

ŠKODA AUTO VYSOKÁ ŠKOLA o.p.s.

Studijní program: B6208 Ekonomika a management

Studijní obor/specializace: 6208R186 Podniková ekonomika a řízení provozu, logistiky a kvality

Analýza rizik ve výrobních procesech elektrotechnického průmyslu

Bakalářská práce

Aleš Garčic

Vedoucí práce: Ing. et Ing. Martin Folta, Ph.D., EUR ING



ŠKODA AUTO Vysoká škola

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Zpracovatel: **Aleš Garčič**
Studijní program: Ekonomika a management
Obor: Podniková ekonomika a řízení provozu, logistiky a kvality

Název tématu: **Analýza rizik ve výrobních procesech
elektrotechnického průmyslu**

Cíl: Cílem bakalářské práce je charakterizovat druhy metody FMEA, dále analyzovat jednotlivé kroky vybraných výrobních procesů ve společnosti CiS systems s.r.o. za účelem popisu vad, příčin a jejich důsledků a na základě toho vyhodnotit rizika v těchto výrobních krocích a navrhnout katalog vad, příčin a jejich důsledků sloužící jako podklad pro realizaci procesní FMEA v rámci optimalizace výrobních procesů.

Rámcový obsah:

1. Management kvality – definice pojmů, metody a nástroje.
2. Metoda FMEA – popis, účel, druhy.
3. Analýza jednotlivých kroků vybraných výrobních procesů ve společnosti CiS systems s.r.o.
4. Vyhodnocení rizik potenciálních vad vznikajících ve výrobních procesech.
5. Návrh katalogu vad, příčin, jejich důsledků a potenciálních rizik ve výrobních procesech.

Rozsah práce: 25 – 30 stran

Seznam odborné literatury:

1. NENADÁL, J. *Management kvality pro 21. století*. Praha: Management Press, 2018. 368 s. ISBN 978-80-726-1561-2.
 2. PLURA, J. *Plánování a neustálé zlepšování jakosti*. Praha: Computer Press, 2001. 244 s. ISBN 80-7226-543-1.
 3. JINDŘICH, F. *Analýza možných způsobů a důsledků závad (FMEA)*. Praha: Česká společnost pro jakost, 2001. 72 s. ISBN 80-02-01476-6.
 4. STAMATIS, D. *Failure mode and effect analysis: FMEA from theory to execution*. Milwaukee, Wisc.: ASQ Quality Press, 2003. 443 s. ISBN 0-87389-598-3.
-

Datum zadání bakalářské práce: únor 2019

Termín odevzdání bakalářské práce: prosinec 2019

L. S.

Ing. et Ing. Martin Foltá, Ph.D.
Vedoucí práce

prof. Ing. Radim Lenort, Ph.D.
Vedoucí katedry

Mgr. Petr Šulc
Prorektor ŠAVŠ

Aleš Garčic
Autor práce

Prohlašuji, že jsem závěrečnou práci vypracoval(a) samostatně a použité zdroje uvádím v seznamu literatury. Prohlašuji, že jsem se při vypracování řídil(a) vnitřním předpisem ŠKODA AUTO VYSOKÉ ŠKOLY o.p.s. (dále jen ŠAVŠ) směrnici OS.17.10 Vypracování závěrečné práce.

Jsem si vědom(a), že se na tuto závěrečnou práci vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, že se jedná ve smyslu § 60 o školní dílo a že podle § 35 odst. 3 je ŠAVŠ oprávněna mou práci využít k výuce nebo k vlastní vnitřní potřebě. Souhlasím, aby moje práce byla zveřejněna podle § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách.

Beru na vědomí, že ŠAVŠ má právo na uzavření licenční smlouvy k této práci za obvyklých podmínek. Užiji-li tuto práci, nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, mám povinnost o této skutečnosti informovat ŠAVŠ. V takovém případě má ŠAVŠ právo ode mne požadovat příspěvek na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložila, a to až do jejich skutečné výše.

V Mladé Boleslavi dne

Rád bych poděkoval Ing. et Ing. Martin Foltá, Ph.D., EUR ING za odborné vedení závěrečné práce a za poskytnutí velice užitečných rad.

Obsah

Úvod.....	8
1. Kvalita.....	9
1.1. Management kvality	9
1.2. Plánování kvality	10
1.3. Řízení kvality.....	11
1.4. Principy managementu kvality.....	12
1.5. Koncepce managementu kvality	13
2. Sedm základních nástrojů managementu kvality a metoda FMEA.....	15
2.1. Vývojový diagram.....	15
2.2. Diagram příčin a následku.....	16
2.3. Formulář pro sběr údajů	17
2.4. Paretův diagram.....	17
2.5. Histogram.....	18
2.6. Bodový diagram	19
2.7. Regulační diagram	20
2.8. Metoda FMEA	21
3. Analýza výrobního procesu firmy CiS systems s.r.o.	26
3.1. Střih plochého kabelu.....	27
3.2. Lisování 1. strany kabelu.....	28
3.3. Fénování	29
3.4. Balení.....	30
4. Vyhodnocení rizik potenciálních vad vybraných výrobních kroků	32
4.1. Střih plochého kabelu.....	32
4.2. Lisování 1. strany kabelu.....	33
4.3. Fénování	34
4.4. Balení.....	35
5. Tvorba návrhu FMEA a katalogu vad	37
5.1. Návrh FMEA.....	37
5.2. Návrh katalogu vad, příčin, jejich důsledků a potenciálních rizik.....	42
Závěr.....	45

Seznam literatury	47
Seznam obrázků, tabulek, grafů a rovnic	48
Seznam příloh	49

Seznam použitých zkratk a symbolů

FMEA	Failure Mode and Effect Analysis
TQM	Total Quality Management
CMM	Capability Maturity Model
ISO	International Organization for Standardization
GMP	Good Manufacturing Practice
IATF	International Automotive Task Force
ČSN	Československá státní norma
NASA	National Aeronautics and Space Administration
RPN	Risk Priority Number
AIAG	The Automotive Industry Action Group
VDA	Sdružení automobilového průmyslu
AP	Action Priority

Úvod

V současné době je kladen čím dál větší důraz na kvalitu produktů. Kvalita je také velice důležitá pro konkurenceschopnost firem a pro dlouhou životnost firem je důležité, aby docházelo k neustálému zlepšování kvality produktů a procesů. V posledních letech je zde patrný přesun k prevenci od detekce. Prevencí je totiž možné zabránit vzniku neshodných výrobků, a tím zredukovat dodatečné náklady na opravy. Uvádí se, že nejvíce se o kvalitě produktu rozhoduje v předvýrobních fázích procesů, a proto by měl být na kvalitu kladen největší důraz právě v těchto fázích.

Cílem bakalářské práce je charakterizovat metodu FMEA (Failure Mode and Effect Analysis), popsat její účel a také typy včetně nového harmonizovaného vydání. Dalším cílem je analýza výrobního procesu firmy CIS systems s.r.o. Byl vybrán proces výroby plochého kabelu pro firmu Novexx Solutions GmbH, který byl rozdělen na jednotlivé procesní kroky. Z procesních kroků byly následně vybrány čtyři kroky, u kterých byly popsány vady včetně jejich důsledků a příčin.

Začátek práce je věnován základním pojmům managementu kvality, jsou zde také popsány principy a koncepce. Dalším důležitým bodem je sedm nástrojů managementu kvality. Každý nástroj je zde detailně popsán. Součástí teoretické části je také popis metody FMEA. V práci jsou rozebrány všechny druhy metody FMEA včetně nového harmonizovaného vydání, které však ke splnění cílů práce nebylo využito.

V praktické části došlo k analýze výrobního procesu plochého kabelu firmy CiS systems s.r.o. Proces byl rozdělen do několika procesních kroků. U vybraných procesních kroků byly zjištěny všechny možné vady, které mohou ve výrobních krocích nastat. Následně u nich byly určeny příčiny a důsledky.

V následující kapitole byla u vybraných procesních kroků vyhodnocena potenciální rizika. K vyhodnocení rizik byla využita metoda FMEA. Po vyhodnocení rizik, byl sestaven návrh FMEA katalogu a také katalogu vad, příčin, jejich důsledků a potenciálních rizik.

1. Kvalita

*„Jakost představuje komplexní vlastnost výrobků, služeb, informací, lidí i systémů, projevující se určitou mírou schopnosti plnit požadavky, které jsou na ně kladeny.“
(Nenadál a spol., 2008, str. 14)*

Z této definice vyplývá, že kvalita může mít více stupňů, dá se tedy změřit. Zároveň je zde zmínka o požadavcích, které vyžadují zákazníci (na základě svých potřeb) či legislativa. Vlastnostmi výrobku se rozumí vlastnosti, které k daným výrobkům patří a jsou s nimi spjaty (např. chuť a vůně). (Nenadál a spol., 2008)

Na základě toho lze kvalitu chápat jako veškeré vlastnosti produktu, které plní určité požadavky stanovené zákazníkem a na jejichž základě lze navzájem porovnávat produkty rozdílné kvality. (Nenadál a spol., 2008)

1.1. Management kvality

Management kvality lze definovat jako *„soubor vzájemně souvisejících prvků, který je nedílnou součástí celkového systému řízení organizací a který má garantovat maximalizaci spokojenosti a loajality zainteresovaných stran při minimální spotřebě zdrojů.“* (Nenadál a spol., 2008, str. 15)

Tyto prvky lze chápat jako veškeré hmotné i nehmotné věci, které se ve firmě využívají. Patří mezi ně informace, činnosti, pracovníci, stroje apod. Činnosti lze rozdělit do čtyř základních skupin. Tyto skupiny se označují jako plánování, řízení, prokazování a zlepšování kvality. Úlohou plánování kvality je stanovení cílů a strategie, jak cílů dosáhnout. Činnosti spadající do skupiny řízení kvality se zaměřují na splnění požadavků na kvalitu. Do prokazování patří měření, audity a vizuální kontroly, jejichž úkolem je určit, na kolik procent byl cíl splněn. Poslední skupinou se rozumí činnosti, které mají zaručit vyšší schopnost plnění kvality do budoucna. Aby bylo dosaženo optimálních výsledků, musí být tyto procesy vzájemně koordinovány. (Nenadál a spol., 2008)

1.2. Plánování kvality

Plánování jakosti je v podstatě strategickým souborem procesů, jejichž úlohou je stanovit, čeho organizace hodlá v budoucnu v oblasti jakosti dosáhnout. (Nenadál a spol., 2008, str. 14)

Výsledkem plánování kvality je postup, pomocí kterého by mělo dojít k dosažení cílů. Plánování kvality je žádoucí při:

- Vývoji nového produktu či procesu
- Zavedení změn v produktu či procesu
- Zjištění nedostatečné kvality produktu či procesu

Pro plánování kvality je velice důležité správné stanovení cílů. Tyto cíle by měly splňovat určité údaje o znacích kvality a zároveň by měly být dokončeny do stanoveného termínu. Na správném zvolení cílů závisí veškeré další procesy a odvíjí se od nich i časový harmonogram. Cíle kvality by měly být stanoveny na základě marketingových výzkumů. (Plura, 2001)

Význam plánování kvality

„V současném vývoji managementu jakosti význam plánování jakosti neustále narůstá a jeho aktivity významně rozhodují o konkurenceschopnosti firem.“ (Plura, 2001, str.5)

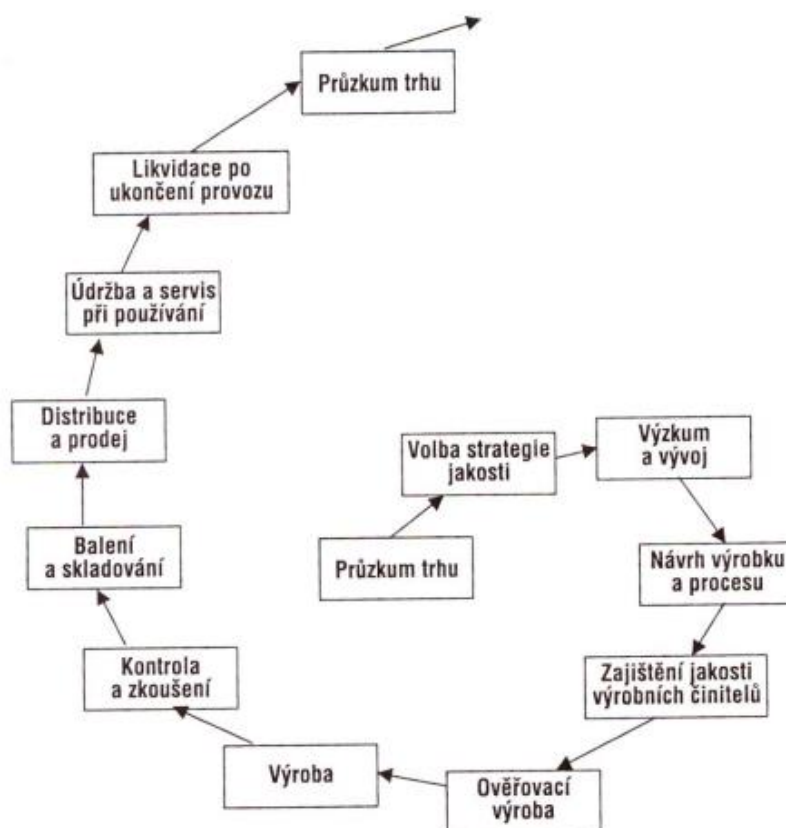
„Rostoucí význam plánování jakosti souvisí se dvěma hlavními trendy v oblasti managementu jakosti.“ (Nenadál a kol., 2008, str. 106)

