrenový model [19]	68
Obr. 5-17 – Plnění formy tekutým kovem [19].....	69
Obr. 5-18 – Tvorba NC programu [23].....	71
Obr. 5-19 – CNC obrábění [19].....	71
Obr. 5-20 – Montáž spodního dílu raznice [19]	72
Obr. 5-21 – Teoretický otisk	74
Obr. 5-22 – Výlisek s tuširovací barvou [19].....	74
Obr. 5-23 – Přípravek pro dveří [25]	75
Obr. 5-24 – Auditová závada – propadlina	76
Obr. 5-25 – Auditová závada – ostrý rádius.....	76
Obr. 5-26 – Sériová linka [19].....	77
Obr. 6-1 – Proces výroby lisovacích nástrojů	79
Obr. 6-2 – Proces vzniku výlisku	81
Obr. 6-3 – Zařazení FMEA z termínového hlediska	82
Obr. 6-4 – Členové hodnotícího týmu	83
Obr. 6-5 – Polystyrenová maketa	86
Obr. 6-6 – Blatník automobilu	88
Obr. 7-1 – Graf Paretovy analýzy.....	100
Obr. 7-2 – Klín pro děrování [26].....	101
Obr. 7-3 – Odlišnosti v materiálech.....	102

Obr. 7-4 – Nastavení simulace	103
Obr. 7-5 – Přetažená hrana	104

12 SEZNAM TABULEK

Tab. 2-1 – Celosvětově vyrobené vozy [4]	12
Tab. 4-1 – Příklad tabulky pro metodu FMEA [17]	43
Tab. 4-2 – Význam vady	44
Tab. 4-3 – Četnost závad.....	45
Tab. 4-4 – Odhalitelnost vady	45
Tab. 5-1 – Požadavky na dodavatele [21]	61
Tab. 5-2 – Materiály pro výrobu lisovacích nástrojů. [24]	69
Tab. 6-1 – Tabulka kritérií pro vznik vady	84
Tab. 6-2 – Tabulka kritérií pro hodnocení důsledku	85
Tab. 6-3 – Tabulka kritérií pro hodnocení odhalitelnosti	85
Tab. 6-4 – Rizika v OP 20.....	89
Tab. 6-5 – Rizika v OP 30.....	90
Tab. 6-6 – Rizika v OP 40.....	91
Tab. 6-7 – Rizika v OP 50.....	92
Tab. 6-8 – Rizika v OP 60.....	93
Tab. 6-9 – Rizika v OP 70.....	94
Tab. 6-10 – Rizika spojená s daty.....	94
Tab. 6-11 – Rizika v počítačové simulaci.....	95
Tab. 6-12 – Rizika středění	96
Tab. 6-13 – Rizika v oblasti špičky	96
Tab. 7-1 – Data pro Paretovu analýzu	99
Tab. 7-2 – Prioritní rizika.....	101
Tab. 7-3 – Opatření pro OP 20.....	105
Tab. 7-4 – Opatření pro OP 30.....	106

Tab. 7-5 – Opatření pro OP 40	106
Tab. 7-6 – Opatření pro OP 50	107
Tab. 7-7 – Opatření pro OP 70	107
Tab. 7-8 – Opatření pro OP 70	108
Tab. 7-9 – Opatření pro data	108
Tab. 7-10 – Opatření pro simulaci	109
Tab. 7-11 – Opatření pro středění	109
Tab. 7-12 – Opatření pro špičku	110
Tab. 8-1 – Náklady na provedení analýzy	111
Tab. 8-2 – Náklady nové simulace	112
Tab. 8-3 – Náklady na konstrukci	113
Tab. 8-4 – Náklady na prostoje	113
Tab. 8-5 – Náklady na zapracování	114