



Aplikované procesy a nástroje spolehlivosti v praxi

Materiály z 68. semináře Odborné skupiny pro spolehlivost,
konaného dne 19. 9. 2017 v Praze



Obsah

Mgr. Martin Vlček, Ph.D. <i>Predikce bezporuchovosti elektronických komponent.....</i>	3
Ing. Marta Vávrová <i>Sledování spolehlivosti provozovaných zařízení na základě dat servisní skupiny AŽD DSE ..</i>	11
Ing. Vít Havlů, Ph.D. <i>Proces řízení spolehlivosti v Unipetrolu RPA.....</i>	18
René Kročil <i>Spolehlivost výrobní jednotky „Zplyňování mazutu“ v Unipetrolu RPA, s.r.o.....</i>	27

Predikce bezporuchovosti elektronických komponent

Mgr. Martin Vlček, Ph.D.

AŽD Praha s.r.o., Závod Technika, Výzkum a vývoj VP14, Žirovnická 3416/2, Praha 106 17

e-mail: martin.vlcek@azd.cz, <http://www.azd.cz/>

1 Metodiky pro predikci bezporuchovosti

Spolehlivost systému je jedna z jeho klíčových vlastností, na kterou je kladen důraz už od počátečních etap životního cyklu produktu. Její důležitou složkou je bezporuchovost, na kterou jsou v těchto úvodních etapách životního cyklu stanoveny požadavky, které mohou kvantifikovány pomocí požadované intenzity poruch nebo střední doby provozu mezi poruchami pro daný produkt a pracovní podmínky. Naplnění těchto požadavků je ověřováno především sledováním spolehlivostních parametrů během reálného provozu produktu. V této fázi ale již není možné zpětně ovlivnit návrh a vývoj produktu neboť vlastní provoz je jedna z závěrečných etap životního cyklu. Nicméně již během návrhu a vývoje zařízení, kdy toto zařízení ještě nemáme fyzicky k dispozici pro případné zkoušky spolehlivosti, je možné predikovat výslednou bezporuchovost produktu pomocí známých metodik. Uvádím přehled některých z nich:

- MIL-HDBK-217F (1991/1995), *Military Handbook – Reliability prediction of electronic equipment.*
- Bellcore TR-332 (1997), *Reliability prediction procedure for electronic equipment.*
- RDF 2000 (2000), *Reliability data handbook – A universal model for reliability prediction of electronics components, PCBs and equipment.*
- GJB/z 299B (2001), *Reliability prediction model for electronic equipment.*
- IEC TR 62380 (2004), *Reliability data handbook – Universal model for reliability prediction of electronics components, PCBs and equipment.*
- FIDES guide 2009 (2009), *Reliability methodology for electronic systems.*
- HDBK-217Plus (2006/2015), *Handbook of 217Plus reliability prediction models.*

V těchto metodikách jsou pro jednotlivé typy součástek stanovovány intenzity poruch na základě jednoduššího nebo složitějšího matematického modelu, jehož parametry vycházejí z reálných provozních dat daných součástek, ovšem nutno podotknout, že v době vzniku dané metodiky. Což například u integrovaných obvodů může být u starších metodik značně zavádějící.

2 Metodika MIL-HDBK-217F

Jedná se o vojenskou příručku vydávanou a do roku 1995 aktualizovanou ministerstvem obrany americké armády. V současné době je na internetu volně dostupná. Tato metodika používá velmi jednoduchý matematický model.

Základní intenzity poruch jednotlivých prvků jsou získány na základě dat z reálného provozu různých zařízení v armádních podmínkách.

Hlavní parametry ovlivňující výslednou intenzitu poruch jsou pracovní prostředí a průměrná provozní teplota, pro kterou je predikce počítána.

Získané výsledky intenzit poruch jsou velmi pesimistické ve srovnání se současnými reálnými provozními daty elektronických zařízení v normálních provozních podmínkách.

Např. pro kondenzátory:

$$\lambda_p = \lambda_b \cdot \pi_T \cdot \pi_C \cdot \pi_V \cdot \pi_{SR} \cdot \pi_Q \cdot \pi_E \quad \frac{\text{poruch}}{10^6 \text{ hodin}} \quad (1)$$

Kde jednotlivé parametry znamenají:

- λ_p intenzita poruch dané součástky
- λ_b základní lambda daná v tabulce podle typu kondenzátoru
- π_T teplotní faktor
- π_C faktor kapacity
- π_V faktor napěťového zatížení
- π_{SR} faktor odporu pro tantalové CSR kondenzátory
- π_Q faktor kvality
- π_E faktor prostředí

Základní lambda je stanovena v tabulce s jednotlivými typy kondenzátorů:

Capacitor Style	Spec. MIL-C-	Description	λ_b	π_T Table Use Column:	π_C Table Use Column:	π_V Table Use Column:	π_{SR}
CP	25	Capacitor, Fixed, Paper-Dielectric, Direct Current (Hermetically Sealed in Metal Cases)	.00037	1	1	1	1
CA	12889	Capacitor, By-Pass, Radio – Interference Reduction, Paper Dielectric, AC and DC (Hermetically sealed in Metallic Cases)	.00037	1	1	1	1
CZ, CZR	11693	Capacitor, Feed through, Radio Interference Reduction AC and DC (Hermetically sealed in metal cases), Established and Nonestablished Reliability	.00037	1	1	1	1
CQ, CQR	19978	Capacitor, Fixed Plastic (or Paper-Plastic) Dielectric (Hermetically sealed in metal, ceramic or glass cases), Established and Nonestablished Reliability	.00051	1	1	1	1
...
CM	5	Capacitors, Fixed, Mica Dielectric	.00076	2	1	2	1
...
CSR	39003	Capacitor, Fixed, Electrolytic (Solid Electrolyte), Tantalum, Established Reliability	.00040	1	2	4	See π_{SR} Table
...

Ukázka tabulky pro teplotní faktor π_T :

T (°C)	Column 1	Column 2
20	.91	.79
30	1.1	1.3
40	1.3	1.9
50	1.6	2.9
60	1.8	4.2
70	2.2	6.0
80	2.5	8.4
90	2.8	11
100	3.2	15
110	3.7	21
120	4.1	27
130	4.6	35
140	5.1	44
150	5.6	56

$$\pi_T = \exp\left(\frac{-E_a}{8.617 \times 10^{-5} \left(\frac{1}{T + 273} - \frac{1}{298}\right)}\right)$$

Column 1: $E_a = .15$
 Column 2: $E_a = .35$
 T = Capacitor Ambient Temperature
 NOTE:

- π_T values shown should only be used up to the temperature rating of the device
- For devices with ratings higher than 150 °C, use the equation to determine π_T (for applications above 150 °C)

Ukázka tabulky pro faktor kapacity π_C :

Capacitance C (uF)	Column 1	Column 2
.000001	.29	.04
.00001	.35	.07
.0001	.44	.12
.001	.54	.20
.01	.66	.35
.05	.76	.50
.1	.81	.59
.5	.94	.85
1	1.0	1.0
3	1.1	1.3
...
120000	2.9	15

Column 1: $\pi_C = C^{.09}$
 Column 2: $\pi_C = C^{.23}$

Ukázka tabulky pro faktor napětového zatížení π_V :



Voltage Stress	Column 1	Column 2	Column 3	Column 4	Column 5
0.1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
0.2	1.0	1.0	1.0	1.0	1.1
0.3	1.0	1.0	1.1	1.0	1.2
0.4	1.1	1.0	1.3	1.0	1.5
0.5	1.4	1.2	1.6	1.0	2.0
0.6	2.0	2.0	2.0	2.0	2.7
0.7	3.2	5.7	2.6	15	3.7
0.8	5.2	19	3.4	130	5.1
0.9	8.6	59	4.4	990	6.8
1	14	166	5.6	5900	9.0
Column 1: $\pi_V = \left(\frac{S}{6}\right)^5 + 1$		Column 4: $\pi_V = \left(\frac{S}{6}\right)^{17} + 1$			
Column 2: $\pi_V = \left(\frac{S}{6}\right)^{10} + 1$		Column 5: $\pi_V = \left(\frac{S}{5}\right)^3 + 1$			
Column 3: $\pi_V = \left(\frac{S}{6}\right)^3 + 1$		$S = \frac{\text{Operating Voltage}}{\text{Rated Voltage}}$			
Note: Operating voltage is the sum of applied DC voltage and peak AC voltage.					

