

**ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ**

KATEDRA TECHNOLOGIÍ A MĚŘENÍ

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Přístupy automobilového průmyslu k analýze rizik

Originál (kopie) zadání BP/DP

Abstrakt

Předkládaná diplomová práce se zabývá problematikou přístupu k analýze rizik v automobilovém průmyslu. Konkrétně metodou FMEA, která je v tomto odvětví vyžadována. Práce obsahuje teoretickou a praktickou část. V teoretické části se převážně rozebírá FMEA a její druhy. Praktická část obsahuje porovnání přístupu VDA a AIAG. Součástí práce je příloha s vypracovanou analýzou obou přístupů.

Klíčová slova

Riziko, analýza, metody, automobilový průmysl, FMEA, AIAG, VDA

Abstract

This diploma thesis deals with the issue of approach to risk analysis in the automotive industry. Specifically, with FMEA method, which is required in this branch of industry. Thesis is divided into two parts – theoretical part, which predominantly deals with FMEA in general and contains some information about various specific types of FMEA. Practical part of the thesis contains a comparison of VDA and AIAG. There is an attachment with an analysis of both approaches as a part of the thesis.

Key words

Risk, analysis, methods, automotive industry, FMEA, AIAG, VDA

Prohlášení

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

Dále prohlašuji, že veškerý software, použitý při řešení této bakalářské/diplomové práce, je legální.

.....

podpis

V Plzni dne 14.5.2017

Bc. Jan Babovák

Poděkování

Tímto bych rád poděkoval vedoucímu diplomové práce Ing. Petru Netolickému, Ph.D. a Ing. Vladimíru Votápkovi za cenné profesionální rady, připomínky a metodické vedení práce.

Obsah

Obsah	7
Úvod	8
Seznam použitých zkratk	9
1 Metody a přístupy k analýze rizik.....	10
1.1 Definice rizika	10
1.2 Metody analýzy rizik.....	11
2 FMEA a automobilový průmysl	15
2.1 Obecný úvod do FMEA.....	15
2.2 Druhy FMEA.....	17
2.3 Designová FMEA – DFMEA.....	17
2.4 Procesní FMEA – PFMEA	18
2.5 Doporučení při vypracování	19
2.6 Formulář FMEA.....	22
2.7 Skupiny v automobilovém průmyslu.....	23
3 Porovnání FMEA dle VDA a AIAG	25
3.1 Firma WITTE Automotive	25
3.2 Produkt – vnější klika bočních dveří automobilu	25
3.3 Přístup AIAG	29
3.4 Hodnocení rizika.....	34
3.5 Přístup VDA	35
3.6 Matice rizik	37
3.7 Výsledné ohodnocení rizik	38
3.8 Porovnání VDA a AIAG.....	40
4 Zhodnocení výsledků.....	44
Závěr.....	45
Seznam tabulek	46
Seznam obrázků	46
Reference	47

Úvod

Riziko je pojem, který nelze snadno uchopit. Spousta lidí ho možná ani nevnímá. Ve skutečnosti jsme rizikem obklopeni všichni, a to po celý den. Vždy existuje určité riziko, že se například rozlije hrnek s kávou na pracovním stole nebo že se při cestě do práce dostaneme do situace, která může být i životu nebezpečná. A právě proto, že existují rizika, která mohou zapříčinit ohrožení života, je potřeba zavádět různá opatření a tato rizika alespoň minimalizovat, neboť kompletně je eliminovat nelze.

Zhruba od poloviny 20. století se rozvíjejí různé metody analýzy rizik. Každá metoda má své výhody a nevýhody. Diskutované metody často vznikly na základě nějaké havárie či problémového produktu. V oblasti výroby složitých sofistikovaných zařízení se denně vyrobí spousta součástek a výrobků samotných. I za předpokladu, že všechny součástky jsou bez vady, mohou v celkovém systému vznikat poruchy způsobené například nedokonalým návrhem či procesem výroby. Nejinak je tomu v automobilovém průmyslu.

V automobilovém průmyslu je v poslední době snaha o sjednocení výrobních postupů. Za tímto účelem mimo jiné vzniklo několik asociací. Za nejvýznamnější z nich lze považovat VDA a AIAG. Tyto asociace se mimo jiné liší v přístupu k jedné z metod, která je vyžadována v automobilovém průmyslu – k metodě FMEA.

Diplomová práce byla vypracována ve spolupráci s firmou WITTE Nejdek. Bylo vypracováno porovnání analýzy z pohledu VDA a AIAG na produktu kliky bočních dveří automobilu. Práce v první polovině nabízí teoretický pohled na problematiku FMEA. V druhé polovině jsou představeny přístupy VDA a AIAG. Jsou zmíněny rozdíly mezi nimi na základě vypracované analýzy, která je volnou přílohou této práce.

Seznam použitých zkratek

PHA	Preliminary hazard analysis
FTA	Fault tree analysis
ETA	Event tree analysis
HAZID	Hazard Identification Study
FMEA	Failure Mode and Effects Analysis
DFMEA	Design FMEA
PFMEA	Process FMEA
SFMEA	System FMEA, Software FMEA, Servis FMEA
MFMEA	Machinery FMEA
VDA	Verband der Automobilindustrie
AIAG	Automotive Industry Action Group
IATF	International Automotive Task Force
SMMT	Society of Motor Manufacturers & Traders
FIEV	Fédération des Industries des Equipements pour Véhicules
ANFIA	Associazione Nazionale Fra Industrie Automobilistiche

Pozn.: Běžně používané či dodatečně vysvětlené zkratky mohou v seznamu chybět.

1 Metody a přístupy k analýze rizik

1.1 Definice rizika

V životě se s pojmem riziko setkáváme každý den. Ačkoliv je každému význam slova riziko intuitivně jasný, vyslovit přesnou definici už triviální není. Příčinou je několik faktorů. Ve většině případů lze riziko vnímat jako formu nebezpečí. Avšak nebezpečí je subjektivní pojem, který se nedá přesně změřit. Zároveň také záleží na odvětví, ve kterém se nacházíme a s tím související kontext daných sdělení. Z výše uvedených důvodů se dají v literatuře vyhledat desítky různých definic, jak uvádí ve své publikaci M. Tichý [1].

V managementu a analýze rizik se hledá riziko v přesném smyslu slova. K tomu je zapotřebí nalézt nebezpečí, jeho možné průběhy a z nich vyhodnotit riziko. Zde je krásně vidět, že tyto dva pojmy spolu souvisí, nicméně nevyjadřují to samé. Obecně je tedy vhodné používat pojmy, které nevedou k nejednoznačnosti. To je zejména důležité v metodách, které slouží k analýze rizik, jak zmiňuje ve svém článku M. Tichý [2].

Na základě zdrojů [1] [2] lze riziko zadefinovat jako možnost vzniku události, která vede k nezamýšlenému cíli s určitou pravděpodobností. Riziko se vyskytuje vždy. Nulové riziko neexistuje. Definicí rizika a dalších souvisejících pojmů z této oblasti se zabývá norma ČSN ISO 31000, na kterou navazuje podpůrná norma ČSN EN 31010.

Činnosti, které v rámci firmy slouží k ošetření rizik, jsou dle normy ČSN ISO 31000 označovány jako management rizik. V normě nalezneme obecně popsanou problematiku organizace managementu rizik v rámci firmy, úlohu vedení a potřebu přizpůsobení rámce specifickým potřebám. Norma poukazuje na provázanost jednotlivých oddělení v organizacích a faktory, které souvisí se vznikem možných rizik. Mezi něž například patří: kultura firmy, vnější a vnitřní kontext, uznávané hodnoty organizace a zainteresovaných stran, zdroje, přidělení odpovědnosti aj. Součástí normy jsou i kapitoly, které se věnují identifikaci a analýze rizik, jejich ošetření a způsobům implementace a monitorování. Klíčovou součástí monitorování je produkce záznamů a jejich dohledatelnost [3].

Podpůrná norma ČSN EN 31010 v podstatě rozšiřuje normu ČSN ISO 31000. Popisuje analýzu rizik a analýzu následků, rozsahy rizik, případné kumulativní následky a spojitosti. V této rozšiřující normě jsou dále nastíněny způsoby, jakými lze odhalit případná rizika. Lze vycházet například z historického výskytu, použít různé prediktivní techniky, případně znalecký posudek. Norma obsahuje několik příloh s příkladem používaných technik [4][5].

1.2 Metody analýzy rizik

Způsobů, jak přistupovat k analýze rizik existuje velké množství. Existuje celá řada metod a softwarů založených na různých modelech s cílem vyhodnocení rizika. Je však na odpovědných osobách v podniku, aby vybrali správný postup a metodu analýzy ke konkrétním problémům.

Postupy používané při odhalování rizik spojených s nakládáním s nebezpečnými látkami, kde v konečném důsledku může být ohroženo zdraví nebo dokonce život lidí, se liší od postupů, které je vhodné použít například při plánování výroby, kde maximálně dojde k výrobě zmetků. Kostra těchto postupů však zůstává stejná. Identifikovat riziko, analyzovat riziko, správně stanovit míru rizika a navrhnout opatření, která mají minimalizovat nežádoucí následky.

Analýza pomocí kontrolního seznamu

Systematický postup, který kontroluje v daném sledu splnění jednotlivě uvedených bodů. Může se jednat o jednoduchý seznam nebo i složitější formulář. Slabinou této metody je nemožnost odhalení neuvedených rizik. Metoda je například vhodná pro porovnání skutečnosti s normami [6] [7].

Bezpečnostní kontrola (Safety audit)

Systematická a pokud možno nezávislá kontrola k určení, zda činnosti a s nimi související výsledky vyhovují plánu a zda jsou implementovány efektivně a vhodně ve vztahu s firemní politikou a cíli. Kontrola vyhodnocuje bezpečnostní programy a praktiky v organizaci [8].

Audit se skládá ze dvou částí: sběru dat a jejich vyhodnocení. Měl by odhalit managementu i zaměstnancům jejich silná a slabá místa a prostor pro zlepšení. Audit na místě vyžaduje tři hlavní činnosti. První je provedení rozhovoru s klíčovými zaměstnanci odpovědnými za implementaci bezpečnostních systémů. Druhou činností je prověření dokumentace týkající se klíčových činností zavedeného systému. Příkladem může být připravenost na pohotovostní situaci, identifikace a kontrola rizik či bezpečnostní školení. Závěrečnou činností je pak porovnání se skutečnou situací na pracovišti. Například zda odpovídá výbava zaměstnanců pro danou činnost nebo jestli činnost provádí zaměstnanec s odpovídajícím oprávněním a certifikací [9].

Na základě sesbíraných dat je vyhodnoceno, jak dobře nebo špatně management implementoval program. Při zpracování auditu je bráno v potaz i prostředí a jeho vliv na každodenní činnosti ve firmě.

WHAT-IF analýza

Jedná se o jednu z univerzálnějších technik, kterou lze přizpůsobit konkrétnímu účelu. Dá se přirovnat brainstormingu zkušených lidí. Hledají se dopady procesů a opatření proti nim. Nejprve se definuje oblast zájmu a stanoví se cílové zájmy (např. bezpečnost při práci). Následně se za pomoci otázek a odpovědí definují opatření vůči případným situacím, které mohou nastat [10].

Provedení Co-když analýzy je přínosné v několika směrech. Nejen, že se lze lépe a informovaně rozhodovat, ale zároveň lze i předpokládat, k čemu rozhodnutí povede a jaký bude výsledek. Nelze také opomenout, že rozhodování probíhá rychleji a s náhledem do budoucnosti [11].

Předběžná analýza ohrožení (PHA)

Jedná se o analýzu, jejímž účelem je identifikovat všechny potenciální hazardy a náhodné události vedoucí k nehodě. Ohodnotit je dle závažnosti a navrhnout případná opatření. Existuje několik variant, které bývají označovány odlišnými názvy (např. Rapid Risk Ranking, Hazard identification (HAZID)). Při vypracování analýzy se spoléhá na brainstorming expertů ohledně hazardů a jejich ohodnocení. Většinou se využívá v rané fázi vývoje a dá se použít na jakýkoliv systém. S tím souvisí její dvě hlavní nevýhody. Je nutno provést další následné analýzy a kvalita výsledků velmi úzce souvisí se znalostmi týmu [12].

Analýza stromu poruchových stavů (FTA)

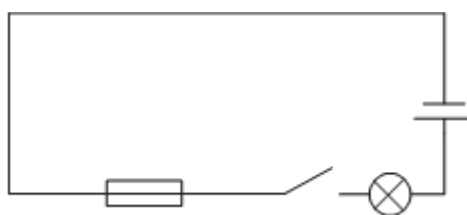
Metoda byla vyvinuta v 60. letech v Bellových laboratořích a od té doby byla vylepšována. Vychází z teorie spolehlivosti a použití Booleovského modelu logických stavů. Podstatou analýzy je nalezení logických vazeb a poruch mezi jednotlivými částmi komplexního systému. Kromě příčiny je analýza schopna odhalit i funkční souvislosti v systému. Jedná se o univerzálně použitelnou metodu a vyčerpávající postup (lze najít všechny možné kombinace jevů). Při sestavování metody se rozlišují tři typy poruch: prvotní (konstrukce, materiál), druhotná (okolní podmínky), řízení (lidská chyba). Postupuje se od vrcholové události, kdy za pomoci hradel a logických funkcí je sestaven strom poruch, který je následně vyhodnocen.

Vyhodnocení může být jak kvalitativního, tak kvantitativního charakteru. Samotná metoda může ukázat tzv. kritické cesty v systému (větev, kde se vyskytují části systému bez prevence či kontroly) i bez použití vstupních dat. Analýza FTA většinou následuje po metodě FMEA.

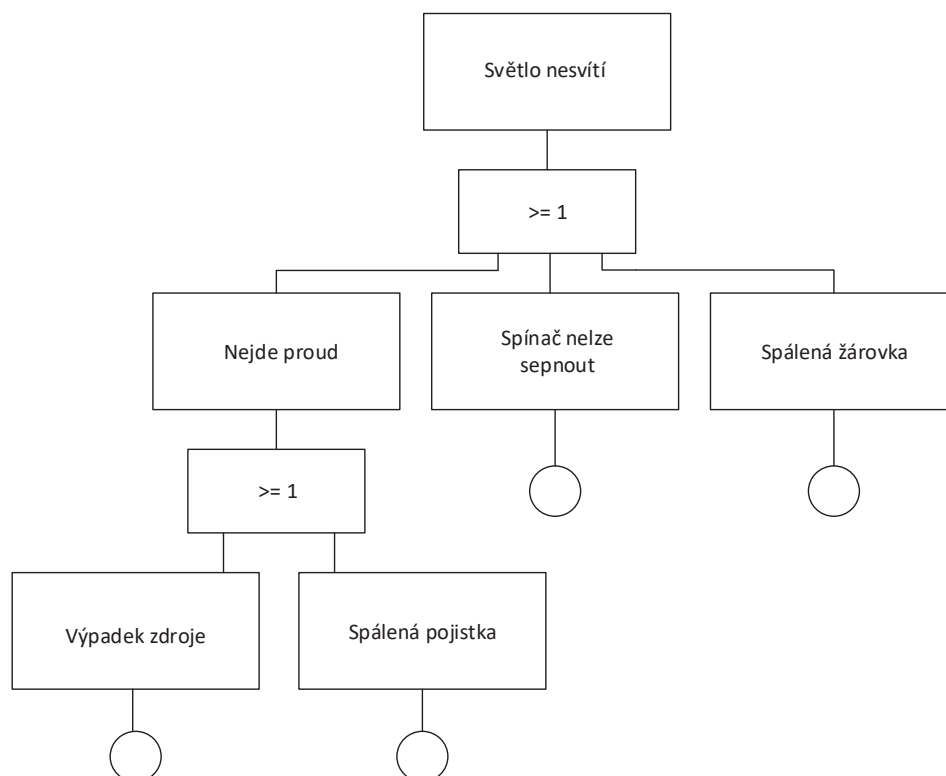
Při zpracování FTA se začne určením subjektu analýzy a seznámením faktorů, které na systém, který je předmětem analýzy působí. To zahrnuje všechny funkce a jednotlivé prvky, které je zajišťují. Následuje identifikace možných eventů, vedoucích k poruše. Vyselektují se nejzávažnější a dále se zaměřuje na dílčí faktory, které mohou k dané události vést. Takto vzniknou skupiny událostí, které se zapisují do stromu s použitím hradel. Pokračuje se tak dlouho, dokud se události dají větvit [13].

