

Univerzita Pardubice
Fakulta ekonomicko-správní
Ústav podnikové ekonomiky a managementu

Management rizik výrobní linky chemického niklování

Bakalářská práce

2021

Radek Šilar

Univerzita Pardubice
Fakulta ekonomicko-správní
Akademický rok: 2020/2021

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Radek Šilar**
Osobní číslo: **E18419**
Studijní program: **B6208 Ekonomika a management**
Studijní obor: **Management podniku: Management malých a středních podniků**
Téma práce: **Management rizik výrobní linky chemického niklování**
Zadávací katedra: **Ústav podnikové ekonomiky a managementu**

Zásady pro vypracování

Cílem práce je vypracovat strojní FMEA na linku chemického niklování. Po úvodním představení nástrojů managementu rizik, s důrazem na druhy, klady a zápory nástroje FMEA, dojde k vypracování strojní FMEA na linku chemického niklování.

Osnova:

- Management rizik a jeho význam pro společnost.
- Představení základních nástrojů managementu rizik.
- Aktuální situace ve společnosti ohledně doposud vytvořených FMEA.
- Vytvoření strojní FMEA pro linku chemického niklování.
- Zhodnocení očekávání jednotlivých členů týmu.
- Formulace závěrů.

Rozsah pracovní zprávy: **cca 35 stran**
Rozsah grafických prací:
Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam doporučené literatury:

- BECKOVÁ, M. Revize ČSN EN ISO 9001:2016: zkušenosti s aplikací normy v praxi. Praha: Verlag Dashöfer, 2018. ISBN 978-80-87963-66-1.
ČESKÁ SPOLEČNOST PRO JAKOST, FMEA: Analýza možných způsobů a důsledků poruch (FMEA), 4. vydání: 2008. ISBN 978-80-02-02101-8.
ČESKÁ SPOLEČNOST PRO JAKOST: IATF Příručka auditora ISO/TS 16949. Praha, 2014. ISBN 978-80-02-02577-1.
MCDERMOTT, R., E., MIKULAK, R. J., BEAUREGARD, M. R. The basics of FMEA. 2nd ed. New York: Productivity Press, 2009. ISBN 978-156-3273-773.
NENADÁL, J., NOSKIEVIČOVÁ, D., a kol.: Moderní management jakosti. Praha: Management Press, 2008. ISBN 978-80-7261-186-7.
PLURA, J. Plánování a neustálé zlepšování jakosti. Praha: Computer Press, 2001. ISBN 80-7226-543-1.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Michal Kuběnka, Ph.D.**
Ústav podnikové ekonomiky a managementu

Datum zadání bakalářské práce: **1. září 2020**
Termín odevzdání bakalářské práce: **30. dubna 2021**

L.S.

prof. Ing. Jan Stejskal, Ph.D.
děkan

doc. Ing. Marcela Kožená, Ph.D.
vedoucí ústavu

PROHLAŠUJI:

Práci s názvem Management rizik výrobní linky chemického niklování jsem vypracoval samostatně. Veškeré literární prameny a informace, které jsem v práci využil, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

Byl jsem seznámen s tím, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon), ve znění pozdějších předpisů, zejména se skutečností, že Univerzita Pardubice má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona, a s tím, že pokud dojde k užití této práce mnou, nebo bude poskytnuta licence o užití jinému subjektu, je Univerzita Pardubice oprávněna ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložila, a to podle okolností až do jejich skutečné výše.

Beru na vědomí, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, a směrnicí Univerzity Pardubice č. 7/2019 Pravidla pro odevzdávání, zveřejňování a formální úpravu závěrečných prací, ve znění pozdějších dodatků, bude práce zveřejněna prostřednictvím Digitální knihovny Univerzity Pardubice.

V Pardubicích dne 20. 4. 2021

Radek Šilar v. r.

PODĚKOVÁNÍ:

Tímto bych rád poděkoval svému vedoucímu práce Ing. Michalu Kuběnkovi, Ph.D. za jeho odbornou pomoc a cenné rady, které mi pomohly při zpracování bakalářské práce.

Dále pak Vítu Matuškoví, Martinu Pluhařovi a Marku Šupákovi za pomoc a odborné rady ohledně výrobní linky chemického niklování.

Závěrem pak patří velké poděkování také přítelkyni Kristýně Holečkové. Ta chápala časovou náročnost tvorby této práce. Dala mi volnost a tolik potřebnou podporu.

ANOTACE

Předmětem této bakalářské práce je použití metody FMEA a posouzení rizik ve výrobním procesu společnosti SCHOTT CR, s.r.o. V teoretické části práce jsou podrobně rozebrány základní metody managementu rizik, detailněji pak jednotlivé druhy metody FMEA. Praktická část se věnuje analýze současné situace výrobní linky chemického niklování společnosti SCHOTT CR, s.r.o. z pohledu řízení rizik. Data jsou zaznamenána do M-FMEA formuláře. Závěrem jsou navržena opatření pro snížení nejakosti.

KLÍČOVÁ SLOVA

FMEA, management rizik, analýza chyb, RPN

TITLE

Risk management of electroless nickel-plating line

ANNOTATION

The subject of this Bachelor's thesis is the use of Failure Mode and Effects Analysis (FMEA) and risk assessment in the production process of the company SCHOTT CR, s.r.o. In the Theory part, the basic methods of risk management and, in more detail, various FMEA method types are described. The practical part is focused on analysis of current situation of the electroless nickel-plating production line in the company SCHOTT CR, s.r.o. from the risk management point of view. Collected data are recorded in a M-FMEA form. In Conclusion of this thesis, corrective measures to reduce poor quality are presented.

KEYWORDS

FMEA, risk management, failure mode analysis, RPN

OBSAH

ÚVOD.....	9
1 ÚVOD A HISTORIE MANAGEMENTU RIZIK.....	10
2 VÝZNAM MANAGEMENTU RIZIK PRO SPOLEČNOST	11
3 PRINCIPY MANAGEMENTU RIZIK.....	12
3.1 IDENTIFIKACE RIZIK	12
3.2 ANALÝZA RIZIK	12
3.3 HODNOCENÍ RIZIK.....	12
3.4 ŘÍZENÍ RIZIK.....	12
4 ZÁKLADNÍ METODY MANAGEMENTU RIZIK.....	13
4.1 ANALÝZA STROMU UDÁLOSTÍ (ETA).....	13
4.2 ANALÝZA STROMU PORUCHOVÝCH STAVŮ (FTA).....	13
4.3 STUDIE NEBEZPEČÍ A PROVOZUSCHOPNOSTI (HAZOP).....	13
4.4 ANALÝZA SPOLEHLIVOSTI ČLOVĚKA (HRA)	13
4.5 PŘEDBĚŽNÁ ANALÝZA NEBEZPEČÍ (PHA).....	14
4.6 ANALÝZA RIZIK A KRITICKÉ KONTROLNÍ BODY (HACCP)	14
4.7 ISHIKAWŮV DIAGRAM	14
4.8 SIX SIGMA	15
4.9 FMEA	15
4.9.1 Návrhová a konstrukční FMEA	15
4.9.2 Procesní FMEA.....	15
4.9.3 Systémová FMEA	16
4.9.4 Strojní FMEA.....	16
5 POSTUP PŘI TVOŘENÍ STROJNÍ FMEA	17
5.1 VYTVOŘENÍ TÝMU	17
5.2 ANALÝZA A HODNOCENÍ SOUČASNÉHO STAVU.....	17
5.3 NÁVRH OPATŘENÍ.....	20
5.4 HODNOCENÍ STAVU PO REALIZACI OPATŘENÍ.....	21
6 KLADY METODY FMEA	22
7 NEGATIVA METODY FMEA	23
8 SPOLEČNOST SCHOTT CR, S.R.O.....	24
8.1 POPIS SPOLEČNOSTI SCHOTT CR, S.R.O.....	24
8.2 AKTUÁLNÍ SITUACE OHLEDNĚ FMEA VE SPOLEČNOSTI SCHOTT CR, S.R.O.	26
9 TVORBA STROJNÍ FMEA LINKY CHEMICKÉHO NIKLOVÁNÍ.....	27
9.1 VYTVOŘENÍ TÝMU	27
9.2 ANALÝZA A HODNOCENÍ SOUČASNÉHO STAVU	27
9.3 NÁVRH OPATŘENÍ.....	27
9.4 HODNOCENÍ STAVU PO REALIZACI OPATŘENÍ.....	28
10 OTÁZKY ČLENŮM TÝMU	29
10.1 OTÁZKY PŘED VYTVOŘENÍM FMEA	29
10.2 OTÁZKY PO VYTVOŘENÍ FMEA.....	30
11 ZÁVĚR	32
12 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	34

SEZNAM TABULEK

Tabulka č. 1	Protiopatření vzhledem k dopadu a výskytu
Tabulka č. 2	Hodnocení významu vady
Tabulka č. 3	Hodnocení očekávaného výskytu vady
Tabulka č. 4	Hodnocení odhalitelnosti vady

SEZNAM ZKRATEK

ETA	Event Tree Analysis - Analýza stromu událostí
FMEA	Failure Mode and Effects Analysis - Analýza možnosti vzniku vad a jejich následků
FTA	Fault Tree Analysis - Analýza stromu poruchových stavů
HACCP	Hazard Analysis and Critical Control Points - Analýza nebezpečí a kritické kontrolní body
HAZOP	Hazard and Operability Study – Analýza nebezpečnosti a provozovatelnosti
HRA	Human reliability assessment - Analýza spolehlivosti člověka
PHA	Preliminary Hazard Analysis - Předběžná analýza nebezpečí
RPN	Risk Priority Number – Číslo riskové priority

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek č. 1	SCHOTT Mapa procesů
--------------	---------------------

ÚVOD

Aktuální situace na trhu, kde nabídka převyšuje poptávku, není jednoduchá pro žádnou společnost. Kvalita znamená významnou konkurenční výhodu. Právě proto se každá společnost snaží co nejvíce zlepšovat. A to ve všech svých částech. Ne jinak je tomu i u managementu kvality. Ten se dá rozdělit do dvou základních fází. Těmi jsou detekce a prevence. Detekce je v praxi náročnější, hlavně pak také nákladnější. Odhaluje a třídí vady až poté, co vzniknou. Eliminování chyb ještě předtím, než vzniknou, je nazýváno prevence.

V oblasti výrobních závodů je jednou ze základních metod prevence FMEA. Touto metodou jsme schopni odhalit až devadesát procent možných neshod.

Teoretická část je zaměřena na základní metody managementu rizik, podrobněji se věnuje metodě FMEA. Její historii, účelu, výhodám a nevýhodám a postupu, jakým se FMEA vypracovává.

Praktická část začíná seznámením se se společností SCHOTT CR, s.r.o. Následuje vypracování strojní FMEA výrobní linky chemického niklování. V ní jsou sepsány všechny teoretické závady, které na této výrobní lince mohou nastat. Současný stav je zhodnocen a jsou navržena opatření vedoucí ke zlepšení. Vše je sepsáno ve formuláři M-FMEA a přiloženo v příloze č. 1 této práce.