Ukázka tabulky pro faktor odporu pro tantalové CSR kondenzátory:

Circuit Resistance, CR (ohms/volt)	π_{SR}
> 0.8	.66
> 0.6 to 0.8	1.0
> 0.4 to 0.6	1.3
> 0.2 to 0.4	2.0
> 0.1 to 0.2	2.7
0 to 0.1	3.3
CR = $\frac{\text{Eff. Res. Between Cap. and Pwr. Supply}}{\text{Voltage Applied to Capacitor}}$	

Ukázka tabulky pro faktor kvality π_Q :

Quality	π_Q
Established Reliability Styles	
D	.001
C	.01
S,B	.03
R	.1
P	.3
M	1.0
L	1.5
Non-Established Reliability Capacitors (Most Two-Letter Styles)	3.0
Commercial or Unknown Screening Level	10
NOTE: Established reliability styles are failure rate graded (D, C, S, etc.) based on life testing defined in the applicable military device specification. This category usually applies only to three-letter styles with an "R" suffix.	

Pro faktor prostředí π_E jsou definovány následující možnosti:

π_E Symbol	Environment	π_E
G _B	Ground, Benign	1.0
G _F	Ground, Fixed	10
G _M	Ground, Mobile	20
N _S	Naval, Sheltered	7.0
N _U	Naval, Unsheltered	15
A _{IC}	Airborne, Inhabited, Cargo	12
A _{IF}	Airborne, Inhabited, Fighter	15
A _{UC}	Airborne, Uninhabited, Cargo	25
A _{UF}	Airborne, Uninhabited, Fighter	30
A _{RW}	Airborne, Rotary Winged	40
S _F	Space, Flight	.50
M _F	Missile, Flight	20
M _L	Missile, Launch	50
C _L	Cannon, Launch	570

V této metodice jsou tedy uvedeny pro všechny součástky základní intenzity poruch, které jsou pak jednotlivými faktory π prostým násobením zhoršovány, či výjimečně zlepšovány.

3 Metodika IEC TR 62380

Metodika IEC TR 62380 je téměř identická s RDF 2000¹. Jedná se v podstatě o její nové vydání pod hlavičkou IEC. Tato metodika používá sofistikovanější matematický model jak MIL-HDBK-217F. Vychází zejména ze zkušeností z oblasti telekomunikací a automobilového průmyslu. Ale pro některé komponenty je možné zadat pracovní prostředí „železniční aplikace“. Získané výsledky, podle našich zkušeností, více odpovídají reálným spolehlivostem provozovaných zařízení v různých pracovních podmínkách. Např. výsledná intenzita poruch závisí mnohem více na cyklování teplot (počet a rozsah cyklů), než jen na průměrné teplotě. Velmi záleží na tom, jak si definujeme pracovní profil, pro který chceme predikce počítat. Ten může být poměrně složitý.

Uvedeme si opět příklad pro kondenzátory:

$$\lambda = 0.1 \cdot \left(\left[\frac{\sum_{i=1}^y (\pi_t)_i \cdot \tau_i}{\tau_{on} + \tau_{off}} \right] + 1.4 \cdot 10^{-3} \cdot \left[\sum_{i=1}^j (\pi_n)_i \cdot (\Delta T_i)^{0.68} \right] \right) \cdot 10^{-9} / h \quad (2)$$

Kde:

- $(\pi_t)_i$ teplotní faktor i-tého cyklu pracovního profilu
- τ_i poměr času i-tého cyklu pracovního profilu
- τ_{on} celkový poměr času, kdy je kondenzátor v provozu
- τ_{off} celkový poměr času, kdy je kondenzátor mimo provoz
- $(\pi_n)_i$ faktor vlivu počtu teplotních cyklů za rok
- ΔT_i teplotní změna i-tého cyklu pracovního profilu

Matematické vyjádření pro π_t :

$$\pi_t = e^{2900 \cdot \left(\frac{1}{303} - \frac{1}{273 + t_A} \right)} \quad (3)$$

Kde t_A je teplota okolí.

Pro faktor vlivu počtu teplotních cyklů za rok π_n pak platí následující tabulka:

Mathematical expression of the Influence factor $(\pi_n)_i$	$n_i \leq 8760$ cycles/year	$(\pi_n)_i = n_i^{0.76}$
	$n_i > 8760$ cycles/year	$(\pi_n)_i = 1.7 \cdot n_i^{0.60}$
n_i : Annual number of cycles with the amplitude ΔT_i		
For an on/off phase	$\Delta T_i = (t_{ac})_i - (t_{ae})_i$	
For a permanent working phase, storage or dormant	$\Delta T_i =$ average per cycle of the (t_{ae}) variation during the i^{th} phase of the mission profile	

Metodika také pro jednotlivé součástky stanovuje druhy poruchových stavů a jejich procentuální zastoupení. To může být velmi přínosné pro analýzy rizika, kde různé poruchové stavy mohou mít různé následky. Např. pro v příkladu uvedené kondenzátory:

¹ Poznámka: Rozdíl mezi RDF 2000 a IEC TR 62380 jsem našel v kapitole 6 „Integrované obvody“ v tabulkách 17a, 17b.

Poruchový stav	
Zkrat	10%
Přerušeni	90%

4 Software pro predikce spolehlivosti

Provádění predikcí bezporuchovosti není nutné počítat ručně podle jednotlivých metodik, ale je možné využít vhodný software, který práci na predikcích více či méně zjednodušuje a urychluje. Není tak nutné znát podrobně jednotlivé metodiky a jejich postupy výpočtu výsledné intenzity poruch. Při zadávání jednotlivých typů součástek do projektu se software ptá na jednotlivé potřebné parametry jako označení, typ součástky, napěťové nebo proudové zatížení apod. Přičemž je většinou možné vybírat z nabízených možností a uživatel je tak softwarem veden a nemělo by docházet k tomu, že nějaký parametr chybí nebo je zadán zcela nesmyslně. Pokud k tomu dojde, je na to uživatel okamžitě upozorněn.

Uvádím stručný přehled softwaru, se kterým mám alespoň nějakou zkušenost a zkoušel jsem jej alespoň ve zkušební (trial) verzi.

- Windchill Prediction, společnost PTC, dříve Relx Studio, společnost Relx Software
<http://www.ptc.com/>
- Lambda Predict, společnost ReliaSoft
<http://www.reliasoft.com/>
- Reliability Workbench, společnost Isograph
<http://www.isograph.com/>
- ITEM Toolkit Reliability Prediction, společnost ITEM Software
<http://www.itemuk.com/>
- RAM Commander, společnost ALD Reliability Engineering Ltd.
<http://www.aldservice.com/>
- CARE Suite, společnost BQR
<http://www.bqr.com/>

Pokud zvažujete pořízení některého z těchto softwarových nástrojů tak velmi doporučuji si o tyto zkušební verze zažádat a důkladně si je vyzkoušet. Jedná se o dosti specifický a poměrně nákladný software a je potřeba se přesvědčit, že společnosti investice do tohoto nástroje přinese to, co od ní očekává a software bude vyhovovat požadavkům a workflow společnosti. Např. bude zvládat import součástek plošných desek ze společností používaných datových formátů (BOM – Bill of material).



Použitá literatura:

- [1] MIL-HDBK-217F Notice 2:1991, *Military Handbook – Reliability prediction of electronic equipment.*
- [2] IEC TR 62380:2004, *Reliability data handbook – Universal model for reliability prediction of electronics components, PCBs and equipment.*



Sledování spolehlivosti provozovaných zařízení na základě dat servisní skupiny AŽD DSE

Ing. Marta Vávrová

AŽD Praha s.r.o., Závod Technika, Výzkum a vývoj VP14, Žirovnická 3416/2, Praha 106 17

e-mail: marta.vavrova@azd.cz, <http://www.azd.cz/>

1 Úvod

AŽD Praha s.r.o. je významným ryze českým dodavatelem a výrobcem zabezpečovací, telekomunikační, informační a automatizační techniky, zejména se zaměřením na oblast kolejové a silniční dopravy včetně telematiky a dalších technologií. Společnost zajišťuje výzkum, vývoj, projektování, výrobu, montáž, rekonstrukce a servis zařízení, systémů i investičních celků v těchto hlavních oblastech:

- železniční doprava,
- provoz metra a závodová doprava,
- oblast telekomunikačních, informačních a radiových systémů,
- telematické aplikace,
- silniční, signalizační a parkovištní systémy,
- nové telefonní a rozhlasové systémy pro řízení železniční dopravy a pro informování cestujících.