Součástí analýzy může být i vyhodnocení pravděpodobnosti, ze kterého může vyplynout nutnost dalších opatření.

Pro jednoduchý obvod zobrazený na obrázku 1.1 odpovídá strom na obrázku 1.2.



Obrázek 1.1 Obvod. Zdroj: Převzato z: [13]



Obrázek 1.2 Strom pro událost "světlo nesvítí". Zdroj: Převzato z: [13]

Analýza stromu událostí (ETA)

Metoda je zaměřena na procesy a jejich průběh. Na rozdíl od metody FTA sleduje události vedoucí k poruše a neomezují se pouze na selhání. Opět se jedná analýzu, u které je použit logický model a je vhodná pro složité systémy. Ideálně se hodí pro popis bezpečnostního systému.

FMEA – Failure Mode and Effects Analysis

Analýza možných vad a jejich následků (zkráceně FMEA) byla vyvinuta v 60. letech společností NASA pro odhalování rizik. Při této analýze se hledají příčiny vad a následně se navrhnou opatření k omezení těchto příčin. Vše musí být zdokumentováno a musí být zpětně dohledatelné. Ve druhé polovině 20. století FMEA prošla evolucí a vznikla celá řada odnoží a různých pohledů na tuto analýzu.

Jako první byla tato analýza použita ve firmě Ford, kde se FMEA dodnes používá a byla společností Ford vylepšena o další opatření a postupy, které shrnují ve své příručce [14]. O FMEA a jejím použití v automobilovém průmyslu pojednává následující kapitola.

2 FMEA a automobilový průmysl

FMEA v civilní sféře byla poprvé použita v 70. letech po jednom z neúspěšných projektů ve firmě Ford. Od té doby se metoda vyvíjela a vznikly různé její variace. V následující kapitole je FMEA rozebrána v obecné rovině a závěrem jsou uvedeny skupiny vyskytující se v automobilovém průmyslu, za účelem vytvoření představy a snadnější orientaci v praktické části práce.

2.1 Obecný úvod do FMEA

Analýza možných vad a jejich následků – zkráceně FMEA (z angl. Failure Mode and Effect Analysis) je systematický způsob zjišťování rizik a poruch, které mohou nastat. Součástí analýzy je i návrh jejich opatření, podrobné ohodnocení a zdokumentování celého procesu [14].

Vzhledem k obecnému trendu v průmyslu neustále zlepšovat produkty a procesy kdykoli je to možné, je použití analýzy FMEA velmi důležité. Jedním z nejdůležitějších faktorů u FMEA je včasné vypracování. FMEA slouží jako preventivní nástroj, nikoli jako záplata na neočekávané problémy. Z hlediska implementace změn je důležité časové období, ve kterém jsou prováděny. Změny v rané fázi produktu nebo procesu vychází nesrovnatelně levněji než například při výrobě. Důležitou roli při vypracování FMEA hraje spolupráce a komunikace [14].

Podrobněji rozebírá problematiku FMEA norma ČSN EN 60812 [5]. Norma se v úvodu věnuje obecnému popisu analýzy, jenž je zakončen poukázáním na některé nutné kroky, které předchází samotnému vypracování FMEA. Příkladem může být nutnost rozčlenění analyzovaného systému na jednotlivé části užitím blokových diagramů. Nechybí ani zmínka o členění metod FMEA, jejich různých podob a možnostech použití v celé řadě různých odvětví. Zároveň je upozorněno, že v případě tzv. závislých poruch je vhodnější použít jiné způsoby a analýzy.

Podle normy má smysl vypracování FMEA v případě zjištění nežádoucích vlastností systému, které mohou vést ke snížení bezpečnosti, zhoršení provozu aj. Mezi další důvody se řadí splnění smluvních ujednání, různá zlepšení produktu a udržitelnost.

Vypracování samotné FMEA není jednoduchá záležitost, proto je doporučeno, aby se používali již dříve vypracované FMEA pro již známé funkční celky. Minulá zkušenost tedy vede k usnadnění práce. Při tomto kroku je zapotřebí mít na paměti, za jakých podmínek byla předchozí FMEA vypracována a zda jsou podmínky stejné (např. vliv prostředí). Pokud by tento faktor nebyl dodržen, mohlo by to vést k problémům při případné kontrole a v případě závažných okolností k pokutě.

Součástí procesu FMEA by měl být i plán samotného vypracování. Tento plán by měl například obsahovat uvedení účelů FMEA a očekávané výsledky, časový harmonogram, zajištění poruch aj. (kompletní výčet viz norma ČSN EN 60812). Plán je schvalován vrcholovým vedením projektu.

Norma dále řeší rozčlenění systému. Zde stojí za zmínku stanovení samotných hranic systému – tedy vymezení předmětu studie. Většinou je takovéto členění určeno samotným hardwarem, ale mohou nastat případy, kdy po sofistikovaném uvážení lze systém rozdělit jinak a FMEA tak lépe začlenit do programu a zjednodušit její vypracování.

Pro názorné zobrazení struktury systému je doporučeno používat různé diagramy, pokud možno jednoduché se zvýrazněním klíčových částí systému. Propojení jednotlivých bloků potom znázorňuje funkce systému. Nemělo by se zapomenout na záložní systémy a v případě nutnosti vypracovat více diagramů.

Prostředí, ve kterém analyzovaný systém bude pracovat, hraje velkou roli. V raných stádiích FMEA a samotného vývoje tento aspekt nemusí být znám. V pozdější fázi pak může FMEA posloužit i k určení parametrů prostředí, ve kterém systém bude bez problému fungovat a bude zaručena jeho provozuschopnost při splnění uvedených podmínek.

Součástí analýzy je stanovení příčin poruch a jejich důsledků. Jsou-li stanoveny kritické součásti systému, kde by porucha znamenala obrovský dopad na systém, je doporučeno se na tyto součásti soustředit a jejich nepravděpodobnější příčiny popsat co nejdělněji. Lze samozřejmě vycházet z předchozí zkušenosti. Pokud se jedná o ryze nový funkční objekt, je doporučeno provést odhady na základě posouzení odborníkem a tyto odhady s postupujícím časem zpřesňovat. Důležité je nevynechat poruchu pouze z důvodu nedostatku dat. Opatření proti těmto poruchám jsou pak zaznamenány ve FMEA návrhu či procesu.

Existuje několik druhů FMEA. Každý typ slouží k analýze odlišných věcí. Nicméně použité techniky a postupy jsou v základním principu stejné. Lze se setkat s označením FMECA, kde písmeno C značí „kritičnost“. Analýza navíc obsahuje ohodnocení rizik podle kritičnosti [15], díky kterým je možné stanovit prioritu protiopatření. V praxi se často vypracovává FMECA, ale používá se pouze označení FMEA. Jedním z možných postupů, jak stanovit kritičnost je výpočet tzv. čísla priority rizika (RPN). Obecný vztah je podle normy vynásobením závažnosti a pravděpodobnosti výskytu. V rozšířené verzi je řešena ještě pravděpodobnost odhalení. Obecně se pro ohodnocení používá stupnice od jedné do pěti. V automobilovém průmyslu pak jedna až deset.

Podrobněji je výpočet a značení rizikového čísla v automobilovém průmyslu vypracováno ve třetí kapitole této práce.

Ve spojitosti s možností vzniku vysoce rizikových důsledků je v normě uvedeno, že by se v takových případech FMECA neměla používat jako jediný nástroj pro ohodnocení. Je doporučeno vypracovat další nezávislou pravděpodobnostní analýzu rizika.

2.2 Druhy FMEA

Podle zaměření jsou různé druhy FMEA označovány odpovídající zkratkou, kde se povětšinou vyskytuje první písmeno slova charakterizující zaměření konkrétní analýzy. Tato praktika s sebou přináší nejasnost. Například v případě SFMEA se může jednat o systémovou, softwarovou či servisní FMEA. Samostatné užití zkratky SFMEA, ale samozřejmě i případných dalších shodných zkratek, je tedy samo o sobě nevypovídající a lze si opět odnést pouze informaci o vypracování FMEA. Většinou se jedná o analýzy, které jsou v podstatě konstrukční či procesní FMEA. Jsou přizpůsobené na daný produkt a liší se pouze nadstavbou či detailnějším pohledem v určitých segmentech analýzy. Příkladem může být MFMEA (Machinery FMEA) [16].

2.3 Designová FMEA – DFMEA

DFMEA slouží k analýze výrobku před samotnou konstrukcí. Hledají se nedostatky produktu, chyby v návrhu, které by mohli vést k problémům, a tak jim předcházet. Tým provádějící tuto analýzu by měl mít zkušenosti s podobným produktem. Uplatnění předchozích zkušeností může být přínosem. Lze vycházet i z dříve vypracované FMEA na velmi podobný výrobek. Je ovšem třeba dát si pozor na veškeré parametry výrobku. S tím však souvisí již zmíněné zkušenosti pracovníků v týmu a FMEA moderátora. Odpovědná osoba má k dispozici celou řadu dokumentů (výkresy, výpočty, odůvodnění konstrukce aj.), které mohou pomoci při přípravě DFMEA. Lepší zdefinování požadovaných vlastností vede ke snadnější identifikaci problémů a jejich prevence. Klíčovou součástí je začlenění DFMEA do designového procesu, ideálně v rané fázi vývoje. V nejlepším případě by se ve finálním návrhu výrobku měla odrážet doporučení a výsledky DFMEA [14].

Vypracování DFMEA má následující přínosy:

- Pomáhá v objektivním vyhodnocování návrhu, včetně funkčních požadavků a alternativních návrhů
- Vyhodnocuje prvotní návrh pro požadavky výroby, konstrukce a recyklace.

- Zvyšuje pravděpodobnost, že potenciální selhání byla zohledněna při vývoji produktu
- Poskytuje informace, které mohou být nápomocné při plánování designu, vývoje a validačních programů
- Vytváří seznam ohodnocených rizik a jejich vlivu na zákazníka a tím vytváří prostor pro zlepšení v návrhu, výrobě, validaci a testování
- Slouží jako reference v budoucích designech a analýzách
- Výstup DFMEA obsahuje seznam aktivit k zajištění konstrukce výrobku (seznam výpočtů, zkoušek aj.)

Mezi významné výstupy DFMEA patří zejména seznam potenciálních selhání a jejich příčin společně se seznamem doporučených postupů pro zredukování závažnosti selhání, úplnou eliminaci příčin, jejich výskytu či zlepšení jejich odhalení [14].

2.4 Procesní FMEA – PFMEA

Procesní FMEA analyzuje výrobní proces a hledá jeho nedostatky. Je vyžadována v automobilovém průmyslu a všude tam, kde se soustředí na masivní výrobu. Zejména pokud je v ohrožení zdraví či život lidí. Vedle automobilového průmyslu je tak hojně využívána například ve zdravotnictví.

Mezi nejvýznamnější přínosy patří následující body:

- Posuzuje vliv potenciálních selhání na zákazníka
- Identifikuje proměnné v procesu, na které se při kontrolách zaměřit
- Odhaluje potenciální problémy při výrobě, jejich příčiny a poukazuje, na které se zaměřit, což vede ke snížení dopadu těchto problémů nebo k jejich úplné eliminaci
- Dokumentuje výsledky výrobního procesu
- Dokáže odhalit procesní nedostatky, což umožní inženýrům soustředit se na metody pro zvýšení detekce neakceptovatelných produktů či snížení jejich produkce
- Identifikuje potvrzené kritické a významné znaky
- Pomáhá při vývoji výrobních plánů
- Poskytuje informace k designovým změnám a výrobní proveditelnosti designovému týmu
- Zaměřuje se na selhání produktu zapříčiněným procesními nedostatky
- Potvrzuje nutnost zvláštních znaků uvedených v DFMEA
- Identifikuje procesní selhání, která by mohla být protizákonná či ohrozit bezpečnost zaměstnanců

- V případě AIAG identifikuje další zvláštní znaky (OS, HI)

Mezi významné výstupy PFMEA spadá seznam významných potenciálních selhání v procesu, seznam zvláštních znaků, seznam zvláštních opatření pro uvedené zvláštní znaky, seznam procesních opatření ke snížení závažnosti selhání či jejich odhalení nebo eliminaci [14].