1 ÚVOD A HISTORIE MANAGEMENTU RIZIK

Management rizik má základy v polovině dvacátého století. Úplně první zmínky jsou v metodikách ozbrojených sil Spojených států amerických, a to ve čtyřicátých letech. První opravdová zpracování FMEA byla provedena pro letecké projekty Apollo, Viking a Voyager společností NASA (Smejkal, 2013, s. 17).

Začátkem padesátých let dvacátého století se začaly zabývat riziky i velké průmyslové společnosti. Velkým tématem se stalo předcházení rizikům, krytí a pojišťování rizik. Postupem času se z tohoto globálního chování vyprofiloval samostatný obor lidské činnosti. Přirozeným se stalo hledání podnikatelských rizik s následným definováním a implementováním preventivních opatření (Krajská hospodářská komora, 2008, s. 1-2).

Úplně první společností, která FMEA rozpracovala, byl Ford. Dospěla k tomu v roce 1977 během projektu Ford Pinto, který neměl očekávanou kvalitu (Kopičková, 2015, s. 3).

Dle Krajské hospodářské komory je management rizik „souhrn preventivních činností sloužících k poznání, ocenění a minimalizaci rizik v podnikové praxi“ (Krajská hospodářská komora, 2008, s. 2).

2 VÝZNAM MANAGEMENTU RIZIK PRO SPOLEČNOST

Protože se tato bakalářská práce věnuje automobilovému průmyslu, i rizikům se věnuje z tohoto úhlu pohledu. Příručka FMEA AIAG & VDA dělí rizika do čtyř kategorií:

- technická,
- finanční,
- časová,
- strategická (AIAG & VDA, 2019).

Technická rizika jsou spojena s bezpečností produktu, specifickými požadavky zákazníka, kvalitativními znaky a údržbou technického vybavení. Zde množství zdrojů udává odkaz na FMEA (Failure Mode and Effects Analysis, v překladu Analýza možných vad a jejich následků) (Trčka, 2019b, s. 13-15).

Finanční rizika jsou Milanem Trčkou definována jako rizika spojená s finančním výkaznictvím, oceňováním podniku, nebo například zvyšováním nákladů na inovace. Samostatnými tématy jsou pak ochrana duševního vlastnictví či dodržování právních požadavků souvisejících s bezpečností produktu (Trčka, 2019a, s. 11).

Finanční rizika jsou vždy spojena s přidanými náklady. Tyto náklady můžeme rozdělit na dvě základní skupiny. Do první patří náklady spojené s problémy s neshodnými dílci u zákazníka. Fixní náklady za vystavení reklamace, kontrola nebo třídění vyrobených dílců, nebo dokonce šrotace či zastavení výrobní linky zákazníka. Do druhé skupiny přidaných nákladů pak patří interní zmetky, ztráta času při opravách a nastavování výrobních linek (AIAG-VDA-FMEA, 2019, s. 11-13; Procházková, 2011).

Rizika časová jsou nejčastěji spojena s nedodržením časového plánu dodávek. Následkem jsou pak zvýšené náklady na přepravu (Trčka, 2019b, s. 15).

Mezi strategická rizika patří nejčastěji rizika spojená se zajišťováním zakázek a subdodávek, dodržování zákonů, či rizika dodavatelů (Trčka, 2019a, s. 11).

3 PRINCIPY MANAGEMENTU RIZIK

Aby byl management rizik efektivní, měl by obsahovat jak identifikaci, analýzu, hodnocení, tak i řízení rizik. Management rizik je třeba užít od návrhu a vývoje produktu, přes produkci a realizaci, až do konce produkce či likvidace (Krajská hospodářská komora, 2008, s. 7).

3.1 Identifikace rizik

Ve fázi identifikace rizik je třeba hledat jejich zdroje. Výsledkem této fáze je seznam rizik. Tento seznam má být zpracován co nejrozsáhleji, aby obsahoval maximum možných rizik, která mohou ohrozit firmu (Prostějovská, 2013, s. 11-12).

3.2 Analýza rizik

Analýzou rizik rozumíme identifikaci všech možných nebezpečí (s ohledem na ochranu zdraví, životů, firemních aktiv či životního prostředí), která jsou v konkrétní dobu známa.

3.3 Hodnocení rizik

Při hodnocení rizik se všechna nebezpečí hodnotí a posuzují se z hlediska přijatelnosti pro společnost. Rizika se tím pádem mohou rozdělit na přijatelná a nepřijatelná. Hranice mezi těmito dvěma skupinami je subjektivní a každá společnost a každý tým ji nastavují dle svého aktuálního rozpoložení a dle aktuálně známých informací a znalostí.

3.4 Řízení rizik

Řízení rizik je proces, kdy se rizika rozdělují dle tabulky č. 1. V jisté situaci může být jednodušší nebo levnější se například zbytkovým rizikem nezabývat a zřídit pojištění (Krajská hospodářská komora, 2008, s. 4).

Tabulka č. 1: Protiopatření vzhledem k dopadu a výskytu:

	Pravděpodobnost výskytu	
	Vysoká	Nízká
Vysoký dopad	Vyhnutí se, redukce	Pojištění
Nízký dopad	Retence, redukce	Retence

Zdroj: Vlastní zpracování dle Krajská hospodářská komora, 2008, s. 4

4 ZÁKLADNÍ METODY MANAGEMENTU RIZIK

Existuje řada možností, jakými lze analyzovat a předcházet rizikům. Některé zásadní jsou zmíněny v této kapitole.

4.1 Analýza stromu událostí (ETA)

Strom událostí identifikuje možné následky (příznivá=0, nepříznivá=1) a jejich pravděpodobnosti, pokud definovaná událost nastane. Výsledkem je výčet všech možných scénářů i s danou pravděpodobností, s jakou mohou nastat. Následně je třeba věnovat se těm, které vedou ke škodám (Krajská hospodářská komora, 2008, s. 7; Procházková, 2012, s. 24).

4.2 Analýza stromu poruchových stavů (FTA)

Strom poruchových stavů identifikuje podmínky, které ve finále navodily definovanou nežádoucí událost. Jedná se o logický diagram typu *top-down*, kde postupuje analýza od následku ke všem možným příčinám. Problém je vizualizován jako kořen stromu. Následně jsou zjišťovány všechny možné příčiny tohoto jevu. Příčinou zde může být člověk, provozní podmínky, běžné poruchy, nebo poruchy náhodné diskrétní (Krajská hospodářská komora, 2008, s. 7; Procházková, 2004, s. 22-23).

Metoda stromu poruchových stavů je dále popsána v normě IEC 61025. Ta definuje důvod vzniku, historii i postup vypracování této metody (IEC 61025, 2006, s. 2).

4.3 Studie nebezpečí a provozuschopnosti (HAZOP)

Metoda HAZOP je obdobná jako FMEA. Vychází z takzvaných vodících slov, stylem práce je brainstorming a postup je založen na definování pravděpodobností vymyšlených jevů (Krajská hospodářská komora, 2008, s. 7; Procházková, 2012, s. 65).

Původně byla používána v chemickém průmyslu. Následně se však pro svou dobrou použitelnost rozšířila i do jiných oborů, například software (Rausand, 2015, s. 2).

4.4 Analýza spolehlivosti člověka (HRA)

Metoda HRA analyzuje vlivy lidí (operátorů a seřizovačů) na systém z hlediska produktivity, selhání technologie a bezpečnosti (Krajská hospodářská komora, 2008, s. 7; Procházková, 2012, s. 66).

4.5 Předběžná analýza nebezpečí (PHA)

Tato metoda bývá používána pouze v první fázi vývoje zařízení. Metoda si dává za cíl stanovit vylepšení, která budou eliminovat nebezpečí či následky možné havárie (EBOZP, 2015, s. 1).

4.6 Analýza rizik a kritické kontrolní body (HACCP)

Metoda HACCP je používána hlavně při zacházení s potravinami. Jedná se o vytvoření systému kritických bodů, který následně spěje k „zajištění nezávadnosti potravin a pokrmů“ (Kohoutová, 2010, s. 1).

4.7 Ishikawův diagram

Ishikawův diagram, neboli fish-bone, je diagramem všech možných příčin jednoho následku. Tato metoda je často používána pro nalezení reálné kořenové příčiny daného složitého problému. Možné příčiny problému jsou zde děleny do skupin tak, aby se na žádnou z nich nezapomnělo. Originální diagram mluví o těchto skupinách:

- men,
- machine,
- material,
- method,
- measure,
- mother nature.

Český překlad pak doznává několik různých mutací. Ta nejčastější překládá skupiny takto:

- lidé,
- stroje,
- materiál,
- metoda / proces,
- měření,
- prostředí (Mikulová, 2012, s. 25).

4.8 Six sigma

Six sigma je metoda, která pomáhá odhalit a eliminovat extrémní hodnoty. Tím pádem je zlepšován proces a ve finále i dílce pro zákazníka. Tato metoda se dá uchopit dvěma způsoby. Six sigma může být složitou statistickou cestou, která ve finále hodně přinese, k její implementaci bude ale potřeba statistického odborníka a změnu myšlení. Six sigma je ale také možné definovat jednodušeji. Pro prvopočáteční zavedení stačí pochopit základy histogramu, rozložení četností a daný proces si vykreslit do grafu. V něm si pak vyznačit průměrnou hodnotu a směrodatné odchylky. To jsou totiž všechny informace, které jsou třeba pro odhad množství kusů, které budou neshodné (Thomsett, 2005, s. 17).

4.9 FMEA

Metoda FMEA je sestavou kroků vedoucích ke snížení rizik. Prvním krokem je analýza vzniku možných vad. Tu následuje ohodnocení rizik a navržení nápravných či preventivních opatření ke zlepšení. Závěrem je pak zhodnocen nový stav o zavedení opatření (Nenadál, 2008). Jak již bylo zmíněno výše, analýza/management rizik má základy v polovině dvacátého století. Metoda FMEA byla poprvé použita NASA pro projekt Apollo. Civilně byla poprvé užita ve firmě Ford zhruba o deset let později (Stamatis, 1995).

Metoda FMEA postupně největší rozmach zaznamenala v automobilovém průmyslu. Norma ISO 9000 představuje možnost metodu FMEA použít, norma IATF 16949 určená pro automobilový průmysl pak již užití metody FMEA vyžaduje (Nenadál, 2008).

4.9.1 Návrhová a konstrukční FMEA

FMEA tvořená ve fázi návrhu produktu má za cíl zjistit nedostatky, které návrh má, nebo by mohl mít, a definovat a realizovat opatření ke zlepšení (Nenadál, 2008).

4.9.2 Procesní FMEA

Procesní FMEA logicky navazuje a vychází z návrhové FMEA. Procesní FMEA je tedy poprvé tvořena před zahájením výroby nebo při jakékoliv technologické změně. Za vytvoření a aktualizace procesní FMEA je většinou zodpovědný pracovník vývoje technologie. Procesní FMEA by měla být vytvořena na kompletní výrobní proces, tedy na všechny procesní kroky. Měla by kopírovat vývojový diagram procesů (Nenadál, 2008).