2 Spolehlivost zabezpečovacích zařízení AŽD Praha s.r.o.

Ve všech etapách životního cyklu zabezpečovacího zařízení je ovlivňována jeho spolehlivost, pohotovost, udržovatelnost a úroveň bezpečnosti. Výsledné parametry těchto atributů jsou podmíněny systémovým přístupem ve výzkumu, vývoji, technické přípravě výroby, ve výrobě, při využití i údržbě zabezpečovacích zařízení. Podstatnou roli pro dosažení dobrých výsledků hraje kvalifikovanost, zodpovědnost a důslednost při uplatňování tohoto programu.

Problematicke spolehlivosti je ve společnosti AŽD Praha s.r.o. věnována zvýšená pozornost. Zaměřuje se zejména na predikce spolehlivosti u nově vyvíjených zařízení, sledování a vyhodnocování parametrů spolehlivosti z provozu a vytvoření zpětné vazby ke zvyšování spolehlivosti našich výrobků.

V souladu s požadavky evropských norem (ČSN EN 50126-1, CEI IC 62278 a dalších) byla v roce 2004 vytvořena „Metodika určování a ověřování parametrů RAMS pro zabezpečovací systémy AŽD“. Podle této metodiky je v AŽD Praha s.r.o. dlouhodobě zajišťován uznaný a realizovatelný systém pro stanovování, ověřování a upřesňování spolehlivostních parametrů nově vyvíjených i dříve vyvinutých zabezpečovacích zařízení.

Správně stanovené, dosahované a ověřené parametry RAMS zajišťují jakost služeb, ke kterým zabezpečovací zařízení svým určením přispívají. Bezpečnost a pohotovost, které jsou hlavními atributy určujícími zabezpečovací zařízení, jsou dosažitelné pouze za předpokladu, že parametry spolehlivosti a udržovatelnosti mají vhodnou úroveň. Spolehlivost, pohotovost

a udržovatelnost jsou podmínkou nutnou (ne však postačující) pro vyhovující úroveň bezpečnosti.

Poruchy, které negativně ovlivňují spolehlivost, pohotovost, udržovatelnost, ale i bezpečnost zabezpečovacího zařízení mají své zdroje uvnitř systému, v důsledku poruch systematických nebo náhodných. Spolehlivostní parametry jednotlivých součástek téhož typu jsou výrazně ovlivněny fyzikálními, chemickými i mechanickými podmínkami, v nichž ta která součástka pracuje. V důsledku toho se může jejich hodnota u součástek téhož typu např. umístěných v dolní části sestavy umístěné ve skříni lišit i o několik řádů od hodnoty stejných součástek v horní části sestavy, kde je výrazně vyšší teplota. Podobně se můžou tyto parametry řádově zhoršit při dopravních otřesech, vysoké vlhkosti aj. oproti hodnotám vyhodnoceným v laboratorních podmínkách. Informace o výměně a opravách jednotlivých součástek a jejich vyhodnocení vedou k vytipování součástek, které by mohly zhoršit spolehlivost zařízení.

Určení a ověřování parametrů spolehlivostních parametrů je nutné pro dokladování provozně-bezpečnostních vlastností zabezpečovacího zařízení vyráběného AŽD Praha s.r.o., pro vlastní obnovu a optimalizaci řešení a také pro obchodní a jiné účely.

3 Sledování provozní spolehlivosti

Provozní spolehlivost zařízení vyráběných AŽD Praha s.r.o. je vyhodnocována od roku 1998.

V současné době je sledováno 40 typů zařízení (celkově více než 3800 zařízení), u 20 typů zařízení jsou prováděny rozbory poruchovosti, analýza až na úroveň součástky a jsou u nich vyhodnocovány spolehlivostní parametry na základě:

- **ČSN 34 2617**
Určování a ověřování ukazatelů spolehlivosti železničních zabezpečovacích zařízení,
- **ČSN EN 50126-1**
Drážní zařízení - Stanovení a prokázání bezporuchovosti, pohotovosti, udržovatelnosti a bezpečnosti (RAMS) – Část 1: Základní požadavky a generický proces,
- **ČSN EN 50129**
Drážní zařízení - Sdělovací a zabezpečovací systémy a systémy zpracování dat - Elektronické zabezpečovací systémy,
- **ČSN IEC 60605-4**
Zkoušení bezporuchovosti zařízení – Část 4: Statistické postupy pro exponenciální rozdělení - Bodové odhady, konfidenční intervaly, předpovědní intervaly a toleranční intervaly,
- **ČSN EN 61649**
Weibullova analýza.

Podklady ke sledování parametrů spolehlivosti z provozu jsou získávány z několika zdrojů. Základem ke sledování parametrů spolehlivosti z provozu jsou *Protokoly o odstranění vad a Zápisy o neshodách zjištěných při činnosti díla* poskytované divizí servisu, informace týkající se oprav, vyjádření k zápisům o neshodách a informace o vadných a vyměněných součástkách poskytované výrobním závodem a informace ohledně instalací zařízení včetně počtů obsluhovaných výhybkových úseků, provozních oddílů v jednotlivých instalacích poskytované provozním úsekem.

Pracovník divize servisu (dále jen DSE) vyplňuje při servisním zásahu protokol o odstranění vady, na který :

- zaznamenává datum,
- čas nahlášení, odstranění vady, začátek i konec servisního zásahu,
- typ zařízení,
- skupinu DSE,
- popis a způsob odstranění závady,
- typy vadných /odstraněných součástí, jejich výrobní čísla,
- druh opravy (pozáruční, záruční, mimo záruční),
- typy použitého SW,
- příčinu vady,
- jméno pracovníka, který vadu odstranil, atd.

Zápis o neshodě:

- doplňuje údaje ohledně servisního zásahu,
- poskytuje vyjádření zástupce dodavatele.

V případě opravy ve Výrobním závodě AŽD Praha s.r.o. uvádí

- jedná - li se o závadu, nebo ne,
- údaj o opravitelnosti / neopravitelnosti,
- kdo opravu provedl (VZ, výrobce ...),
- náhrady za nové kusy včetně uvedení výrobních čísel,
- vyměněné součástky a jejich pozice, atd.

Seznam instalací poskytuje údaje ohledně:

- názvu instalace a jejího zakázkového čísla,
- data instalace a ukončení záruky,
- typu zařízení a typu použitého SW,
- typu a výrobního čísla použitého nabíječe, klimatizace,
- typu a počtu závor, výstražníků,
- počtu kolejí a úseků obsluhovaných zařízením,
- informaci, jestli je stanice v trvalém provozu, nebo se jedná o provizorní provoz,
- schválení typu použitých DOZ, umístění DOZ, dispečera, SDC, okrsek, atd.

Podklady jsou dodávány v databázovém nástroji Access (Protokoly o odstranění vady, Zápisy o neshodách, Seznamy staveb) a v programu MS Excel (Svodky o hlášení poruch).

4 Zpracování podkladů

Uvedené údaje jsou zpracovávány formou dotazů Access v pravidelných pololetních zprávách, s grafickým znázorněním jednotlivých kritérií (závažnost, stupeň omezení provozu, záruka, projev, příčina a způsob odstranění vady, zavinitel vady, instalace, ve které se porucha

projevila, typ součástky se zaznamenanou vadou, skupiny ND, typy SW, ...) a porovnávají se s předchozími obdobími.

U zařízení jsou sledovány také poruchy způsobené atmosférickým přepětím.

Pro ilustraci je níže uvedena tabulka s kategorizací poruch dle stupně omezení provozu pro jednotlivé typy zabezpečovacích zařízení, včetně vysvětlení dle ČSN EN 50126-1.