2.5 Doporučení při vypracování

Doporučený postup při vypracování FMEA se dá shrnout do několika základních bodů [14]:

- Provádět FMEA ve správný čas
- Zvážit všechny propojení a ovlivnění v systému za pomoci vhodných nástrojů
- Začít na úrovni systému a postupovat na úroveň FMEA součástí a procesů
- Používat doporučená opatření při snižování rizika
- Dokončit všechna doporučená opatření včas

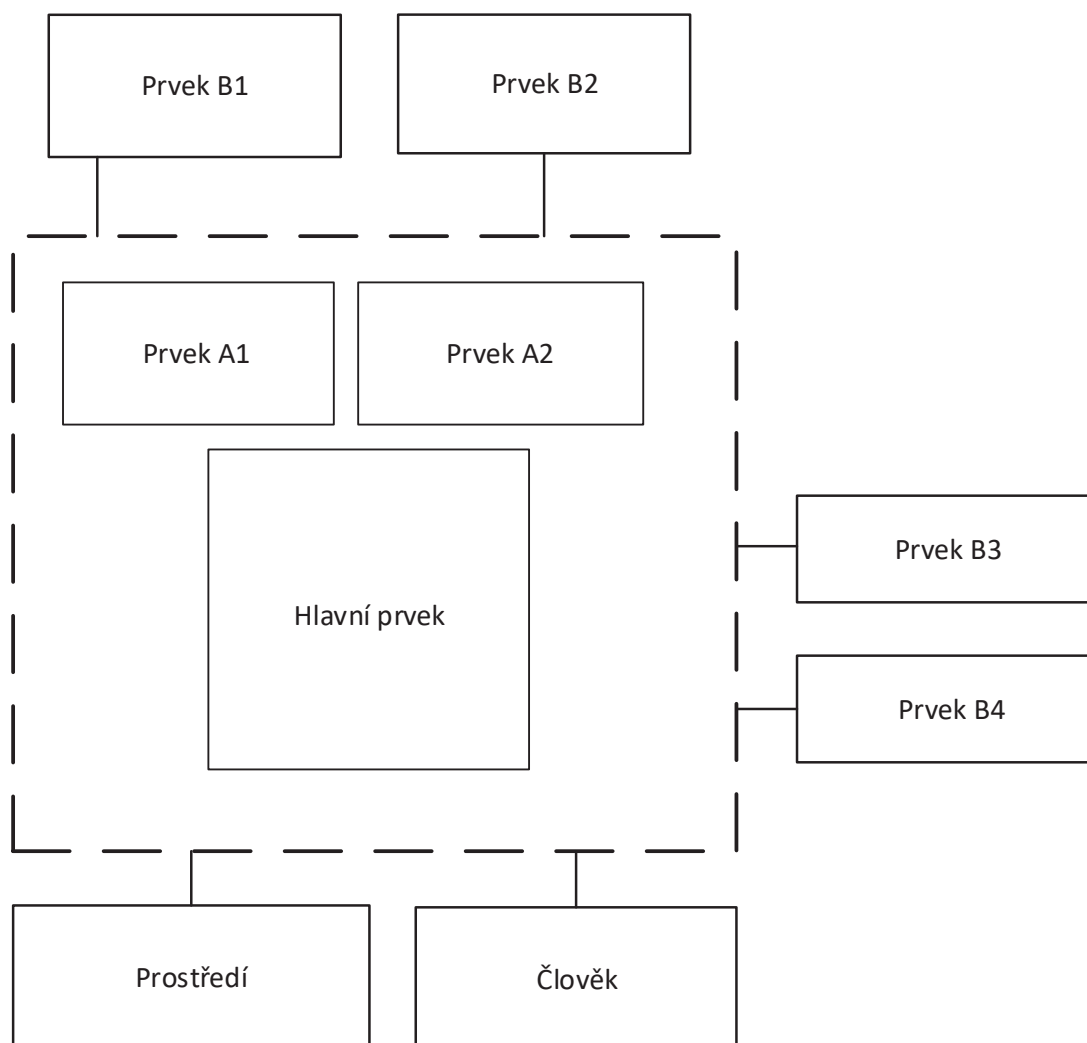
Stanovení hranic FMEA

Na začátku analýzy je zapotřebí určit předmět zájmu neboli co bude a nebude zahrnuto ve FMEA. Ke stanovení takové hranice slouží tzv. Boundary diagram. Tím se vyloučí možnost analýzy části systému, která není předmětem řešení. Tato skutečnost má vliv i na sestavu týmu. Důležitým parametrem, který by se měl řešit před samotnou analýzou je možnost změn v designu. Přesně si stanovit v jaké fázi se návrh nachází a zda jsou některé vlastnosti ještě diskutovány. Pokud se tak neučiní, může být nutné se neustále vracet a provádět změny ve FMEA.

Boundary diagram

Jedná se o grafické znázornění vztahů mezi podsystémy, sestavami a komponenty v rámci objektu, stejně tak jako rozhraní sousedících prostředí a systémů. Boundary diagram je povinnou součástí při vypracování DFMEA. Pokud je správně sestaven, poskytuje detailní informace pro matici rozhraní (Interface matrix), P-diagram a FMEA. V ideálním případě je po dokončení přiložen u FMEA.

Ačkoli je možno zpracovat boundary diagram poměrně detailně, je nutno identifikovat hlavní součásti, jak spolu souvisí a jak mohou interagovat s vnějšími systémy. Na počátku se může jednat o pár obdélníků s hlavními prvky systému. V pokročilém stadiu designu se lze k diagramu vrátit a zvýšit míru detailu.



Obrázek 2.1 Boundary diagram. Vytvořeno autorem.

Maticе rozhraní

Jeden z doporučených robustních nástrojů při zpracování DFMEA. Opět se jedná o ilustraci vztahů mezi podsystémy a komponenty včetně okolního prostředí. Dokumentuje se typ rozhraní, důležitost a potenciální následky. Jedná se o významný nástroj, který pomáhá k přesnému zadefinování možných vztahů v systému. Pokud se některá z interakcí neuvede, může to mít za následek pozdější stahování produktu z prodeje nebo problémy se zárukou. Proto se doporučuje tento nástroj využívat, a zvláště u nových designů.

V rámci FMEA příručky [14] jsou představeny dva typy matice rozhraní. První za použití MS Excelu – typ A. Data jsou vkládána a organizována symetricky, nenaznačují směr interakcí. Interakce na rozhraní jsou vyhodnocovány z hlediska důležitosti či nepříznivosti. Zároveň je vidět i typ rozhraní (prostorový vztah, přenos energie, přenos informace, přenos materiálu). Druhý typ – typ B je vygenerován softwarem SIA, kde se ke vkládání a organizování dat používá databáze

MS Access. Matice je následně automaticky vygenerována. Jako odůvodnění pro použítá ohodnocení je velmi vhodné dokumentovat detaily.

Každá buňka v matici je rozdělena do čtyř částí, které odpovídají danému rozhraní/interakci dle následujícího klíče:

D	E	D: Fyzický dotyk	E: Přenos energie
I	M	I: Výměna/přenos informace	M: Přenos materiálu

Legenda pro rozhraní:

+2 Interakce je nezbytná pro funkci

+1 Interakce je přínosná, není však důležitá pro funkci

0 Interakce neovlivňuje funkci

-1 Interakce má negativní projevy, nicméně nebrání funkci

-2 Interakci musí být zabráněno, aby se dosáhlo funkce

	Kryt - Katalyzátor		Těsnění - Katalyzátor		Substrát- Katalyzátor		Uchycení - Katalyzátor		Izolace - Katalyzátor	
Kryt - Katalyzátor			2				-1 -1		2	
Těsnění - Katalyzátor	2				2 -1		2 -1		2	
Substrát- Katalyzátor			2 -1				2 -1			
Uchycení - Katalyzátor	-1 -1		2 -1		2 -1					
Izolace - Katalyzátor	2		2							

Obrázek 2.2 Matice rozhraní. Převzato z [14]. Upraveno.

2.6 Formulář FMEA

K zápisu analyzovaných funkcí, opatření atd. slouží FMEA formulář. Dle použitého přístupu (VDA, AIAG) a softwaru se mohou formuláře lišit svým uspořádáním, ale obsahově jsou prakticky totožné. V následujících odstavcích bude popsán formulář a jeho vyplňování pro AIAG. Pro lepší názornost je doporučeno nahlédnout do přílohy této práce, kde se formulář nachází.

FMEA formulář má hlavičku, ve které se vyplňuje název projektu, ID či název projektu v systému (při použití speciálního softwaru umožňuje lepší vyhledávání a organizaci), autor, datum vytvoření, datum změn, kdo provedl poslední změnu, členové pracující na daném projektu, případné poznámky aj.

Tělo formuláře obsahuje samotné funkce a použitá opatření. První sloupec může obsahovat pořadové číslo funkce, což umožňuje snadnější orientaci ve složitých projektech. Následuje funkce samotná. Z hlediska funkcí jsou nejprve vypracovávány hlavní funkce a následně vedlejší. Hlavní funkce je vyústění požadavků na daný produkt. Vedlejší funkce jsou funkce, které musí produkt splňovat, aby vyhověl dalším nařízením a podmínkám (prostředí, zákony aj.).

Ve třetím sloupci se vyplní potenciální selhání, tj. problém, ke kterému může dojít. Ne vždy je jednoduché všechny tyto problémy identifikovat. Proto FMEA využívá dalších nástrojů, jak již bylo zmíněno. V tomto případě brainstormingu. FMEA vypracovává celý tým odborníků. Zkušenost těchto pracovníků má svou opodstatněnou roli. Potenciálních selhání se může vyskytnout u jedné funkce více.

Následuje sloupec s potenciálním následkem selhání, tj. k čemu může daný problém vést. Následky mohou mít různé dopady. Od kosmetických vad, přes omezení pohodlí až ke ztrátě požadované funkce. Podle důležitosti dopadu se následek ohodnotí a jeho závažnost se zapíše do následujícího sloupce. Pokud je následek natolik závažný, že vyžaduje zvláštní opatření, lze mu udělit zvláštní znak v následujícím sloupci.

Zvláštním znakům je věnována samostatná kapitola této diplomové práce. Zvláštní znaky mají různé sady, ať už obecné nebo dodané zákazníky. Někdy je pro zjednodušení a sjednocení značení v rámci firmy možné vytvořit tzv. převodní tabulku, podle které jsou potom znaky dosazovány.

Za sloupcem pro zvláštní znaky se nachází příčina selhání. Určení všech příčin selhání rozhodně není triviální záležitost. Zvláště, pokud k jednomu selhání může vést několik příčin. Při vypracování FMEA je ideální nahlížet do již vypracovaných analýz a využívat předchozí zkušenosti z hotových projektů.

Následuje ohodnocení výskytu, použitá opatření, ohodnocení detekce a rizikové číslo RPN. V případě udělení zvláštního znaku mohou následovat ještě doporučená opatření, kdo za ně zodpovídá a přepočítání RPN. Číslo RPN a použitým ohodnocením je věnována samostatná část diplomové práce. Poslední kolonkou je stav, v jakém se daná opatření nachází.

V případě VDA formuláře, který je k nahlédnutí v příloze práce, se funkce zapisuje nad všechny ostatní sloupce. Uspořádání sloupců se taktéž liší.

2.7 Skupiny v automobilovém průmyslu

Pro snadnější zorientování v praktické části práce je v následujících odstavcích uvedeno několik organizací figurujících v automobilovém průmyslu. FMEA je v automobilovém průmyslu vyžadována. V rámci praktické části práce se porovnávají dva přístupy nejvýznamnějších asociací z následujícího seznamu.

- **IATF**

International Automotive Task Force (IATF) je skupina výrobců a odpovídajících obchodních sdružení, která byla vytvořena za účelem zlepšení kvality vyráběných produktů v automobilovém průmyslu, které jsou dodávány zákazníkům po celém světě. Jedním z hlavních cílů je sjednotit systém výroby, stanovit požadavky na kvalitu, které budou respektovány celosvětově a budou se jimi řídit dodavatelské firmy při dodávání součástek a služeb. Tyto požadavky budou k dispozici dalším zainteresovaným stranám v automobilovém průmyslu. Pro zajištění plnění těchto požadavků na celosvětové úrovni je dalším cílem vytvoření směrnic, procedur a poskytnutí odpovídajícího školení pro dodržení požadavků ISO/TS 16949 [17].

Mezi členy IATF patří BMW Group, FCA US LLC, Daimler AG, FCA Italy Spa, Ford Motor Company, General Motors Company, PSA Group, Renault, Volkswagen AG a obchodní sdružení: AIAG (USA), ANFIA (Itálie), FIEV (Francie), SMMT (Británie) and VDA (Německo) [17].

- **AIAG**

Nezisková organizace, která byla založena roku 1982 třemi největšími výrobci automobilů v Severní Americe (Chrysler, Ford, General Motors). Spojuje profesionály ze skupiny zainteresovaných stran včetně maloobchodníků, dodavatelů všech velikostí, výrobců, vlád aj. za účelem spolupráce ujednoci průmyslových procesů a globálních standardů vývoje. V současnosti jsou součástí tohoto sdružení například i japonské firmy jako Toyota, Honda a Nissan [18].

- **VDA**

Německá asociace automobilového průmyslu (Verband der Automobilindustrie – VDA) se skládá z více než 620 společností, které jsou součástí automobilového průmyslu v Německu. Sdružení sídlí v Berlíně, má však i další kanceláře v Bruselu, Moskvě a Pekingu. Mezi členy tohoto sdružení patří například Audi, MAN a Volkswagen [19].

- **SMMT**

Britská asociace (The Society of Motor Manufacturers and Traders - SMMT) je jednou z nevlivnějších obchodních asociací v Británii. SMMT reprezentuje více než 700 automobilových společností ve Spojeném Království, dává prostor pro ohlasy ohledně problémů v automobilovém odvětví a pomáhá budovat pozitivní vztahy s vládou a regulačními úřady. Mezi členy patří například DAF Trucks Limited, Škoda Auto UK, Alfa Romeo UK [20].

- **FIEV**

Federace dodavatelů automobilového průmyslu (FIEV) je francouzská organizace dodavatelů pro automobilový průmysl ve Francii. Reprezentuje členské společnosti jak ve vládním, tak v klientském prostředí. Působí jako mluvčí v dodavatelském průmyslu v případech společného zájmu zapojených stran. Mezi členy se nachází například Bosch Automotive Service Solutions [21].

- **ANFIA**

Italská asociace automobilového průmyslu je jednou z hlavních obchodních organizací v Itálii a zároveň slouží jako strategický styčný bod mezi automobilovým obchodem a Italskou a mezinárodní politickou a instituční scénou. ANFIA má 240 členských společností [22].

Hlavním cílem této práce je porovnat vypracování FMEA podle přístupu AIAG a VDA. Touto problematikou se zabývá následující kapitola.

3 Porovnání FMEA dle VDA a AIAG

V automobilovém průmyslu existují různé přístupy k analýze FMEA. Námi porovnávané přístupy jsou z větší části stejné a liší se pouze v určitých detailech. I přesto v praxi dochází ke skutečnosti, že některé automobilky vyžadují vypracování analýzy specifickým přístupem. V následující kapitole jsou popsány rozdíly obou přístupů a jejich důsledky pro analýzu. Pro lepší a názornější pochopení problematiky je součástí této kapitoly vypracovaná analýza FMEA na příkladu vnější kliky bočních dveří automobilu. Tato analýza byla vypracována ve spolupráci s firmou WITTE Nejdek. Veškeré použité hodnoty v analýze nemusí být přesné z důvodu zachování know-how. Analýza je volnou přílohou práce.

3.1 Firma WITTE Automotive

Společnost byla založena roku 1899 ve Velbertu a specializovala se na výrobu zámků pro kufry. V 70. letech se vývoj rozšířil o další komponenty zamykacích systémů a karoserie. WITTE Nejdek v České republice bylo založeno roku 1992 a pomohlo firmě uspět na mezinárodním trhu. V roce 2016 firma otevřela nový závod v Ostrově, který měl v době otevření nejmodernější linku na lakované kliky na světě. Ve společnosti WITTE se v současné době vyvíjí a vyrábí zamykací systémy kapot, dveří či například bezpečnostní systémy sedadel. Zákazníky, a tedy odběratele těchto systémů tvoří přední výrobci automobilů.