4.9.3 Systémová FMEA

Systémová FMEA se zabývá souvislostmi jednotlivých dílů či operací. Právě proto sem patří i plánování, či logistika (Smejkal, 2013, s. 17).

4.9.4 Strojní FMEA

Strojní FMEA je další z období FMEA. Věnuje se každé jednotlivé součástce či části stroje. Tématy k diskusi zde jsou všechny možné vady a problémy, které se na každém díle mohou stát. S možnými vadami jsou spojeny příčiny a hodnocení výskytu, odhalitelnosti a závažnosti dle standardů FMEA. Samotný postup vypracování strojní FMEA je obdobný jako u jiných typů FMEA.

5 POSTUP PŘI TVOŘENÍ STROJNÍ FMEA

Tato práce se detailněji věnuje strojní FMEA, tím pádem postup tvoření FMEA je pojatý konkrétně jako postup tvorby strojní FMEA.

První revize strojní FMEA by měla být vytvořena již brzy ve fázi vývoje stroje. V době, kdy je vyvíjeno samotné zařízení a všechny jeho části. Je nástrojem, který dokáže jednoduchým způsobem odlišit, které vylepšení má být provedeno s větší prioritou. Před uvolněním do výroby bývá standardem tuto FMEA několikrát aktualizovat a reflektovat do tohoto dokumentu veškeré poznatky získané vývojem. Následné aktualizace pak přicházejí v průběhu používání zařízení (Degu, 2014).

5.1 Vytvoření týmu

Vytvoření FMEA je týmovou prací. Je velmi důležité vhodně zvolit členy týmu, který FMEA vytváří, popřípadě aktualizuje. Tým musí být průřezový, což znamená, že musí obsahovat pracovníky z různých oddělení, s různými pohledy. Příkladem může být tým se zastoupením pracovníků vývoje, technologie, kvality, výroby, marketingu, servisu. Výhodou pak vždy je přítomnost zcela nezávislé osoby. Důležitým článkem pak je zkušený moderátor, který zná metodiku FMEA a umí vést tým pracovníků. Přítomnost více osob zaručuje psychologický efekt zodpovědnosti u všech zainteresovaných (Nenadál, 2008; Rusek, 2016, s. 18).

5.2 Analýza a hodnocení současného stavu

Členové týmu zde vymýšlí všechny možné vady, které mohou nastat. Ty se sepisují, ke každé vadě jsou definovány veškeré možné příčiny a každá z nich je pak ohodnocena dle příložených tabulek č. 2, 3 a 4.

Hodnocení probíhá ve třech oblastech. První je její význam, jinak řečeno kritičnost. Druhá oblast hodnocení je očekávaný výskyt vady. Třetí oblastí je odhalitelnost. V každé oblasti je možná vada (nezávisle na hodnocení dalších oblastí) hodnocena v rozmezí 1-10 s tím, že 10 je kritické hodnocení (viz tabulky č. 2, 3 a 4). Tato tři čísla jsou poté vynásobena, čímž je získáno celkové hodnocení Risk Priority Number (dále pouze RPN) pro tu kterou konkrétní vadu:

$$\text{RPN} = \text{Význam} \times \text{Výskyt} \times \text{Odhalitelnost} \text{ (Nenadál, 2008).}$$

Tabulka č. 2: Hodnocení významu / závažnosti následků

Následek	Závažnost následků	Hodnocení
Nebezpečný bez výstrahy	Velmi vysoká závažnost: postihuje obsluhu, bezpečný provoz nebo případně personál údržby a/nebo postihuje shodu se zákonnými předpisy bez výstrahy .	10
Nebezpečný s výstrahou	Velmi vysoká závažnost: postihuje obsluhu, bezpečný provoz nebo případně personál údržby a/nebo postihuje shodu se zákonnými předpisy s výstrahou .	9
Velmi vysoký	Výpadek více než 8 hodin nebo výroba vadných dílů po dobu delší než 4 hodiny.	8
Vysoký	Prostoje mezi 4 až 8 hodinami nebo výroba vadných dílů mezi 2 až 4 hodinami.	7
Střední	Prostoje mezi 1 až 4 hodinami nebo výroba vadných dílů mezi 1 až 2 hodinami.	6
Nízký	Prostoje mezi 30 minutami až 1 hodinou nebo výroba vadných dílů až po dobu 1 hodiny.	5
Velmi nízký	Prostoje mezi 10 až 30 minutami, ale žádná výroba vadných dílů.	4
Malý	Prostoje až 10 minut, ale žádná výroba vadných dílů.	3
Velmi malý	Variabilita procesních parametrů není v mezích specifikací. Seřízení nebo jiné procesní kontroly je třeba provést během výroby. Žádné prostoje a výroba vadných dílů.	2
Žádný	Variabilita procesních parametrů je v mezích specifikací. Seřízení nebo jiné procesní kontroly lze provést během běžné údržby.	1

Zdroj: Ford, 1996

Tabulka č. 3: Hodnocení výskytu / pravděpodobnosti vady / poruchy

Pravděpodobnost poruchy	Možný počet poruch během několika hodin provozu	Hodnocení
Porucha se vyskytuje každou hodinu	1 z 1 hod.	10
Porucha se vyskytuje každou směnu	1 z 8 hod.	9
Porucha se vyskytuje každý den	1 z 24 hod.	8
Porucha se vyskytuje každý týden	1 z 80 hod.	7
Porucha se vyskytuje každý měsíc	1 z 350 hod.	6
Porucha se vyskytuje každé 3 měsíce	1 z 1000 hod.	5
Porucha se vyskytuje každých 6 měsíců	1 z 2500 hod.	4
Porucha se vyskytuje každý rok	1 z 5000 hod.	3
Porucha se vyskytuje každé 2 roky	1 z 10000 hod.	2
Porucha se vyskytuje každých 5 let	1 z 25000 hod.	1

Zdroj: Ford, 1996

Tabulka č. 4: Hodnocení detekce / odhalitelnosti

Detekce	Pravděpodobnost detekce	Hodnocení
Velmi nízká	Konstrukční nebo řídicí jednotky stroje nemohou detekovat potenciální příčinu a následnou poruchu, nebo nejsou k dispozici.	10
	(Týmy mají možnost využít hodnocení 9 dle potřeby)	9
	(Týmy mají možnost využít hodnocení 8 dle potřeby)	8
Nízká	Konstrukční nebo řídicí jednotky stroje nezabrání poruše. Řídicí jednotky stroje izolují příčinu a následně selhání poté, co došlo k poruše.	7
	(Týmy mají možnost využít hodnocení 6 dle potřeby)	6
Střední	Konstrukční kontroly mohou odhalit potenciální příčinu a následnou poruchu. Řídicí jednotky stroje poskytnou signál oznamující bezprostředně hrozící poruchu.	5
	(Týmy mají možnost využít hodnocení 4 dle potřeby)	4
Vysoká	Konstrukční kontroly mohou odhalit potenciální příčinu a následnou poruchu. Řídicí jednotky stroje zabrání bezprostředně hrozící poruše a izolují příčinu.	3
	(Týmy mají možnost využít hodnocení 2 dle potřeby)	2
Velmi vysoká	Při návrhu kontroly stroje je téměř jistě detekována potenciální příčina a následná porucha, řídicí jednotky stroje nejsou požadovány.	1

Zdroj: Ford, 1996

5.3 Návrh opatření

V případě, že některá stanovená hodnota překračuje definovanou úroveň, musí být navrženo opatření ke zlepšení. Záleží na každé společnosti, jakým způsobem si hranici pro návrh opatření definuje. Základem zůstává limit pro celkové RPN. Druhou možností je definování limitu pro každou jednotlivou oblast (význam, výskyt, odhalitelnost) zvlášť. Protože je metoda FMEA

v poslední době brána jako nástroj pro neustálé zlepšování, je možné definovat např. nejvyšší tři hodnocení RPN jako ty, pro které je nutné definovat opatření ke zlepšení (Nenadál, 2008).

Jiný zdroj zase říká, že pokud je hodnocení závažnosti 9 nebo 10, musí být před uvolněním do provozu provedena designová úprava (Stamatis, 2003).

5.4 Hodnocení stavu po realizaci opatření

Po zavedení definovaných opatření se znovu sejde průřezový tým, který znovu ohodnotí jednotlivé oblasti a vypočte nové RPN. Toto RPN by mělo být menší než RPN před zavedením opatření. Pokud se RPN nepodaří snížit dostatečně, je třeba stanovit nová opatření (Nenadál, 2008).

6 KLADY METODY FMEA

Metoda FMEA je systémovým nástrojem, který umožňuje bez-emočně ohodnotit jednotlivá rizika. Slouží také jako know-how databáze. Velkým přínosem je předcházení vadám, tím pádem vyhnutí se vícenásobným způsobeným vadami či opravou nepředvídatelných poruch (Nenadál, 2008).

Dalšími benefity jsou:

- zlepšování bezpečnosti a robustnosti zařízení,
- velké a důležité změny mohou být zavedeny ještě ve fázi vývoje; následné změny již bývají drahé a časově náročné,
- snížení nákladů na údržbu (Degu, 2014).

7 NEGATIVA METODY FMEA

Rusek hovoří o problémech, kdy je zaváděn složitý systém a je potřeba zpracovat velké množství informací. V takové situaci je lepší se k tvorbě FMEA opakovaně vracet a celou tvorbu rozdělit na několik nezávislých bloků (Rusek, 2016).

Složitost systému také souvisí s časovou náročností. Ta se vždy odráží ve výši investovaných nákladů.

Po sepsání všech možných vad a příčin také není vždy jednoduché obodovat závažnost, odhalitelnost či odhalitelnost dle připravené FMEA stupnice.

8 SPOLEČNOST SCHOTT CR, S.R.O.

8.1 Popis společnosti SCHOTT CR, s.r.o.

Společnost jako taková vznikla v roce 1884 a je to německý vývojář a výrobce vysoce kvalitních a speciálních skel. Hlavní oblasti trhu, na které se společnost zaměřuje, jsou domácí přístroje, farmaceutický průmysl, solární energie, elektronika, optika a automobilový průmysl. Celý koncern má kolem 15.400 zaměstnanců v 35 zemích světa.

V České republice má tento koncern dva závody – Lanškroun a Valašské Meziříčí. Lanškrounská pobočka vznikla v roce 1993 a je to hlavní výrobní závod pro divizi Automotive industry.

Hlavní činností společnosti je sklo-kovový zátav (GTMS – Glass To Metal Seal), na kterém má SCHOTT majoritní podíl na trhu. V současné době zde pracuje přibližně 560 lidí, kteří jsou rozděleni do výrobních linií:

- linie 1 – Ignitors,
- linie 2 – Sensors/Batteries,
- linie 3 – Galvanic.