Kategorie poruchy	Vysvětlení dle ČSN EN 50126-1	SZZ	PZZ	ABE	UNZ
Bez omezení		PCU Preventivní údržba, RZTE Stažení archivů	Preventivní údržba, RZTE Stažení archivů	Preventivní údržba, RZTE Stažení archivů Diag. PC	Preventivní údržba, RZTE Diagnostika
Bez omezení – ztráta zálohy		ZPC, myš, klávesnice vadná záložní dvojice TPC bez vlivu na zařízení	Nouzové stavy světel	Porucha komunikace 1 větve	např. výpadek 1 měniče s bezvýpadkovým záskokem
Malé omezení	1) nebrání tomu, aby systém dosáhl stanovenou výkonnost 2) nesplňuje kritéria pro závažnou poruchu	neomezuje dopravu, nezpůsobuje zpoždění	neomezuje dopravu, nezpůsobuje zpoždění např. nouzové stavy vadné ASE, ASAR	neomezuje dopravu, nezpůsobuje zpoždění např. porucha zeleného světla	neomezuje dopravu, nezpůsobuje zpoždění např. výpadek měniče 75 Hz použitého pouze pro kódování
Velké omezení (Provozní porucha)	1) vyžaduje nápravu, aby systém dosáhl stanovenou výkonnost 2) nezpůsobuje zpoždění ani nevyžaduje náklady převyšující minimální prahovou hodnotu stanovenou pro závažnou poruchu	Zpoždění do 30 min. Jízda na PN z JOP	Poruchový stav. Jízda na OP Zpoždění do 30 min. Jízda na PN	Zpoždění do 30 min. Jízda na PN např. trvale obsazený PP	Zpoždění do 30 min. Jízda na PN např. trvale obsazené kolejové obvody

Kategorie poruchy	Vysvětlení dle ČSN EN 50126-1	SZZ	PZZ	ABE	UNZ
Závažné omezení (způsobující zastavení provozu)	Porucha, která brání pohybu vlaků nebo způsobuje zpoždění provozu převyšující stanovenou dobu a/nebo vyžadující náklady převyšující stanovenou výši	Zpoždění nad 30 min. Jízda na PN ze skříňky nouzového ovládní. Mimořádné (nehodové) události.	Zpoždění nad 30 min. Mimořádné (nehodové) události.	Zpoždění nad 30 min. Mimořádné (nehodové) události.	Zpoždění nad 30 min. Mimořádné (nehodové) události.

5 Vyhodnocované spolehlivostní parametry

Kromě výše uvedených analýz jsou pro jednotlivá zařízení vyhodnocovány i základní parametry spolehlivosti - bodový odhad MTBF, intervalová doba mezi poruchami $t_{0,05}$ (střední doba mezi poruchami MTBF na 95% konfidenční úrovni), pohotovost zařízení i střední doba provozu do poruchy MTTF.

Bodový odhad MTBF je počítán dle vztahu:

$$MTBF [\text{hod}] = \frac{T_0}{r} \quad (4)$$

Kde T_0 je kumulovaná doba provozu všech sledovaných zařízení a r je počet poruch.

Empirický odhad intenzity poruch ve smyslu výše uvedeného vztahu umožňuje získat jeden bodový odhad hodnoty. Intenzitu poruch je však nutno považovat za veličinu náhodně proměnnou a tedy takto vypočítaná hodnota se nepovažuje za dostatečně přesné vyjádření této veličiny. Pro větší přesnost počítáme intenzitu poruch v intervalu, jehož šíře je dána pravděpodobností, s jakou bude intenzita poruch v intervalu ležet (ČSN 34 2617 požaduje pro přejezdová, staniční a traťová zabezpečovací zařízení konfidenci 95% a pro spádovištní zabezpečovací zařízení 80%).

Intervalová doba mezi poruchami $t_{0,05}$ je počítána dle následujících vztahů:

$$t_p [\text{hod}] = MTBF \cdot k_D \quad (5)$$

$$k_D = \frac{2 \cdot r}{\chi^2_{\alpha}(v)} \quad (6)$$

$$v = 2 \cdot r + 2 \quad (7)$$

Přičemž $\chi^2_{\alpha}(v)$ je tabelovaná nebo vypočtená hodnota rozdělení „chí kvadrát“ při v stupních volnosti, α je konfidenční úroveň a k_D je dolní mez jednostranného konfidenčního intervalu.

V případě, že se za sledované období na zařízení nevyskytla porucha, je možné určit dle ČSN 34 2617 intervalové hodnoty MTBF z kumulované doby provozu zařízení T_0 .

Vztahy pro MTBF v konfidenčním intervalu t_p pro $r = 0$:

$$\text{Pro 95\% konfidenci } t_{0,05} = 0.333 \cdot T_0 \quad (8)$$

$$\text{Pro 80\% konfidenci } t_{0,2} = 0.621 \cdot T_0 \quad (9)$$

Pohotovost je udávána koeficientem pohotovosti K_p a je počítána dle následujících vztahů:

$$K_p = \frac{MTBF}{MTBF+MTTR} \quad (10)$$

$$K_p = \frac{T_0}{T_0+T_{opr}} \quad (11)$$

Kde $MTBF$ je bodový odhad střední doby provozu mezi poruchami, $MTTR$ je střední doba obnovy zařízení, T_0 je kumulovaná doba provozu všech zařízení a T_{opr} je kumulovaná doba oprav všech zařízení.

Dle ČSN 34 2617 se vyhodnocují i spolehlivostní parametry přepočítané na jednu výhybkovou jednotku (přejezd, prostorový oddíl, kolej ...).

Pro eliminování vlivu zvýšeného počtu poruch těsně po instalaci zařízení se u nově nasazovaných zařízení obvykle provádí i další výpočty spolehlivostních parametrů, při kterých se neuvažují poruchy v prvních 3 měsících provozu (tzv. časné poruchy).

Dle požadavku řešitelů jsou zvláště počítány i hodnoty spolehlivostních parametrů zařízení instalovaných v jednotlivých zemích, hodnoty spolehlivostních parametrů jednotlivých typů nasazeného SW nebo HW aj.

Na základě vyhodnocených údajů přijímají řešitelé nápravná opatření, čímž dochází k vytvoření zpětné vazby vedoucí ke zvyšování spolehlivosti našich výrobků.

6 Duanův model spolehlivosti

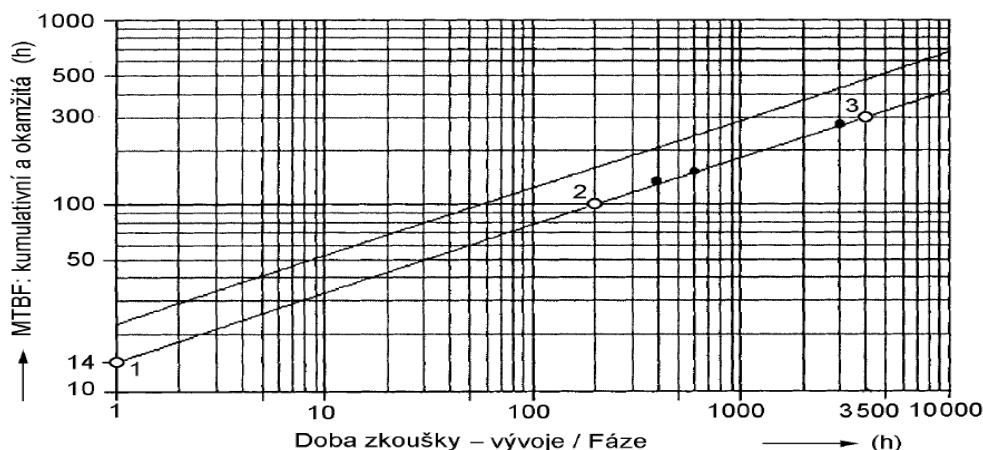
Problematika zvyšování spolehlivosti složitých systémů byla již na počátku 60. let řešena v USA a vedla kromě jiných i k vytvoření tzv. Duanova modelu spolehlivosti (dle jména autora). Ten na základě dat získaných v oblasti letectví prokázal možnost matematického popisu klesající intenzity poruch při vylepšování vlastností zařízení a dokumentoval výsledky tohoto procesu grafickým znázorněním. Jedná se o graf určující „vyzrávání“ spolehlivosti. Strmost poklesu grafu poukazuje na schopnost týmu odstraňovat nedostatky zařízení. Čím je pokles grafu strmější, tím se dokonaleji odstraňují příčiny poruch. Při stoupajícím grafu jsou nápravná opatření neúčinná, spolehlivost „nevyzrává“ naopak počet poruch stoupá.