3.2 Produkt – vnější klika bočních dveří automobilu

Předmětem vypracované FMEA (viz příloha) je vnější klika bočních dveří automobilu. FMEA není kompletní. Slouží jako demonstrace dvou rozdílných přístupů a klade si za cíl poukázat na rozdíly mezi nimi. Rozsah vypracované FMEA udává boundary diagram. Požadavky na kliku jsou následující:

- Klika obsahuje anténku
- Rozpozná majitele, odjistí dveře a umožní jejich ruční otevření
- K odemčení vyšle klíček signál

Na základě stanovených požadavků byly stanoveny hlavní funkce kliky:

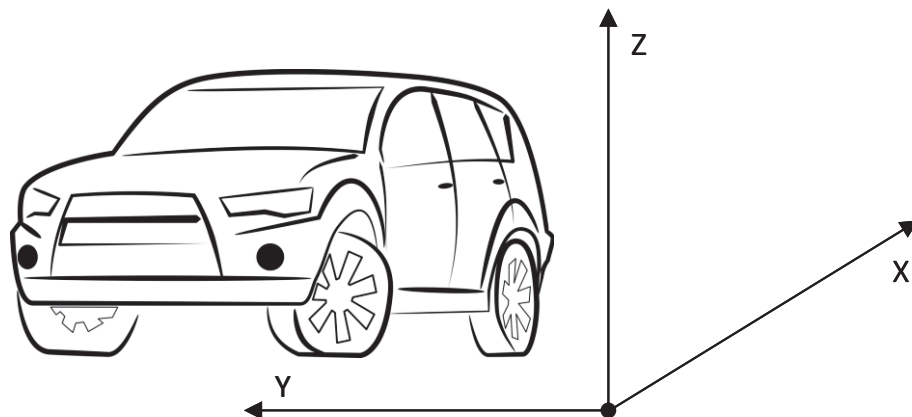
- Zachycení elektromagnetického signálu
- Transformace signálu na elektrický
- Vyslání signálu do řídicí jednotky

- Otevření dveří
 - Přenesení mechanického momentu na bracket
 - Operační síla $< 20\text{N}$
 - Pevnost kliky $> 1000\text{N}$
 - Pevnost čepů $> 1200\text{N}$
- Použitá anténa musí odolat střídání teplot

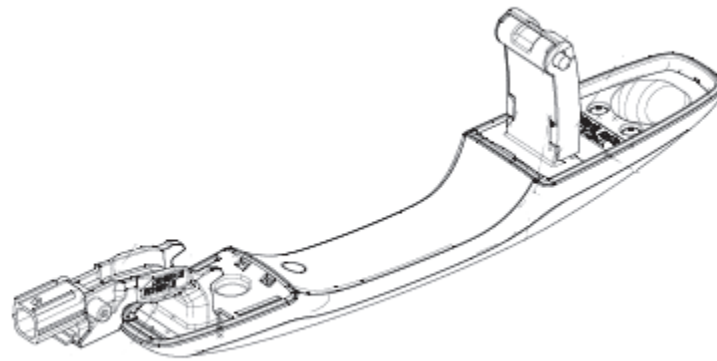
Testy

V příložené FMEA jsou zmíněny dva typy testů. Jedná se o DV funkční test a PV funkční test. DV funkční testy se týkají design fáze, která končí nákupem nástrojů. PV funkční testy jsou prováděny po design freeze.

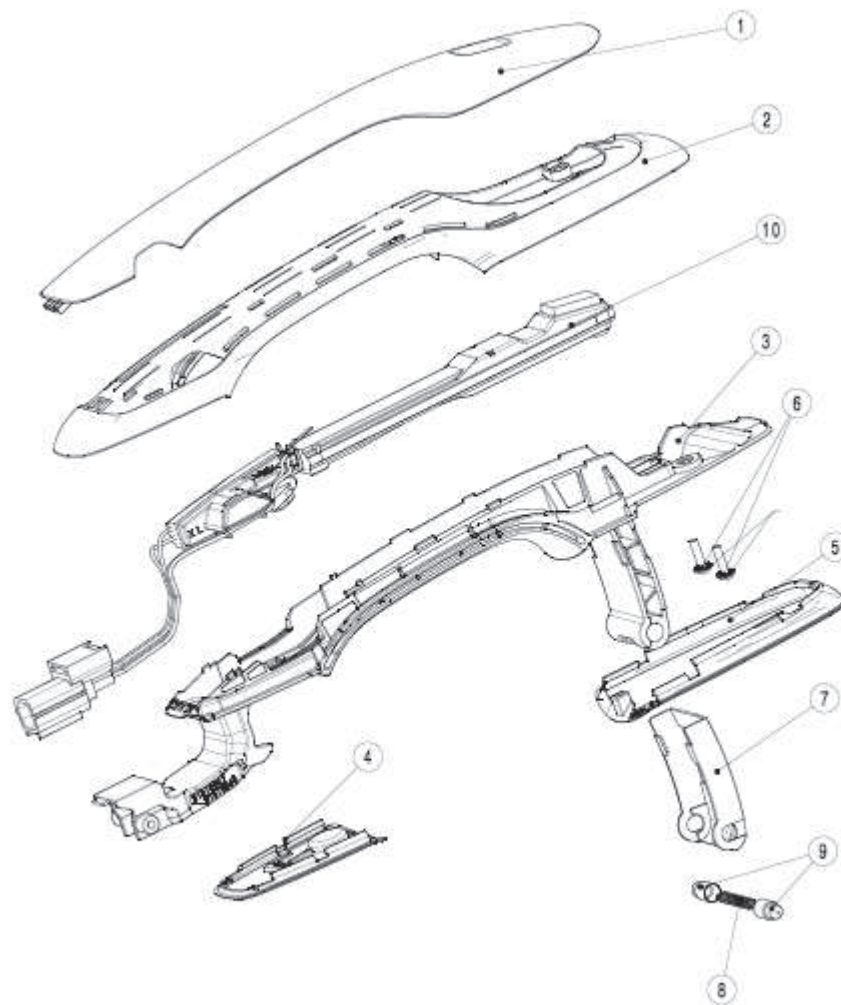
Při vypracování FMEA byly uvažovány osy dle následujícího obrázku.



Obrázek 3.1 Osy. Vytvořeno autorem.



Obrázek 3.2 Klika bočních dveří automobilu. Zdroj: firemní materiál



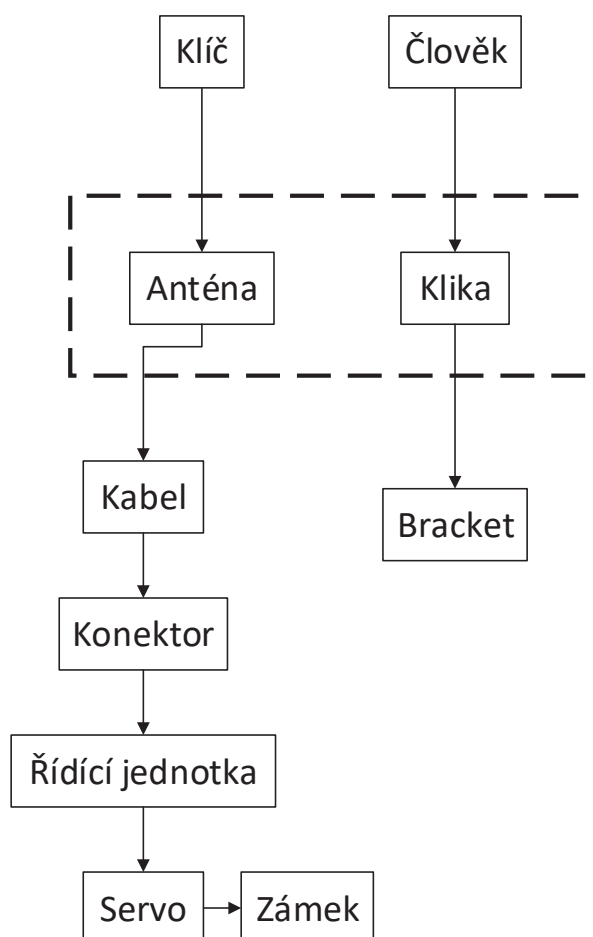
Obrázek 3.3 Klika bočních dveří automobilu – rozložená. Zdroj: firemní materiál

Legenda k obr. 3.3:

1	Barevná páska
2	Kryt
3	Nosná část
4	Přední těsnění
5	Zadní těsnění
6	Šrouby
7	Pouzdro
8	Pružina
9	Kolík
10	Elektronický modul

Boundary diagram

Pro vypracování FMEA boční kliky automobilu byl použit následující boundary diagram.



Obrázek 3.4 Boundary diagram-klika. Zdroj: Vytvořeno autorem.

Matice rozhraní

Běžně po boundary diagramu následuje vypracování matice rozhraní. V případě kliky bočních dveří automobilu bylo z důvodu jednoduchosti systému od tohoto kroku upuštěno.

3.3 Přístup AIAG

V této podkapitole jsou uvedeny tabulky hodnot různých ohodnocení, používaných při vypracování FMEA z pohledu AIAG. Jsou zde uvedeny části, které jsou klíčové pro porovnání metodiky. Přehled je převážně zpracován na základě příručky společnosti Ford [14], která asociaci AIAG založila a dodnes analýzu FMEA vylepšuje a rozšiřuje svou příručku o tipy a doporučení, které vycházejí ze zkušeností firmy.

Hodnocení závažnosti

Hodnocení závažnosti (významu) se uvádí ve formuláři FMEA do sloupce Severity, který je umístěn za důsledkem potenciálního selhání. Přiřazení ohodnocení se řídí následující tabulkou:

Tabulka 3.1 Hodnocení závažnosti AIAG. Zdroj: [14].

Důsledek	Kritéria pro ohodnocení	Ohodnocení
Nesplnění bezpečnosti a/nebo regulačních požadavků	Potenciální selhání má vliv na bezpečnou manipulaci s vozidlem a/nebo zahrnuje nedodržení vládních předpisů bez varování	10
	Potenciální selhání má vliv na bezpečnou manipulaci s vozidlem a/nebo zahrnuje nedodržení vládních předpisů s varováním	9
Ztráta nebo degradace hlavní funkce	Ztráta hlavní funkce (vozidlo nelze ovládat, nezahrnuje bezpečnou manipulaci s vozidlem)	8
	Degradace hlavní funkce (vozidlo lze ovládat, nicméně s jistými omezeními)	7

Ztráta nebo degradace sekundární funkce	Ztráta sekundární funkce (vozidlo lze ovládat, ale funkce pro komfort a pohodlí jsou nefunkční)	6
	Degradace sekundární funkce (vozidlo lze ovládat, funkce pro komfort jsou do jisté míry omezeny)	5
Nepříjemnosti	Vzhled nebo hlučnost, vozidlo lze ovládat, položka neodpovídá, závady si všimne většina zákazníků (>75%)	4
	Vzhled nebo hlučnost, vozidlo lze ovládat, položka neodpovídá, závady si všimne hodně zákazníků (50%)	3
	Vzhled nebo hlučnost, vozidlo lze ovládat, položka neodpovídá, závady si všimne méně zákazníků (<25%)	2
Bez důsledku	Nerozpoznatelný důsledek.	1

Hodnocení výskytu

Ohodnocení výskytu je přiřazováno do sloupce Occurrence, který se ve formuláři vyskytuje po příčině. Hodnota je přiřazena každé příčině. Tým vypracovávající analýzu by měl vzít v potaz design i výrobní proces. V případě zjištění výrazného vlivu výrobního procesu, který by vyžadoval zvláštní opatření, přidělit potenciální znak YS v rámci DFMEA. Následující tabulka zobrazuje způsob ohodnocení. Kritéria pro ohodnocení lze rozšířit, nicméně musí být následně přiložena u provedené analýzy FMEA.

Tabulka 3.2 Hodnocení výskytu AIAG. Zdroj: [14].

Pravděpodobnost selhání	Kritéria pro hodnocení – DFMEA	Kritéria vyjádřená počtem – DFMEA	Ohodnocení
Velmi vysoká Vysoká	Nová technologie/design bez předchozí zkušenosti	100 (a více) na 1000 1 (a více) z 10	10
	Výskyt je nevyhnutelný s novým designem, použitím nebo změnou podmínek, za jakých je zařízení provozováno.	50 na 1000 1 z 20	9
	Výskyt je pravděpodobnější s novým designem, použitím nebo změnou podmínek, za jakých je zařízení provozováno.	20 na 1000 1 z 50	8
	Výskyt je nejistý s novým designem nebo změnou podmínek, za jakých je zařízení provozováno.	10 na 1000 1 ze 100	7
Střední	Časté selhání spojené s podobným designem nebo v simulaci a testování designu.	2 na 1000 1 z 500	6
	Příležitostné selhání spojené s podobným designem nebo v simulaci a testování designu.	0,5 na 1000 1 z 2000	5
	Ojedinelé selhání spojené s podobným designem nebo v simulaci a testování designu.	0,1 na 1000 1 z 10 000	4

Nízká	Pouze ojedinělá selhání přiřazená skoro stejnému designu nebo simulaci a testování designu.	0,01 na 1000 1 z 100 000	3
	Ve skoro identickém designu nebo při testování a simulaci nejsou zjištěna žádná selhání.	0,001 (a méně) na tisíc 1 z 1 000 000	2
Velmi nízká	Selhání je vyloučeno preventivním opatřením.	Selhání je vyloučeno preventivním opatřením.	1

Hodnocení detekce

Ohodnocení pro detekci poruchy se zapisuje ve formuláři do sloupce Detection, který následuje po sloupci stávajících opatření. Ohodnocení je spjato s nejlepším opatřením z daného seznamu. Při určování hodnocení se neberou v potaz opatření zajišťující prevenci. Tyto kontroly neslouží k detekci a jsou ohodnoceny jako 10. Opět platí, že způsob ohodnocení je konsistentní po celou dobu vypracování FMEA. Následující tabulka uvádí způsob ohodnocení pro detekci dle AIAG.

Tabulka 3.3 Hodnocení detekce AIAG. Zdroj: [14].

Příležitost detekce	Kritéria detekce designovým opatřením	Hodnocení	Pravděpodobnost detekce
Bez příležitosti	Bez designových opatření; Nelze detekovat nebo není analyzováno	10	Skoro nemožná
Detekce je nepravděpodobná v jakékoli fázi	Designová analýza / opatření mají slabou detekční schopnost. Virtuální analýza není nastavena dle očekávaných pracovních podmínek	9	Velmi mizivá

Po design freezu	Schválení produktu po design freezu neprojde testováním (nesplní přijatelná kritéria atd.)	8	Mizivá
	Schválení produktu po design freezu testováním do poruchy (testování systému do výskytu chyby, testování systémových interakcí aj.)	7	Velmi nízká
	Schválení produktu po design freezu s testem degradace (testování podsystemu a systému po trvanlivostním testu např. funkční test)	6	Nízká
Před design freezem	Validace produktu (spolehlivostní test, vývojové a validační testy) před design freezem za použití projde/neprojde testování (splnění kritérií, funkční testy atd.)	5	Střední
	Validace produktu (spolehlivostní test, vývojové a validační testy) před design freezem za použití testování do poruchy (praskliny, mezery aj.)	4	Středně vysoká
	Validace produktu (spolehlivostní test, vývojové a validační testy) před design freezem za použití testování degradace (hodnoty před a po, průběh dat aj.)	3	Vysoká
Virtuální analýza	Designová analýza/opatření jsou silným nástrojem detekce. Virtuální analýza (např. CAE, FEA) je vysoce	2	Velmi vysoká

	přizpůsobena se současnými nebo očekávanými pracovními podmínkami před design freezem.		
Detekce není potřeba; Prevence selhání	Designové řešení plně zabraňuje projevům selhání a poruch	1	Skoro jistá

3.4 Hodnocení rizika

Výsledné ohodnocení rizika se zjistí vynásobením hodnot pro závažnost (S), výskyt (O) a odhalení (D). Výsledné číslo (RPN – Risk priority number) může na základě jednotlivých vstupů logicky nabývat hodnot 1 až 1000. Při vyhodnocení nejzávažnějších rizik by se mělo brát v potaz hodnocení závažnosti a nekoukat čistě na výsledné RPN [14].