Prvním z těchto pilířů je přechod od detekce k prevenci. Strategie detekce se zaměřuje na odhalení vadných či poškozených produktů až poté, co byly vyrobeny. Hlavním cílem strategie detekce je, aby se vadné produkty nedostaly k zákazníkovi. Strategie prevence je založena na řešení problémů před výrobou. Prevence tedy zabraňuje vzniku vadných produktů, nikoliv jejich odhalení. Tato strategie má zároveň i značný ekonomický efekt, jelikož zde nejsou náklady na opravy vadných výrobků a zároveň se nezpomaluje jejich výroba. (Plura, 2001)

Druhým trendem zlepšování kvality je přechod od fáze výroby k fázi návrhu. V průběhu fáze návrhu se může výroba lépe naplánovat a tím se dá vyvarovat

zbytečným problémům, které by poté v průběhu výroby nastaly a vedly by ke zbytečným nákladům. (Plura, 2001)

Životní cyklus výrobku se skládá z několika aktivit. Vzájemná návaznost aktivit se dá zobrazit tzv. spirálou kvality (viz. obrázek 1). Z tohoto jednoduchého schématu lze vyčíst, že aktivity na sebe navazují a na konečné kvalitě se podílí každá aktivita. Důraz na kvalitu by měl být součástí každé aktivity a pokud tomu tak není, mohla by být konečná kvalita produktu nedostatečná. (Plura, 2001)



Zdroj: Plura, 2001

Obrázek 1 Spirála kvality

1.3. Řízení kvality

„Řízení kvality je především snaha o neustálé zlepšování, jehož výsledkem jsou efektivnější procesy a ve svém důsledku snížené náklady a zvýšená produktivita.“
(Creative Commons BY-NC, 2018)

Řízení kvality je o zlepšování všech procesů, které se ve firmách odehrávají, a je velice důležité pro konkurenceschopnost. Pokud se firma přestane snažit zlepšovat kvalitu, ostatní firmy jí brzy doženou a přijde tak o svou konkurenceschopnost. To

může to mít vážný dopad na chod firmy. Řízením kvality se nerozumí jednorázové zlepšení, je to trvalý proces a snaha o zlepšení kvality. Mnoho firem má nevědomky systém řízení kvality zavedený, jelikož je to pro ně přirozené. (Creative Commons BY-NC, 2018)

Existuje několik typů pravidel pomáhající firmám ke správnému nastavení řízení kvality (s minimálním počtem vad a nákladů), na kterých jsou systémy řízení kvality založené (Creative Commons BY-NC, 2018):

- Normy a standardy
- ISO normy
- Koncepce TQM
- Six sigma
- Model zralosti CMM

1.4. Principy managementu kvality

„Považujme principy managementu kvality za soubor hodnot, pravidel a víry, pomáhající nejen rozvoji moderních systémů managementu kvality, ale i zvyšování výkonnosti celých organizací směřujících k excelenci.“ (Nenadál, 2018, str. 21)

Principy managementu kvality představují pilíře managementu kvality. Jejich pochopení může být pro organizace poměrně lehké, ovšem jejich implementace je mnohem náročnější. Organizace je většinou přijmou, ale poté už s nimi dál nepracují. U principů je nutné, aby organizace dbaly na jejich dlouhodobé dodržování. V současné době existuje minimálně jedenáct principů managementu kvality (Nenadál, 2018):

- Princip zaměření se na zákazníka
- Princip vůdcovství
- Princip zapojení zaměstnanců
- Princip učení se
- Princip flexibility
- Princip procesního přístupu
- Princip systémového přístupu k managementu
- Princip neustálého zlepšování

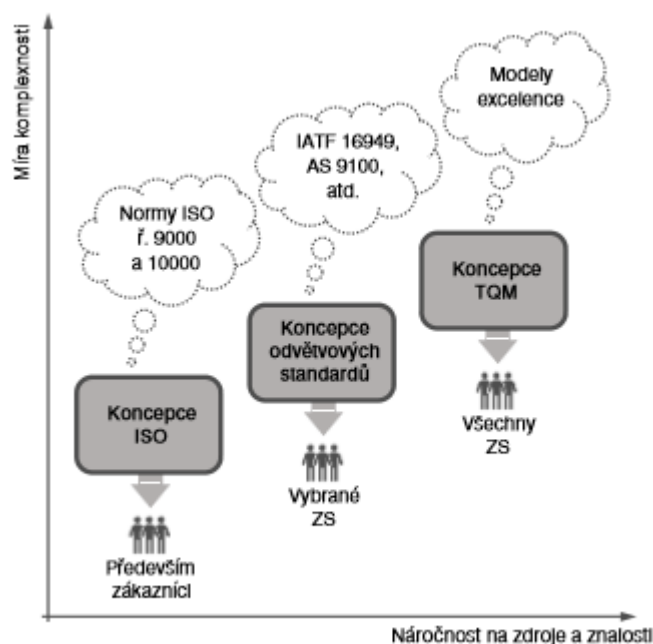
- Princip rozhodování na základě faktů
- Princip partnerství
- Princip společenské zodpovědnosti

1.5. Konceptce managementu kvality

Konceptci lze chápat jako „strategické přístupy, jež v rozdílném prostředí a s různou intenzitou rozvíjejí principy managementu jakosti.“ (Nenadál a spol., 2008, str. 42)

Konceptce se mezi sebou liší náročností na zdroje a svou orientací na zainteresované strany. Mezi hlavní konceptce managementu kvality patří tři základní konceptce (Nenadál a spol., 2008):

- Konceptce odvětvových standardů
- Konceptce ISO
- Konceptce TQM



Zdroj: Nenadál a kol., 2018

Obrázek 2 Konceptce managementu kvality

Konceptce odvětvových standardů

Požadavky na tvorbu systémových přístupů byly zapsány do norem, které jsou platné i v současnosti. Standardy nejsou generické, nedají se tedy na rozdíl od ISO

9000 použít v jakémkoliv odvětví. Obvykle respektují požadavky a strukturu normy ISO 9001. Mezi nejstarší odvětvové standardy se řadí GMP (Good Manufacturing Practice). Její využití je např. ve výrobě, přepravě, skladování a distribuci farmaceutických firem. Mezi dva nejnovější standardy patří IATF 16949 popisující požadavky na management kvality v automobilovém průmyslu a AS 9100 jež je využívám v leteckém průmyslu. (Nenadál a spol., 2008)

Koncepce ISO

Koncepce ISO je nejvíce rozšířená a zároveň nejméně náročná. Koncepce ISO se zakládá na normách ISO (International Organization for Standardization). Normy ISO jsou naprosto univerzální (generické) a tím pádem je možné je využít v jakékoliv organizaci. Tyto normy byly převedeny do ČSN (Česká agentura pro standardizaci). Jedná se zejména o tyto čtyři normy:

- ČSN EN ISO 9000:2016 – Systémy managementu kvality – Základní pojmy a slovník
- ČSN EN ISO 9001:2016 – Systémy managementu kvality – Požadavky
- ČSN EN ISO 9004:2019 – Řízení udržitelného úspěchu organizace – Přístup managementu kvality
- ČSN EN ISO 19011:2019 – Systémy managementu – směrnice pro auditování systémů managementu (Nenadál a kol., 2018)

Koncepce TQM

Koncepce TQM byla vyvinuta Williamem Demingem a jedná se o nejkompexnější koncepci. Podle této koncepce by měly všechny činnosti ve všech částech organizace směřovat ke zlepšení kvality. TQM se neřídí jasně danými pravidly, ale jedná se o systém, který se snaží využít poznatky z celého světa a posléze tyto poznatky implementovat do vlastní organizace. Cílem TQM je zlepšování kvality výstupů z organizace neustálým zlepšováním interních procesů. (Nenadál a kol., 2018)

2. Sedm základních nástrojů managementu kvality a metoda FMEA

„Důležitou skupinu metod a nástrojů managementu jakosti uplatňujících se zejména při řešení problému s kvalitou a při neustálém zlepšování představuje tzv. sedm základních nástrojů managementu kvality.“ (Nenadál a kol, 2018, str. 53)

Jejich rozvoj způsobili především K. Ishikawa a W. E. Deming. Základními nástroji managementu kvality jsou:

1. Vývojový diagram
2. Diagram příčin a následku
3. Formulář pro sběr dat
4. Paretův diagram
5. Histogram
6. Bodový diagram
7. Regulační diagram

Jednotlivé nástroje na sebe navazují svými vstupy a výstupy. Proto by při použití mělo být dodrženo toto pořadí, ovšem v některých případech se může lišit. (Nenadál a kol., 2018)

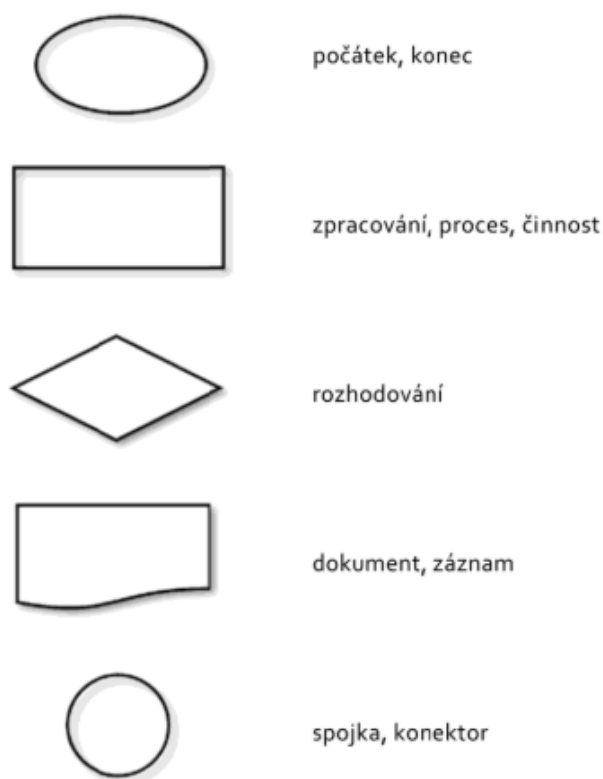
2.1. Vývojový diagram

„Vývojový diagram je grafickým zobrazením posloupnosti a vzájemné návaznosti všech kroků určitého procesu. Může se přitom jednat jak o existující, tak o teprve navrhovaný proces.“ (Nenadál, 2018, str. 54)

Pomocí vývojového diagramu se popisují procesy. Proces je v diagramu vyjádřen v jednotlivých krocích tak, jak na sebe reálně navazují, přičemž jsou jednotlivé kroky zformovány do operačních či rozhodovacích bloků. Při tvorbě vývojového diagramu je žádoucí přítomnost zaměstnanců, kteří daný proces či jednotlivé kroky provádí nebo budou provádět. Tvorba vývojového diagramu může pomoci lépe pochopit daný proces (např. zaměstnancům nebo zákazníkům). (Nenadál a kol., 2018)

Na začátku tvorby vývojového diagramu se vždy musí jako první určit jasný začátek a konec procesu. Následně se proces za pomoci týmové práce a brainstormingu rozdělí na jednotlivé úkony, které se postupně seřadí. Vývojový diagram má svou

symboliku, každý úkon musí mít svůj určitý symbol, aby bylo jasné vidět, co představuje (viz. obrázek 3). (Nenadál a kol., 2018)



Zdroj: Nenadál a kol., 2018

Obrázek 3 Grafické symboly vývojového diagramu

2.2. Diagram příčin a následku

Jedná se o grafický nástroj, který slouží k analýze příčin. Při jeho tvorbě lze použít zjištěné informace z vývojového diagramu. Diagram příčin a následku by měl být tvořen skupinou lidí, kteří jsou do problému zainteresováni, v čele se zkušeným moderátorem. (Plura, 2001)

Na začátku práce se následek (může se jednat o existující, ale také o potenciální následek) vyznačí na pravé straně papíru či jiné pracovní plochy a nalevo od něj se zapíše vodorovná linie. Následně se určí kategorie příčin, které by mohly následek způsobovat. U problémů s kvalitou se nejčastěji uvádí těchto pět kategorií (Plura, 2001):

- Materiál

- Zařízení
- Metody
- Lidé
- Prostředí

Jednotlivé kategorie se v diagramu zobrazí tak, že se zakreslí vedlejší linie směřující k linii hlavní. Poté sestavený tým analyzuje jednotlivé kategorie a zjišťuje, které příčiny by mohly daný následek způsobit. Takto se analyzují veškeré možné příčiny daného problému. Příčiny by měly být rozděleny do více úrovní (např. na příčiny příčin a dál). Příčiny by měly být jasně a stručně definované, aby diagram zůstal přehledný. Po kompletní analýze příčin, které se už nedají dále rozebrat, se aplikuje nápravné opatření, které daný problém odstraní. (Plura, 2001)

2.3. Formulář pro sběr údajů

Nástroj slouží k systematickému zaznamenávání získaných dat. Nashromážděná data dále slouží k vyhodnocení stávajícího stavu procesů a k plánování zlepšování kvality. Formuláře mohou být v písemné i elektronické formě, přičemž elektronická forma nabízí mnoho výhod. Výhodami elektronické formy jsou rychlé zpracování a vyhodnocení dat, vyhodnocení v grafech atd. Aby se daly získané informace použít, nesmí být neúplné, opožděné nebo zkreslené. (Plura, 2001)

Při zápisu dat do formuláře se musí zaznamenat i přesné údaje o novém zápisu. Mezi tyto údaje se řadí přesný čas, datum, místo, název nebo číslo zařízení, jméno pracovníka, měřicí metodu i zařízení a další. Počet a typ údajů se mění na základě výsledků, které mají být ze sběru dat zjištěny. Pomocí těchto údajů lze později data stratifikovat. (Plura, 2001)

2.4. Paretův diagram

„Paretův diagram je důležitým nástrojem manažerského rozhodování, neboť umožňuje stanovit priority při řešení problémů s kvalitou tak, aby při účelném využití zdrojů byl dosažen maximální efekt.“ (Nenadál, 2018, str. 59)