Linie 1 a 2 jsou výrobní linie, které odpovídají za finální produkty a komunikaci se zákazníky. Linie 3 je interní linie, která odpovídá za galvanické procesy a vystupuje jako „dodavatel“ pro výrobní linie. Každá z těchto linií má svůj vlastní management, ve kterém jsou zástupci kvality, technologie a výroby.

Procesy společnosti SCHOTT jsou funkčně rozděleny na:

- procesy managementu,
- realizační procesy,
- podpůrné procesy.

Mezi procesy managementu (jinak řečeno procesy řídicí) patří:

- business management,
- personální management.

Mezi realizační procesy jsou řazeny:

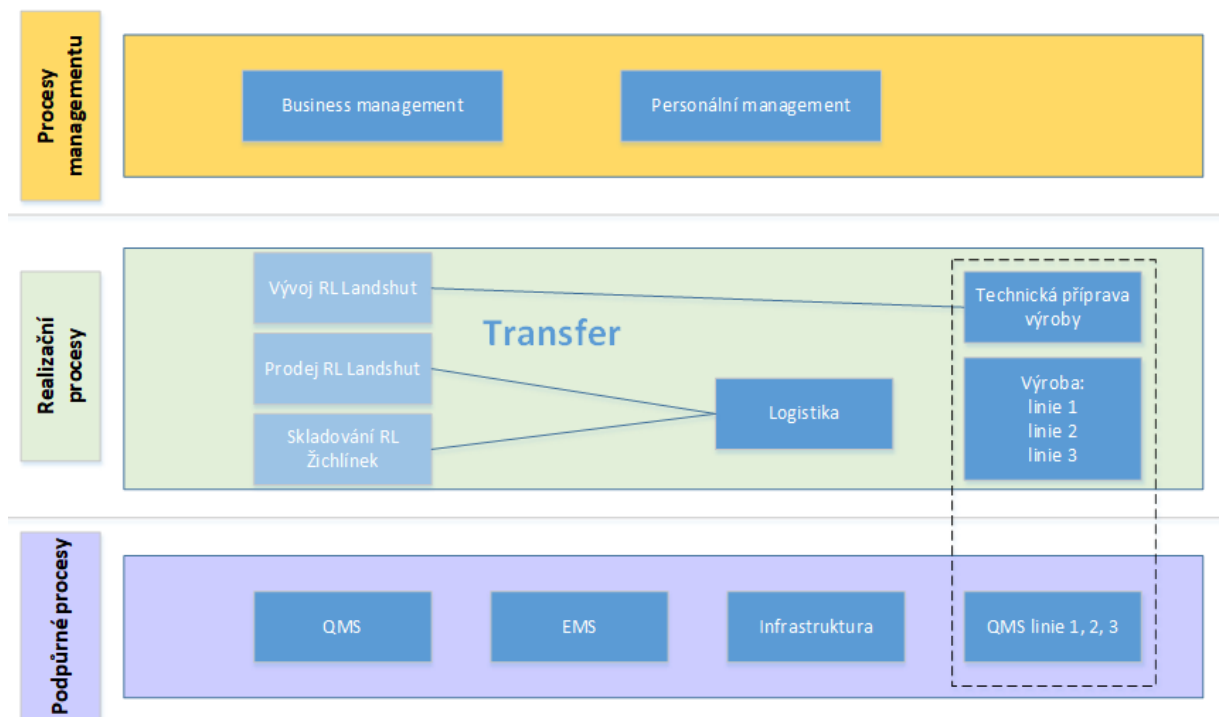
- technická příprava výroby,

- logistika,
- výroba linie 1,
- výroba linie 2,
- výroba linie 3.

Třetí skupinou procesů jsou procesy podpůrné:

- QMS,
- EMS,
- infrastruktura,
- QMS linie 1, 2, 3.

Vše je graficky znázorněno ve vnitřním firemním dokumentu s názvem Příručka kvality takto:



Obrázek č.1: SCHOTT Mapa procesů

Zdroj: SCHOTT, 2020

Hlavní realizační procesy jsou pak dále děleny. Linka chemického niklování, které se tato práce věnuje, je součástí výrobní linie 3. Zde má tedy smysl zmínit pouze dělení výrobní linie 3:

- perchlor,

- moření,
- před-niklování,
- linka chemického niklování,
- závěsové zlacení,
- selektivní zlacení,
- zlacení vlnou,
- stahování zlata,
- neutralizace,
- mezioperační kontrola.

8.2 Aktuální situace ohledně FMEA ve společnosti SCHOTT CR, s.r.o.

Protože je společnost SCHOTT nadnárodní korporací, i některé dokumenty FMEA je třeba tvořit společně pro celý SCHOTT, jednotně pro více výrobních závodů.

Zde je tedy nutné zmínit matrix, kde jsou tvořena jednotlivá FMEA:

- a) návrhová a konstrukční – pro všechny závody ve vývojovém závodě v Německu,
- b) procesní – pro všechny závody v nadnárodní spolupráci (Německo, Singapur, Česká republika),
- c) systémová – každý závod zvlášť,
- d) strojní – každý závod zvlášť.

9 TVORBA STROJNÍ FMEA LINKY CHEMICKÉHO NIKLOVÁNÍ

9.1 Vytvoření týmu

Pro vytvoření strojní FMEA linky chemického niklování jsme sestavili průřezový tým. Ten obsahoval následující členy:

M.P. – vedoucí výroby této linky,

V.M. – vedoucí technolog této linky,

R.Š. – vedoucí kvality této linky,

R.P. – firemní FMEA expert, FMEA moderátor, nezávislá osoba – s linkou chemického niklování se nyní střetává prvně.

Protože tato strojní FMEA nebyla vytvořena během jediného workshopu, ale byla to několikátýdenní práce, k tvorbě byly postupně přizváni ještě další členové:

M.Š. – zaškolující se technolog této linky,

N.K. – zaškolující se kvalitař této linky.

Prvotní předpoklad, že tým má být průřezový, je tedy splněn.

9.2 Analýza a hodnocení současného stavu

Postupně jsme prošli veškeré prvky linky chemického niklování. K nim jsme týmově domysleli možné problémy, vady, které mohou ve finále ovlivnit výrobek. Všechny vymyšlené vady jsme poté ohodnotili z pohledu významu, výskytu a odhalitelnosti. Následným vynásobením těchto třech čísel jsme získali finální hodnocení RPN.

SCHOTT interní návodka 09-00-33 udává pravidla pro práci s FMEA. Tento dokument udává dvě základní pravidla, kdy musí být definovaná akce ke zlepšení:

- závažnost, výskyt či odhalitelnost dostaly hodnocení 9 či 10,
- celkové RPN je větší než 108.

9.3 Návrh opatření

Předchozím ohodnocením a vypočtením RPN čísla jsme zjistili hned několik míst zralých k potenciálnímu zavedení vylepšení. Všem jsme se jednotlivě věnovali a navrhli opatření ke

zlepšení stávající situace. Vše je detailně vypsáno v příloze č.1. Opatření jsou shrnuta ve sloupcích označených fialovým záhlavím.

Protože se ne vždy jedná o akci, kterou je možné dokončit v krátkém časovém horizontu, definovali jsme zodpovědnou osobu a předpokládaný časový rámec dokončení.

9.4 Hodnocení stavu po realizaci opatření

Ke každému navrženému opatření jsme také znovu vypočetli RPN. Všechna takto vypočtená RPN splňují limity stanovené v SCHOTT interním předpisu.

Z tohoto plyne, že po dokončení všech vyplánovaných akcí bude s machine FMEA pracováno jakožto s dokumentem neustálého zlepšování. Tím pádem budou přehodnocovány řádky s nejvyššími hodnoceními.

10 OTÁZKY ČLENŮM TÝMU

Pro všechny členy týmu byly nachystány dva krátké dotazníky. První na začátku tvorby FMEA, abychom zjistili, jak na tom členové týmu jsou se znalostí metodiky FMEA. Druhý dotazník byl zodpovídaný až po vytvoření FMEA.

10.1 Otázky před vytvořením FMEA

Před tvorbou FMEA byl zodpovídan dotazník s těmito otázkami:

- 1) Co je to FMEA?
- 2) Proč chceme nyní tento dokument vypracovat?
- 3) Čím nám může být tento dokument nápomocný?

Zde jsou odpovědi jednotlivých členů:

Otázka č. 1:

M.P.: „Analýza možnosti výskytu vad na dané lince. Úkolem by mělo být lépe analyzovat místa vzniku vad.“

V.M.: „Failure mode evaluation analysis na stroj. Soubor poruch stroje, ne nutně reálně zaznamenaných, ale i pravděpodobných, které jsou vyhodnoceny z hlediska závažnosti a míry rizika pro výrobu/zákazníka. Plus řízení těchto poruch.“

R.P.: „Machine FMEA je podobná jako procesní nebo design FMEA, akorát se liší v tom, že tu je MTBF, MTTR. Jinak napomáhá k lepšímu fungování stroje.“

Otázka č. 2:

M.P.: „Protože chceme mít přehled o možných nápravných opatřeních v případě nalezení problému nebo při řešení úkolů spojených s výrobou.“

V.M.: „Protože chceme chránit zákazníka. A protože chceme chránit sebe před stresem z důsledků poruchy stroje.“

R.P.: „Chceme ho vypracovat proto, aby se předešlo rizikům a vadám na galvanu. Tím pádem se zvýší produktivita na pracovišti a sníží se zmetkovitost či i úrazovost.“

Otázka č. 3:

M.P.: „Pomůže nám to lépe vystopovat řešený problém a může být i nápomocný pro ne zrovna technicky zdatné kolegy.“

V.M.: „Pomůže nám efektivně a rychle reagovat na poruchy stroje, pomůže nám poruchám předcházet.“

R.P.: „Je to dobré v tom, že opravdu můžeš odhalit na tom stroji vady, o kterých třeba ani nevíš, že by se tam mohly vyskytnout. Tím pádem tomu předejdeš.“

10.2 Otázky po vytvoření FMEA

Po vytvoření FMEA byl zodpovídan dotazník s těmito otázkami:

- 1) Co vám vytvoření FMEA dalo? V čem vytvoření FMEA pomohlo?
- 2) Co vám vytvoření FMEA vzalo?

Zde jsou odpovědi jednotlivých členů:

Otázka č. 1:

M.P.: „Celou niklovací linku jsem dost poznal. Dá se říct, že jsme ji během tvorby FMEA virtuálně rozebrali do posledního šroubku. Taky jsme našli několik slabších míst linky. Dosud jsme nevěděli, že to je až takový problém.“

V.M.: „Co mi vytvoření FMEA dalo: Školení v praxi. Nejlepší možnost, jak se seznámit s FMEA, odtabuizovat tento pojem, poznat co obnáší a jak se s ní pracuje. Zásadní podmínka – nutná – byl na to čas. Nehrnuli jsme to a tím pádem jsme to ani neodflákli. Odtajnění pojmu "FMEA". Až budu příště psát nějakou změnovku, nebudu se bát kolonky "Aktualizovat FMEA", protože už vím, o čem to je a hlavně budu umět rozhodnout, jestli je aktualizace FMEA opravdu nutná nebo ne. Jednalo se o Machine-FMEA. Jsem zvědav, jestli se mi povede způsob práce a náhled na jednotlivá rizika udržet i pro jiné typy FMEA – např. procesní.