Zvláštní znaky

V případě AIAG se zvláštní znak zapisuje do sloupce s označením Class (Třída). Jsou rozlišeny 4 základní třídy zvláštních znaků. Kritické (Critical - ∇, CC), Významné (Significant - SC), Bezpečnost obsluhy (Operator Safety – OS), Vysoký dopad (High Impact - HI).

Použití zvláštních znaků ve formulářích dále podléhá typu analýzy. Potenciální znaky v případě DFMEA a (pokud v ně vyústí) zvláštní znaky u PFMEA. Všechny kritické znaky (CC) musí být přiřazeny potenciálním znakům (YC) v DFMEA. Během procesu musí všechny potenciální znaky vyústit alespoň v jeden kritický. V ideálním případě se jedná o část procesu, kde tento znak nejsnáze kontrolovat. V případě změny YS → SC záleží na ohodnocení výskytu na základě procesní dokumentace. Pokud zvláštní znak SC splňuje kritéria daná v PFMEA, lze jej definovat i bez přiřazení YS v DFMEA. Zvláštní znaky OS a HI nelze přiřadit v místě, kde bylo v DFMEA přiřazeno YC nebo YS. Rozdělení zvláštních znaků je přehledně znázorněno v následující tabulce.

Tabulka 3.4 Zvláštní znaky AIAG. Zdroj: [14].

DFMEA		PFMEA	
YC	Většinou spjato s hodnocením závažnosti 9-10	CC nebo ∇	Většinou spjato s hodnocením závažnosti 9-10
YS	Spjato s hodnocením závažnosti 5-8, v případě dohody týmu lze přiřadit i pro hodnocení <5; zároveň je znak ovlivněn výrobním procesem a může vyžadovat zvláštní pozornost	SC	Znak je přiřazen YS v DFMEA s hodnocením závažnosti 5-8 nebo po dohodě týmu <5 a v PFMEA má hodnocení výskytu větší než 3
Bez znaku	Nejedná se o zvláštní znak	OS	Spjato s přiřazením a hodnocením závažnosti 9 a 10
		HI	Znak přiřazen k hodnocení závažnosti 5-8 s konečným ohodnocením výskytu max. 3
		Bez znaku	Zvláštní znak se nevyskytuje

3.5 Přístup VDA

Stejně jako v případě podkapitoly o AIAG, i zde se nachází tabulky, které udávají hodnoty a kritéria používaná při vypracovávání FMEA tentokrát z pohledu VDA. Následující přehled je převážně zpracován ze svazku VDA4 [23], který ve svém posledním přepracování zahrnuje i popis dalších metod používaných k řízení jakosti. Opět jsou vybrány části, které jsou klíčové pro porovnání metodiky.

Hodnocení závažnosti

Hodnocení závažnosti se ve formuláři dle VDA zapisuje do kolonky s označením B. Následující tabulka uvádí přístup k ohodnocení.

Tabulka 3.5 Hodnocení závažnosti VDA. Zdroj: [23].

B	Kritéria hodnocení
Velmi vysoký 10–9	Zvlášť závažná porucha z hlediska bezpečnosti, předpisů. Ohrožení existence organizace.
Vysoký 8–7	Funkčnost vozidla silně omezena, výpadek funkcí nezbytných pro provoz
Mírný 6-5-4	Funkčnost vozidla omezena, výpadek ovládacích a komfortních systémů
Nízký 3-2	Nepatrné narušení funkce vozidla, omezení funkce ovládacích a komfortních systémů
Velmi nízký 1	Velmi nepatrné narušení funkce, rozpozná pouze odborný personál

Hodnocení výskytu

Hodnocení výskytu se ve formuláři dle VDA zapisuje do kolony s označením A. Následující tabulka uvádí přístup k ohodnocení.

Tabulka 3.6 Hodnocení výskytu VDA. Zdroj: [23].

A	Uspořádání produktu
Velmi vysoký 10–9	Nový vývoj systémů bez zkušenosti. Nevyjasněné podmínky použití. Známý systém s problémy.
Vysoký 8–7	Nový vývoj systémů za použití nových technologií, použití dosud problematických technologií, známý systém s problémy
Mírný 6-5-4	Nový vývoj systému se zkušeností, případně detaily z předchozího vývoje za srovnatelných podmínek použití, osvědčený systém beze škod s dlouholetou zkušeností za změněných podmínek
Nízký 3-2	Nový vývoj systémů s kladně uzavřenými postupy prokazování. Propracování detailů na osvědčených systémech s dlouholetou zkušeností ze série beze škod za srovnatelných podmínek použití
Velmi nízký 1	Nový vývoj systémů s kladně uzavřenými postupy prokazování za srovnatelných podmínek použití (rozlišení k 2-3!). Osvědčený systém s dlouholetou zkušeností ze série beze škod za srovnatelných podmínek použití

Hodnocení detekce

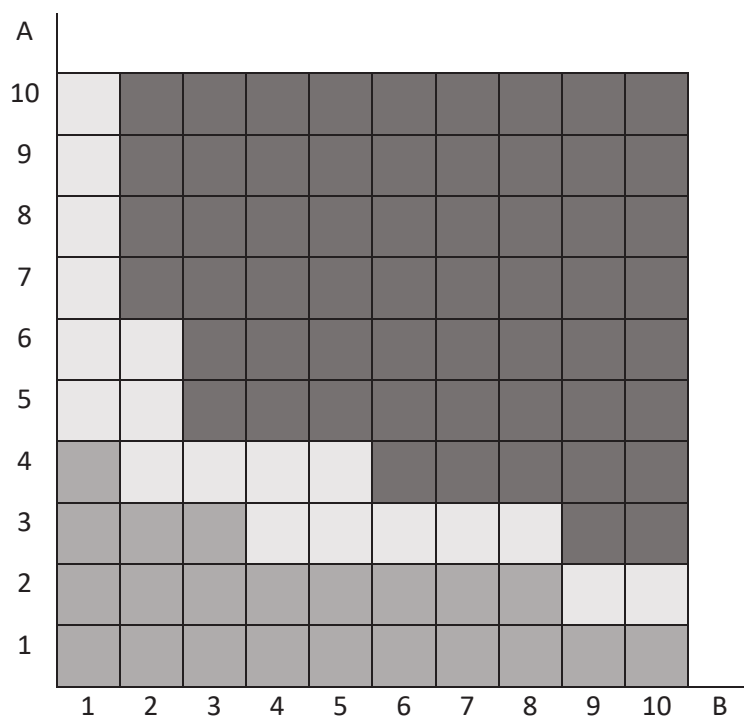
Hodnocení odhalení (detekce) se ve formuláři dle VDA zapisuje do kolonky s označením E. Následující tabulka uvádí přístup k ohodnocení.

Tabulka 3.7 Hodnocení detekce VDA. Zdroj: [23].

E	Odhalení k zajištění uspořádání produktu
Velmi malé 10-9	Velmi malá pravděpodobnost odhalení chybné funkce, není stanoven či znám způsob prokazování.
Malé 8-7	Malá pravděpodobnost odhalení chybné funkce, postup prokazování nejistý nebo chybí zkušenost se stanoveným způsobem prokazování.
Mírné 6-5-4	Mírná pravděpodobnost odhalení chybné funkce. Osvědčený systém prokazování ze srovnatelných produktů za nových podmínek.
Vysoké 3-2	Vysoká pravděpodobnost odhalení chybné funkce díky osvědčenému postupu prokazování. Účinnost opatření k odhalení byla pro tento produkt prokázána.
Velmi vysoké 1	Velmi vysoká pravděpodobnost odhalení chybné funkce díky osvědčenému postupu prokazování na předchozí generaci. Účinnost opatření k odhalení byla pro tento produkt prokázána.

3.6 Matice rizik

Dle svazku VDA4 [23] lze rozřídění rizik provést přes tzv. matici rizik. Matice se rozdělí do tří oblastí. Spodní oblast, kde není potřeba jakkoli reagovat. Střední oblast, kde by pro snížení rizika měla být zavedena vhodná opatření a horní oblast, kde je potřeba zareagovat a je nutnost nějaká opatření použít. Figurují zde hodnoty A a B. V hodnotě B je zohledněna reakce systému na základě E a v hodnotě A jsou zohledněna opatření vedoucí k odhalení FMEA procesu. Mezní nastavení hodnot a priorit je nutno provést individuálně a lze ho opakovat několikrát po sobě, což bude mít za výsledek vytvoření několika uskupení.



Obrázek 3.5 Matice rizik. Převzato z [23].

Legenda:

	Horní oblast
	Střední oblast
	Dolní oblast

3.7 Výsledné ohodnocení rizik


Z ohodnocení B, A a E vyplývají potenciální škody, výskyt a odhalení. Nicméně při stanovení nutnosti opatření je třeba brát v potaz, zda příčina vady skutečně povede k následku. Zde nefiguruje žádný ukazatel. V případech, kdy se musí projevit více příčin současně, je doporučeno použít některou z vhodných metod pro analýzu a rozhodnout o dalších opatření na základě jejich výsledků [23].

Ohodnocení B, A, E lze použít k výpočtu tzv. úrovně priority rizika. Hodnoty se mezi sebou jednoduše vynásobí a výsledkem je tzv. rizikové číslo (RPZ). Je nemožné stanovit hodnotu RPZ, od které by se měla provádět opatření. Každý problém se musí řešit individuálně, neboť jednoduchou komutací při výpočtu RPZ lze docílit stejného výsledku ($6 \times 6 \times 1 = 6 \times 1 \times 6$), ale jednotlivé položky už mají jiný význam, což samozřejmě hraje roli.

Zvláštní znaky

V případě VDA je zápis zvláštních znaků umožněn sloupcem K ve formuláři. Pokud zákazník nepředloží svoje či dodatečné symboly, existuje základní seznam symbolů pro použití, jak uvádí publikace o managementu kvality [23].

Tabulka 3.8 Zvláštní znaky dle IATF. Převzato z: [23].

§	Symbol užívaný pro znaky, které mají dopad na bezpečnost či dodržování právních předpisů.
	Symbol určený pro znaky, které mají vliv na funkci produktu, případně se dokumentují z jiných důvodů (požadavek zákazníka).
(bez znaku)	Pokud se žádný zvláštní znak nevyskytuje, pole se nevyplňuje.

Podle publikace [24] lze zvláštní znaky rozdělit tří kategorií, které jsou neutrální a slouží jako návrh na sjednocení:

- **S** – Bezpečnostní požadavky (v podstatě všechny znaky související s bezpečností)
- **Z** – Znaky týkající se právních a úředních ustanovení v době uvedení výrobku na trh
- **F** – Znaky týkající se funkcí a požadavků

Kritéria pro splnění jednotlivých kategorií jsou dle publikace [24] uvedena následovně:

Pro bezpečnostní požadavky (S): ochrana posádky při nehodě, zabránění výpadku řízení, brzd a dalších závad vedoucích k ohrožení života a zdraví. Kategorie pro zohledňování a zákonů a předpisů (Z) se týká schvalování (reflektory), homologace (emise) a právních předpisů (recyklace). Do kritérií funkční kategorie (F) spadají technicko-výrobní požadavky (náročná výroba), důležité funkční požadavky (tvar, výkonnost) a možné ekonomické škody u zákazníka či dodavatele.

3.8 Porovnání VDA a AIAG

Na základě vypracované FMEA, lze nyní na konkrétních příkladech ukázat rozdíly metodik v rámci FMEA formuláře a následně celou problematiku shrnout.

V příručce FMEA [25] lze dohledat postup na základě AIAG, je zde spousta příkladů včetně ukázek formuláře. Jedná se o obecný příklad, ze kterého je možné vycházet při vypracování FMEA. Na následujícím obrázku je ukázka výřezu formuláře - hlavička z AIAG verze FMEA. Hlavička byla pro potřeby firmy upravena, nicméně stěžejní obsah se shoduje s AIAG postupem.

Systémový název					Hlavní projekt
Vnější klika bočních dveří					Návrh klíky
Objekt	ID objektu	Vytvořil	Datum vytvoření	Provedl poslední změnu	Datum změny
TAG	1	Babovák Jan	14.10.2016	Babovák Jan	23.4.2017
Odpovědný člen týmu		Odpovědné oddělení		Zainteresaná oddělení	
Babovák Jan		WNC QM		-	
Členové týmu					
Babovák Jan					
Poznámky, komentáře					

Obrázek 3.6 AIAG hlavička – výřez. Zdroj: Vytvořeno autorem.

Hlavička VDA je zpracována na základě svazku VDA4. I když je rozdíl oproti AIAG na první pohled patrný, hlavička obsahuje všechny stěžejní informace k jednoznačné identifikaci předmětu analýzy. Identifikační čísla, odpovědné osoby, systémová označení, číslo analýzy atd.

Analýza možností vzniku vad a jejich následků			FMEA-č: 12345
			Strana: 1
Typ/model/výroba/šarže:	Číslo předmětu: 34-956	Odpovědnost:	Datum:
Vnější klika bočních dveří	Stav změny: 1	Babovák	1.10.
Systém č./systémový prvek	Číslo předmětu: 956-4861	Odpovědnost:	Datum:
	Stav změn: 1	Babovák	1.10.

Obrázek 3.7 VDA hlavička – výřez. Zdroj: Vytvořeno autorem.

V hlavičce formuláře se tedy přístupy liší pouze formálně a úpravou. Pro provedení analýzy je jejich obsah dostačující. Hlavička se v praxi i tak bude lišit podle autora. Důležitý je v tomto případě obsah. Ten obě metodiky splňují dostatečně.

Formální rozdíly jsou dále patrné v celém formuláři, jak lze vyzorovat z následujících příkladů, kde jsou poukázány samotné rozdíly.

Na obrázku 3.8 se nachází výřez z AIAG formuláře. Lze z něj vyzorovat posloupnost zápisu. První se zapisuje funkce, která vymezuje jeden řádek, který se pak může členit, protože porucha může mít více příčin, což vede k více opatřením atd.

Dále si lze povšimnout čísla v závorce u následku selhání. Jedná se o nápovědu softwaru pro použité ohodnocení, která se v tomto případě promítla do exportu. Dále samotné ohodnocení závažnosti (v tomto případě 10), které následuje důležitý sloupec pro zvláštní znak. V tomto případě se jedná o potenciální kritický znak (viz sekce zvláštní znaky a tabulka 3.4). V tomto sloupci se nachází výrazný rozdíl oproti VDA, kde je značení zcela odlišné. Na obrázku 3.8 dále stojí za zmínku poslední viditelný sloupec, kde jsou uvedena preventivní opatření (V:) a opatření k odhalení (P:).

Mechanicky otevřít dveře. Přenést mechanický moment z lidské ruky přes kliku dveří na páku výztuhy. < Síla pro otevření > 20 N; síla pro otevření < 40 N - Zdvih kliky 30 mm \pm 1 mm - Odolat tahu 1000 N ve směru osy X,Y,Z. ->	Mechanický moment nelze přenést na kliku (nosič kliky) z důvodu nedostatečné pevnosti kliky (nosiče kliky). Pevnost kliky < 1000 N.	ztráta fce 30g (10)	10	YC	Špatná konstrukce kliky. Nedostatečné rozměry	2	V: FEM F22
		ztráta fce otevření dveří (8)					V: Zkušenost z projektu AB21
							P: DV Pevnostní test
							P: PV Pevnostní test

Obrázek 3.8 AIAG formulář – výřez. Zdroj: Vytvořeno autorem.