Paretův diagram je založen na tom, že velký podíl problémů s kvalitou je zapříčiněn malým podílem příčin. Poměr mezi podílem problémů a podílem příčin se uvádí

80/20, může se však lišit v závislosti na okolnostech. Jednotlivé příčiny se nejčastěji rozlišují dle četnosti, každá příčina však může mít rozdílnou závažnost. Závažnost se zohledňuje pomocí nákladů vzniklých jednotlivými příčinami (součin četnosti a nákladů vzniklých daným kvalitativním problémem). Pro zohledňování závažnosti se také používá koeficient závažnosti, který se stanoví pro každou příčinu a následným součinem s četností získáme hodnotu se zohledněnou závažností příčin. Příčiny lze také rozlišovat podle výdajů. (Nenadál a kol., 2018)

Výchozími daty pro využití Paretova diagramu jsou jednotlivé příčiny včetně jejich četností a nákladů. V prvním kroku se příčiny seřadí sestupně podle výše nákladů, zároveň se dopočítají kumulativní náklady a relativní kumulativní náklady. (Nenadál a kol., 2018)

Paretův diagram se skládá ze sloupcového a bodového grafu. Četnosti jsou zobrazeny pomocí sloupcového diagramu. Sloupce jsou seřazeny sestupně vedle sebe. Pomocí bodového diagramu jsou vyjádřeny relativní kumulativní výdaje, přičemž spojnice bodů se nazývá Lorenzova křivka. (Nenadál a kol., 2018)

Pro sestrojení se musí určit tzv. životně důležitá menšina. Pro to se používají nejčastěji dvě kritéria. Prvním z nich je určení velikosti relativního kumulativního součtu výdajů. Pokud se určí 80 %, tak první hodnota, která přesáhne tuto hranici spadá do životně důležité menšiny jako poslední. Druhým způsobem je určení průměrné hodnoty výdajů. (Nenadál a kol., 2018)

2.5. Histogram

„Histogram je sloupcový diagram, vyjadřující rozdělení četnosti hodnot ve vhodné zvolených intervalech (třídách).“ (Nenadál, 2018, str. 63)

Každý sloupec vyjadřuje četnost sledovaného znaku v určeném intervalu. Sloupce na sebe navazují, jelikož šířka sloupce závisí na šířce intervalu. Tam kde končí interval prvního sloupce, začíná druhý. Histogram umožňuje detailnější pohled na data získaná z předešlých průzkumů (např. formulář pro sběr údajů). Pro jeho sestrojení je vhodné pracovat alespoň s 30 hodnotami. (Nenadál a kol., 2018)

Při postupu jeho sestrojení je tedy nutné získat potřebný počet dat. Následně se musí určit maximální a minimální hranice souboru dat, podle kterých se určuje

variační rozpětí souboru. Dalším krokem je stanovení počtu intervalů. Je vhodné určit 5 až 20 intervalů (záleží na rámcovém rozpětí daného souboru). Pokud je rámcové rozpětí vysoké měl by se zvýšit počet intervalů. (Nenadál a kol., 2018)

Třetím krokem je určení velikosti intervalů. K určení velikosti intervalů se používá podíl variačního rozpětí a počtu intervalů. Kvůli snazší analýze dat se určují intervaly se stejnou šířkou. Nejprve se určí dolní interval. Tento interval musí zahrnovat i minimální hodnotu v souboru dat. Pro stanovení prvního intervalu se další intervaly určí postupným přičítáním konstantní zaokrouhlené hodnoty. (Nenadál a kol., 2018)

Zdroj: Nenadál a kol., 2018
Rovnice 1 Výpočet velikosti intervalů

$$h \approx \frac{R}{k}$$

h – šířka intervalu

R – variační rozpětí hodnot

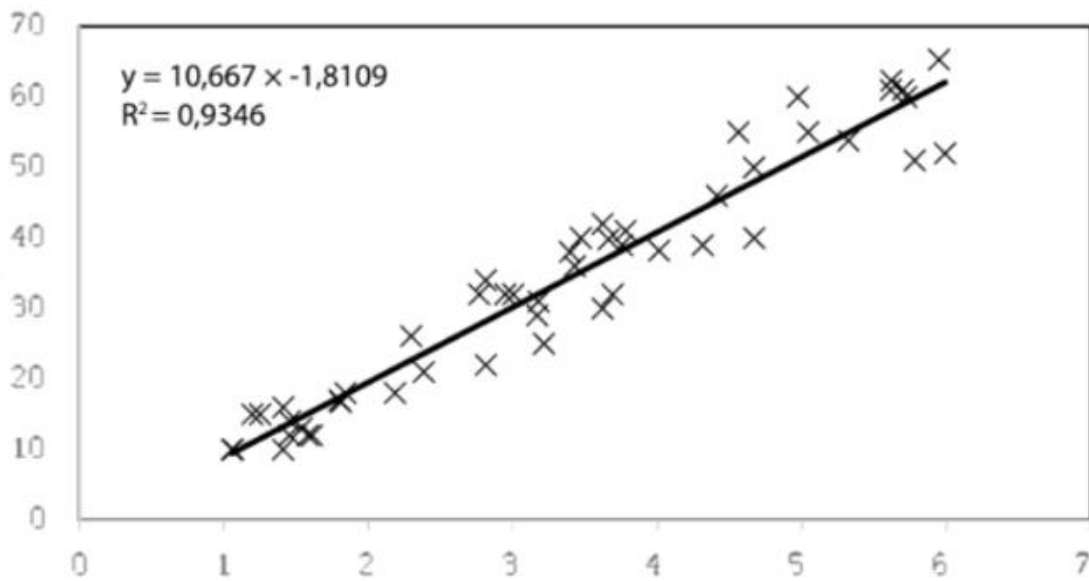
k – počet intervalů

2.6. Bodový diagram

*„Bodový diagram je grafický nástroj pro studium vztahů mezi dvěma proměnnými.“
(Nenadál, 2018, str. 66)*

Pomocí diagramu se porovnávají dvě proměnné a zjišťuje se, jestli jsou na sobě závislé. Jednotlivé dvojice hodnot (od každé proměnné jedna hodnota) vytváří v diagramu jeden bod. Jedna proměnná je tedy zobrazena pomocí osy X a druhá pomocí osy Y. Určení závislosti mezi proměnnými záleží na rozmístění bodů v diagramu (tvar, směr, míra těsnosti apod.). (Nenadál a kol., 2018)

Pro sestavení diagramu jsou potřeba dvě proměnné s naměřenými hodnotami, přičemž hodnoty musí být získané za podobných podmínek. Čím více hodnot bude při tvorbě diagramu k dispozici, tím přesnější určení závislosti bude. Důležité je rovněž určení rozpětí os, aby nedošlo k zavadění informací, obecně se uvádí, že rozpětí os má odpovídat variačnímu rozpětí hodnot. Po zobrazení všech hodnot v grafu získáme grafické informace o proměnných. (Nenadál a kol., 2018)



Zdroj: Nenadál a kol., 2018

Graf 1 Bodový diagram

2.7. Regulační diagram

„Regulační diagram je základním grafickým nástrojem umožňujícím odlišit variabilitu procesu vyvolanou vymezitelnými (zvláštními) příčinami od variability vyvolané náhodnými příčinami.“ (Plura, 2001, str. 212)

Pomocí nástroje se zjišťují vhodné aktivity, které povedou ke zlepšení kvality procesu. Při výrobě dvou produktů nelze zajistit, aby byly dokonale stejné, vždy je mezi nimi nějaká odchylka. Právě tato odchylka je způsobena příčinami, které se dělí na příčiny náhodné a vymezitelné. (Plura, 2001)

Příčiny náhodné (přirozené) se skládají z mnoha příčin, které se na variabilitě podílí pouze malou částí, ale společně je dopad těchto příčin měřitelný. Přesto jsou tyto příčiny přirozené a dají se snadno předpovídat, jelikož je jejich trvání dlouhodobé. Jejich odstranění však vyžaduje razantní změny v procesu (změna technologie či zařízení apod.). (Plura, 2001)

Vymezitelné (zvláštní) příčiny vedou ke změně procesu. Tato změna má dopad na sledovaný znak kvality. Tyto příčiny se dále dělí na:

- Nepředvídatelné
- Předvídatelné

Nepředvídatelné příčiny působí na proces nepravidelně a nejsou přirozenou součástí procesu. Jejich odstranění je proto žádoucí. Při použití správných nápravných opatření lze tyto příčiny trvale odstranit, pokud se však neodstraní úplně, mohou se příčiny objevit opakovaně. (Plura, 2001)

Předvídatelné příčiny se dají fyzikálně popsat a jsou dány fyzikální podstatou procesu. Jedná se např. o opotřebení nožů při stříhu kabelové konfekce, zanesení filtrů apod. Tyto příčiny nelze zcela eliminovat, může dojít pouze k jejich omezení. (Plura, 2001)

2.8. Metoda FMEA

„Jedná se o analytickou techniku, jejímž cílem je identifikovat místa možného vzniku vad nebo poruch v systémech.“ (*Creative Commons BY-NC, 2016*)

Metoda FMEA vznikla v 60. letech v USA. Vyvinula ji společnost NASA za účelem analýzy kosmických systémů. Krátce na to ji začaly používat firmy z různých oblastí především však v automobilovém průmyslu. (Nenadál a kol., 2018)

Náklady na vývoj metody FMEA jsou minimální. Zároveň je čím dál více požadována zákazníky, kteří chtějí záruku toho, že výrobce posoudil rizika, která mohou znehodnotit výsledný produkt. FMEA může být použita na nové nastupující produkty a procesy, ovšem může být použita na procesy a produkty již zaběhlé. Metoda by měla být při nástupu nového produktu nebo procesu použita co nejdříve. Čím později bude použita, tím vyšší budou očekávané náklady na změny v procesu či produktu. Nejčastěji se využívají dva typy metody FMEA (Nenadál a kol., 2018):

- FMEA návrhu výrobku
- FMEA procesu

Při obou typech metody FMEA se postupuje stejně:

- a) Analýza a hodnocení stávajícího procesu či produktu
- b) Návrh a realizace nápravných opatření
- c) Hodnocení stavu po aplikaci nápravného opatření

S touto metodou je nutno pracovat v týmu. To patří k jedné z výhod, všichni spoluúčastníci mohou využít své jedinečné znalosti daného procesu či produktu. Tým by se měl skládat z pracovníků výroby, technologie, kvality, vývoje, reklamací a dalších. Takto složený tým je veden zkušeným moderátorem, který vede debatu a řídí tým. (Plura, 2001)

Při aplikaci metody FMEA by měly být veškeré informace zaznamenávány do FMEA formuláře (viz. Příloha 1). V tom jsou obsaženy informace o procesech nebo produktech, příčinách, důsledcích, rizicích a nápravných opatřeních. Součástí formuláře je také hlavička, kde jsou zapsány údaje o pracovnících, kteří změny provádějí, přesný čas změn a odpovědnosti. (Nenadál a kol., 2018)

FMEA návrhu produktu

Pomocí FMEA návrhu produktu se zkoumá návrh produktu už od jeho počátku a dochází ke snaze odhalit všechny možné potenciální vady daného produktu. Po zjištění potenciálních vad se musí učinit taková opatření, která vedou k eliminaci těchto vad. Odstranění vad v období návrhu produktu je mnohem méně nákladné než odstraňování vad po realizaci projektu. Při aplikaci metody FMEA by měl být vytvořen tým znalých lidí vedený zkušeným moderátorem. Aplikace FMEA probíhá ve třech fázích. (Nenadál a kol., 2018)

a) Analýza a hodnocení stávajícího procesu či produktu

Výsledný produkt se nejprve rozdělí na části, ty se následně analyzují jednotlivě. Následně se u každé komponenty určí vady, které mohou v průběhu užívání produktu vzniknout. (Nenadál a kol., 2018)

V dalším kroku je nutno určit možné důsledky a příčiny vad. Každá vada může být způsobena více příčinami a stejně tak může mít více důsledků. Při analýze příčin se zjišťuje, co způsobilo danou vadu, mezi příčiny se může řadit např. nevhodný materiál nebo nesprávná tloušťka materiálu. U důsledků se zjišťují všechny možné dopady vad na zákazníka. Může se jednat o vizuální vadu, ale také o vadu, která může způsobit nefunkčnost produktu nebo ohrozit zákaznickou bezpečnost. (Nenadál a kol., 2018)

Ve čtvrtém kroku se analyzují stávající preventivní kontroly a detekční kontroly. Stávajícími kontrolami se rozumí kontroly, které se snaží předejít vzniku vad (snižují jejich výskyt). Detekční kontrola slouží k identifikaci vad před uvolněním do procesu výroby. Stávající ověřování nesnižují výskyt vad, ale slouží k odhalování vad již vzniklých. (Nenadál a kol., 2018)

Následně dochází k vyhodnocení rizik vznikajících vad. Vyhodnocuje se význam, výskyt a odhalitelnost každé vady. K usnadnění hodnocení a k lepší unifikaci se používají hodnotící tabulky. Každé kritérium se hodnotí na základě pomocné tabulky. Každá tabulka obsahuje stupnici od 1 do 10 bodů a každý hodnotící bod je v tabulce detailně popsán. (Nenadál a kol., 2018)