V čem pomohlo: Máme živý dokument, který neexistoval. Jednak je to fajfka do seznamu úkolů – další požadavek splněn, jednak je zaděláno na aktivní práci s FMEA a tím pádem na předcházení problémům ve výrobě. Tak nějak mám teď pocit, že se na NiChem linku dokážeme podívat jako na celek, nebojíme se pojmenovat problém, zadokumentovat jej a řešit jej. Je to asi psychologie, ale je dobré vědět, že jsme shrnuli slabá místa linky, že víme, která to jsou a že víme, co s nimi máme dělat. Dodává mi to pocit, že jsem se na lince zas hlouběji zaučil, víc se s ní seznámil.“

R.P.: „Jsem ráda, že jsme vytvořili další z řady FMEA. Jedná se o důležitý dokument v rámci neustálého zlepšování.“

Otázka č. 2:

M.P.: „Tvoření FMEA mi vzalo spoustu času. Času, který jsem mohl trávit na lince řešením každodenních problémů.“

V.M.: „Tvorba FMEA vzala asi jen čas. Nemálo času. Ale každá práce zabírá čas, každá zábava zabírá čas. Čas prostě plyne a nezastavíme jej. Tím, že naše machine-FMEA byla tvořena týmově a v klidu, tak nám její tvorba nevezala asi vůbec nic kromě trochy času.“

R.P.: „Přesně jak jsem předpokládala, tvorba byla časově náročná. Krom zhruba stovky hodin času mi nevezala nic.“

11 ZÁVĚR

Tématem bakalářské práce je management rizik. První část práce se věnuje čisté teorii, historii managementu rizik, detailněji pak hlavně základním metodám managementu rizik. Z nich je primárně zaměřena na metodu FMEA. Ta pomáhá k odhalení kritických/slabých míst. Jsou zde definovány hlavní výhody a nevýhody této metody, následně popsán celý postup tvorby FMEA.

V praktické části byly tyto vědomosti využity ve výrobním závodě společnosti SCHOTT CR, s.r.o. Metoda FMEA byla v průřezovém týmu aplikována na výrobní linku chemického niklování. Hlavním cílem bylo zjistit slabá místa tohoto výrobního zařízení, těm se následně věnovat a zrobustnit jejich aktuální stav.

Samotná analýza FMEA začala sestavením týmu. Zde jsem plnil nejprve úlohu člena z role kvalitáře této linky, následně roli moderátora FMEA. Nejprve byl týmem zanalyzován a ohodnocen současný stav, identifikovány možné chyby a následky, společně s možnými příčinami chyb. Následovalo bodové hodnocení třemi kritérii: význam, výskyt a odhalení, z kterých bylo vypočteno rizikové číslo RPN.

Takto vypočtená riziková čísla RPN byla porovnána s aktuálně platnou SCHOTT interní směrnici. Dále jsme se věnovali těm hodnocením rizikového čísla RPN, která překračují stanovené limity.

Celkem tým definoval 9 opatření vedoucích ke zlepšení aktuálního stavu, z nichž některé již byly zavedeny do praxe.

Další navržená opatření, která ještě do praxe převedena nebyla, již mají nedefinovaný termín a zodpovědnost. Zde je potřeba delší časový interval – například z důvodu složitější instalace průtokoměrů či úpravy konstrukce CN-odpadu.

Navržená opatření většinou (u 5 případů) směřovala ke zvýšení odhalitelnosti. Závažnost důsledků zpravidla snižovat nelze. To se podařilo pouze jednou. V případě úpravy designu CN-odpadu.

U všech těchto opatření jsme odhadli nové hodnoty významu, výskytu a odhalitelnosti a vypočítali nové RPN, které bylo nižší, tím jsme snížili riziko vzniku chyb.

Tabulka popisující veškerá úzká místa a opatření ke zrobustnění je k nalezení v příloze č. 1 této práce.

Krátkým dotazáním členů týmu se mi také podařilo potvrdit výhody i nevýhody metody FMEA. Mezi hlavní nevýhody patří časová náročnost, tím pádem peněžní náklady spojené s tímto investovaným časem. Často zmiňovanou výhodou je větší poznání výrobní linky, tím pádem snížení možných chyb v budoucnu.

Výsledky této bakalářské práce bychom pak mohli shrnout do těchto základních bodů:

- byla úspěšně aplikována metoda FMEA na výrobní linku chemického niklování společnosti SCHOTT CR, s.r.o., čímž byla zvýšena vyráběná kvalita a efektivnost procesu,
- byla odhalena a strukturovaně sepsána všechna (i jen teoretická) slabá místa, kterým byla přiřazena závažnost, výskyt a odhalitelnost,
- u slabých míst byly popsány příčiny i možné následky; následně pak navržena opatření, která je budou eliminovat,
- byla potvrzena hlavní pozitiva a negativa metody FMEA.

12 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

1. AIAG: *Potential Failure Mode & Effects Analysis for Tooling & Equipment (Machinery FMEA)*. 2nd Edition. 2012. 53 s., ISBN 1605342513.
2. *AIAG VDA FMEA 2019*. LDCON, 2019. Prezentace ke školení.
3. AIAG & VDA: *Příručka FMEA – 1. vydání*, 2019, 238 s. ISBN: 978-80-02-02885-7.
4. DEGU, Y. M.. Implementation of Machinery Failure Mode and Effect Analysis in Amhara Pipe Factory P.L.C., Bahir Dar, Ethiopia. *American Journal of Engineering Research (AJER)*. 2014, Volume-03, Issue-01, s. 57-63. e-ISSN 2320-0847.
5. EBOZP. *Předběžná analýza nebezpečí* [online]. 2015 [cit. 2020-12-31]. Dostupné z: https://ebozp.vubp.cz/wiki/index.php/P%C5%99edb%C4%9B%C5%BEEn%C3%A1_anal%C3%BDza_nebezpe%C4%8D%C3%AD.
6. FORD, *Failure Mode & Effects Analysis Handbook Supplement for Machinery*. FORD Motor Company. 1996, 32 s.
7. *IEC 61025: International standard: Fault tree analysis (FTA)*. Edition 2.0 2006-12. 2006. ISBN 2-8318-8918-9.
8. KOHOUTOVÁ, Vladimíra. *HACCP - systém kritických bodů, záruka zdravotní bezpečnosti potravin* [online]. 2010 [cit. 2020-12-31]. Dostupné z: <http://www.haccp.name/haccp/>.
9. KOPIČKOVÁ, Lenka. *Analýza použití metody FMEA a přístupů ke snižování rizik*. Ostrava, 2015. Diplomová práce. Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava, Fakulta metalurgie a materiálového inženýrství. Vedoucí práce Pavel Klaput.
10. Krajská hospodářská komora. *Metoda FMEA* [online]. 2008 [cit. 2020-12-31]. Dostupné z: <http://www.komora-khk.cz/business/documents/?soubor=moduly/5-jakost/12-neustale-zlepsovani/12-2-fmea.pdf>.
11. McDERMOTT, Robin E. et al. *The basics of FMEA*. 2nd ed. New York: Productivity Press, 2009. 102 s. ISBN 978-156-3273-773.

12. MIKULOVÁ, Eva. *Aplikace metody FMEA na konkrétním případě*. Zlín, 2012. Diplomová práce. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, Fakulta technologická. Vedoucí práce Josef Hrdina.
13. NENADÁL, J. et al.: *Moderní management jakosti: principy, postupy, metody*. Vyd.1. Praha: Management Press, 2008. ISBN 978-80-7261-186-7.
14. PROCHÁZKOVÁ, Dana. *Analýza a řízení rizik*. Praha, České vysoké učení technické. 2011, 405 s. ISBN 978-80-01-04841-2.
15. PROCHÁZKOVÁ, Dana. *Metodiky hodnocení rizik*. Praha, České vysoké učení technické. 2004, 112 s.
16. PROCHÁZKOVÁ, Dana. *Metody rizikového inženýrství, část 2*. Praha, České vysoké učení technické. 2012, 108 s. ISBN 978-80-7385-111-8.
17. PROSTĚJOVSKÁ, Zita, *Management rizik*. Praha, Vysoká škola ekonomie a managementu. 2013. 17 s. ISBN 978-80-87839-06-5.
18. RAUSAND, Marvin. *Risk Assessment: Hazard and Operability Study HAZOP*. Version 1.0, 2015. RAMS Group.
19. RUSEK, Jan, *Identifikace možných vad a jejich prevence ve výrobě kompozitních dílů*. Brno, 2016. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, ústav strojírenské technologie. Vedoucí práce Luboš Kotek.
20. SCHOTT [intranet]. *Průručka kvality*. 2020 [cit. 2020-12-31].
21. SMEJKAL, Marek, *Identifikace a hodnocení chyb na montážní lince modulů rozvaděčů a jejich prevence*. Brno, 2013. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, ústav strojírenské technologie. Vedoucí práce Luboš Kotek.
22. STAMATIS, D. H.. *Failure Mode and Effect Analysis: FMEA From Theory to Execution*. Milwaukee, Wisconsin, ASQC Quality Press 1995, 488 s. (ISBN 0-87389-300-X).
23. STAMATIS, D. H.. *Six Sigma and Beyond: Design for Six Sigma, Volume VI*. Milwaukee, Wisconsin, ASQC Quality Press 2003, 235 s. (ISBN 1574443151).
24. THOMSETT, M. C.. *Getting started in Six Sigma*, New Jersey: John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, 2005. 223 s. ISBN 0-471-66811-7.

25. TRČKA, Milan. Management rizik v automobilovém průmyslu: 1. část. *Perspektivy kvality*. 2019a, roč. 8, č. 3, s. 9-11. ISSN 1805-6857.
26. TRČKA, Milan. Management rizik v automobilovém průmyslu: 2. část. *Perspektivy kvality*. 2019b, roč. 8, č. 4, s. 13-15. ISSN 1805-6857.