Na obrázku 3.9 je výřez VDA stejné funkce, která byla použita v předchozím případě (obr 3.8). Na první pohled se formulář liší uspořádáním. Řešená funkce se nalézá nad veškerými dalšími údaji, které se k ní vztahují. Pořadí sloupců je také jiné. Zvláštní znak je zde značen Z (viz kapitola zvláštní znaky). Rozdíl je také v zápisu následujících opatření, která se provádějí v případě zvláštního znaku. Způsob zápisu vývoje stavu opatření je viditelný na obrázku 3.9 (zapsáno pod sebou). Použité výřezy v této kapitole mají orientační charakter. Pro plné porovnání lze nahlédnout do přílohy této diplomové práce.


Funkce: Mechanicky otevřít dveře. Přenést mechanický moment z lidské ruky přes kliku dveří na páku výtuhy. < Síla pro otevření > 20 N; 1 mm - Odolat tahu 1000 N ve směru osy X,Y,Z. ->						
ztráta fce 30g	10	Mechanický moment nelze přenést na kliku (nosič kliky) z důvodu nedostatečné pevnosti kliky (nosiče kliky). Pevnost	Z	Špatná konstrukce kliky. Nedostatečné rozměry	Stav opatření k 14.10.2016	
					FEM F22 ; Zkušenost z projektu AB21	2
					Stav opatření - vývoj: 3.1.2017	
					Přezkoumání znaku. Pevnostní test	2

Obrázek 3.9 VDA formulář – výřez. Zdroj: Vytvořeno autorem.

Po vypracování DFMEA, jejímž předmětem je klika automobilu, lze prohlásit, že se na první pohled liší formální úpravou, tj. použitým formulářem (uspořádání sloupců aj.). Metodiky se výrazně odlišují hlavně v přístupu používání zvláštních znaků, a to ve způsobu zápisu, tak ve způsobu značení. V případě AIAG jsou znaky jasně nadefinovány, a to dokonce i přenos mezi designovou a procesní FMEA, kde se znaky mohou přenášet. V případě VDA je přístup ke znakům poněkud příliš volný. Ze svazku VDA4 [23] lze pochopit, že znaky nemusí být vůbec definovány. Pokud skutečně nejsou, použije se doporučená sada znaků dle IATF (viz tabulka 3.8). Specifičtější členění zvláštních charakteristik (znaků) lze dohledat literatuře [24], kde jsou bezpečnostní znaky a právní předpisy rozděleny do dvou kategorií a třetí funkční kategorie zůstává. Tato skutečnost vede k nejednoznačnosti, která se v případě dodání vlastních znaků zákazníkem jen prohlubuje. Názorné porovnání zvláštních znaků deklaruje tabulka 3.9.

Metodiky se dále liší v hodnocení závažnosti, odhalitelnosti a výskytu. Na první pohled viditelným rozdílem je použité značení jednotlivých hodnocení a z nich vypočteného rizikového čísla. V případě AIAG jsou ve všech třech požadovaných ohodnoceních jasně deklarována kritéria pro všech deset jednotlivých ohodnocení (viz tabulky 3.1, 3.2. a 3.3), což odpovídá standardu automobilového průmyslu [5]. Naopak u metodiky VDA je hodnocení rozděleno do pouhých pěti kategorií s možností hodnocení od jedné do deseti (viz tabulky 3.5, 3.6 a 3.7). Použité ohodnocení lze tedy označit za vyloženě pocitovou záležitost. V praxi může docházet i v metodice AIAG k nepřesnému ohodnocení, neboť stanovená kritéria se liší v malých detailech. Pokud se odpovědná osoba nedopustí obrovské záměny čísel (např. 9 místo 2), na výsledné ohodnocení to nemá až tak velký vliv. Lze tedy prohlásit, že v případech obou metodik se lze dopracovat kýženého a odpovídajícího výsledku. V případě AIAG lze dohledat stanovená kritéria pro ohodnocení. Ve VDA zůstává opět prostor pro nejasnost.

Tabulka 3.9 Porovnání zvláštních znaků. Vytvořeno autorem.

IATF (VDA4)	VDA (návrh)	AIAG
§	S, Z	YC → CC
	F	YS → SC
(bez znaku)	(bez znaku)	(bez znaku)

Následující tabulka ukazuje požadavky na značení zvláštních znaků u jednotlivých firem. WITTE tento problém řeší převodní tabulkou.

Tabulka 3.10 Porovnání zvláštních znaků dle firem. Zdroj: Firemní materiály

WITTE Automotive	Volkswagen	BMW	Daimler	Chrysler	GM	Ford	Volvo	Mazda	HONDA	Renault	PSA
CC- Merkmal	TLD- Merkmal (TLD-Blatt) D-Merkmal D-Merkmal D	L, D*	DS, DS_I, DZ	S	S/C	CC	[1]	A, AR	HS, HA	3	CTF S, CSE S, CTF R, CSE R
SC- Merkmal		S*		D, P	F/F	SC	[3]		HB	2	CSE
Prüf- merkmal	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	

4 Zhodnocení výsledků

Již při studiu problematiky FMEA se lépe a přehledně pracovalo v případě AIAG. Příručka společnosti Ford, ze které lze při této metodice vycházet je uspořádaná, logicky členěná a obsahuje celou řadu obrázků a příloh. Je srozumitelná i začátečníkům. Pokud tedy někdo FMEA ve svém podniku zavádí bez předchozí zkušenosti, lze mu tuto příručku s přehledem doporučit. Při vypracování této práce bylo pracováno s příručkou v originální anglické verzi.

Svazek VDA4 naproti tomu obsahuje celou řadu metodik a nástrojů k řízení jakosti. V případě FMEA je zde však snaha o co nejkompaktnější návod, ve kterém jsou vysvětlovány principy DFMEA a PFMEA současně, což vede k nejasnostem. Zvláště v případě, pokud se někdo s problematikou FMEA setkává poprvé. Při vypracování této práce byla k dispozici česká verze VDA4. Tato verze si bohužel s sebou nese další problém, a to je překlad. Ten není použitou terminologií zcela technický, a proto občas dochází k nejednoznačnosti. Vytvořit kvalitní překlad technických termínů a sousloví bývá někdy problém i v normách, které jsou později upravovány, a je tedy lepší pracovat s jejich původní verzí.

Na základě výše uvedeného není tedy žádným překvapením, že porovnání FMEA z pohledu VDA a AIAG vyústilo ve prospěch AIAG. Při vypracování práce byla samozřejmě využita celá řada dalších zdrojů a byla vypracována FMEA vnější kliky bočních dveří automobilu postupem obou metodik. VDA nabízí v jistých ohledech volnější přístup v některých segmentech analýzy. Pokud se ale automobilový průmysl chce ubírat cestou sjednocení a jednoznačnosti, tuto cestu nelze doporučit. I přes zmíněnou nejasnost a prostor pro vlastní interpretaci v případě VDA, nelze dojít k jinému výsledku než v případě AIAG. Rozdíly obou metodik se ve finále v podstatě vyruší a jsou spíše formálního charakteru. Vypracování obou metodik tedy vede ke stejnému výsledku, v případě AIAG se k němu však dojde jasným a přehledným způsobem a přesným značením.

Pokud zákazník nepožaduje jinak, ve firmě WITTE je preferován přístup AIAG. V rámci firmy se problematikou FMEA týká směrnice D-PEP52.

Závěr

Účelem této diplomové práce je porovnat přístupy k analýze rizik metodou FMEA podle VDA a AIAG. V úvodní kapitole je práce zaměřena na obecný pohled na rizika. Je zde uveden přehled několika známých metod používaných v přístupu k analýze rizik a popis norem týkajících se problematiky rizika.

V hlavní teoretické části se práce věnuje teoretickému úvodu do FMEA. Je zde popsána norma věnující se problematice FMEA a jsou zmíněny stěžejní záležitosti, které jsou důležité při samotném vypracování FMEA. Teoretická část dále představuje možné značení a dělení různých používaných typů FMEA, a to jak v automobilovém průmyslu, tak mimo něj.

V praktické části práce jsou rozebírány oba porovnávané přístupy. V kapitole se nacházejí tabulky s hodnocením používaným při vypracovávání samotné FMEA, zvláštní znaky používané ve FMEA a teoretický popis těchto hodnocení. Součástí praktické části je také vypracovaná FMEA ve spolupráci s firmou WITTE Nejdek podle obou přístupů, která je volnou přílohou práce.

Analýza byla vypracována na produktu kliky bočních dveří automobilu. Na jejím základě vyšly najevo hlavní rozdíly metodik, které spočívají ve struktuře formuláře, používání zvláštních znaků a hodnocení týkající se závažnosti, výskytu a detekce problému.

V závěrečné části práce je vyhodnoceno porovnání obou metodik, a to i z pohledu použitých stěžejních literárních pramenů. Z vypracovaného porovnání metodik se jako lepší jeví metodika AIAG zejména díky své jednoznačnosti a přesně formulovanému značení.

Tato diplomová práce může být přínosem pro firmu WITTE Nejdek při komunikaci se zákazníkem a každému, kdo se začíná o problematiku FMEA zajímat.

Seznam tabulek

Tabulka 3.1 Hodnocení závažnosti AIAG. Zdroj: [14]	29
Tabulka 3.2 Hodnocení výskytu AIAG. Zdroj: [14].	31
Tabulka 3.3 Hodnocení detekce AIAG. Zdroj: [14].	32
Tabulka 3.4 Zvláštní znaky AIAG. Zdroj: [14].	35
Tabulka 3.5 Hodnocení závažnosti VDA. Zdroj: [23].	36
Tabulka 3.6 Hodnocení výskytu VDA. Zdroj: [23].	36
Tabulka 3.7 Hodnocení detekce VDA. Zdroj: [23].	37
Tabulka 3.8 Zvláštní znaky dle IATF. Převzato z: [23].	39
Tabulka 3.9 Porovnání zvláštních znaků. Vytvořeno autorem.	43
Tabulka 3.10 Porovnání zvláštních znaků dle firem. Zdroj: Firemní materiály	43

Seznam obrázků

Obrázek 1.1 Obvod. Zdroj: Převzato z: [13]	13
Obrázek 1.2 Strom pro událost "světlo nesvíí". Zdroj: Převzato z: [13]	13
Obrázek 2.1 Boundary diagram. Vytvořeno autorem.	20
Obrázek 2.2 Matice rozhraní. Převzato z [14]. Upraveno.	21
Obrázek 3.1 Osy. Vytvořeno autorem.	26
Obrázek 3.2 Klika bočních dveří automobilu. Zdroj: firemní materiál.	27
Obrázek 3.3 Klika bočních dveří automobilu – rozložená. Zdroj: firemní materiál	27
Obrázek 3.4 Boundary diagram-klika. Zdroj: Vytvořeno autorem.	28
Obrázek 3.5 Matice rizik. Převzato z [23].	38
Obrázek 3.6 AIAG hlavička – výřez. Zdroj: Vytvořeno autorem.	40
Obrázek 3.7 VDA hlavička – výřez. Zdroj: Vytvořeno autorem.	40
Obrázek 3.8 AIAG formulář – výřez. Zdroj: Vytvořeno autorem.	41
Obrázek 3.9 VDA formulář – výřez. Zdroj: Vytvořeno autorem.	42

Reference

- [1] **TICHÝ, Milík.** *Ovládání rizika: analýza a management.* V Praze: C.H. Beck, 2006. Beckova edice ekonomie. ISBN 80-7179-415-5.
- [2] **TICHÝ, Milík.** Definice rizika. [Http://tirisk.sweb.cz/](http://tirisk.sweb.cz/). [Online] 2013. [Citace: 9. říjen 2016.] Dostupné z: http://tirisk.sweb.cz/definice_rizika_130903.docx.
- [3] **ČSN ISO 31000 (01 0351) Management rizik - Principy a směrnice.** Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2010.
- [4] **ČSN EN 31010 (010352) Management rizik - Techniky posuzování rizik.** Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2011.
- [5] **ČSN EN 60812 Techniky analýzy bezporuchovosti systémů – Postup analýzy způsobů a důsledků poruch (FMEA).** Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2007.
- [6] **BARTLOVÁ, Ivana a Karol BALOG.** *Analýza nebezpečí a prevence průmyslových havárií.* 2. vyd. V Ostravě: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2007. Spektrum (Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství). ISBN 978-80-7385-005-0.
- [7] Analýza pomocí kontrolního seznamu - CLA (Checklist analysis). *Management mania.* [Online] 2016. [Citace: 9. říjen 2016.] Dostupné z: <https://managementmania.com/cs/analýza-kontrolni-seznam-cla-checklist-analysis>.
- [8] **WASTRADOWSKI, Matt.** Safety Inspection vs Safety Audit. [Online] Graphic Products, 2016. [Citace: 9. říjen 2016.] Dostupné z: <https://www.graphicproducts.com/articles/safety-inspection-vs-safety-audit/>.
- [9] *Safety audit/Inspection manual.* [Online] 2000. [Citace: 17. březen 2017.] Dostupné z: http://users.uoi.gr/deapi/index.files/S_MANUAL/safety.pdf.
- [10] Co - když analýza (What-if Analysis). *Management mania.* [Online] 2015. [Citace: 9. říjen 2016.] Dostupné z: <https://managementmania.com/cs/co-kdyz-analyza-what-if-analysis>.
- [11] **LAIDRE, Armin.** What is What-if Analysis? *IPlanner.net.* [Online] [Citace: 9. říjen 2016.] Dostupné z: http://www.iplanner.net/business-financial/online/how-to-articles.aspx?article_id=what-if-analysis.
- [12] **RAUSAND, Marvin.** Preliminary Hazard Analysis. [Online] 2005. [Citace: 9. říjen 2016.] Dostupné z: <https://ab-div-bdi-bl-blm.web.cern.ch/ab-div-bdi-bl-blm/Literature/fmcea/pha.pdf>.
- [13] **PLURA, Jiří.** *Plánování a neustálé zlepšování jakosti.* Praha: Computer Press, 2001. Business books (Computer Press). ISBN 80-7226-543-1.
- [14] **Firemní materiál:** Ford Motor Company - *FMEA handbook.* 2011.
- [15] *Basic Concepts of FMEA and FMECA.* [Online] Reliasoft Corporation, 2017. [Citace: 21. březen 2017.] Dostupné z: <http://www.weibull.com/hotwire/issue46/relbasics46.htm>.
- [16] What is MFMEA, Methodology of Machine Failure Modes and Effects Analysis of Risk. [Online] Omnex, 2017. [Citace: 3. březen 2017.] Dostupné z: http://www.omnex.com/training/automotive_coretools/mfmea.aspx.