Matematické vyjádření Duanova modelu je následující:

$$MTBF_C = MTBF_0 \cdot \left(\frac{T}{T_0}\right)^\alpha \quad (12)$$

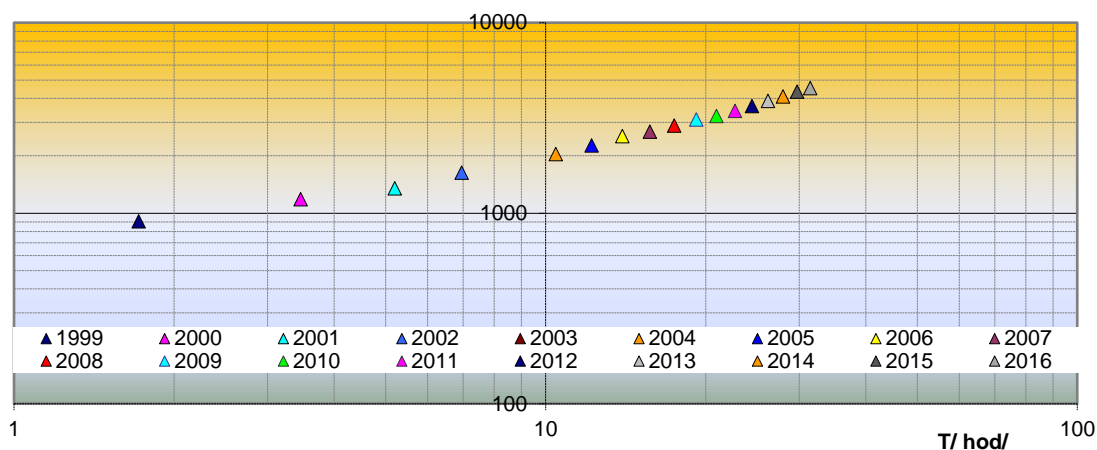
$$T = \frac{\exp\left(\ln\left(\frac{MTBF_C}{MTBF_0}\right) + \ln(T_0)\right)}{\alpha} \quad (13)$$

Přičemž $MTBF_C$ je kumulativní hodnota požadované $MTBF$, $MTBF_0$ je $MTBF$ na počátku, T je doba na dodatečný vývoj k dosažení požadované $MTBF$, T_0 je doba věnovaná na vývoj spolehlivosti a α je koeficient kvality spolehlivostního týmu, $\alpha \in (0,1)$.



Obrázek 1: Duanův logaritmický graf MTBF v závislosti na době zkoušky.

Duanův logaritmický graf vyjadřující závislost parametru proudu poruch na kumulované době provozu je konstruován i pro všechna sledovaná zařízení AŽD Praha s.r.o.



Obrázek 2: Duanův model vybraného zařízení pro roky 1999 až 2016.

7 Závěr

Monitoring provozní spolehlivosti, který se u naší firmy provádí od konce 90 let je účinným prostředkem sledování stavu zařízení a odhalování zákonitostí při jejich dlouhodobém provozu. Veškeré výsledky jsou pečlivě vyhodnocovány vedením i řešiteli zařízení a jsou přijímána opatření zvyšující úroveň spolehlivosti a bezpečnosti našich zařízení.

Použitá literatura:

- [1] ČSN 34 2617:1992, *Určování a ověřování ukazatelů spolehlivosti železničních zabezpečovacích zařízení.*
- [2] ČSN EN 50126-1 Oprava 1:2007, *Drážní zařízení – Stanovení a prokázání bezporuchovosti, pohotovosti, udržitelnosti a bezpečnosti (RAMS) – Část 1: Základní požadavky a generický proces*

Proces řízení spolehlivosti v Unipetrolu RPA

Ing. Vít Havlů, Ph.D.

Vedoucí sekce řízení spolehlivosti

Záluží 1, 436 70 Litvínov

e-mail: vit.havlu@nipetrol.cz, www.unipetrolrpa.cz

1 Proces řízení spolehlivosti v Unipetrolu RPA

Řízení provozní spolehlivosti je proces, který zajišťuje zlepšování výkonnosti výroby poskytováním inženýringu v této oblasti, stanovování priorit a rizik, které mohou omezit či ohrozit plánovanou výrobu.

Tento proces se nezaměřuje pouze na spolehlivost výrobního zařízení jako takového, ale i na optimalizaci procesu údržby, která se snaží o maximální využití daných prostředků k tomu, aby byla zabezpečena požadovaná dostupnost a spolehlivost zařízení.

System zajišťuje koordinaci a řízení v procesech, které jsou už zakotveny v řízení v procesu správy majetku.

Vhodné nastavení odpovědností, činností a pravomocí v procesech spolehlivosti slouží ke správnému fungování a řízení procesu za účelem plnění úkolů a stanovených cílů.

Hlavní úloha procesu řízení spolehlivosti je popsána ve třech následujících bodech:

1. Inženýring – řešení konkrétních projektů dle priority (kritičnosti)
2. Reporting – sledování a vyhodnocování trendů, ukazatelů spolehlivosti (MTBF, OEE, OA, frekvence poruch, náklady aj.)
3. Organizace – schůzky a komunikace se zástupci výroby, údržby, analýzy aj.

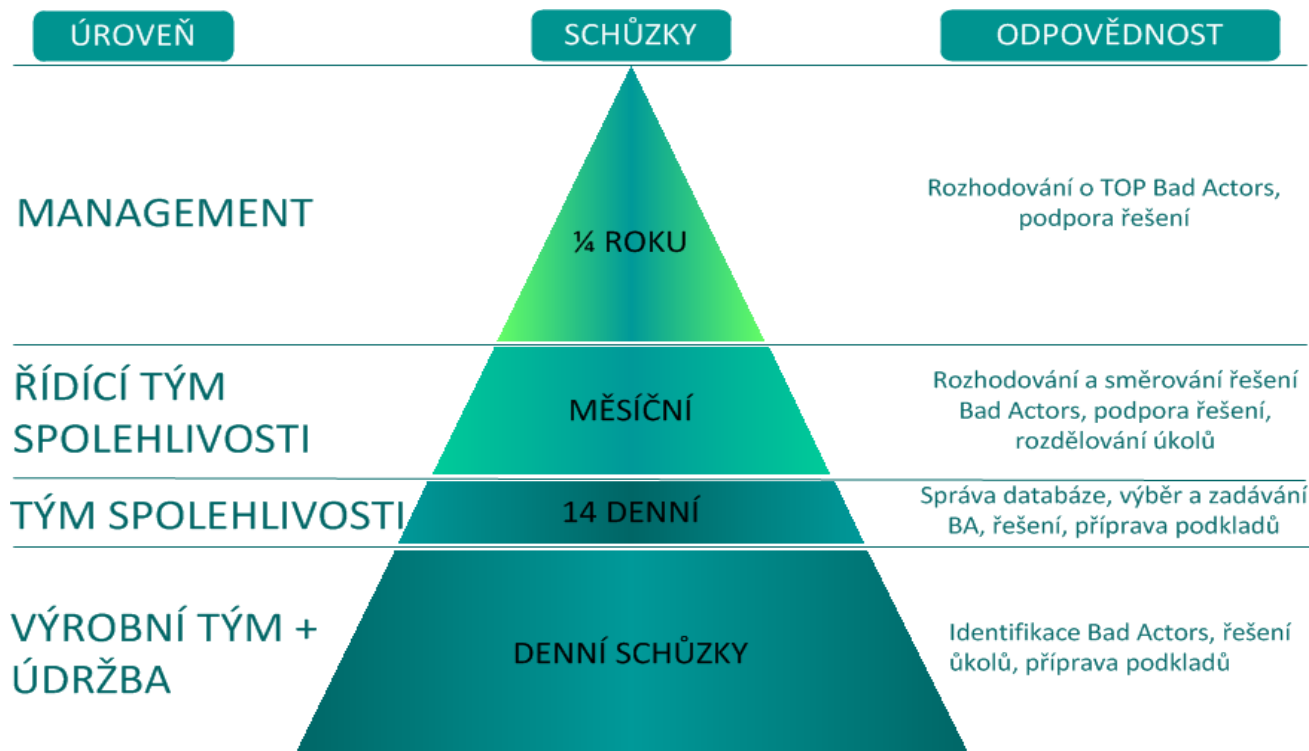
Obrázek č. 1 Hlavní oblasti procesu řízení spolehlivosti



2 Organizace procesu Řízení spolehlivosti

Proces řízení spolehlivosti zasahuje do všech úrovní společnosti UNI RPA a spolupráce je provázána se všemi zainteresovanými stranami, které svou činností ovlivňují spolehlivost a dostupnost výrobních jednotek.