13 SEZNAM PŘÍLOH

Příloha č. 1 – M-FMEA – Failure Mode and Effects Analysis



M-FMEA - Failure Mode and Effects Analysis

Item (Polozka): Linka Chemického niktování

Responsible person:
(Odpovědná osoba)

Edited by: (Vypracoval) Šir

Approval:
(Schválil) Sus

THZ:
- vedoucí linky: Sus
- technologie: MSu, Mtv
- výroba: FM
- kvalita: Šir
D:
- výroba: Fab

Date of FMEA
implementation :
(Datum provedení
FMEA)

Original: (Původní) 11.03.2021

Revize: 11.03.2021

Name / Function (jméno / funkce)	Process requirements (požadavek)	Failure impact (možná vada)	Possible failure result (možné následky vady)	Severity (závažnost následků)	Classification (vtrhnost)	Possible root cause / Failure mechanics (možné příčiny / mechanizmy vady)	Occurrence (Vyskyt)	Current process controls (stávající řízení procesu, prevence), preventivní příčiny, sloupec G	Current process control detection (stávající řízení procesu, detekce), detekce VADY i PRÍČINY, sloupec C a G	RPN (řizk. číslo)	Recommended corrective actions (doporučená opatření)	Responsibility, term of realization (odpovědnost, termín)	Results of corrective act, implementation (provedená opatření)	Severity (Vyznam)	Occurrence (Vyskyt)	Detectability (odhalitelnost)	RPN	Notes	
1) Nosič bubnu (bubnový agregát): Zajišťuje přednastavené otáčení bubnu stálou rychlostí v rámci do jednotlivých lázní a zároveň a identifikuje pozice bubnu v řídicím programu, zajišťuje průchod kusů linkou	Buben se točí požadovanou rychlostí a směrem, nosič dopravuje dílce do jednotlivých lázní a je detekován na jednotlivých pozicích	Buben se točí opačným směrem Dílce padají z nosiče	Výroba zmetků	8		Špatné elektrické zapojení	2	Kontrola zapojení v rámci měsíční údržby	alarm, signální hlášení, vizuální kontrola rotace bubnu v lázni	2									
			Poskožení dílce (přinikování dílce na stěnu vany, rozbití virtuálních mechanik aid.) zřetla dílců, výroba zmetků	6		nosič není kompletní (chybí šrouby)	3	vizuální kontrola obsluhou linky, pravidelná roční údržba nosičů	vizuální kontrola šroubů v prázdném nosiči nebo souměrnosti natoženého nosiče	6								Sance na snížení pod 100: - prevence, tzn. 1x zarok.vyměnit 100% nosných šroubů.	
			Nosič není detekovaný v pozici	4		nosič není kompletní (chybí zajišťovací pára)	4	vizuální kontrola obsluhou linky, laserový indikátor zajištění bubnu	alarm, signální hlášení, vizuální kontrola nakládky s naloženým nosičem	2									
			Nosič není detekovaný v pozici	4		Zoxidované kontaktní bloky, rozpojený / upadlý spojovací kabel	7	pravidelná denní údržba	alarm, signální hlášení, vizuální kontrola kontaktů	2									
			Uložený zub(ý) převodovky	4		rozbitá šipatná funkce převodovky/ převodovka, opotřeben	2	pravidelná roční údržba	vizuální kontrola chodu otáček bubnu, vrzáni	6									
			Zadřená převodovka	8		chybí olej v převodovce	2	pravidelná externí údržba 1 x za 5 let	vizuální kontrola chodu otáček bubnu	6									
				8		korozní hřídele, hnačích prvky, rozubenyých součástí, aid.)	2	pravidelná roční údržba	vizuální kontrola chodu otáček bubnu	6									
			Buben se neotáčí	6		poškozený label k elektromotoru převodovky	1	pravidelná roční údržba	alarm, signální hlášení	2									
				6		porucha elektromotoru	1	pravidelná roční údržba	alarm, signální hlášení	2									
				6		vyhozený ochranný spínač	2	údržba	alarm, signální hlášení	2									

	6	Spáná funkce převodovky elektromotoru (zastavení, Zbornalení, atd...)	1	pravidelná roční elektroudržba	alarm, signální hlášení	2	12								
	6	Spáná funkce pružiny v kontaktních prstech (driftnutí, atd.)	3	pravidelná měsíční udržba	alarm, signální hlášení	2	36								
	6	zlomená nebo poškozená pružina kontaktních prstů	3	pravidelná měsíční udržba	alarm, signální hlášení	2	36								
	6	zoxidované kontaktní bloky, rozpojení / upadlý spojovací kabel	3	pravidelná denní udržba	alarm, signální hlášení, vizuální kontrola kontaktů	2	36								
	6	špatný design otřásku kontaktních prstů (úhelník bez výztuhy)	1	none	alarm, signální hlášení, vizuální kontrola dosechnutí kontaktních prstů	2	12								
	6	Výrob se nedatčí plynu (kouskované, preskakuje, atd...)	1	pravidelná měsíční udržba	vizuální kontrola ozubených koleček hřídele elektromotoru	6	36								
	6	znečištění ozubených koleček hřídele elektromotoru	3	pravidelná měsíční udržba	vizuální kontrola ozubených koleček hřídele elektromotoru	6	108								
	6	deformace ozubených koleček hřídele elektromotoru	1	pravidelná měsíční udržba	vizuální kontrola ozubených koleček hřídele elektromotoru	6	36								
	8	vadná třecí hlava	1	pravidelný půroční servis dodavatele linky	alarm, signální hlášení, zastavení linky	2	16								
	8	uvolněná třecí hlava	1	pravidelný půroční servis dodavatele linky	alarm, signální hlášení, zastavení linky	2	16								
	8	úspěšný třecí pásek	1	pravidelný půroční servis dodavatele linky	alarm, signální hlášení, zastavení linky	2	16								
	8	posunutý třecí pásek	1	pravidelný půroční servis dodavatele linky	alarm, signální hlášení, zastavení linky	2	16								
	8	Vše kluzných ložím v stranických vodičích kolejničích zovnu	2	pravidelný půroční servis dodavatele linky	alarm, signální hlášení, zastavení linky	2	32								
	6	prasklý zvedací pás	1	pravidelný půroční servis dodavatele linky	alarm, signální hlášení	2	12								
	6	uvolněný pás	2	pravidelný půroční servis dodavatele linky	alarm, signální hlášení	2	24								
	6	poškození nebo třimny pásu	1	pravidelný půroční servis dodavatele linky	vizuální kontrola stavu pásů	6	36								
	6	vadný koncový spínač zovňhu	2	pravidelný půroční servis dodavatele linky	alarm, signální hlášení	2	24								
	6	nizká hladina oleje v motoru zvlhčového mechanizmu	1	pravidelný půroční servis dodavatele linky	vizuální kontrola hladiny oleje v potonu zovňhu	6	36								
	6	vadné přízové obrazy u elektromotoru s převodkou se záchytným ramenem kroučícího momentu	1	pravidelný půroční servis dodavatele linky	vizuální kontrola stavu dorazů	6	36								

3) Příčné přejezdící vozky linky - zajišťují automatický převoz nosičů z jedné strany linky na druhou	Jeláb jezdí vpřed a vzad	Jeláb nejždí	Automatické zastavení linky, výroba zmetků	6	6	nižší hladina oleje v hnacím motoru pojezdu	1	pravidelný průroční servis oodavatele linky	vizuální kontrola hladiny oleje v hnacím motoru jeřábu	6	36										
		Jeláb nejždí	Jeláb mimo pozici, automatické zastavení linky	7	6	vadné pŕyzové dírazy u elektromotoru s převodovkou se zachybným ramenem kroutoičho momentu	1	pravidelný průroční servis oodavatele linky	vizuální kontrola stavu dorazů	6	36										
		Jeláb nejždí	Jeláb mimo pozici, automatické zastavení linky	7	7	vytolená pojezdová kolečka	1	pravidelný průroční servis oodavatele linky	alarm, signální hlášení	alarm, signální hlášení	2	14									
		Vozky nesoucí přívodní kabel k jeřábu jsou rozbité / ve špatném stavu	Přetřzení kabelu	5	5	nalépená nečistota na pojezdové dráze	1	pravidelný průroční servis oodavatele linky	alarm, signální hlášení	vizuální kontrola stavu vozků, nesoucích kabel	6	42									
		Vozky nesoucí přívodní kabel k jeřábu jsou rozbité / ve špatném stavu	Přetřzení kabelu	5	5	prasknutí vozíku	3	pravidelný průroční servis oodavatele linky	vizuální kontrola stavu vozků, nesoucích kabel	vizuální kontrola stavu vozků, nesoucích kabel	6	90									
		Vozík nepřeždí	Automatické zastavení linky, výroba zmetků	6	6	prasklý nebo přetřžený řetěz	1	pravidelný průroční servis oodavatele linky	alarm, signální hlášení, zastavení linky	alarm, signální hlášení, zastavení linky	2	12									
		Vozík mimo pozici	Automatické zastavení linky, výroba zmetků	6	6	vadný hnací motor pojezdu vozíku	1	pravidelný průroční servis oodavatele linky	alarm, signální hlášení, zastavení linky	alarm, signální hlášení, zastavení linky	2	12									
		Vozík mimo pozici	Automatické zastavení linky, výroba zmetků	6	6	prekážka v dráze vozíku	2	pravidelná denní údržba	alarm, signální hlášení, zastavení linky	alarm, signální hlášení, zastavení linky	2	24									
		Vozík mimo pozici	Automatické zastavení linky, výroba zmetků	6	6	poškozená kolečka	1	pravidelná měsíční údržba	alarm, signální hlášení, zastavení linky	alarm, signální hlášení, zastavení linky	2	12									
		Vozík mimo pozici	Automatické zastavení linky, výroba zmetků	6	6	vadný koncový spínač pojezdu vozíku	2	pravidelný průroční servis oodavatele linky	alarm, signální hlášení, zastavení linky	alarm, signální hlášení, zastavení linky	2	24									
		Přiskání při přeježdění vozíku	Prodloužení doby přejezdu vozíku, chybová hláška, zastavení poloviny linky	5	5	opotrebení a vřile zubů hnacích ozubených kol pojezdu vozíku	3	pravidelný průroční servis oodavatele linky	vizuální kontrola stavu ozubených kol pohonu vozíku	vizuální kontrola stavu ozubených kol pohonu vozíku	6	90									
		Poskození sedel pro oosed řepů bubnu	Sřeti bubnu z vozíku, zablokování dráhy vozíku, poškození vozíku	8	5	suchý řetěz	2	pravidelný průroční servis oodavatele linky	vizuální kontrola stavu řetezu	vizuální kontrola stavu řetezu	6	60									
		Poskození sedel pro oosed řepů bubnu	Sřeti bubnu z vozíku, zablokování dráhy vozíku, poškození vozíku	8	8	poškození / opotřebení dosedacích ploch na vozíku	2	pravidelná denní údržba	vizuální kontrola stavu dosedacích ploch na vozíku	vizuální kontrola stavu dosedacích ploch na vozíku	6	96									
		Špatná funkce bočních vodičů kladek, horizontálních a vertikálních	Prodloužení doby přejezdu vozíku, chybová hláška, zastavení poloviny linky	5	5	poškozená valivá plocha	2	pravidelná měsíční údržba	vizuální kontrola stavu pojezdových koleček vozíku	vizuální kontrola stavu pojezdových koleček vozíku	6	60									
		Špatná funkce hnací kladky pojezdu vozíku	Prodloužení doby přejezdu vozíku, chybová hláška, zastavení poloviny linky	5	5	poškozená kolečka	1	pravidelná denní údržba	vizuální kontrola stavu pojezdových koleček vozíku	vizuální kontrola stavu pojezdových koleček vozíku	6	30									
Špatná funkce hnací kladky pojezdu vozíku	Prodloužení doby přejezdu vozíku, chybová hláška, zastavení poloviny linky	5	5	nečistoty na valive poše	2	pravidelná měsíční údržba	vizuální kontrola stavu pojezdových koleček vozíku	vizuální kontrola stavu pojezdových koleček vozíku	6	60											
Špatná funkce hnací kladky pojezdu vozíku	Prodloužení doby přejezdu vozíku, chybová hláška, zastavení poloviny linky	5	5	poškozená valivá plocha	2	pravidelný průroční servis oodavatele linky	vizuální kontrola stavu valivé plochy koleček vozíku	vizuální kontrola stavu valivé plochy koleček vozíku	6	60											