- [17] About IATF - International Automotive Task Force. [Online] IATF Global Oversight, 2017. [Citace: 19. březen 2017.] Dostupné z: <http://www.iatfglobaloversight.org/about-iatf/>.
- [18] About AIAG. [Online] Automotive Industry Action Group. [Citace: 19. březen 2017.] Dostupné z: <http://www.aiag.org/about>.
- [19] *German Association of the Automotive Industry - VDA*. [Online] 2016. [Citace: 19. březen 2017.] Dostupné z: <https://www.vda.de/en>.
- [20] *SMMT - Supporting and promoting the UK automotive industry*. [Online] SMMT, 2016. [Citace: 19. březen 2017.] Dostupné z: <https://www.smmt.co.uk/>.
- [21] *Federation of Vehicle Equipment Industries (FIEV)*. [Online] FIEV. [Citace: 19. březen 2017.] Dostupné z: <http://www.fiev.fr/>.
- [22] *sito ANFIA*. [Online] [Citace: 19. březen 2017.] Dostupné z: http://en.anfia.it/index.php?modulo=view_chi_siamo.
- [23] *VDA4: Zajištění kvality v oblasti procesů*. Praha : Česká společnost pro jakost. Management jakosti v automobilovém průmyslu, 2013.
- [24] *Popis procesu stanovení zvláštních charakteristik: [vznik produktu]*. Přeložil Stanislav KŘEČEK. Praha : Česká společnost pro jakost, 2012. Management jakosti v automobilovém průmyslu. ISBN 978-80-02-02368-5.
- [25] *Analýza možných způsobů a důsledků závad (FMEA): příručka*. 3. vyd. Praha: Česká společnost pro jakost, 2001. ISBN 80-02-01476-6.

FAILURE MODES & EFFECTS ANALYSIS

Systémový název						Hlavní projekt		
Vnější klika bočních dveří						Návrh kliky		
Objekt	ID objektu	Vytvořil	Datum vytvoření	Provedl poslední změnu	Datum změny	Typ	Status	
TAG	1	Babovák Jan	14.10.2016	Babovák Jan	23.4.2017	Design	Dokončeno	
Odpovědný člen týmu		Odpovědné oddělení		Zainteresovaná oddělení		Atributy		
Babovák Jan		WNC QM		-		-		
Členové týmu								
Babovák Jan								
Poznámky, komentáře								

E.1 Vnější klika bočních dveří (SCIO-FMEA)

Nr.	Funkce	Potenciální selhání	Pot. následek selhání	Závažnost	Třídy (zvláštní znaky)	Příčina	Vyskyt	Použitá opatření kontroly	Děle kce	RPN	Doporučená opatření	Odpovědnost a datum vyhození	Výsledky																																																																																																																																																						
													Použité opatření	Záv	Vys	Det	RPN	Stav (%)																																																																																																																																																	
I.1	<p>Rozeznat signál pro otevření dveří, vyslat signál do řídicí jednotky.</p> <p>< H > N A/m -</p> <p>Výstupní signál U > 0,5 V -</p> <p>IP 67 -</p> <p>Impedance vedení musí být nižší než 2 Ω. -</p> <p>Impedance mezi vodiči vedení musí být vyšší než 200 kΩ. -</p> <p>Anténa kliky uzavřena v pouzdrů IP 68 -</p> <p>Anténa musí odolávat teplotám v rozmezí -40°C - +90°C. -></p>	<p>Nevyšlán signál do RJ, signál menší než 0,5 V</p>	<p>ztráta el. odemčení dveří, komfort omezen (6)</p>	6	-	-	slabý zisk antény	1	<p>V: výběr antény podle katalogu dodavatele určeného OEM.</p> <p>P: DV Funkční test</p> <p>P: PV Funkční test</p>	2	12	-	-	-	-	-	-	-	-																																																																																																																																																
																				<p>utlumení elmg (vstupního) signálu. Použití chromové vrstvy na krytku kliky.</p>	2	<p>V: Záznam ve výkresu</p> <p>V: použití lakované krytky</p> <p>P: Konstruktivní projednání s OEM</p>	3	36	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-																																																																																																																														
																																						<p>utlumení el. (výstupního) signálu. Impedance vedení > 2 Ω.</p>	3	<p>V: Výpočet impedance</p> <p>P: DV Funkční test</p> <p>P: PV Funkční test</p>	3	54	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-																																																																																																												
																																																								<p>utlumení el. (výstupního) signálu. Impedance izolace Ri &lt; 200 kΩ.</p>	2	<p>V: výběr kabelového svazku podle katalogu</p> <p>P: DV Funkční test</p> <p>P: PV Funkční test</p>	3	36	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-																																																																																										
																																																																										<p>Nedostatečný signál po čase</p>	6	<p>ztráta el. odemčení dveří, komfort omezen (6)</p>	6	-	-	degradace antény v důsledku průniku vlhka. Ri < 200 kΩ.	2	<p>V: Nedostatečné krytí antény</p> <p>P: DV Klimatický test</p> <p>P: PV Klimatický test</p>	3	36	-	-	-	-	-	-	-	-																																																																							
																																																																																													<p>degradace antény v důsledku vibrací</p>	3	<p>V: Anténa pevně spojena s tělesem kliky.</p> <p>V: Odolnost antény proti vibracím podle katalogu</p> <p>P: DV Vibrační test a Životnostní test</p> <p>V: PV Vibrační test a Životnostní test</p>	3	54	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-																																																						
																																																																																																														<p>degradace antény v důsledku vysokých teplot</p>	2	<p>V: Odolnost antény proti teplotám podle katalogu</p> <p>P: DV Klimatický test</p> <p>P: PV Klimatický test</p>	3	36	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-																																					
																																																																																																																															<p>degradace antény v důsledku nízkých teplot</p>	2	<p>V: Odolnost antény proti teplotám podle katalogu</p> <p>P: PV Klimatický test</p> <p>P: DV Klimatický test</p>	3	36	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-																				
																																																																																																																																																<p>Mechanicky otevřít dveře. Přenést mechanický moment z lidské ruky přes kliku dveří na páku výtuhy.</p> <p>< Síla pro otevření > 20 N; síla pro otevření < 40 N -</p> <p>Zdvih kliky 30 mm +1 mm -</p> <p>Odolat tahu 1000 N ve směru osy X,Y,Z. -></p>	<p>Mechanický moment nelze přenést na kliku (nosič kliky) z důvodu nedostatečné pevnosti kliky (nosiče kliky). Pevnost kliky &lt; 1000 N.</p>	<p>ztráta fce 30g (10)</p>	10	YC	-	Špatná konstrukce kliky. Nedostatečné rozměry	2	<p>V: FEM F22</p>	3	60	10/14/2016	-	-	-	-	-	-	-	-
<p>Špatný materiál kliky. Rm příliš nízký.</p>	2	<p>V: FEM F22</p> <p>V: Zkušebnost z projektu AB21</p> <p>P: DV Pevnostní test</p> <p>P: PV Pevnostní test</p>	3	60	2/24/2017	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-																																																																																																																																																		
																		<p>Mechanický moment nelze přenést na páku výtuhy z důvodu nedostatečné pevnosti přední nohy. Pevnost přední nohy &lt; 1000 N.</p>	<p>ztráta fce 30g. Nesplnění zákonného požadavku, možnost ohrožení života/zdraví. (10)</p>	<p>V: FEM F22</p>	3	60	10/14/2016	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-																																																																																																																																
																																				<p>P: Přezkoumání znaku. Pevnostní test</p>	3/1/2017 : SmrZ	<p>P: Znak nepotvrzen. Pevnostní test OK, Protokol 089/1.3.2017</p>	10	2	3	60	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-																																																																																																														
																																																						<p>P: Přezkoumání znaku. Pevnostní test</p>	3/1/2017 : SmrZ	<p>P: Znak nepotvrzen. Pevnostní test OK, Protokol 089/1.3.2017</p>	10	2	3	*60	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-																																																																																												

Nr.	Funkce	Potenciální selhání	Pot. následek selhání	Závažnost	Třídy (zvláštní znaky)	Příčina	kyt	kontroly	kce	datum vyhoštění	Použité opatření	Záv	Výs	Det	RPN	Stav [%]														
	1000 N.	ztráta fce otevření dveří (8)						V: Zkušenosť z projektu AB21	3	60	V: zesílení konstrukce přední nohy	4/1/2017 : Babovák	V: šířka nohy 21 mm +/-,01	10	2	3	60	Dokončeno												
								P: DV Pevnostní test			P: Přezkoumání znaku. Pevnostní test	3/1/2017 : Smrž	P: Znak nepotvrzen. Pevnostní test OK, Protokol 089/1.3.2017							Dokončeno										
								P: PV Pevnostní test																						
								Špatný materiál přední nohy. Rm příliš nízký.			2	V: FEM F22	3	60	10/14/2016											Dokončeno				
												V: Zkušenosť z projektu AB21	3	60	10/14/2016	P: Přezkoumání znaku. Pevnostní test	3/1/2017 : Smrž	P: Znak nepotvrzen. Pevnostní test OK, Protokol 089/1.3.2017	10	2	3	60	Dokončeno							
											P: DV Pevnostní test																			
											P: PV Pevnostní test																			
											V: FEM F24																			
											Mechanický moment nelze přenést na páku výtahu z důvodu nedostatečné pevnosti spojení přední noha osička	ztráta fce otevření dveří (8)	8	YS		Nedostatečná pevnost fixace osičky v přední noze. Nedostatečné rozměry.	4	V: FEM F24	3	96	2/24/2017	P: Přezkoumání znaku. Pevnostní test	3/1/2017 : Smrž	P: Znak nepotvrzen. Pevnostní test OK, Protokol 089/1.3.2017	8	4	3	*96	Dokončeno	
																		V: Zkušenosť z projektu AB21	3	96	2/24/2017	P: Přezkoumání znaku. Pevnostní test	3/1/2017 : Smrž	P: Znak nepotvrzen. Pevnostní test OK, Protokol 089/1.3.2017	8	4	3	*96	Dokončeno	
																		P: DV Pevnostní test												
																		P: PV Pevnostní test												
	V: FEM F24																													
	Nedostatečná pevnost osičky v přední noze. Rm příliš nízký	4	V: FEM F24	3	96	2/24/2017	P: Přezkoumání znaku. Pevnostní test		3/1/2017 : Smrž	P: Znak nepotvrzen. Pevnostní test OK, Protokol 089/1.3.2017							8	4	3	*96	Dokončeno									
			V: Zkušenosť z projektu AB21	3	96	2/24/2017	P: Přezkoumání znaku. Pevnostní test		3/1/2017 : Smrž	P: Znak nepotvrzen. Pevnostní test OK, Protokol 089/1.3.2017							8	4	3	*96	Dokončeno									
	P: DV Pevnostní test																													
	P: PV Pevnostní test																													
	V: FEM F24																													
	Nedostatečná pevnost osičky. Špatné rozměry osičky.	2	V: FEM F24	3	48	2/24/2017	P: Přezkoumání znaku. Pevnostní test		3/1/2017 : Smrž	P: Znak nepotvrzen. Pevnostní test OK, Protokol 089/1.3.2017							8	2	3	*48	Dokončeno									
			V: Zkušenosť z projektu AB21	3	48	2/24/2017	P: Přezkoumání znaku. Pevnostní test		3/1/2017 : Smrž	P: Znak nepotvrzen. Pevnostní test OK, Protokol 089/1.3.2017							8	2	3	*48	Dokončeno									
	P: DV Pevnostní test																													
	P: PV Pevnostní test																													
	V: FEM F24																													
	Mechanický moment se přenesou nedostatečně v důsledku nadměrného tření mezi přední nohou a vedením ve výtahu.	ztráta fce otevření dveří (8)	8			chybná konstrukce, nedostatečná vůle mezi díly	3	V: Toleranční analýza T 10	4	96	-	-	-	-	-	-	-	-												
								P: DV Životnostní test	3	48	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-									
								P: PV Životnostní test																						
								V: Zkušenosť z projektu AB21																						
								P: DV Životnostní test																						
								Nevhodná kombinace materiálů přední nohy a vedení v LGB.	3	V: Zkušenosť z projektu AB21	3	72	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-							
								Dveře se někdy neotevrou	ztráta fce otevření dveří (8)	8	YS	vniknutí cizího tělesa, prachu	4	V: IP32	3	96	12.9.2016	P: Přezkoumání znaku. DV Životnostní test 124	5/1/2017 : Smrž	P: Znak nepotvrzen. DV Životnostní test 124 OK, Protokol 130/1.5.2017	8	2	3	*48	Dokončeno					
														V: Zkušenosť z projektu AB21	3	72	12.9.2016	P: DV Životnostní test 124	5/1/2017 : Smrž	P: DV Životnostní test 124 OK, Protokol 130/1.5.2017	8	2	3	*48	Dokončeno					
														P: PV Životnostní test																
														V: IP32																
														V: Zkušenosť z projektu AB21																
														vniknutí vody a zamrznutí pohyblivých částí	3	V: IP32	3	72	12.9.2016	P: DV Životnostní test 124	5/1/2017 : Smrž	P: DV Životnostní test 124 OK, Protokol 130/1.5.2017	8	2	3	*48	Dokončeno			
			V: Zkušenosť z projektu AB21	3	72	12.9.2016							P: DV Životnostní test 124	5/1/2017 : Smrž	P: DV Životnostní test 124 OK, Protokol 130/1.5.2017	8	2	3	*48	Dokončeno										
	P: DV Klimatický test 327																													
	P: PV Klimatický test 327																													
	V: IP32																													
II.	Vedlejší funkce																													
II.1	Funkce 30G.	Setrvační zrychlení (zpomalení) kliky způsobí otevření dveří při zrychlení <= 30G. ->	ztráta fce 30g. Nesplnění zákonného požadavku, možnost ohrožení života/zdraví. (10)	10	YC	Hmotnost kliky vyšší než 200 g.							2	P: Konstrukční projednání, ověření prototypu. P: Zvážení kliky	2	40	-	-	-	-	-	-	-							
	< Kliky nesmí způsobit otevření dveří při zrychlení <= 30G. ->					Chybně umístěné těžiště kliky / chybná kinematika pohybu kliky.	3	P: Ověření kinematiky CATIA C20 P: DV Funkční test	3	90	-	-	-	-	-	-	-													
								P: DV 30g test			-	-	-	-	-	-	-													
II.2	Pevnost. Odolá síle podle specifikace. < Odolat síle ve směru osy +-X,Y,Z <= 1000 N. ->	viz Hlavní funkce mechanické otevření..																												
II.3	Odolnost proti klimatickým vlivům	Rozměry kliky se v důsledku vysoké vlhkosti změní tak, že dojde ke ztrátě funkce otevření	ztráta fce otevření dveří (8)	8		Chybný výběr materiálu. Vysoký index nasákavosti.	2	V: Zkušenosť z projektu ABC P: DV Klimatický test 327	3	48	-	-	-	-	-	-	-													
	< Kliky bude bez ztráty fce v rozmezí teplot -40°C - +90°C. Přípustné je zvýšení ovládací síly o 10%. ->					Chybný výběr materiálu. Vysoký index nasákavosti.	2	V: Zkušenosť z projektu ABC P: DV Klimatický test 327 V: PV Klimatický test 327	3	36	-	-	-	-	-	-	-													
	Kliky bude bez ztráty fce v rozmezí atmosférickým vlivům 0 - 100% relativní vlhkosti. Přípustné je zvýšení ovládací síly o 10%. ->																													