Organizace je rozdělena do čtyř základních bloků podle obrázku č.2:



2.1 ŘÍDÍCÍ RADA

Složení: Generální ředitel RPA, technický ředitel, ředitel Petrochemie, ředitel Agro, vedoucí odboru údržby, vedoucí sekce řízení spolehlivosti

Odpovědnost:

- Aktivně podporuje koncept provozní spolehlivosti, jako závazek všech svých podřízených zaměstnanců
- Je informována o klíčových činnostech pracovní skupiny
- Schvaluje, rozhoduje a zajišťuje podporu aktivitám pracovních skupin

Řídící radě jsou prezentovány informace o vývoji klíčových ukazatelů spolehlivosti (KPI), významných činnostech a hrozeb jednotlivých výrobních týmů (TOP 10), vývoji Špatných hráčů, případně jiných oblastí, které potřebují rozhodnutí či podporu. Například se může jednat o oblasti investic, preventivní údržby, efektivitě, RCA, nákupu aj.

Schůzky: 2x ročně, cca 90 min.

2.2 SPOLEHLIVOSTNÍ ŘÍDÍCÍ TÝM

Složení: Vedoucí odboru údržby, vedoucí sekcí disciplín údržby (ELE, MaR, Stojní, Rotační), vedoucí podpory údržby, vedoucí výrobního týmu/ inženýr údržby výrobního týmu, inženýr spolehlivosti výrobního týmu, vedoucí sekce řízení spolehlivosti, inženýr spolehlivosti



Odpovědnost:

- Schvaluje, rozhoduje a zajišťuje podporu aktivitám pracovních skupin (RCA, Analýzy spolehlivosti, Bad Actors, TOP 10 aj.)
- Probírá aktuální potřeby provozu a údržby s ohledem na spolehlivost a dostupnost výroby (plánované akce, zarážky, investice aj.)
- Aktivně podporuje koncept provozní spolehlivosti, jako závazek všech svých podřízených zaměstnanců
- Reaguje na rozhodnutí Řídící rady

Na spolehlivostním řídicím týmu se diskutují požadavky údržby a provozu vzhledem ke spolehlivosti, dostupnosti a rizik, které mohou ovlivnit výrobu. Jsou probírány a sledovány činnosti v Bad Actors, reportů SAP PM či jiné (report netěsností, významné odstavení/omezení výroby, MÚ) a plánované akce údržby a výroby.

Schůzky: 12x ročně, 60 min.

2.3 SPOLEHLIVOSTNÍ TÝM

Složení: Vedoucí sekce řízení spolehlivosti, inženýr spolehlivosti, inženýři spolehlivosti výrobních týmů

Odpovědnost:

- Za hodnoty a trendy ukazatelů (KPI)
- Analýzu dat pro spolehlivost ze SAP PM, OEE/OA aj.
- Za řízení navržených a schválených opatření
- Za udržování databáze Bad Actors a Top 10, MTBF aj.
- Za aplikaci analýz spolehlivosti a RCA
- Příprava podkladů pro Řídící tým spolehlivosti a konkrétněji řeší dané úkoly
- Reaguje na rozhodnutí od Řídícího týmu a Řídící rady
- Metodické řízení procesu řízení spolehlivosti, případně ho upravovat podle momentální potřeby a operativně řešit úkoly k jeho podpoře
- Kontroluje funkčnost procesu a jeho rozvoj
- Aktivní přístup při řešení dohodnutých témat

Spolehlivostní tým je odpovědný za metodické řízení a aplikaci nástrojů procesů spolehlivosti v rámci skupiny RPA. Činnosti zahrnují přípravy dat, reportů, jejich analýzu, organizaci schůzek a hlavně podporu v řešení úkolů souvisejících se spolehlivostí a dostupností výrobního zařízení.

Schůzky: 1x týdně, 90 min.

2.4 VÝROBNÍ TÝM

Složení: Vedoucí výrobního týmu, inženýr údržby výrobního týmu, technolog, koordinátor výrobního týmu, plánovač výrobního týmu, inženýr pro spolehlivost

Odpovědnost:

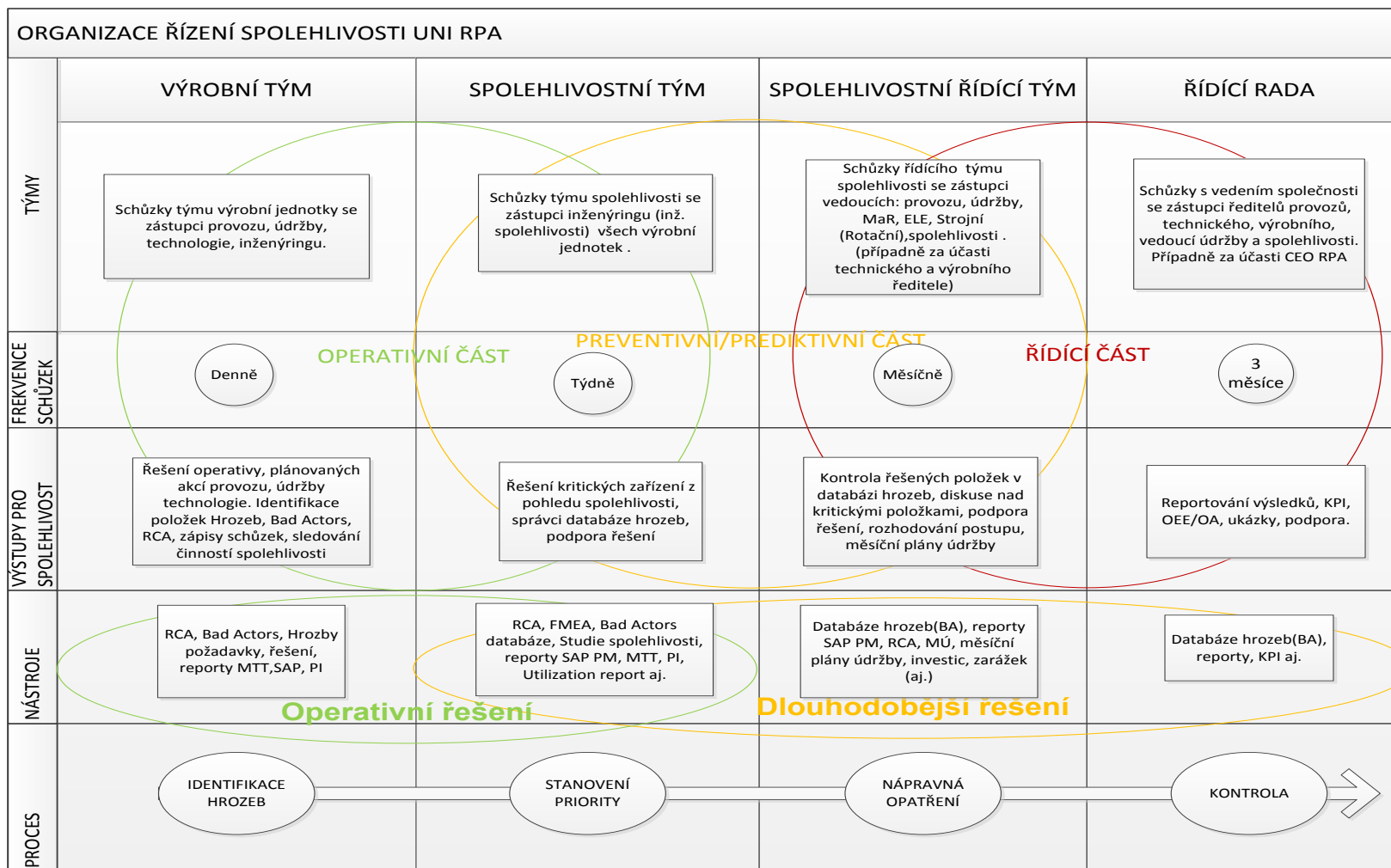
- Aktivní přístup pro iniciaci a podporu řešení u Bad Actors a hrozeb
- Řešení úkolů vyplývajících ze spolehlivostního a řídicího týmu spolehlivosti
- Spolupráce se zástupci údržby v řešení úkolů (RCA, Bad Actors, analýzy aj.)