Posledním krokem je vyhodnocení RPN (Risk Priority Number). Na základě čísla RPN se určuje závažnost vady. Toto číslo se vypočítá jako součin významu, výskytu a odhalitelnosti a nabývá hodnot od 1 do 1000. Pokud velikost čísla RPN přesáhne určitou hranici (obvykle ji stanovuje zákazník nebo tým odpovědných lidí) postupuje se podle další kroků metody FMEA. (Nenadál a kol., 2018)

b) Návrh a realizace nápravných opatření

V případě, že bylo riziko vady ohodnoceno příliš vysokým číslem RPN, a tím ohodnoceno jako nepřijatelné, musí se aplikovat nápravné opatření, které povede ke snížení nebo eliminaci rizik. Návrh poté posoudí vedoucí pracovník a rozhodne, jestli se dané opatření aplikuje či nikoliv. (Nenadál a kol., 2018)

c) Hodnocení stavu po aplikaci nápravného opatření

Po aplikaci nápravného opatření musí dojít k opětovnému vyhodnocení stavu rizik. Rizika prověřuje stejný tým jako při první analýze rizik. Všechna data se opět zaznamenávají do formuláře FMEA a poté dojde k novému vyhodnocení. Na základě nového čísla RPN se zjistí, jestli bylo nápravné opatření úspěšné, a jestli opravdu došlo ke snížení rizik. Pokud ke snížení rizik nedošlo, musí se celý proces opakovat znovu. (Nenadál a kol., 2018)

FMEA Procesu

FMEA procesu se využívá při tvorbě nového procesu (nástupu nového produktu) nebo zlepšování či změnách stávajících postupů. Postup je podobný jako u aplikace FMEA návrhu produktu, ale vady se nehledají v produktu, nýbrž v navrhovaném výrobním procesu. Proces by měl být rozfázován na jednotlivé kroky, které na sebe navazují (možnost užití vývojového diagramu). Aplikace metody FMEA se opět rozděluje na tři fáze (Nenadál a kol., 2018):

- a) Analýza a hodnocení stávajícího procesu či produktu
- b) Návrh a realizace nápravných opatření
- c) Hodnocení stavu po aplikaci nápravného opatření

Systémová FMEA

Systémová FMEA výrobku a procesu vychází ze stejných principů jako FMEA procesu nebo návrhu výrobku. Rozdílný je však systémový přístup, který se při tvorbě systémové FMEA uplatňuje. Výrobek nebo proces je chápán jako systém, který se skládá z jednotlivých částí. Části jsou rozdělené do několika úrovní. Následně se analyzují funkce, ke kterým části v daných úrovních slouží. Pokud daný produkt či proces není schopný danou funkci splnit, tak se na ní aplikuje metoda FMEA se všemi jejími sounáležitostmi. Systémová FMEA se nejprve zaměřuje na produkt jako na celek a od celku pokračuje k výčtu vad jednotlivých dílů. Podobný postup je u rozboru procesu. Proces se dle systémové FMEA rozdělí do prvků, které se procesu účastní (stroj, člověk, materiál) a následně se určují vady a příčiny u nich. (Plura, 2001)

FMEA návrhu produktu a FMEA procesu úzce se systémovou FMEA souvisí, jelikož systémovou FMEA lze získat všechny potřebné informace pro FMEA návrhu i procesu. Jelikož pomocí systémové FMEA se zjistí vady produktu, které jsou stejné pro FMEA návrhu. Následně lze zjistit také příčiny zjištěných vad, které zase slouží jako vady v procesech pro FMEA procesu. (Stamatis, 2003)

Harmonizované vydání AIAG a VDA FMEA

AIAG (The Automotive Industry Action Group) společně s německou asociací automobilového průmyslu vypracovali společný manuál FMEA. Tento manuál slouží

jako návod pro všechny dodavatele automobilového průmyslu. Nejvýznamnější změnou je nový postup tvorby analýzy FMEA (Veselý, 2019):

- 1) Plánování a příprava
- 2) Analýza struktury
- 3) Analýza funkcí
- 4) Analýza vad
- 5) Analýza rizik
- 6) Optimalizace
- 7) Dokumentace výsledků

Další velice důležitou změnou je nový hodnotící systém. Již se nepoužívá systém hodnocení číslem RPN, ten byl nahrazen hodnocením AP (Action Priority). U jednotlivých vad se dle AP vyhodnocuje úroveň priority pro akci. Úrovně jsou tři: Nízká, střední a vysoká. Úrovně se nadále stanovují pomocí hodnotících tabulek významu, výskytu a odhalitelnosti. (Veselý, 2019)

3. Analýza výrobního procesu firmy CiS systems s.r.o.

Jedná se o výrobu kabelové konfekce s názvem Flachbandkabel L750 P 2reihig 14pol. AMP. Z hlediska složitosti výroby patří k těm jednodušším. Už z názvu můžeme zjistit, že se jedná o plochý kabel se čtrnácti póly. K analýze procesu došlo postupným rozfázováním procesu na dílčí kroky, které byly následně popsány. Byly prováděny konzultace s vybranými pracovníky odpovědnými za dané procesní kroky. Pomocí těchto odpovědných osob došlo ke zjištění všech potenciálních vad, které mohou při jednotlivých výrobních krocích nastat. Následně byly u každé vady zjišťovány příčiny, které vadu způsobily a dále důsledky z pohledu na zákazníka nebo následující procesy. Byl vytvořen vývojový diagram pro lepší pochopení procesu (viz. Příloha 5).

Výrobní proces tohoto produktu se skládá z několika navazujících kroků:



Obrázek 4 Pořadí procesních kroků

Pro tuto práci byly vybrány červěně označené procesní kroky, které jsou v následujícím textu popsány. Jedná se o tyto kroky:

- Střih kabelu
- Lisování 1. strany kabelu
- Fénování
- Balení

3.1. Střih plochého kabelu

Střih plochého kabelu probíhá na stříhacím stroji EcoCut 3300. V tomto případě je kabel stříhán na délku 750 mm. Vstupem do tohoto procesního kroku je plochý kabel namotaný na cívce. Cívka se musí na stříhací stroj upevnit a poté se konec kabelu protáhne skrz stroj. Následně se ve stroji nastaví délka a počet kusů. V průběhu práce se musí střižené kabely kontrolovat, jestli je správná délka a jestli nedochází ke křivému stříhu. Výstupem je určitý počet nastříhaných kusů kabelu s požadovanou délkou.

Potenciální vady vznikající v tomto procesním kroku včetně důsledků a příčin vzniku jsou zapsány v následující tabulce:

Tabulka 1 Vady, příčiny a důsledky u stříhu

Popis potenciální vady	Důsledky potenciálních vad		Příčiny potenciálních vad
	Na zákazníka	Na následující výrobu	
Špatná délka kabelu	Potenciální reklamace	Problém u kompletace, ohýbání	Špatné nastavení
Špatný počet nastříhaných kusů	Potenciální reklamace	Neovlivní	Špatné nastavení
Špatný typ kabelu	Potenciální reklamace	Problém u lisování, osazování	Nedbalost, nepozornost
Znečištěný kabel	Potenciální reklamace	Neovlivní	Nešikovná manipulace, znečištěné pracoviště, nedbalost
Poškozená izolace	Potenciální reklamace	Neovlivní	Špatné založení kabelu, nešikovná manipulace
Křivý stříh kabelu	Potenciální reklamace	Problém u lisování, osazování	Špatné založení kabelu
Utopené žíly	Potenciální reklamace	Problém u lisování	Nedbalost, nepozornost, nešikovná manipulace, tupé nože
Vylezlé žíly	Potenciální reklamace	Problém u elektrické kontroly, lisování	Nedbalost, nepozornost, nešikovná manipulace, tupé nože

3.2. Lisování 1. strany kabelu

Vstupem jsou střížené kabely spolu s konektory, které je třeba zalisovat do kabelu. Na jednu stranu stříženého kabelu se v tomto kroku navlékne šest kusů konektorů, přičemž červená žíla kabelu musí být na pinu 1. První konektor se navlékne na konec kabelu a zbylých pět konektorů se postupně navlékne ve vzdálenosti 40 mm od prvního. Lisování probíhá na ručním lisovacím stroji. Lisovací stroj se nejprve

nastaví a poté zaměstnanec jednotlivé konektory zalisuje. Výstupem je kabel se šesti zalisovanými konektory.

Potenciální vady vznikající v tomto procesním kroku včetně důsledků a příčin vzniku jsou zapsány v následující tabulce:

Tabulka 2 Vady, příčiny a důsledky u lisování

Popis potenciální vady	Důsledky potenciálních vad		Příčiny potenciálních vad
	Na zákazníka	Na následující výrobu	
Špatná poloha konektoru	Potenciální reklamace	Problém u elektrické kontroly (problém se zapojením do adaptéru)	Nedbalost, nepozornost, nepoužití poka yoke v lisovacím přípravku
Křivé zalisování	Potenciální reklamace	Problém u elektrické kontroly	Nepoužití naváděcích lišt
Nedolisovaný konektor	Potenciální reklamace	U dalších operací může upadnout	Špatné nastavení
Přelísovaný konektor	Potenciální reklamace	Neovlivní	Špatné nastavení
Špatný typ konektoru	Potenciální reklamace	Problém u elektrické kontroly, hrazdičkování	Nedbalost, nepozornost
Přestrčený kabel	Potenciální reklamace	Neovlivní	Nedbalost, nepozornost, špatný lisovací přípravek
Utopený kabel	Potenciální reklamace	Problém u elektrické kontroly	Nedbalost, nesoustředěnost
Poškození konektoru	Potenciální reklamace	Neovlivní	Špatné nastavení, špatné založení
Nedolisované okraje konektoru	Potenciální reklamace	Problém u elektrické kontroly	Použití špatné lisovací patky
Chybějící konektor	Potenciální reklamace	Problém u elektrické kontroly	Nedbalost, nesoustředěnost

3.3. Fénování

Vstupem do procesního kroku fénování jsou kabely, na jejichž koncích jsou zalisovány konektory a mezi nimi je navlečena smršťovací trubička, se kterou se bude v tomto kroku pracovat. Nejprve se musí rozehrát fén na předem stanovenou teplotu. Následně se ustaví smršťovací trubička ve vzdálenosti 50 mm od 2. konce kabelu tak, aby byl text na smršťovací trubičce směřován na vrchní (lisovací) straně kabelu. Smršťovací trubička se poté za působení horkého vzduchu smrští a obepne

kabel. Výstupem je hotový produkt se zafénovanou trubičkou, který je předán na elektrickou kontrolu, kde se prověří jeho funkčnost.

Potenciální vady vznikající v tomto procesním kroku včetně důsledků a příčin vzniku jsou zapsány v následující tabulce:

Tabulka 3 Vady, příčiny a důsledky u fénování

Popis potenciální vady	Důsledky potenciálních vad		Příčiny potenciálních vad
	Na zákazníka	Na následující výrobu	
Poškození konektoru	Potenciální reklamace	Neovlivní	Fénování na špatném místě, moc dlouhá doba fénování, vysoká teplota fénu
Poškození pláště kabelu	Potenciální reklamace	Neovlivní	Fénování na špatném místě, moc dlouhá doba fénování, vysoká teplota fénu
Smršťovací trubička zafénovaná na špatném místě	Potenciální reklamace	Problém u kompletace (rozvětvená svazanka)	Nedbalost, nesoustředěnost
Nedostatečně zafénovaná smršťovací trubička	Potenciální reklamace	Problém u krimpování (trubička nedrží na stínění)	Nízká teplota fénu, nedbalost, krátká doba fénování
Poškození smršťovací trubičky	Potenciální reklamace	Neovlivní	Moc dlouhá doba fénování, neopatrnost, nešikovná manipulace
Špatná orientace zafénování (potisk)	Potenciální reklamace	Neovlivní	Nedbalost, nesoustředěnost

3.4. Balení

Vstupem jsou funkční hotové výrobky, které se připravují k odeslání k zákazníkovi. Vyrobené kabely se musí vkládat do přiměřeně velkého kartonu. Skládají se tak, aby při přepravě nedošlo k jejich poškození. Jednotlivé vrstvy kabelů v krabici musí být proloženy vlnitým kartonem, který má ochrannou funkci. Krabice se následně přelepí páskou a nadepíše se potřebnými informacemi (typ svazanky, počet kusů, datum výroby). Poté se na karton nalepí etiketa, předá se na expedici a následně je

karton zaslán zákazníkovi, v tomto případě firmě Novexx Solutions GmbH. Výstupem je tedy zabalená zakázka připravená k odeslání.

Potenciální vady vznikající v tomto procesním kroku včetně důsledků a příčin vzniku jsou zapsány v následující tabulce:

Tabulka 4 Vady, příčiny a důsledky u balení

Popis potenciální vady	Důsledky potenciálních vad		Příčiny potenciálních vad
	Na zákazníka	Na následující výrobu	
Špatný počet svazek v kartonu	Potenciální reklamace	Neovlivní	Nedbalost, nesoustředěnost
Špatná velikost kartonu	Potenciální reklamace	Neovlivní	Nedbalost, nesoustředěnost, špatný odhad
Špatné označení kartonu	Potenciální reklamace	Neovlivní	Nedbalost, nesoustředěnost
Nepoužití prokladů	Potenciální reklamace	Neovlivní	Nedbalost, nesoustředěnost
Nesrovnané kabely	Potenciální reklamace	Neovlivní	Nedbalost, nesoustředěnost
Chybí etiketa	Potenciální reklamace	Problém u expedice	Nedbalost, nesoustředěnost
Špatná etiketa	Potenciální reklamace	Neovlivní	Nedbalost, nesoustředěnost
Poškození produktů	Potenciální reklamace	Neovlivní	Stlačení plné krabice (aby se tam vešly další kusy)
Špatně nalepená etiketa	Potenciální reklamace	Neovlivní	Nedbalost, nesoustředěnost

4. Vyhodnocení rizik potenciálních vad vybraných výrobních kroků

Výchozími daty pro vyhodnocení rizik potenciálních vad byly data z analýzy výrobního procesu, které jsou popsány v předešlé kapitole. K vyhodnocení rizik potenciálních vad byla využita metoda procesní FMEA. Na základě dostupných informací byly vytvořeny hodnotící tabulky významu, výskytu a odhalitelnosti (viz. Přílohy 2, 3, 4). Tabulky obsahují hodnocení od 1 do 10. Každý jednotlivý bod hodnocení je důkladně popsán. Na základě těchto tabulek byly vyhodnoceny veškeré potenciální vady vznikající v procesních krocích. Ke každé vadě bylo přiřazeno číslo významu, výskytu a odhalitelnosti. Hodnotící tabulky slouží k tomu, aby bylo každé riziko hodnoceno podle stejné stupnice a mohlo dojít k porovnávání výše rizika u dané vady. Celková míra rizik byla následně vypočítána součinem hodnot významu, výskytu a odhalitelnosti.

$$RPN = \text{význam} \times \text{výskyt} \times \text{odhalitelnost}$$

4.1. Střih plochého kabelu

Vyhodnocení rizik u procesního kroku stříhu ukázalo, že se zde nachází vady, které je třeba řešit (viz. Tabulka 5). Nejkritičtější vadou se ukázala špatná délka kabelu s číslem RPN 280. U této vady je vysoké ohodnocení významu a odhalitelnosti a výskyt zde byl ohodnocen číslem 5, což znamená, že 1 z 500 výrobků je vadný. U této vady by mělo být pravděpodobně aplikováno nápravné opatření, které by vedlo ke snížení výskytu a odhalitelnosti. Vysokým číslem byly ohodnoceny také vady křivý stříh kabelu (RPN=147) a utopené žíly (RPN=126) u těchto vad je vyšší číslo RPN způsobeno vyšším významem a odhalitelností, ovšem číslo výskytu není tak vysoké, proto vady nejsou tak kritické jako u špatné délky kabelu.