4) Nosný portál NicheM linky - zajišťuje udržení van v rovinné tisk, aby všechny lázně byly hladkou ve správné výšce	Udržení všech van v jedné úrovni	Vany nejsou ve stejné úrovni	Propad vany, únik obsahu lázně	9		kerce portálu	1	pravidelný půroční servis dodavatele linky	vizuální kontrola stavu nosného portálu linky	6	54							Závaznost 9 - vedeme v paměti. Souvisí s designem linky. Změna designu by byla finančně neúněmá drahá (ocelové nosníky z neuz oceli zatím v plastu). Současný design linky odpovídá standardu provedení linek jinde ve světě.
5) Vany linky - udržují lázeň v dané pozici. Zabírají protáčení lázně mimo definované prostory a plní funkci pro držení sond michaela a dalšího příslušenství	Zajištění správného objemu lázně a upevnění všech příslušenství	Děravá vana	Unik lázně	9		mechanické poškození, strávení materiálu	1	pravidelný půroční servis dodavatele linky	vizuální kontrola stavu nosného portálu linky	6	54							Závaznost 9 - vedeme v paměti. Souvisí s designem linky. Změna designu by byla finančně neúněmá drahá (ocelové nosníky z neuz oceli zatím v plastu). Současný design linky odpovídá standardu provedení linek jinde ve světě.
5) Vany linky - udržují lázeň v dané pozici. Zabírají protáčení lázně mimo definované prostory a plní funkci pro držení sond michaela a dalšího příslušenství	Zajištění správného objemu lázně a upevnění všech příslušenství	Děravá vana	Unik lázně	9		mechanické poškození, strávení materiálu	1	pravidelný půroční servis dodavatele linky	vizuální kontrola stavu vany	6	54							Závaznost 9 - vedeme v paměti. Souvisí s designem linky. Pro lázně precizující chemické riziko pro zaměšnance na dlouhých odřevaných je vždy volen materiál vany z pohledu nejvyšší chemické odolnosti. Takový materiál nemusí mít vždy nejvyšší mechanickou odolnost, takže určité riziko poškození van trvá. Současný design linky odpovídá standardu provedení linek jinde ve světě.
6) Odsávání "lyseleho" vzduchu - zajišťuje odsávání par a aerosolů vzniklých nad lázními s kyselým pH	Odsávání výparů nad kyselými lázními	Odsávání nefunguje	Unik lázně	9		konstrukční nedostatky	2	none	vizuální kontrola těsnosti potrubí a srobových spojů potrubí	6	108							Pro vyřešení bude tento bod z této RM EA převeden do Design FMEA.
6) Odsávání "lyseleho" vzduchu - zajišťuje odsávání par a aerosolů vzniklých nad lázními s kyselým pH	Odsávání výparů nad kyselými lázními	Odsávání nefunguje	Unik lázně	9		zanesené potrubí v údržbě nedostupných místech	2	pravidelná údržba - DUF A	údržba - změnit design odsavačích potrubí - konzultace s dodavatelem pravidelných údržeb linky	8	144							Závaznost 9 - vedeme v paměti. Souvisí s designem linky (konkrétně zde odsavačích potrubí tak aby je personál údržby odčítal celé prohlédnout při plánovaných údržbách).
6) Odsávání "lyseleho" vzduchu - zajišťuje odsávání par a aerosolů vzniklých nad lázními s kyselým pH	Odsávání výparů nad kyselými lázními	Odsávání nefunguje	Unik lázně	9		zanesené lapáče nečistot (domečky)	2	pravidelná měsíční údržba	vizuální kontrola míry zanesení lapáčů nečistot	6	108							Závaznost 9 - vedeme v paměti. Odsávání má za úkol odsávat škodliviny, občas nasaje i prach, takže určité riziko ucpání lapáčů nečistot bude vždy hrozit. Současný design odsávání linky odpovídá standardu provedení odsávání linek jinde ve světě.
6) Odsávání "lyseleho" vzduchu - zajišťuje odsávání par a aerosolů vzniklých nad lázními s kyselým pH	Odsávání výparů nad kyselými lázními	Odsávání nefunguje	Unik lázně	9		nefunkční ventilátor	2	pravidelný půroční servis dodavatele linky	alarm, signální hlášení, zastavení linky	2	36							Závaznost 9 - vedeme v paměti. Určité riziko poruchy ventilátoru bude vždy hrozit. Současný design odsávání linky odpovídá standardu provedení odsávání linek jinde ve světě.
6) Odsávání "lyseleho" vzduchu - zajišťuje odsávání par a aerosolů vzniklých nad lázními s kyselým pH	Odsávání výparů nad kyselými lázními	Odsávání nefunguje	Unik lázně	9		ucpaný filtr (lamely) nahore na pochozu	2	pravidelná údržba - DUF A	vizuální kontrola čistoty lamelového filtru	6	108							Závaznost 9 - vedeme v paměti. Odsávání má za úkol odsávat škodliviny, občas nasaje i prach, takže určité riziko ucpání jakýchkoliv filtrů bude vždy hrozit. Současný design odsávání linky odpovídá standardu provedení odsávání linek jinde ve světě.

7) Praktika kyselého odsávaní - zajišťuje absorpci kyselých složek v odsávaném vzduchu do vody a ekologickou nezávadnost vzduchu vypouštěného z odsávaní	Absorbce kyselých složek z odsávaného vzduchu do vody	Praktika vzduchu nefunguje	Zvýšená koncentrace emisí	3	Zanesené potrubí vedoucí vodu z přečerpávací nádrže nahoru k ventilátorům	2	pravidelná údržba - DUFA	vizuální kontrola stavu vyústění ventilátoru na střeše (nánosy krystalů z par lázní, koroze)	6	36									
			Cepadlo v práci	3	ucpání skřepěcí tryska	1	pravidelná údržba - DUFA	vizuální kontrola čistoty skřepěcí trysky	6	18									
		Nízká hladina	Cepadlo v práci nahoru do ventilátoru	3	netfunkční čerpadlo vody	1	pravidelná údržba	alarm, signální hlášení	2	6									
			Přeplnění přečerpávací nádrže	2	vadné hladinové čidlo	1	none	alarm, signální hlášení	2	6									
		Vysoká hladina	Přeplnění přečerpávací nádrže	2	vadné čidlo	1	přepad do Neutralizace	alarm, signální hlášení	2	4									
		Ucpání přepad	Přetečení přečerpávací nádrže	10	vadný pneumatický ventil	1	přepad do Neutralizace	alarm, signální hlášení	2	4									
			Přetečení přečerpávací nádrže	10	ucpání potrubí	1	none	alarm, signální hlášení (číslo v zachytivé vaně)	2	20									
8) Kyanidové odsávaní - zajišťuje odsávaní par a aerosolů vzniklých nad lázními s kyanidovým a alkalickým charakterem	Odsávaní kyanidových par a aerosolů vzniklých nad lázními	Odsávaní nefunguje	Nedostatečné smíchání vparů a jejich vzájemná chemická reakce vedoucí ke vzniku toxických produktů	9	Zanesené potrubí odsávaní v údržbě nedostupných místech	2	pravidelná údržba - DUFA	čich	8	144	MSU, 16.04.2021	Změnit design odsávacího potrubí							
				9	Zanesené lapáče nečistot (domečky)	2	pravidelná údržba	vizuální kontrola míry zanesení lapáčů nečistot	6	108									
				9	netfunkční ventilátor	2	pravidlený přičinění servis dodavatele linky	alarm, signální hlášení, zastavení linky	2	36									
				9	ucpání filtr (lamely) nahore na pochozu	2	pravidelná údržba - DUFA	vizuální kontrola čistoty lamel	6	108									

9) Pracka kyanidového odsávání - zajišťuje absorpci kyanidových a alkalických složek v odsávaném vzduchu do vody a biologickou nezávadnost vzduchu vypouštěného z odsávání	Pracka vzduchu nefunguje	Zvýšená koncentrace emisí	3	Zanesené potrubí vodicí vodou z přečerpávací nádrže nahoru k ventilátorům	2	pravidelná údržba - DÚFA	vizuální kontrola stavu vyústění ventilátoru na síťové (nánosy kystalů z parálaci, koroze)	6	36					
	3	3	3	úpravná sítápečí tluska	2	pravidelná údržba - DÚFA	vizuální kontrola úrovně skrapelci trysky	6	36					
	3		3	nefunkční čerpadlo vody	2	pravidelná měsíční údržba	alarm, signální hlášení	2	12					
	3		3	vadné hladinové čidlo	1	none	alarm, signální hlášení	2	6					
	3		3	vadný pneumatický ventil	1	pravidelná měsíční údržba	alarm, signální hlášení	2	6					
	2		2	vadné čidlo	1	přepad do none	alarm, signální hlášení	2	4					
	2		2	vadný pneumatický ventil	1	Neutralizace	alarm, signální hlášení	2	4					
	10		10	úpravné potrubí přepadu nánosy nebo nečistotami	1	none	alarm, signální hlášení (čidlo v záchranné vaně)	2	20				Závažnost 10 - vedeme v patnosti Porucha, jejíž důsledek má tuto závažnost, může nastat až po překonání 3 strojových (automatických) pojistných detekcí a barrier. Pravidelnost výskytu takto závažného důsledku je proto velmi nízká. Změna designu by musela spočívat v přenastavení akce čidel (vyprnutí celé linky), což by mělo negativní ekonomické dopady.	
	2		2	mechanické poškození	1	pravidelná denní údržba	vizuální kontrola stavu záchranné vany	6	12					
	10		10	řivová hladinová čidla - čidlo zanesena špínou / prachem	2	none	vizuální kontrola stavu hladinového čidla	6	120	10	1	6	Závažnost 10 - vedeme v patnosti Porucha, jejíž důsledek má tuto závažnost, může nastat až po překonání 2 strojových (automatických) pojistných detekcí a barrier. Pravidelnost výskytu takto závažného důsledku je proto velmi nízká. Změna designu by musela spočívat v přenastavení akce čidel (vyprnutí celé linky), což by mělo negativní ekonomické dopady.	
	10		10	plováková hladinová čidla - plováček není volně pohyblivý ("přilepený" k ose)	1	none	vizuální kontrola stavu hladinového čidla, zkust pohnout plováčkem	6	80	10	1	6	Závažnost 10 - vedeme v patnosti Porucha, jejíž důsledek má tuto závažnost, může nastat až po překonání 1 předcházející strojové (automatické) pojistné detekce a barrier. Pravidelnost výskytu takto závažného důsledku je proto velmi nízká. Změna designu by musela spočívat v přenastavení akce čidel (vyprnutí celé linky), což by mělo negativní ekonomické dopady.	
	10		10	řivová nebo plováková hladinová čidla - uříznuté el. vodiče vedoucí k čidlu	1	none	alarm, signální hlášení, vizuální kontrola poskozeného vodiče	2	20	10	1	2	Závažnost 10 - vedeme v patnosti Porucha, jejíž důsledek má tuto závažnost, může nastat až po překonání 1 předcházející strojové (automatické) pojistné detekce a barrier. Pravidelnost výskytu takto závažného důsledku je proto velmi nízká. Změna designu by musela spočívat v přenastavení akce čidel (vyprnutí celé linky), což by mělo negativní ekonomické dopady.	