Výrobní tým iniciuje požadavky zařazení zařízení/procedury do Bad Actors nebo identifikuje potenciální hrozby, které mohou mít vliv na spolehlivost a dostupnost výrobní jednotky. Operativně řeší úkoly/hrozby ovlivňující výrobu s podporou spolehlivostního týmu.

Schůzky: 2x denně, 30min.



Obrázek č. 3 Organizace řízení spolehlivosti v UNI RPA



3 Vyžívané nástroje spolehlivosti

3.1 Analýza RCA

Analýza RCA je logickým následkem postupného zkoumání škodné události nebo poškození během procesu izolování nepodstatných jevů. Když byl problém již zcela definován, analýza systematicky určí nejlepší způsob jednání k zjištění zásadní příčiny, aby nedošlo k jejímu opakování. Před zkoumáním je však třeba vyjasnit si otázku nákladnosti provádění takové analýzy a její přínosy.

Hlavním důvodem pro vyšetřování příčin výskytu poruch, je umožnit identifikaci adekvátních nápravných opatření, které zamezí nebo eliminují opakování poruchy, a tím ochránit zdraví, bezpečí veřejnosti, pracovníků a prostředí.

RCA analýza je prováděna u vzniku poruch na klíčových zařízeních, které způsobily ztráty z nevýroby nebo omezily výrobu. Mimořádné události, které měly za následek požár, vliv na životní prostředí či zdraví osob se řeší v rámci jiné interní směrnice. Nežádoucí mimořádné události, nicméně se používá i v rámci této směrnice.

Dále se metodika aplikuje na zařízeních, u kterých se opakují poruchy stejného charakteru a mají významný vliv na navýšení nákladů na vlastní opravu.

Struktura a hloubka analýza závisí na dvou hlavních bodech:

- Stanovený termíny výsledku analýzy
- Složitost charakteru poruchy nebo dané situace

Podle daných kritérií se vypracovává analýza poruchy nebo komplexní analýza poruchy. Rozdíl v použití se liší v nástrojích spolehlivosti, hloubkou (úrovní) detailu analýzy a délkou trvání analýzy.

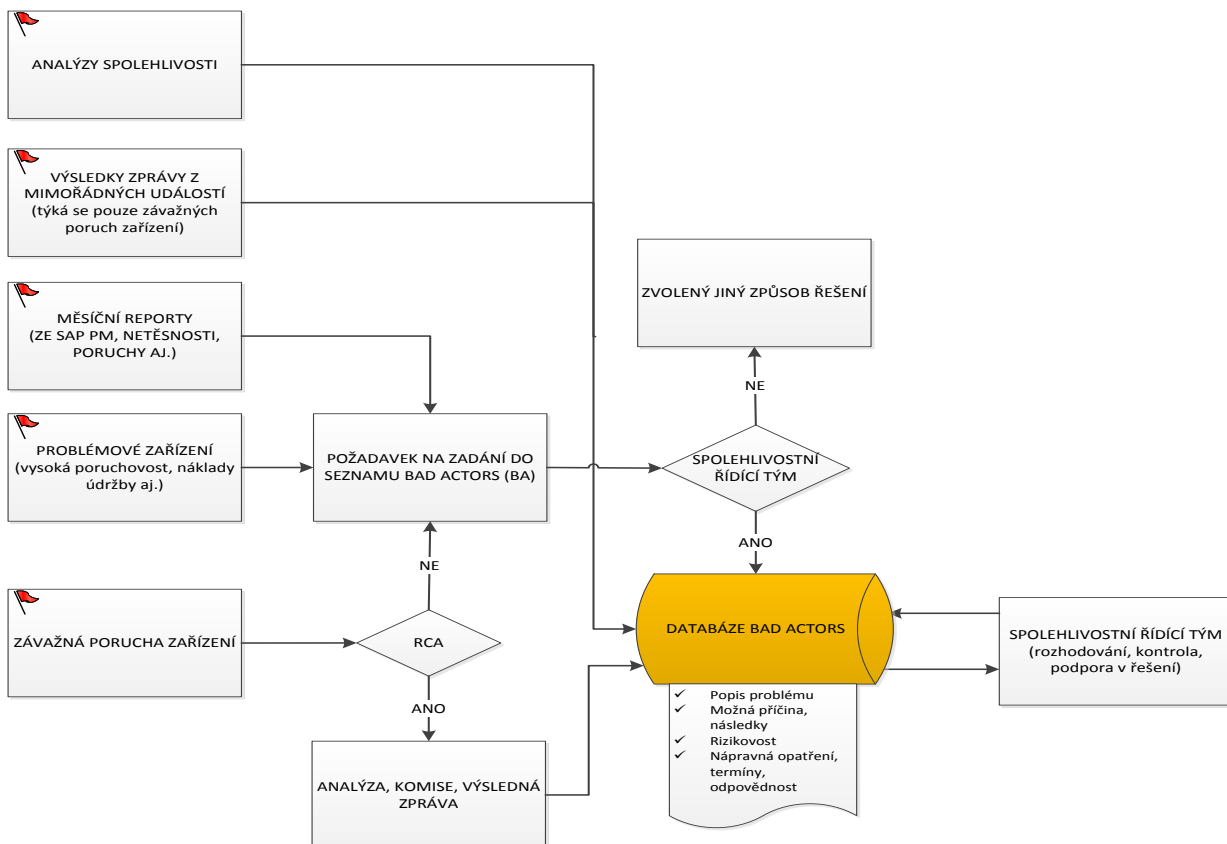
3.2 Bad Actors

Metodika popisuje oblast použití a jednotlivé části procesu Bad Actors. Proces Bad Actors by měl vyhledávat a upozorňovat na technologické zařízení, procedury, činnosti, systémy (dále jen zařízení) jejichž provozní spolehlivost je nižší, než jejich spolehlivost očekávaná (plánovaná) a systémově napomáhat ke zvýšení spolehlivosti těchto zařízení. Cílem aplikace metodiky je zajištění funkčního systému, který bude shromažďovat a identifikovat dané problémové zařízení a napomůže k jejímu řešení.