Vyhodnocení rizik jednotlivých vad naleznete v následující tabulce:

Tabulka 5 Potenciální rizika jednotlivých vad u stříhu

Popis potenciální vady	Příčiny potenciálních vad	Význam	Výskyt	Odhalitelnost	RPN
Špatná délka kabelu	Špatné nastavení	8	5	7	280
Špatný počet nastříhaných kusů	Špatné nastavení	4	3	7	84
Špatný typ kabelu	Nedbalost, nepozornost	8	2	4	64
Znečištěný kabel	Nešikovná manipulace, znečištěné pracoviště, nedbalost	3	3	7	63
Poškozená izolace	Špatné založení kabelu, nešikovná manipulace	5	2	7	70
Křivý stříh kabelu	Špatné založení kabelu	7	3	7	147
Utopené žíly	Nedbalost, nepozornost, nešikovná manipulace, tupé nože	6	3	7	126
Vylezlé žíly	Nedbalost, nepozornost, nešikovná manipulace, tupé nože	8	3	4	96

4.2. Lisování 1. strany kabelu

U procesního kroku lisování 1. strany se žádné velice vysoké ohodnocení vady neobjevilo (viz. Tabulka 6). Nejvyšší ohodnocení získaly vady křivé zalisování (RPN=128), přeštrčený kabel (RPN=126) a špatná poloha konektoru (RPN=112). Nejvíce kritickou vadou v tomto procesním kroku bylo křivé zalisování konektoru. U této vady byl význam ohodnocen číslem 8, výskyt 4 a odhalitelnost taktéž 4. Jelikož se zde vyskytla kombinace významu 8 a výskytu 4 mohlo by také dojít k vyhodnocení vady jako kritické a k následné aplikaci nápravného zařízení, které by vedlo ke snížení těchto čísel.

Vyhodnocení rizik jednotlivých vad naleznete v následující tabulce:

Tabulka 6 Potenciální rizika jednotlivých vad u lisování

Popis potenciální vady	Příčiny potenciálních vad	Význam	Výskyt	Odhaltelnost	RPN
Špatná poloha konektoru	Nedbalost, nepozornost, nepoužití poka yoke v lisovacím přípravku	7	4	4	112
Křivé zalisování	Nepoužití naváděcích lišt	8	4	4	128
Nedolisovaný konektor	Špatné nastavení	6	2	7	84
Přelisoovaný konektor	Špatné nastavení	5	2	7	70
Špatný typ konektoru	Nedbalost, nepozornost	8	2	4	64
Přestrčený kabel	Nedbalost, nepozornost, špatný lisovací přípravek	6	3	7	126
Utopený kabel	Nedbalost, nesoustředěnost	8	3	4	96
Poškození konektoru	Špatné nastavení, špatné založení	5	2	7	70
Nedolisovaný okraje konektoru	Použití špatné lisovací patky	8	2	4	64
Chybějící konektor	Nedbalost, nesoustředěnost	8	3	4	96

4.3. Fénování

Procesní krok fénování se ukázal jako méně rizikový (viz. Tabulka 7). Může se zde totiž poškodit pouze smřšťovací trubička, která je relativně snadno vyměnitelná nebo může dojít k vizuálnímu poškození kabelu, které nijak neomezuje funkci produktu. Nejvyšší RPN se vyskytlo u poškození pláště kabelu a špatné orientace zafénování smřšťovací trubičky. Obě tyto vady byly ohodnoceny stejně s RPN=84. Ani jedna vada, která při tomto procesním kroku vzniká není natolik závažná, aby se aplikovalo nápravné opatření.

Vyhodnocení rizik jednotlivých vad naleznete v následující tabulce:

Tabulka 7 Potenciální rizika jednotlivých vad u fénování

Popis potenciální vady	Příčiny potenciálních vad	Význam	Výskyt	Odhalitelnost	RPN
Poškození konektoru	Fénování na špatném místě, moc dlouhá doba fénování, vysoká teplota fénu	4	2	7	56
Poškození pláště kabelu	Fénování na špatném místě, moc dlouhá doba fénování, vysoká teplota fénu	4	3	7	84
Smršťovací trubička zafénovaná na špatném místě	Nedbalost, nesoustředěnost	3	3	5	45
Nedostatečně zafénovaná smršťovací trubička	Nízká teplota fénu, nedbalost, krátká doba fénování	5	2	7	70
Poškození smršťovací trubičky	Moc dlouhá doba fénování, neopatrnost, nešikovná manipulace	5	2	7	70
Špatná orientace zafénování (potisk)	Nedbalost, nesoustředěnost	4	3	7	84

4.4. Balení

Ani u procesního kroku balení nebyly odhaleny žádné kritické vady (viz Tabulka 8). Byly odhaleny pouze dvě vady se zvýšeným číslem RPN. Těmi vady byly nesrovnané kabely (RPN=105) a poškození produktů (RPN=112). Nesrovnané kabely v kartonu byly ohodnoceny malým významem a výskytem, není tak nutné aplikovat nápravné opatření. Podobně vypadá i poškození produktů, které bylo sice ohodnocené vysokým významem (význam 8), ale za to se vada vyskytne v 1 z 5000 výrobků. Procesní krok balení tedy nepatří mezi rizikové části procesu.

Vyhodnocení rizik jednotlivých vad naleznete v následující tabulce:

Tabulka 8 Potenciální rizika jednotlivých vad u balení

Popis potenciální vady	Příčiny potenciálních vad	Význam	Výskyt	Odhalitelnost	RPN
Špatný počet kabelů v kartonu	Nedbalost, nesoustředěnost	3	4	7	84
Špatná velikost kartonu	Nedbalost, nesoustředěnost, špatný odhad	2	2	7	28
Špatné označení kartonu	Nedbalost, nesoustředěnost	4	3	7	84
Nepoužití prokladů	Nedbalost, nesoustředěnost	2	2	7	28
Nesrovnané kabely	Nedbalost, nesoustředěnost	5	3	7	105
Chybí etiketa	Nedbalost, nesoustředěnost	4	2	7	56
Špatná etiketa	Nedbalost, nesoustředěnost	4	2	7	56
Poškození produktů	Stlačení plné krabice (aby se tam vešly další kusy)	8	2	7	112
Špatně nalepená etiketa	Nedbalost, nesoustředěnost	3	2	7	42

5. Tvorba návrhu FMEA a katalogu vad

Tvorba návrhu FMEA a katalogu vad je založena na získaných informacích z analýzy procesu a vyhodnocení potenciálních rizik. Ze získaných informací jsou sestaveny tabulky, které obsahují náležitě informace, které jsou doplněny fotografiemi vad.

5.1. Návrh FMEA

Návrh FMEA obsahuje veškeré části, které obsahuje také metoda FMEA, až na aplikaci nápravných opatření a následné vyhodnocení rizik po nápravném opatření (viz. Obrázek 5). Tento návrh slouží jako podklad pro tvorbu FMEA ve firmě CiS systems s.r.o. V návrhu jsou vyhodnoceny veškeré výrobní procesy, které se ve firmě provádí. Pokud firma začne vyrábět nové zakázky pro nové zákazníky, může tento návrh posloužit k aplikaci metody FMEA na daný proces. Zvolený tým zaměstnanců nejprve nový proces rozpracuje do jednotlivých výrobních kroků (dojde k analýze procesu). Výrobní kroky se následně vyfiltrují v návrhu FMEA, a tak se zjistí veškeré vady, které mohou při daném procesu nastat. Proces se tak může optimalizovat ještě před tím, než dojde k jeho využití ve výrobě (viz. Příloha 6, 7, 8, 9).

Katalog je vytvořen podle předešlé verze metody FMEA nikoli dle nového harmonizovaného vydání AIAG a VDA FMEA, jelikož zadání této práce bylo vytvořeno před vydáním nové harmonizované verze této metody.

Firma CiS systems s.r.o. operuje v elektrotechnickém průmyslu, a proto zde doposud výrazné zkušenosti s metodou FMEA nebyly (na rozdíl od automobilového průmyslu).

Popis postupu tvorby návrhu FMEA

Při nástupu nových procesů, se bude muset katalog vad, příčin, jejich důsledků a potenciálních rizik rozšířit o nové procesní kroky, které se ve firmě do té doby neprováděly. K vyhodnocení těchto nových procesů dojde stejně, jako se postupovalo v této práci a následně budou nové procesní kroky přidány do katalogu.

Katalog se skládá z několika celků. Prvním je hlavička formuláře, kam se zapisují údaje o změnách (důvod a popis změny, tým provádějící změnu, datum) (viz. Obrázek 5). Jedná se o interní údaje, které slouží pro lepší přehlednost ve změnách dokumentu.

Revize / Revisionen							
Č.rev. No.Rev.	Důvod / Anlass	Popis / Beschreibung	Tým / Team	Datum / Datum	Skupina / EDV Gruppe / EDV	Vlastník Besitzer	Datum vydání Datum der Ausgabe
1						QW manager	
2							
3							
4							

Funkce procesu Prozessfunktionen		Popis možné vady Potentielle Fehler	Možné důsledky vad Potentielle Folgen des Fehlers		Význam / Bedeutung	Možné příčiny vad Potentielle Fehlerursachen	Stávající způsob kontroly Vorhandene Kontrolle		Výskyt / Auftreten	Odhalitelnost / Entdeckung	RPN
ID	Skupina Gruppe		Konečný zákazník Endkunde	Následující operace Die folgenden Vorgänge			Preventivní vorbeugend	Detekční			

Obrázek 5 Hlavička návrhu FMEA

Kompletizace základních údajů

Musí se shromáždit základní údaje o procesu – co se dělá, jak se to dělá, požadavky atd. Proces se rozebere na jednotlivé kroky. Informace se musí být zaznamenány do FMEA formuláře.

Funkce procesu Prozessfunktionen		Popis možné vady Potentielle Fehler	Možné důsledky vad Potentielle Folgen des Fehlers		Význam / Bedeutung	Možné příčiny vad Potentielle Fehlerursachen	Stávající způsob kontroly Vorhandene Kontrolle		Výskyt / Auftreten	Odhalitelnost / Entdeckung	RPN
ID	Skupina Gruppe		Aktivita Aktivität	Konečný zákazník Endkunde			Následující operace Die folgenden Vorgänge	Preventivní vorbeugend			
		Střih/odizolování Zuschnitt/Abisolieren	Odizolování Koax. 3- stupňové poloaut. Abisolieren Coax 3- stuf Halb								
		Odizolování Abisolieren	Odizolování FBL poloaut. Abisolieren FBL Halb								

Obrázek 6 Základní údaje o procesu

Do kolonky Skupina se запиše název procesu (např. střih, pájení apod.) a do kolonky aktivita se запиše název procesních kroků. Seznam aktivit (kroků) odpovídá aktivitám v podnikovém programu ProAlpha.

Analýza chyb (popis vady)

Zanalyzování všech možných chyb (vad), které mohou při procesu nebo jednotlivých krocích nastat. Tuto činnost provádí tým, který se skládá z členů oddělení odpovídajících za dané procesní kroky. Zde musí být použita metoda

brainstorming. Vše se zaznamenává do formuláře FMEA – na každý řádek se napíše jeden problém (tzv. Failure Mode).

Funkce procesu <i>Prozessfunktionen</i>			Popis možné vady <i>Potentielle Fehler</i>	Možné důsledky vad <i>Potentielle Folgen des Fehlers</i>		Možné příčiny vad <i>Potentielle Fehlerursachen</i>	Stávající způsob kontroly <i>Vorhandene Kontrolle</i>		Vyskyt. / Auftreten Odhalitelnost / Entdeckung	RPN
ID	Skupina <i>Gruppe</i>	Aktivita <i>Aktivität</i>		Konečný zákazník <i>Endkunde</i>	Následující operace <i>Die folgenden Vorgänge</i>		Preventivní <i>vorbeugend</i>	Detekční		
	Střih/odizolování <i>Zuschneid/Abisolieren</i>	Odizolování Koax. 3- stupňově poloaut. <i>Abisolieren Coax 3- stuf Halb</i>								
	Odizolování <i>Abisolieren</i>	Odizolování FBL poloaut. <i>Abisolieren FBL Halb</i>								

Obrázek 7 Popis vad

Hodnocení chyb – důsledky

Opět musí tým využít brainstorming. Ke každé možné chybě se do formuláře FMEA napíše důsledek vady. Důsledek může doléhat na proces (zastavení výroby, zpomalení výroby) nebo na konečného zákazníka (nefunkčnost výrobku, nedostatky).