Nr.	Funkce	Potenciální selhání	Pot. následek selhání	Závažnost	Třídy (zvláštní znaky)	Příčina	kyt	kontroly	kce	datum vyhotovení	Použité opatření	Záv	Výs	Det	RPN	Stav [%]
		Pevnost kliky se změni v důsledku vysokých teplot	ztráta fce 30g (10) ztráta fce otevíření dveří (8)	10	YC	Chybná volba materiálu.	3	V: Zkušenosť z projektu ABC P: DV Klimatický test 327 V: PV Klimatický test 327	3	90	-	-	-	-	-	-
		Pevnost kliky se změni v důsledku nízkých teplot	ztráta fce 30g (10) ztráta fce otevíření dveří (8)	10	YC	Chybná volba materiálu.	3	V: Zkušenosť z projektu ABC P: DV Klimatický test 327 V: PV Klimatický test 327	3	90	-	-	-	-	-	-
II.4	Odolnosť proti EMC. Kliky nesmí vyzařovat EMG pole s intenzitou vyšší než X < Elektromagnetická kompatibilita podle EMC-CS-2009.1 ->	Klika emituje EMG pole s intenzitou vyšší než X	Nesplnění zákonného požadavku. (10)	10	YC	Špatná konstrukce	2	V: Zkušenosť projektu AUDI A8 P: EMC test provedený OEM	3	60	-	-	-	-	-	-
II.5	Vzhled < Odolnosť proti poškrábání - Těsnění přesně padne a těsní po celou dobu životnosti vozidla. - Viditelné povrchy jsou bez škrábanců. ->	Nízká odolnosť povrchu proti poškrábání	Nesplnění požadavku zákazníka. Komfort omezen. (5)	5	-	Nedostatečná povrchová úprava	2	V: Zkušenosť projektu AUDI A8 P: Test odolnosti proti prachu P: test odolnosti proti poškrábání	3	30	-	-	-	-	-	-
		Bod vstřikování je na viditelném povrchu	Vzhled narušen (4)	4	-	nepřespecifikováno na výkresu / nedohodnuto se subdodavatelem	2	P: schválení vzhledu P: nástroje designu - diskuze V: Designová diskuze se subdodavatelem	5	40	-	-	-	-	-	-
		Úroveň lesku je odlišná	Vzhled narušen (5)	5	-	Různé materiály rukojeť/kryt	3	V: Výběr materiálu s ohledem na úroveň lesku P: vizuální kontrola vzorkováním	4	60	-	-	-	-	-	-
		Otřepy na viditelném povrchu	Vzhled narušen (4)	4	-	nepřespecifikováno na výkresu / nedohodnuto se subdodavatelem	2	V: vzhled bez otřepů P: nástroje designu - diskuze P: schválení vzhledu	5	40	-	-	-	-	-	-
		nedohodnuto se zákazníkem		2	V: validace zákazníkem vydáním výkresu P: schválení vzhledu	5	40	-	-	-	-	-	-	-	-	
Škrábance na viditelném povrchu	Vzhled narušen (4)	4	-	Tloušťka stěny není konstantní	3	V: design pravidel pro plastové části P: nástroje designu - diskuze P: schválení vzhledu	5	60	-	-	-	-	-	-	-	
	Žebro příliš tlusté		2	V: design pravidel pro plastové části P: nástroje designu - diskuze P: schválení vzhledu	5	40	-	-	-	-	-	-	-	-		

Analýza možnosti vzniku vad a jejich následků										FMEA-č.: 12345			
Typ/model/výroba/sarže: Vnější klika bočních dveří				Číslo předmětu: 34-956 Stav změny: 1		Odpovědnost: Babovák		Datum: 1.10.		Strana: 1			
Systém č./systémový prvek				Číslo předmětu: 956-4861 Stav změn: 1		Odpovědnost: Babovák		Datum: 1.10.					
Funkce: Rozeznat signál pro otevření dveří, vyslat signál do řídicí jednotky. < H > N A/m -Výstupní signál U > 0,5 V -IP 67 -Impedance vedení musí být nižší než 2 Ω. Impedance mezi vodiči vedení musí být vyšší než 200 kΩ. Anténa kliky uzavřena v pouzdru IP 68 -Anténa musí odolat teplotám v rozmezí -40°C - +90°C. ->													
Možné následky poruchy	B	Možný způsob poruchy	K	Možné příčiny poruchy	Opatření k zamezení	A	Opatření k odhalení	E	RPZ	V/T			
ztráta el. odemčení dveří, komfort omezen	6	Nevyslán signál do RJ, signál menší než 0,5 V		slabý zisk antény	výběr antény podle katalogu dodavatele	1	DV Funkční test PV Funkční test	2	12				
				utlumení elmg (vstupního) signálu. Použití chromové vrstvy na krytku kliky.	Záznam ve výkresu použití lakované krytky	2	Konstrukční projednání s OEM			3	36		
					utlumení el. (výstupního) signálu. Impedance vedení > 2 Ω.								
				utlumení el. (výstupního) signálu. Impedance izolace Ri < 200 kΩ.	výběr kabelového svazku podle katalogu	3	DV Funkční test PV Funkční test	3	36				
ztráta el. odemčení dveří, komfort omezen	6	Nedostatečný signál po čase		degradace antény v důsledku průniku vlhka. Ri < 200 kΩ.	Nedostatečné krytí antény	2	DV Klimatický test PV Klimatický test	3	36				
				degradace antény v důsledku vibrací	Anténa pevně spojena s tělesem kliky. Odolnost antény proti vibracím podle katalogu	3	DV Vibrační test a Životnostní test PV Vibrační test a Životnostní test	3	54				
				degradace antény v důsledku vysokých teplot	Odolnost antény proti teplotám podle katalogu	2	DV Klimatický test PV Klimatický test	3	36				
				degradace antény v důsledku nízkých teplot	Odolnost antény proti teplotám podle katalogu	2	DV Klimatický test PV Klimatický test	3	36				
Funkce: Mechanicky otevřít dveře. Přenést mechanický moment z lidské ruky přes kliku dveří na páku výtuhy. < Síla pro otevření > 20 N; síla pro otevření < 40 N - Zdvih kliky 30 mm +-1 mm - Odolat tahu 1000 N ve směru osy X,Y,Z. ->													
ztráta fce 30g	10	Mechanický moment nelze přenést na kliku (nosič kliky) z důvodu nedostatečné pevnosti kliky (nosiče kliky). Pevnost kliky < 1000 N.	Z	Špatná konstrukce kliky. Nedostatečné rozměry	Stav opatření k 14.10.2016								
					FEM F22 ; Zkušenosť z projektu AB21	2	DV Pevnostní test PV Pevnostní test	3	60				
ztráta fce otevření dveří	10	Mechanický moment nelze přenést na kliku (nosič kliky) z důvodu nedostatečné pevnosti kliky (nosiče kliky). Pevnost kliky < 1000 N.	Z	Špatný materiál kliky. Rm příliš nízký.	Stav opatření - vývoj: 3.1.2017								
					Přezkoumání znaku. Pevnostní test	2	Znak nepotvrzen. Pevnostní test OK, Protokol 089/1.3.2017	3	60	3/1/2017: Smrž Dokončeno			
ztráta fce 30g. Nesplnění zákonného požadavku, možnost ohrožení života/zdraví	10	Mechanický moment nelze přenést na páku výtuhy z důvodu nedostatečné pevnosti přední nohy. Pevnost přední nohy < 1000 N.	Z,S	Špatná konstrukce přední nohy. Nedostatečné rozměry	Stav opatření vývoj 14.10.2016								
					FEM F22; Zkušenosť z projektu AB21	2	DV Pevnostní test PV Pevnostní test	3	60				
ztráta fce otevření dveří	10	Mechanický moment nelze přenést na páku výtuhy z důvodu nedostatečné pevnosti přední nohy. Pevnost přední nohy < 1000 N.	Z,S	Špatný materiál přední nohy. Rm příliš nízký.	Stav opatření vývoj 4.1.2017								
					zesílení konstrukce přední nohy	2	šířka nohy 21 mm +- ,01	3	60	4/1/2017: Babovák			
					Přezkoumání znaku. Pevnostní test	2	Znak nepotvrzen. Pevnostní test OK, Protokol	3	60	3/1/2017: Smrž Dokončeno			
					FEM F22; Zkušenosť z projektu AB21	2	DV Pevnostní test PV Pevnostní test	3	60				
				Nedostatečná pevnost fixace osičky v přední noze. Nedostatečné rozměry.	Stav opatření vývoj 24.2.2017								
					FEM F24; Zkušenosť z projektu AB21	4	DV Pevnostní test PV Pevnostní test	3	96				
					Přezkoumání znaku. Pevnostní test	4	Znak nepotvrzen. Pevnostní test OK, Protokol 089/1.3.2017	3	96	3/1/2017: Smrž Dokončeno			
					FEM F24; Zkušenosť z projektu AB21	4	DV Pevnostní test PV Pevnostní test	3	96				
Stav opatření vývoj 3.1.2017													

ztráta fce otevření dveří	8	Mechanický moment nelze přenést na páku výztuhy z důvodu nedostatečné pevnosti spojení přední noha osička	F	kliky	Přezkoumání znaku. Pevnostní test	4	Znak nepotvrzen. Pevnostní test OK, Protokol 089/1.3.2017	3	96	3/1/2017: Smrž Dokončeno			
					Stav opatření vývoj 24.2.2017								
					FEM F24; Zkušenost z projektu AB21	2	DV Pevnostní test PV Pevnostní test	3	48				
					Stav opatření vývoj 3.1.2017								
ztráta fce otevření dveří; Zvýšená síla pro otevření dveří. Sniženy komfort.	8	Mechanický moment se přenese nedostatečně v důsledku nadměrného tření mezi přední nohou a vedením ve výztuze.	-	-	chybná konstrukce, nedostatečná vůle mezi díly	Toleranční analýza T 10	3	DV Životnostní test PV Životnostní test	4	96			
					příliš hrubý povrch přední nohy a/nebo výztuhy.	Toleranční analýza T 10	2	DV Životnostní test PV Životnostní test	3	48			
					Nevhodná kombinace materiálů přední nohy a vedení v LGB.	Zkušenost z projektu AB 21	3	DV Životnostní test PV Životnostní test	3	72			
					Stav opatření vývoj 3.1.2017								
ztráta fce otevření dveří	8	Dveře se někdy neotevírou	F	-	vniknutí cizího tělesa, prachu	IP32; Zkušenost z projektu AB 21	4	DV Životnostní test PV Životnostní test	3	96			
					Stav opatření vývoj 5.1.2017								
					Přezkoumání znaku. DV Životnostní test 124	2	Znak nepotvrzen. DV Životnostní test 124 OK, Protokol 130/1.5.2017	3	48*	5/1/2017: Smrž			
					vniknutí vody a zamrznutí pohyblivých částí	IP32; Zkušenost z projektu AB 21	3	DV Klimatický test 327 PV Klimatický test 327	3	72			
Stav opatření vývoj 5.1.2017													
Funkce: Funkce 30G. < Klika nesmí způsobit otevření dveří při zrychlení <= 30G. ->													
ztráta fce 30g. Nesplnění zákonného požadavku, možnost ohrožení života/zdraví.	10	Setrvační zrychlení (zpomalení) kliky způsobí otevření dveří při zrychlení <= 30G.	Z,S	-	Hmotnost kliky vyšší než 200 g.	Konstrukční projednání, ověření prototypu. Výpočet hmotnosti V 002	2	Zvážení kliky	2	40			
					Chybně umístěné těžiště kliky / chybná kinematika pohybu kliky.	Ověření kinematiky CATIA C20	3	DV Funkční test DV 30g test	3	90			
Funkce: Pevnost. Odolá síle podle specifikace. < Odolat síle ve směru osy +X,Y,Z <= 1000 N. ->													
viz Hlavní funkce mechanické otevření..													
Funkce: Odolnost proti klimatickým vlivům < Klika bude bez ztráty fce v rozmezí teplot -40°C - +90°C. Přípustné je zvýšení ovládací síly o 10%. - Klika bude bez ztráty fce v rozmezí atmosférickým vlivům 0 - 100% relativní vlhkosti. Přípustné je zvýšení ovládací síly o 10%. ->													
ztráta fce otevření dveří	8	Rozměry kliky se v důsledku vysoké vlhkosti změni tak, že dojde ke ztrátě funkce otevření	-	Chybný výběr materiálu. Vysoký index nasákavosti.	Zkušenost z projektu ABC	2	DV Klimatický test 327	3	48				
Zvýšená síla pro otevření dveří. Sniženy komfort.	6	Rozměry kliky se v důsledku vysoké vlhkosti změni tak, že dojde ke zvýšení otevírací síly.	-	Chybný výběr materiálu. Vysoký index nasákavosti.	Zkušenost z projektu ABC	2	DV Klimatický test 327 PV Klimatický test 327	3	36				
ztráta fce 30g; ztráta fce otevření dveří	10	Pevnost kliky se změni v důsledku vysokých teplot	Z	Chybná volba materiálu.	Zkušenost z projektu ABC	3	DV Klimatický test 327 PV Klimatický test 327	3	90				
ztráta fce 30g; ztráta fce otevření dveří	10	Pevnost kliky se změni v důsledku nízkých teplot	Z	Chybná volba materiálu.	Zkušenost z projektu ABC	3	DV Klimatický test 327 PV Klimatický test 327	3	90				
Funkce: Odolnost proti EMC. Klika nesmí vyzařovat EMG pole s intenzitou vyšší než X < Elektromagnetická kompatibilita podle EMC-CS-2009.1 ->													
Nesplnění zákonného požadavku.	10	Klika emituje EMG pole s intenzitou vyšší než X	Z	Špatná konstrukce	Zkušenost projektu AUDI A8	2	EMC test provedený OEM	3	60				
Funkce: Vzhled < Odolnost proti poškrábání - Těsnění přesně padne a těsní po celou dobu životnosti vozidla. - Viditelné povrchy jsou bez škrábanců. ->													
Nesplnění požadavku zákaznika. Komfort omezen.	5	Nízká odolnost povrchu proti poškrábání	-	Nedostatečná povrchová úprava	Zkušenost projektu AUDI A8	2	Test odolnosti proti prachu test odolnosti proti poškrábání	3	60				

Vzhled narušen	4	Bod vstříkování je na viditelném povrchu	-	nespecifikováno na výkresu / nedohodnuto se subdodavatelem	Designová diskuze se subdodavatelem	2	schválení vzhledu nástroje designu - diskuze	5	40	
Vzhled narušen	5	Úroveň lesku je odlišná	-	Různé materiály rukojetí/kryt	Výběr materiálu s ohledem na úroveň lesku	3	vizuální kontrola vzorkováním	4	60	
Vzhled narušen	4	Otřepy na viditelném povrchu	-	nespecifikováno na výkresu / nedohodnuto se subdodavatelem / nedohodnuto se zákazníkem	vzhled bez otřepů; validace zákazníkem vydáním výkresu	2	schválení vzhledu nástroje designu - diskuze	5	40	
Vzhled narušen	4	Škrábance na viditelném povrchu	-	Tloušťka stěny není konstantní	design pravidel pro plastové části	3	schválení vzhledu nástroje designu - diskuze	5	60	
				Žebro příliš tlusté	design pravidel pro plastové části	2	schválení vzhledu nástroje designu - diskuze	5	40	