14) Čerpadla linky (Čerpadla Kaltebeze, HCl a HNO3 v chem. skladu) v soulčinnosti s pneumatickým ventilem a hladinovým čidlem zajišťují udržování hladiny lázně v požadované výšce Pozn: Většina lázní vč. HCl doplňuje pouze vodu nebo DEMI vodu. Čerpadla na vodu a DEMI spazají pod FMEA stf. Neutralizace	Dopouštění lázně	Nenačerpání / neodpouštění lázně, nízké hladiny lázní	Nesepnutí vyhlášení lázní, výroba zmešků	6	Infunkční Čerpadlo (prasklá membrána čerpadla nebo elektronistalace)	2	2	2	24										
				6	ucpané potrubí	1	1	6	36										
				6	prasklé / poškozené potrubí	1	1	6	36										
				6	vadné hladinové čidlo zásobního kontejneru v chem. skladu	3	2	2	36										
				6	zkorodovaný spínač plnění doýchých lázní na NiChem lance	1	2	2	12										
15) Topení linky	Vytápění lázně na požadovanou teplotu	Lázně mají nižší teplotu než požadovanou	Výroba zmešků	5	porucha topného tělesa, vadný přívodní kabel, odpojený přívodní kabel	4	2	2	40										
				5	nizká hladina lázně	5	2	2	50										
16) Chazení linky	Chazení lázně na požadovanou teplotu	Lázně mají vyšší teplotu než požadovanou	Výroba zmešků	6	ponucha chladicího zařízení	2	2	2	24										

17) Ruční ventily - Zajišťují vypouštění lázní během údržby, následně jejich uzavření po údržbě a operativní doplnění lázní	Zavření a otevření přívodu / Ventili protéká ochluku lázně	Ventil protéká	Přetečení zásobních nádrží v Neutralizaci	5	Zřízení těsnění	2	none	2	alarm, signální hlášení (záchytná vana NiChem), vizuální kontrola (NiChem obecně), alarm (hladinové čísto neutralizační vany), vizuální kontrola (Neutralizace obecně)	2	20												
				5	nečistota ve ventilu	2	none	2	alarm, signální hlášení (záchytná vana NiChem), vizuální kontrola (NiChem obecně), alarm (hladinové čísto neutralizační vany), vizuální kontrola (Neutralizace obecně)	2	20												
				5	zabíhnutí ventilu	1	pravidelná výměna lázní v předepsaných intervalech (proces)	6	vizuální kontrola - zkouška otáčet ventilem	6	30												
				5	nečistota ve ventilu (např. krusta z chemikálie z lázně)	2	none	6	vizuální kontrola - rozebrat ventil a zkontrolovat jeho činnost nebo poškození	6	60												
				6	ucpané filtry	2	pravidelná výměna s výměnou lázně (definováno v procesním předpise)	6	vizuální kontrola (tlakoměry na filtr domečcích)	6	72												
				6	nefunkční čerpadlo	3	pravidelná měšiční údržba (elektrotechnik)	2	alarm, signální hlášení	2	36												
				6	ucpané filtrační potrubí	1	none	10	none	10	60												
				6	ucpané čerpadlo	2	none	2	alarm, signální hlášení (ochranný spínač chránící pumpu při minimálním zafášení a zpomalení chodu)	2	24												
				6	filtrovat lázeň během provozu		Vyroba zmeřků, zničení čerpadla																
				18) Filtrační čerpadlo																			

19) Susica - Susiči zařízení, zajišťuje usušení dýchací pomoci odvličeného horkého vzduchu	Susit dílce pomocí odvličeného horkého vzduchu	Vzduch není dostatečně horký a odvličený	Výroba zmečků	5	6	6	3	2	2	pravdělný servis 1x ročně (externí firma)	alarm, signální hlášení	2	20						
		Horký a odvličený vzduch neproudí do susičky / proud je slabý	Výroba zmečků	6	6	6	3	3	6	vyčištění 1x čtvrtletně (DUFA)	vizuální kontrola stavu filtrů	6	108						
				6	6	6	3	3	6	pravidelná týdenní kontrola filtrů v Heiter generátorech	vizuální kontrola stavu filtrů	6	108						
				6	6	6	2	2	2	servis 1x ročně dodavatelem linky	alarm, signální hlášení	2	24						
				6	6	6	5	5	2	none	alarm, signální hlášení	2	60						
				6	6	6	5	5	2	none	alarm, signální hlášení	2	60						
				5	5	5	2	2	2	kontrola 1x ročně při kalibraci	alarm, signální hlášení	2	20						
				5	5	5	1	1	2	kontrola 1x ročně při kalibraci	alarm, signální hlášení	2	10						
				5	5	5	2	2	2	kontrola 1x ročně při kalibraci	alarm, signální hlášení	2	20						
				6	6	6	1	1	6	pravidelná půlroční údržba dodavatele linky	vizuální kontrola vnější PC a periferii	6	36						
				6	6	6	1	1	6	pravidelná půlroční údržba dodavatele linky	vizuální kontrola vnější PC a periferii	6	36						
				8	8	8	2	2	6	pravidelná aktualizace licence po dohodě s dodavatelem linky	vizuální kontrola monitoru PC a neadekvátní odezva počítače na akci obsluhy	6	96						
				8	8	8	2	2	6	pravidelná aktualizace licence po dohodě s dodavatelem linky	vizuální kontrola monitoru PC a neadekvátní odezva počítače na akci obsluhy	6	96						

22) Systém Walchem - zajišťuje automatické dávkování složek chemického nitrů na základě měření pH a koncentrace nitrů	Walchemová jednotka měří pH a koncentraci niklovací lázně a na základě výsledků doplňuje do lázně jednotlivé složky niklovací lázně	Walchem neměří pH	Rozklad niklovací lázně, výroba zmetků	7	poškození Walchem dataloggeru měření pH	2	none, vymečávání znaků na displeji	vizuální kontrola dataloggeru	6	84	Napojit pH měření na alarm linky.	7	3	2	42				
				7	nefunkční pH elektroda	3	preventivní výměna pH-elektrody, pokud hodnota pH kolísá v rozmezí ± 0,1	vizuální kontroly hodnoty pH v průběhu směry	6	126									
				7	opotřebovaný kabel vedoucí k pH-elektrodě	3	preventivní výměna pH-elektrody, pokud hodnota pH kolísá v rozmezí ± 0,1	alarm, signální hlášení (nebude přenesen údaj o pH z dataloggeru Walchemu, bude chybový údaj o pH)	2	42									
				7	poškození sací jednotky na konci armatury v zásobním kanystru	2	none	vizuální kontroly hodnoty pH a hladiny pH-korekčního roztoku v průběhu směry	6	84									
				7	nefunkční měřidlo / sonda	2	none	alarm, signální hlášení, vizuální kontrola sondy koncentrace Ni	2	28									
				7	ucpaná hadička	2	none	vizuální kontrola kontrola zvuku čerpadel Iwaki	6	84									
				7	zavzdušnění rozvodů chemikálií	2	pravidelné odvzdušnění Walchemu při rozjezdu výroby nebo při výměně kanystru s doplňovacím roztokem	vizuální kontrola rozvodů chemikálií, akustická kontrola hladiny chodu kanystru s čerpadel Iwaki	6	84									
				7	porucha čerpadla Iwaki	2	none	alarm, signální hlášení, vizuální kontrola čerpadla Iwaki	2	28									
				7	Chemicky narušený přívodní kabel k sondě Ni	2	none	vizuální kontrola stavu kabelu k sondě Ni	6	84									
				7	prázdný kanystri s chemikáliemi	7	none	alarm, signální hlášení, vizuální kontrola hladiny doplňovacích roztoků v kanystru	2	98									
				7	porucha / ucpaní zpěných ventilů (ventily proti samovolnému odtoku doplňovacího roztoku zpět do kanystru)	3	none	alarm, signální hlášení, vizuální kontrola zpěných ventilů (uzavření proti samovolnému odtoku doplňovacího roztoku zpět do kanystru)	2	42									
				7	poškození, zadření hladinového čidla na koncovce sacího zařízení v kanystru s doplňovacím roztokem	2	kontrola při každé výměně kanystru s doplňovacím roztokem	alarm, signální hlášení, vizuální kontrola koncovky sacího zařízení	2	28									
				7	chybová (úpadlá) koncovka sacího zařízení v kanystru s doplňovacím roztokem	6	kontrola při každé výměně kanystru s doplňovacím roztokem	alarm, signální hlášení, vizuální kontrola koncovky sacího zařízení	2	84									

		Zastavení linky rozhodnutím technologie	7	chyba softwaru	2	pravidelný půlroční servis dodavatele linky	6	84									
		Výroba zmetků	7	ucpané filtry	2	údržba při pravidelných vyměňacích lázně	6	84									
			7	nefunkční oběhové čerpadlo (mechanický problém, zadření)	3	none	2	42									
			7	porucha hlavy oběhového čerpadla (převážně elektro- problém)	2	pravidelná měsíční údržba (elektrotechnik)	2	28									
			7	zavzdušněný filtrační okruh	1	údržba při pravidelných vyměňacích lázně	6	42									
			7	ucpané potrubí	2	none	10	140									
			7	vadná těsnění	2	none	6	84									
			7	nasytění ionexu	3	Vyměna ionexu při 1 µS/cm	2	42									
			7	nefunkční oběhové čerpadlo (mechanický problém, zadření)	2	none	2	28									
			7	porucha hlavy oběhového čerpadla (převážně elektro- problém)	2	pravidelná měsíční údržba (elektrotechnik)	2	28									
			7	kalický ionexu v lázni, na dílcích	2	jasné schéma zapojení patron v prostoru iontoměníčů	6	84									
			7	kontaminace oplachové lázně zbytkem recyklačních čidel (OH ⁻ , H ⁺)	2	po výměně iontoměníčů nechat oplach čistit po definované dobu	2	28									
23) Filtrační Domky - Zajišťují filtrování lázni během provozu	Filtrování lázně během provozu od pevných nečistot																
24) Ionex - Zajišťuje filtraci oplachu, vodivost DEVI a dočišťování DEVI vody	Filtrace oplachového DEVI oplachu, vodivost DEVI vody do určité hodnoty																