Funkce procesu <i>Prozessfunktionen</i>			Popis možné vady <i>Potentielle Fehler</i>	Možné důsledky vad <i>Potentielle Folgen des Fehlers</i>		Možné příčiny vad <i>Potentielle Fehlerursachen</i>	Stávající způsob kontroly <i>Vorhandene Kontrolle</i>		Vyskyt. / Auftreten Odhalitelnost / Entdeckung	RPN
ID	Skupina <i>Gruppe</i>	Aktivita <i>Aktivität</i>		Konečný zákazník <i>Endkunde</i>	Následující operace <i>Die folgenden Vorgänge</i>		Preventivní <i>vorbeugend</i>	Detekční		
	Střih/odizolování <i>Zuschneid/Abisolieren</i>	Odizolování Koax. 3- stupňově poloaut. <i>Abisolieren Coax 3- stuf Halb</i>								
	Odizolování <i>Abisolieren</i>	Odizolování FBL poloaut. <i>Abisolieren FBL Halb</i>								

Obrázek 8 Důsledky vad

Hodnocení chyb – příčiny

Tým může využít metodu Ishikawa diagram. Při zjišťování příčin by se mělo jít co nejvíce do hloubky.

Funkce procesu <i>Prozessfunktionen</i>		Popis možné vady <i>Potentielle Fehler</i>	Možné důsledky vad <i>Potentielle Folgen des Fehlers</i>		Význam/ Bedeutung	Možné příčiny vad <i>Potentielle Fehlerursachen</i>	Stávající způsob kontroly <i>Vorhandene Kontrolle</i>		Vyskyt/ Auftreten Odhalitelnost / Entdeckung	RPN
ID	Skupina Gruppe Aktivita Aktivität		Konečný zákazník <i>Endkunde</i>	Následující operace <i>Die folgenden Vorgänge</i>			Preventivní <i>vorbeugend</i>	Detekční		
	Stříh/odizolování <i>Zuschnitt/abisolieren</i>	Odizolování Koax. 3- stupňově poloaut. <i>Abisolieren Coax 3- stuf Halb</i>								
	Odizolování <i>Abisolieren</i>	Odizolování FBL poloaut. <i>Abisolieren FBL Halb</i>								

Obrázek 9 Příčiny vad

Stávající způsob kontroly

Do příslušných kolonek (viz. Obrázek 10) se zaznamenají kontroly, které se v současné době ve firmě praktikují. Stávající způsob kontroly se rozděluje na preventivní a detekční. Preventivní kontrola je to, co se dělá proto, aby daný problém nenastal, a aby se mu předešlo (má vliv na výskyt). Patří sem např. školení či pokayoke. Funkcí detekční kontroly je detekovat (odhalit) již vzniklou chybu. Mezi detekční kontroly se řadí např. elektrická kontrola, kontrola u následujících operací, výstupní kontrola apod. Vše musí být zaznamenáno ve FMEA formuláři.

Funkce procesu <i>Prozessfunktionen</i>		Popis možné vady <i>Potentielle Fehler</i>	Možné důsledky vad <i>Potentielle Folgen des Fehlers</i>		Význam/ Bedeutung	Možné příčiny vad <i>Potentielle Fehlerursachen</i>	Stávající způsob kontroly <i>Vorhandene Kontrolle</i>		Vyskyt/ Auftreten Odhalitelnost / Entdeckung	RPN
ID	Skupina Gruppe Aktivita Aktivität		Konečný zákazník <i>Endkunde</i>	Následující operace <i>Die folgenden Vorgänge</i>			Preventivní <i>vorbeugend</i>	Detekční		
	Stříh/odizolování <i>Zuschnitt/abisolieren</i>	Odizolování Koax. 3- stupňově poloaut. <i>Abisolieren Coax 3- stuf Halb</i>								
	Odizolování <i>Abisolieren</i>	Odizolování FBL poloaut. <i>Abisolieren FBL Halb</i>								

Obrázek 10 Stávající způsob kontroly

Hodnocení kritérií

Jakmile jsou všechny potřebné informace sepsány ve formuláři FMEA, může se začít s hodnocením jednotlivých kritérií pomocí hodnotících tabulek. Jedná se o hodnocení významu, výskytu a odhalitelnosti jednotlivých problémů. U každého kritéria se hodnotí na stupnici od 1 (nejlepší) do 10 (nejhorší). Stupnice kritérií jsou popsány v příslušných dokumentech (viz. příloha). Musí být použita metoda brainstormingu. Výsledky brainstormingu zapíšeme do formuláře FMEA do příslušných kolonek (viz. Obrázek 11).

Funkce procesu <i>Prozessfunktionen</i>		Popis možné vady <i>Potentielle Fehler</i>	Možné důsledky vad <i>Potentielle Folgen des Fehlers</i>		Možné příčiny vad <i>Potentielle Fehlerursachen</i>	Stávající způsob kontroly <i>Vorhandene Kontrolle</i>		RPN
ID	Skupina <i>Gruppe</i>		Číslo <i>Nummer</i>	Konečný zákazník <i>Endkunde</i>		Následující operace <i>Die folgenden Vorgänge</i>	Význam/ <i>Bedeutung</i>	
	Střih/odizolování <i>Zuschnitt/abisolieren</i>	Odizolování Koax. 3- stupňové poloaut. <i>Abisolieren Coax 3- stuf Halb</i>						
	Odizolování <i>Abisolieren</i>	Odizolování FBL poloaut. <i>Abisolieren FBL Halb</i>						

Obrázek 11 Hodnoty významu, výskytu a odhalitelnosti

Následně dojde k vynásobení hodnot významu, výskytu a odhalitelnosti a dojde k vypočtení čísla RPM, které se taktéž zapíše do katalogu. Pomocí těchto čísel se následně hodnotí potenciální míra rizika daných procesních kroků a rozhoduje se, zda bude aplikováno nápravné opatření, které povede ke snížení míry rizika.

Funkce procesu <i>Prozessfunktionen</i>		Popis možné vady <i>Potentielle Fehler</i>	Možné důsledky vad <i>Potentielle Folgen des Fehlers</i>		Možné příčiny vad <i>Potentielle Fehlerursachen</i>	Stávající způsob kontroly <i>Vorhandene Kontrolle</i>		RPN
ID	Skupina <i>Gruppe</i>		Číslo <i>Nummer</i>	Konečný zákazník <i>Endkunde</i>		Následující operace <i>Die folgenden Vorgänge</i>	Význam/ <i>Bedeutung</i>	
	Střih/odizolování <i>Zuschnitt/abisolieren</i>	Odizolování Koax. 3- stupňové poloaut. <i>Abisolieren Coax 3- stuf Halb</i>						
	Odizolování <i>Abisolieren</i>	Odizolování FBL poloaut. <i>Abisolieren FBL Halb</i>						

Obrázek 12 Číslo RPN

5.2. Návrh katalogu vad, příčin, jejich důsledků a potenciálních rizik

Katalog vad, příčin, jejich důsledků a potenciálních rizik (viz. Tabulka 9) obsahuje informace o dané vadě. Jedná se o obecný katalog vad, který bude sloužit k vytváření dalších katalogů v praxi. Tento obecný katalog vad obsahuje několik informací o daném procesu a o dané vadě, která při procesu vzniká (viz. níže).

Název operace

Výrobní proces se skládá z několika navazujících operací. Názvem operace se rozumí operace, při které daná vada vzniká (např. lisování, fénování, balení).

Pracoviště

Součástí každé firmy jsou pracoviště. Každé pracoviště slouží k provádění rozdílných operací. Je důležité, aby bylo na první pohled na katalog vad jasné, kde se daný proces provádí a jaké pracoviště se danému procesu či operaci věnuje.

Zákazník

Každý vyrobený produkt, následně putuje k zákazníkovi, který si daný produkt objednal. Může se jednat o externího nebo interního zákazníka. Každý zákazník může mít rozdílné požadavky na výsledný produkt, proto je zde tato specifikace vyžadována.

Vizualitace OK a NOK

Jedná se o fotografie produktu. Vizualizací OK se rozumí fotografie správně vyrobeného produktu, kde je jasně vidět část produktu, které se daný katalog vad týká. Vizualizace NOK musí znázorňovat vadný produkt. Vada musí být vidět na první pohled, aby pracovník viděl, jak vada vypadá. V případě výskytu vadného produktu pracovník vadu pozná a předá produkt k opravě.

Popis vady

Vada musí být stručně specifikována. Popis vady může pracovníkovi lépe vadu pochopit a tím se jí vyvarovat či vadný produkt odhalit.


Popis příčiny vady

Každá vada je způsobena nějakou příčinou. Daná příčina musí být popsána. Pokud existuje více příčin, musí být popsány všechny. Popis příčiny může být při výrobě klíčový, jelikož pracovník zjistí, na co přesně si dát při výrobě pozor.

Důsledky vad

Vady mohou zapříčinit negativní důsledky na výrobu nebo na zákazníka. Na základě důsledků lze odhadnout závažnost vady, pracovník tak bude mít jasný přehled, co může daná vada způsobit.


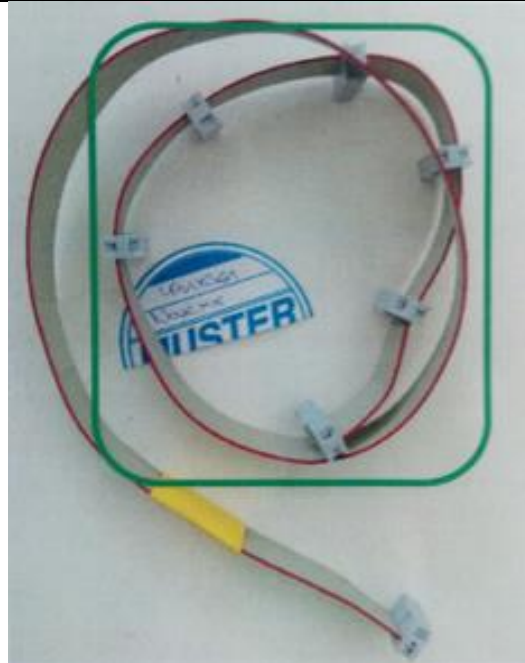
Tabulka 9 Obecný katalog vad, příčin, jejich důsledků a potenciálních rizik

Katalog vad				
Název operace	Pracoviště	Společnost	Zákazník	
Vizualizace OK		Vizualizace NOK		
Popis vady		Popis příčiny vady		
Důsledky vad				
Na výrobu		Na zákazníka		
Zpracoval:		Datum:		Strana:

Praktický případ katalogu vad, příčin, jejich důsledků a potenciálních rizik

Katalog vad, příčin, jejich důsledků a potenciálních rizik byl aplikován na operaci lisování, při které dochází k zapomenutí na konektor (vada Chybějící konektor). Byly využity informace z předchozích kapitol. Veškeré informace byly zapsány do obecného katalogu vad. Byly přidány také fotografie a vznikl tak praktický případ katalogu vad z praxe (viz. Tabulka 10). Katalog vad, příčin, jejich důsledků a potenciálních rizik bude sloužit při výrobě jako názorná ukázka vad, které mohou při procesu vzniknout. Pracovník tak bude vědět, na co si dát pozor a čemu se vyvarovat. Může sloužit také v případě auditů a pro zákazníky. Bude se jednat o důkaz, že se firma snaží kvalitu svých produktů a procesů aktivně zlepšovat.

Tabulka 10 Návrh katalogu vad, příčin a jejich důsledků

Katalog vad				
Název operace	Pracoviště	Společnost	Zákazník	
Lisování	FBL	CiS systems	Novexx Sol.	
Vizualizace OK		Vizualizace NOK		
				
Popis vady		Popis příčiny vady		
Chybějící konektor – pouze pět konektorů s odstupem 40 mm		Nepozornost a nesoustředěnost pracovníka		
Důsledky vad				
Na výrobu		Na zákazníka		
Budoucí výroby nebude ovlivněna		Potenciální reklamace		
Zpracoval:		Datum:		
			Strana:	

Závěr

Kvalita významně ovlivňuje konkurenceschopnost firem. Proto je kvalita velice důležitým faktorem v každé firmě. Firmy by měly klást dostatečný důraz na neustálé zlepšování kvality. Pokud se firma kvalitě služeb či výrobků dostatečně nevěnuje může to vést ke ztrátě konkurenceschopnosti a následnému úpadku. Nedílnou součástí neustálého zlepšování je také analýza výrobních procesů a vyhodnocování rizik. Tímto způsobem lze odhalit potenciální vady již v předvýrobních fázích a výrazně tak snížit vznikající náklady na opravy.

V teoretické části je popsána kvalita a management kvality včetně principů a koncepcí. Velká část teoretické práce je věnována sedmi základním nástrojům managementu kvality. Dalším důležitým bodem je popis metody FMEA a také rozbor FMEA procesu, FMEA návrhu a systémové FMEA. Součástí práce je také popis nového harmonizovaného vydání metody FMEA.

V praktické části bakalářské práce je analyzován vybraný výrobní proces firmy CiS systems s.r.o., která operuje v elektrotechnickém průmyslu. Byl vybrán proces výroby kabelu pro firmu Novexx Solutions GmbH.

Analýza probíhala za pomoci zkušených lidí, kteří byli za proces zodpovědní. Proces byl rozdělen do několika procesních kroků, ze kterých byly vybrány čtyři procesní kroky, u kterých byly určeny veškeré potenciální vady, které mohou v daném procesním kroku nastat včetně jejich příčin a důsledků.

Po analýze procesu následuje vyhodnocení rizik potenciálních vad ve výrobních krocích. Opět za pomoci zkušeného týmu byly sestaveny hodnotící tabulky významu, výskytu a odhalitelnosti, dle kterých se hodnotila rizika vad. Po vyhodnocení došlo ke zjištění, že se v procesu vyskytují vady, na které by mělo být aplikováno nápravné opatření. Nejrizikovější vadou se ukázala špatná délka kabelu, dále byly poměrně rizikové vady přestřčený kabel, křivý stříh nebo utopené žíly.

Následuje návrh FMEA, který bude využíván ve firmě CiS systems s.r.o. Byl sestaven formulář, kam se dané údaje zapisují. Následně byly do formuláře zaznamenány veškeré zjištěné informace, které byly při tvorbě práce zjištěny. Návrh FMEA bude pro firmu sloužit jako podklad pro další optimalizace procesů.

Práce je zakončena návrhem katalogu vad, příčin, jejich důsledků a potenciálních rizik ve výrobních procesech. Vzniklý návrh katalogu může sloužit jako předloha pro pracovníky, kteří ho využijí jako pomůcku při výrobě a můžou se tak vyvarovat zbytečným chybám.

Seznam literatury

FMEA (Failure Mode and Effect Analysis). In: ManagementMania.com [online].

Wilmington (DE) 2011-2019, 20.04.2016 [cit. 29.12.2019]. Dostupné z:

<https://managementmania.com/cs/failure-mode-and-effect-analysis>

J., Nenadál, Noskievičová D., Petříková R., Plura J. a Tošenovský J. *Moderní systémy řízení jakosti*. Praha: Computer Press, 1998.

NENADÁL A KOL., Jaroslav. *Moderní management jakosti* [online]. Praha:

Management Press, 2008 [cit. 2019-12-06]. ISBN 978-80-7261-186-7. Dostupné z:

<https://www.knihovna.zcu.cz/export/sites/knihovna/elektronicke-informacni-zdroje/e-knihy/moderni-management-jakosti.pdf>

NENADÁL A KOL., Jaroslav. *Management kvality pro 21. století*. Praha: Albatros

Media, 2018. ISBN 978-80-726-1561-2.

PLURA, Jiří. *Plánování a neustálé zlepšování jakosti*. Praha: Computer Press, 2001.

ISBN 80-7226-543-1.

Řízení kvality (Quality Management). In: ManagementMania.com [online].

Wilmington (DE) 2011-2019, 13.04.2018 [cit. 06.12.2019]. Dostupné z:

<https://managementmania.com/cs/rizeni-kvality>

STAMATIS, D. Failure mode and effect analysis: FMEA from theory to

execution. Milwaukee, Wisc.: ASQ Quality Press, 2003. 443 s. ISBN 0-87389-598-3.

VESELÝ, Jan. IAA CZ s.r.o. *IAA CZ s.r.o.* [online]. Český Brod: IAA CZ, 2019 [cit. 2019-

12-06]. Dostupné z: <http://www.iaa.cz/2019/06/27/aiag-vda-fmea-handbook-nove-vydani/>

Seznam obrázků, tabulek, grafů a rovnic

Seznam obrázků

Obrázek 1 Spirála kvality.....	11
Obrázek 2 Koncepce managementu kvality.....	13
Obrázek 3 Grafické symboly vývojového diagramu.....	16
Obrázek 4 Pořadí procesních kroků.....	26
Obrázek 5 Hlavička návrhu FMEA.....	38
Obrázek 6 Základní údaje o procesu.....	38
Obrázek 7 Popis vad.....	39
Obrázek 8 Důsledky vad.....	39
Obrázek 9 Příčiny vad.....	40
Obrázek 10 Stávající způsob kontroly.....	40
Obrázek 11 Hodnoty významu, výskytu a odhalitelnosti.....	41
Obrázek 12 Číslo RPN.....	41

Seznam tabulek

Tabulka 1 Vady, příčiny a důsledky u stříhu.....	28
Tabulka 2 Vady, příčiny a důsledky u lisování.....	29
Tabulka 3 Vady, příčiny a důsledky u fénování.....	30
Tabulka 4 Vady, příčiny a důsledky u balení.....	31
Tabulka 5 Potenciální rizika jednotlivých vad u stříhu.....	33
Tabulka 6 Potenciální rizika jednotlivých vad u lisování.....	34
Tabulka 7 Potenciální rizika jednotlivých vad u fénování.....	35
Tabulka 8 Potenciální rizika jednotlivých vad u balení.....	36
Tabulka 9 Obecný katalog vad, příčin, jejich důsledků a potenciálních rizik.....	43
Tabulka 10 Návrh katalogu vad, příčin a jejich důsledků.....	44

Seznam rovnic

Rovnice 1 Výpočet velikosti intervalů.....	19
--	----

Seznam Grafů

Graf 1 Bodový diagram.....	20
----------------------------	----

Seznam příloh

Příloha 1 Formulář FMEA.....	50
Příloha 2 Hodnotící tabulka významu	51
Příloha 3 Hodnotící tabulka výskytu	51
Příloha 4 Hodnotící tabulka odhalitelnosti	52
Příloha 5 Vývojový diagram výrobního procesu	53
Příloha 6 Katalog FMEA pro procesní krok stříh.....	54
Příloha 7 Katalog FMEA pro procesní krok lisování	55
Příloha 8 Katalog FMEA pro procesní krok fénování.....	56
Příloha 9 Katalog FMEA pro procesní krok balení.....	57

Příloha 2 Hodnotící tabulka významu

Význam					
Důsledek	Kritéria: Význam efektu na produkt (dopad na zákazníka)	Body	Důsledek	Kritéria: Význam efektu na proces (dopad na výrobu/montáž)	
Selhání ve splnění bezpečnostních a/nebo zákonných požadavků	Vada může přivodit zákazníkovi zdravotní újmu	10	Selhání ve splnění bezpečnostních a/nebo zákonných požadavků	Nesplnění bezpečnostních a zákonných požadavků, může ohrozit pracovníka či okolí	
	Vada může způsobit škodu na zákaznickově majetku	9		Nesplnění bezpečnostních a zákonných požadavků	
Ztráta nebo omezení funkce	Produkt neplní svou funkci	8	Kritický dopad na výrobu	100% produkce by mohlo být zmetkových a musí být vyrobeny náhradní produkty	
	Vada omezuje funkci produktu	7		Méně než 100% produkce by mohlo být zmetkových a musí být vyrobeny náhradní produkty	
Nespokojenost zákazníka (velké obtíže)	Zákazník zaznamená značné zhoršení vlastností produktu, obtíže při užívání nebo u dalšího zpracování	6	Velký dopad na výrobu	100% produkce by mohlo potřebovat přepracování, u kterého bude potřeba vyměnit všechny komponenty za nové	
	Zákazník zaznamená určité zhoršení vlastností produktu	5		Méně než 100% produkce by mohlo potřebovat přepracování, u kterého bude potřeba vyměnit všechny komponenty za nové	
Mírná nespokojenost zákazníka (menší obtíže)	Vizuální vada, produkt je funkční, ale některé prvky neodpovídají požadavkům. Vadu odhalí 75 % zákazníků	4	Střední dopad na výrobu	100% produkce by mohlo potřebovat přepracování, u kterého stačí vyměnit jednu komponentu za novou	
	Vizuální vada, produkt je funkční, ale některé prvky neodpovídají požadavkům. Vadu odhalí 50 % zákazníků	3		Málý dopad na výrobu	Méně než 100% produkce by mohlo potřebovat přepracování, u kterého stačí vyměnit jednu komponentu za novou
	Vizuální vada, produkt je funkční, ale některé prvky neodpovídají požadavkům. Vadu odhalí 25 % zákazníků	2			Vadná část produkce je snadno opravena na místě a pracovník pokračuje v činnosti
Žádný	Žádný dopad na zákazníka	1	Žádný dopad na výrobu	Vada nezpůsobuje žádný rozpoznatelný efekt na proces, operaci nebo pracovníka	

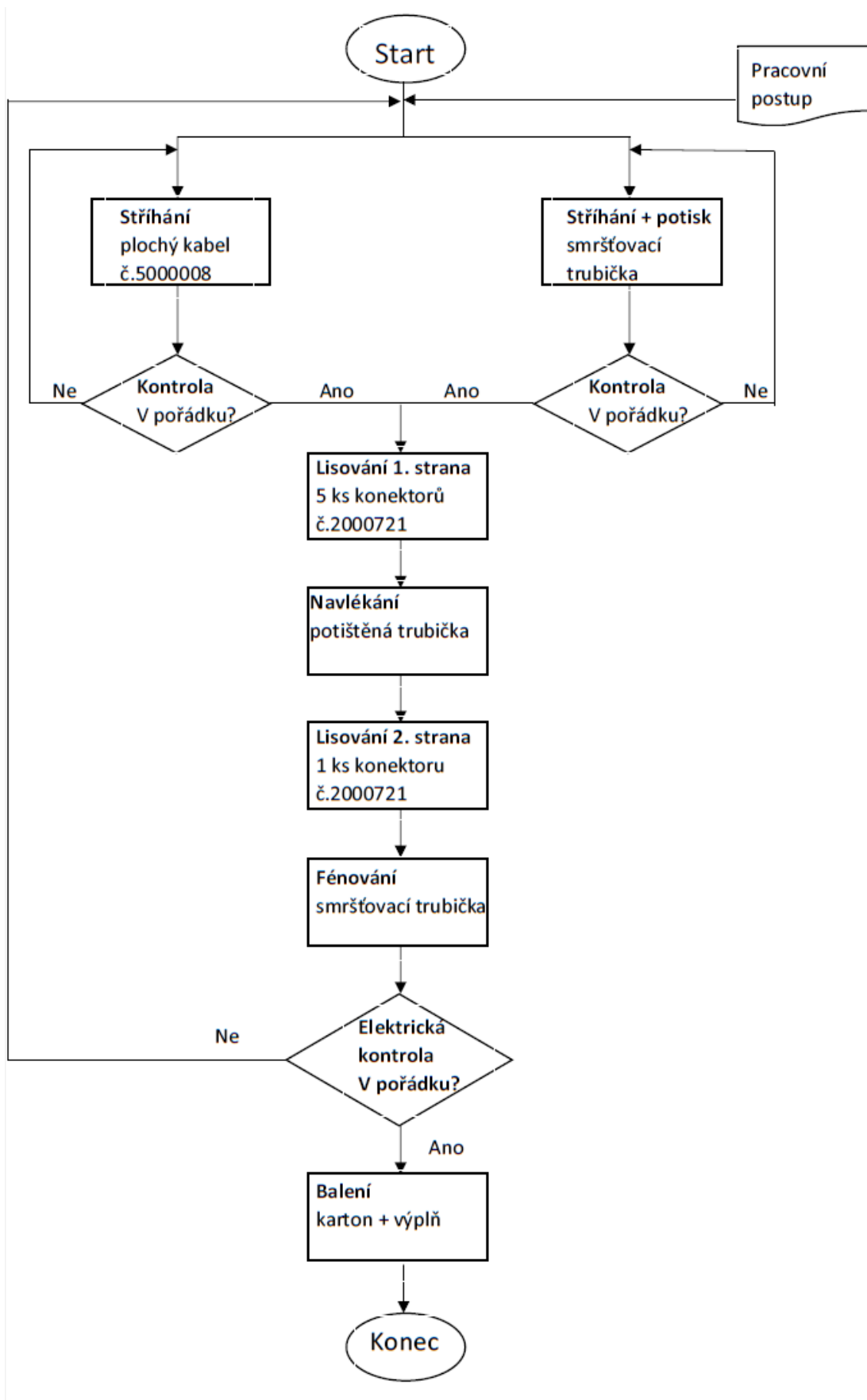
Příloha 3 Hodnotící tabulka výskytu

Výskyt		
Pravděpodobnost	Kritéria: Četnost výskytu příčiny vady	Body
Velmi vysoká	Vada se vyskytuje u 1 z 5 výrobků (i častěji)	10
Vysoká	Vada se vyskytuje u 1 z 10 výrobků	9
	Vada se vyskytuje u 1 z 20 výrobků	8
	Vada se vyskytuje u 1 z 50 výrobků	7
Střední	Vada se vyskytuje u 1 z 100 výrobků	6
	Vada se vyskytuje u 1 z 500 výrobků	5
	Vada se vyskytuje u 1 z 1000 výrobků	4
Nízká	Vada se vyskytuje u 1 z 2000 výrobků	3
	Vada se vyskytuje u 1 z 5000 výrobků	2
Velmi nízká	Vada je eliminována preventivními kontrolami	1

Příloha 4 Hodnotící tabulka odhalitelnosti

Odhalitelnost		
Odhalitelnost	Pravděpodobnost odhalení kontrolou procesu	Body
Bez možnosti detekce	Nejsou známy dostupné kontroly, které by mohly odhalit projev vady (příčiny)	10
Nepravděpodobné odhalení v jakékoliv fázi	Vada (příčina) je velice těžko odhalitelná (např. náhodným auditem)	9
Odhalení problému po operaci	Odhalení vady (příčiny) v dalším zpracování operátorem vizuální / manuální kontrolou	8
Odhalení problému u operace	Odhalení vady (příčiny) ve stanici operátorem vizuální / manuální kontrolou (samokontrola)	7
Odhalení problému po operaci	Odhalení vady (příčiny) operátorem v dalším zpracování s pomocí měřících či jiných zařízení (pravítko, mikrometr, kontrola utahovacího momentu apod.)	6
Odhalení problému u operace	Odhalení vady (příčiny) ve stanici operátorem s pomocí měřících či jiných zařízení (pravítko, mikrometr, kontrola utahovacího momentu apod.)	5
Odhalení problému po operaci	Odhalení vady (příčiny) po operaci systémy, které odhalí vadný díl a zabrání dalšímu zpracování (el. kontrola)	4
Odhalení problému po operaci	Odhalení vady (příčiny) v dalším zpracování automatizovanými systémy , které odhalí vadný díl a zabrání tak dalšímu zpracování (poka yoke)	3
Detekce vady / prevence vady	Odhalení vady (příčiny) ve stanici automatizovanými systémy , které odhalí chybu a zabrání vyrobení neshodného produktu (poka yoke)	2
Detekce není potřebná	Detekce není potřebná, vada (příčina) je eliminována prevencí a nijak neovlivní zákazníka či další výrobu	1

Příloha 5 Vývojový diagram výrobního procesu



Příloha 6 Katalog FMEA pro procesní krok stříh

Č. rev. / No. Rev.		Funkce procesu / Processfunktionen		Revize / Revisionen		Datum / Datum		Skupina / EDV / Gruppe / EDV		Vlastník / Besitzer		Datum vydání / Datum der Ausgabe	
Důvod / Anlass		Popis / Beschreibung		Tým / Team		Možné příčiny vad / Potentielle Fehlerursachen		Stávající způsob kontroly / Vorhandene Kontrolle		Vyskyt / Auftreten		Odhaditelnost / Erdrückung	
ID		Popis možné vady / Potentielle Fehler		Možné důsledky vad / Potentielle Folgen des Fehlers		Význam / Bedeutung		Preventivní vorgehend		Detekční		RPN	
Skupina / Gruppe		Aktivita / Aktivität		Konečný zákazník / Endkunde		Následující operace / Die folgenden Vorgänge							
1													
1850-1	Sřih	Sřih FBL aut.		Potenciální reklamacie	Problém u kompletace, ohybání	8	Špatné nastavení	Uvolnění 1. kusu	Samokontrola	5	7	280	
1850-2			Špatný počet nastřihávaných kusů	Potenciální reklamacie	Neovlivní	4	Špatné nastavení		Samokontrola, kontrola následující operaci	3	7	84	
1850-3			Špatný typ kabelu	Potenciální reklamacie	Problém u lisování, osazování	8	Nedbalost, nepozornost	Uvolnění 1. kusu	Samokontrola, kontrola následující operaci	2	4	64	
1850-4			Znečištěný kabel	Potenciální reklamacie	Neovlivní	3	Nešikovná manipulace, znečištěné pracoviště,	Dodržování 7S	Samokontrola, kontrola následující operaci	3	7	63	
1850-5			Poškozená izolace	Potenciální reklamacie	Neovlivní	5	Špatné založení kabelu, nešikovná manipulace	Uvolnění 1. kusu	Samokontrola	2	7	70	
1850-12			Křivý sřih kabelu	Potenciální reklamacie	Problém u lisování, osazování	7	Špatné založení	Kontrola pod lupou, kontrola každého 50. kusu	Samokontrola, kontrola následující operaci	3	7	147	
1850-13			Utopené žíly	Potenciální reklamacie	Problém u lisování, odizolování	6	Nedbalost, nepozornost, nešikovná manipulace, tupé nože	Kontrola pod lupou, kontrola každého 50. kusu	Samokontrola, kontrola následující operaci	3	7	128	
1850-14			Vylézající žíly	Potenciální reklamacie	Problém u elektrické kontroly, lisování, odizolování	8	Nedbalost, nepozornost, nešikovná manipulace, tupé nože	Kontrola pod lupou, kontrola každého 50. kusu	Samokontrola, kontrola následující operaci	3	4	96	

Příloha 7 Katalog FMEA proprocesní krok lisování

Č.rev. No.Rev.	Důvod / Anlass	Revize / Revisionen			Tým / Team	Datum / Datum	Skupina / EDV Gruppe / EDV	Vlastník Besitzer	Datum vydání Datum der Ausgabe		
		Popis / Beschreibung	Možné důsledky vad Potenzielle Folgen des Fehlers	Možné příčiny vad Potenzielle Fehlerursachen					Vyskyt / Auftreten	Odhaditelnost / Entdeckbarkeit	RPN
Funkce procesu Prozessfunktionen		Popis možné vady Potenzielle Fehler	Možné důsledky vad Potenzielle Folgen des Fehlers	Možné příčiny vad Potenzielle Fehlerursachen	Stávající způsob kontroly Vorhandene Kontrolle						
ID	Skupina Gruppe	Aktivita / Aktivität	Konečný zákazník Endkunde	Následující operace Die folgenden Vorgänge	Preventivní vorbeugend	Detekční					
1680-1	Lisování	Lisování LPV, PVB, Mica konektorů vč. lepících, do 50 polů, man.	Potenciální reklamační zákazník Endkunde	Problém u elektrické kontroly (problém se zapojením)	7	Nedbalost, nepozornost, nepoužití poka yoke v kontrolě	Uvolnění 1. kusu, Poka yoke	Samokontrola, el. kontrola	4	4	112
1680-2		Křivé zalisování	Potenciální reklamační zákazník Endkunde	Problém u elektrické kontroly	8	Nepoužití naváděcích listů	Uvolnění 1. kusu	Samokontrola, el. kontrola	4	4	128
1680-3		Nedolisovaný konektor	Potenciální reklamační zákazník Endkunde	U dalších operací může upadnout	6	Špatné nastavení	Uvolnění 1. kusu	Samokontrola, kontrola následující operací	2	7	84
1680-4		Přelísovaný konektor	Potenciální reklamační zákazník Endkunde	Neovlivní	5	Špatné nastavení	Uvolnění 1. kusu	Samokontrola, kontrola následující operací	2	7	70
1680-5		Špatný typ konektoru	Potenciální reklamační zákazník Endkunde	Problém u elektrické kontroly,	8	Nedbalost, nepozornost	Uvolnění 1. kusu	Samokontrola, el. kontrola	2	4	64
1680-6		Přestřechný kabel	Potenciální reklamační zákazník Endkunde	Neovlivní	6	Nedbalost, nepozornost, špatný lisovací přípravek	Uvolnění 1. kusu	Samokontrola, kontrola následující operací	3	7	126
1680-7		Utopený kabel	Potenciální reklamační zákazník Endkunde	Problém u elektrické kontroly	8	Nedbalost, nesoustředěnost	Uvolnění 1. kusu	Samokontrola, el. kontrola	3	4	96
1680-8		Poškození konektoru	Potenciální reklamační zákazník Endkunde	Neovlivní	5	Špatné založení konektoru do lisu, špatně nastavený pátek	Uvolnění 1. kusu	Samokontrola, kontrola následující operací	2	7	70
1680-9		Nedolisovaný okraj konektoru	Potenciální reklamační zákazník Endkunde	Problém u elektrické kontroly	8	Použití špatné lisovací patky	Uvolnění 1. kusu	Samokontrola, el. kontrola	2	4	84
168-10		Chybějící konektor	Potenciální reklamační zákazník Endkunde	Problém u elektrické kontroly	8	Nedbalost, nesoustředěnost	Uvolnění 1. kusu	Samokontrola, el. kontrola	3	4	96

Příloha 8 Katalog FMEA pro procesní krok fénování

Revize / Revisionen									
Č.rev. No.Rev.	Důvod / Anlass	Popis / Beschreibung	Tým / Team	Datum / Datum	Skupina / EDV Gruppe / EDV	Vlastník Besitzer	Datum vydání Datum der Ausgabe	RPN	
ID	Funkce procesu Prozessfunktionen	Popis možné vady Potentielle Fehler	Možné důsledky vad Potentielle Folgen des Fehlers	Možné příčiny vad Potentielle Fehlerursachen	Stávající způsob kontroly Vorhandene Kontrolle	Detekční	Yskyt / Auffreten	Odhaditelnost / Entdeckbarkeit	RPN
	Skupina Gruppe	Aktivita / Aktivität	Konečný zákazník Endkunde	Následující operace Die folgenden Vorgänge	Preventivní vorbeugend				
1									
1090-1	Fénování	Fénování smřšťovací trubičky horkovzdušným fénem do 100mm, man.	Potenciální reklamační	Neovlivní	Uvolnění 1. kusu	Samokontrola	2	7	56
1090-2		Poškození konektoru	Potenciální reklamační	Neovlivní	Uvolnění 1. kusu	Samokontrola	3	7	84
1090-3		Poškození pláště kabelu	Potenciální reklamační	Neovlivní	Uvolnění 1. kusu	Samokontrola	3	5	45
1090-4		Smřšťovací trubička zařénovaná na špatném místě	Potenciální reklamační	Problém u kompletače (ozvětvěná svazemka)	Uvolnění 1. kusu	Samokontrola	2	7	70
1090-5		Nedostatečně zařénovaná smřšťovací trubička	Potenciální reklamační	Problém u krimpování (trubička neodíží na stínění)	Uvolnění 1. kusu	Samokontrola	2	7	70
1090-6		Poškození smřšťovací trubičky	Potenciální reklamační	Neovlivní	Uvolnění 1. kusu	Samokontrola	2	7	70
		Špatná orientace zařénování (SSL s potiskem)	Potenciální reklamační	Neovlivní	Uvolnění 1. kusu	Samokontrola	3	7	84

Příloha 9 Katalog FMEA pro procesní krok balení

Revize / Revisionen									
Č. rev. / No. Rev.	Důvod / Anlass	Funkce procesu / Prozessfunktionen	Popis / Beschreibung	Tým / Team	Datum / Datum	Skupina / EDV Gruppe / EDV	Vlastník / Besitzer	Datum vydání / Datum der Ausgabe	RPN
ID	Skupina / Gruppe	Aktivita / Aktivität	Popis možné vady / Potenzielle Fehler	Možné důsledky vad / Potenzielle Folgen des Fehlers	Možné příčiny vad / Potenzielle Fehlerursachen	Stávající způsob kontroly / Vorhandene Kontrolle	Detekční	Yskyt / Auftreten	Odhaditelnost / Entdeckbarkeit
1									
1490-1	Balení	Balení svazeky do kartonu, včetně prokladů, man.	Špatný počet svazek v kartonu	Neovlivní	Neobalost, nesoustředěnost	Samokontrola, vážení	4	7	84
1490-2			Špatná velikost kartonu	Neovlivní	Neobalost, nesoustředěnost, špatný odhad	Samokontrola, kontrola následující operaci	2	7	28
1490-3			Špatné označení kartonu	Neovlivní	Neobalost, nesoustředěnost	Samokontrola	3	7	84
1490-4			Nepoužití prokladů	Neovlivní	Neobalost, nesoustředěnost	Samokontrola	2	7	28
1490-5			Nesrovnané kabely (naházené v krabici)	Neovlivní	Neobalost, nesoustředěnost	Samokontrola	3	7	105
1490-6			Chybi etiketa	Problém u expedice	Neobalost, nesoustředěnost	Samokontrola, kontrola následující operaci	2	7	56
1490-7			Špatná etiketa	Neovlivní	Neobalost, nesoustředěnost	Samokontrola, kontrola následující operaci	2	7	56
1490-8			Poškození produktů	Neovlivní	Stlačení plně krabice (aby se tam vešly další kusy)	Samokontrola	2	7	112
1490-9			Špatně nalepená etiketa	Neovlivní	Neobalost, nesoustředěnost	Samokontrola, kontrola následující operaci	2	7	42

ANOTAČNÍ ZÁZNAM

AUTOR	Aleš Garčic		
STUDIJNÍ PROGRAM/OBOR/SPECIALIZACE	6208R186 Podniková ekonomika a řízení provozu, logistiky a kvality		
NÁZEV PRÁCE	Analýza rizik ve výrobních procesech elektrotechnického průmyslu		
VEDOUCÍ PRÁCE	Ing. et Ing. Martin Folta, Ph.D, EUR ING		
KATEDRA	KRVLK - Katedra řízení výroby, logistiky a kvality	ROK ODEVZDÁNÍ	2019
POČET STRAN	63		
POČET OBRÁZKŮ	14		
POČET TABULEK	9		
POČET PŘÍLOH	9		
STRUČNÝ POPIS	<p>Tato práce se zabývá využití metody FMEA v elektrotechnickém průmyslu. Práce obsahuje popis kvality a managementu kvality. Popsány jsou také základní nástroje a metoda FMEA. Byl analyzován výrobní proces výroby plochého kabelu. Byly určeny vady vznikající při výrobě, včetně příčin a důsledků vad. Poté byly vyhodnoceny rizika potenciálních vad za pomoci metody FMEA. V závěru práce je vytvořen návrh FMEA a katalogu vad, příčin, jejich důsledků a potenciálních rizik.</p>		
KLÍČOVÁ SLOVA	Kvalita, management kvality, FMEA, analýza rizik, analýza výrobního procesu,		

ANNOTATION

AUTHOR	Aleš Garčic
FIELD	6208R186 Business Administration and Operations, Logistics and Quality Management

THESIS TITLE	Analýza rizik ve výrobních procesech elektrotechnického průmyslu		
SUPERVISOR	Ing. et Ing. Martin Folta, Ph.D, EUR ING		
DEPARTMENT	KRVLK - Department of Production, Logistics and Quality Management	YEAR	2019
NUMBER OF PAGES			
	63		
NUMBER OF PICTURES			
	14		
NUMBER OF TABLES			
	9		
NUMBER OF APPENDICES			
	9		
SUMMARY	<p>This study deals with the use of FMEA in the electrotechnical industry. The thesis contains description of quality and quality management. Basic tools of quality management and FMEA method are also described. The production process of flat cable production was analyzed. At the same time, there were identified defects arising during production, including the causes and consequences of defects. Then was evaluated the risk of potential defects using the FMEA method. At the end of the study is created a proposal of FMEA and a catalog of defects, causes, their consequences and potential risks</p>		
KEY WORDS	<p>Quality, quality management, FMEA, risk analysis, analysis of production process</p>		