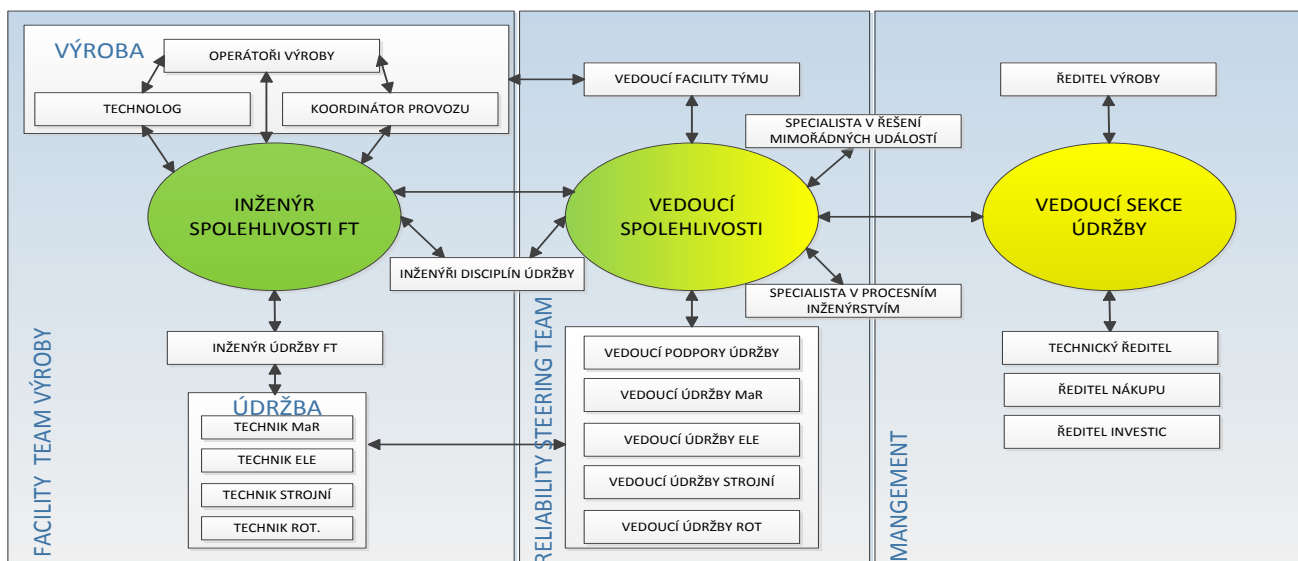
Proces Bad Actors je složen z různých aktivit, které se týkají dostupnosti a spolehlivosti technologického zařízení. Hlavním cílem procesu je poskytovat podporu v oblasti řešení jednotlivých úkolů/nápravných akcí spolehlivosti a v komunikaci mezi provozovatelem a udržovatelem. Jednotlivé aktivity jsou zaměřeny snížení neplánovaných odstávek technologického zařízení či na preventivní/proaktivní činnosti, které eliminují neplánované a havarijní stavy technologického zařízení. Součástí procesu BA je i databáze, která obsahuje všechny řešené a ukončené jednotlivé položky BA.

Součástí procesu BA je i výběr tzv. TOP 10 nejvýznamnějších položek, které svým charakterem (potenciálem) mohou ovlivnit spolehlivost a dostupnost výrobních jednotek. Tyto položky mají nejvyšší prioritu řešení a podpory.

Obrázek č. 4 Proces organizace Bad Actors



Obrázek č. 5 Vzájemné vztahy pracovníků v procesech řízení spolehlivosti





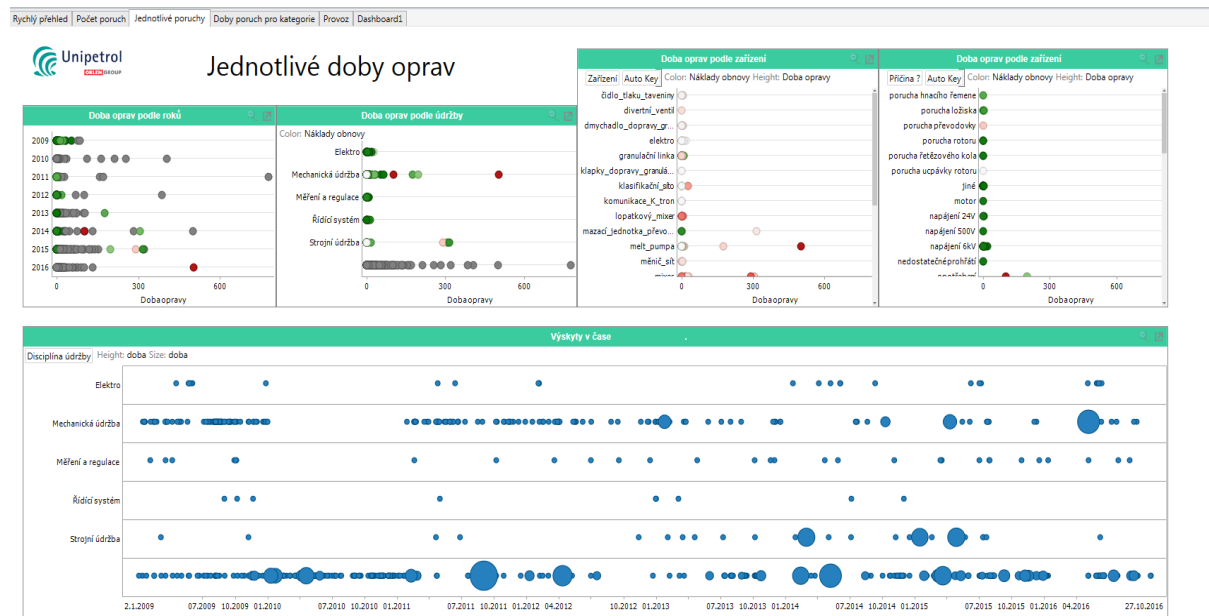
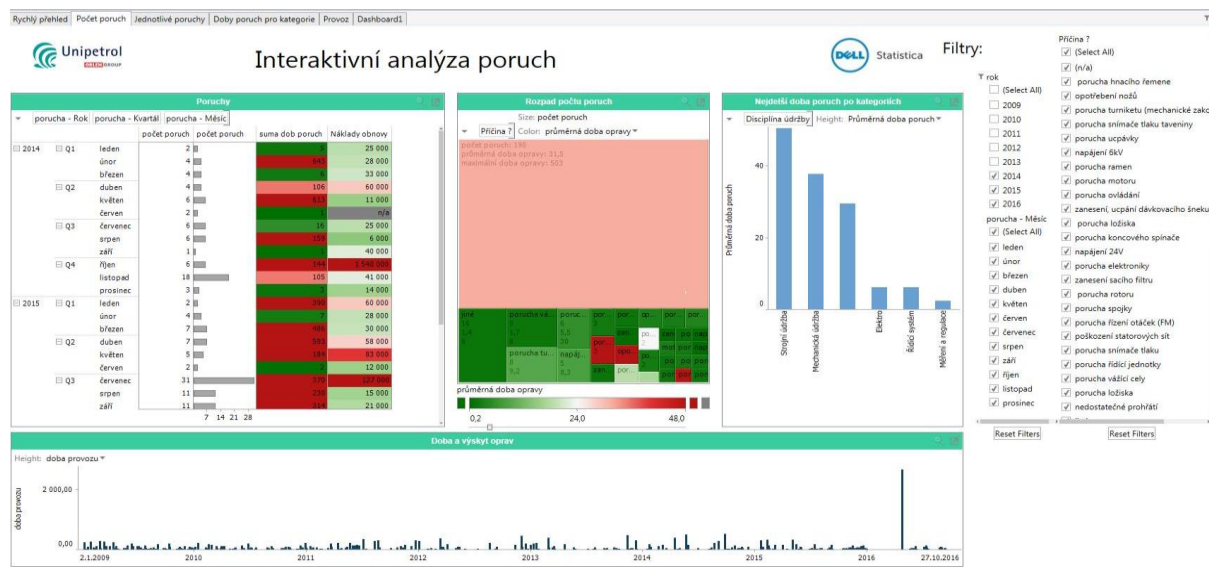
3.3 Reporty – struktura je dle výrobních jednotek

3.3.1 SAP PM – monitoring dat

Monitorováním dat a jejich analýza, která se periodicky opakuje dle dohodnutých intervalů sledování.

V rámci spolehlivosti a ukazatelů spolehlivosti se sledování zaměřuje na různé zpracování dat dle potřeb spolehlivosti, údržby a výroby.

Obrázek č. 6 Ukázka výstupních reportů ze SAP PM



Výstupem analýz jsou pak různé přehledy:

- Časový trend výskytu události ve stanoveném období (cca. 12 měsíců) v detailu výrobní jednotky
- Přehled četností výskytů jednotlivých typů projevů poruch v detailu výrobní jednotky
- Přehled četností výskytů poruch na sledovaných zařízeních v detailu výrobní jednotky

- Přehled nejdražších zařízení z pohledu nákladů na opravu v detailu výrobní jednotky
- Přehled nejdražších zařízení z pohledu ztrát na výrobě v detailu výrobní jednotky
- Přehled nejdražších projevů poruch z pohledu nákladů na opravu v detailu výrobní jednotky
- Přehled nejdražších projevů poruch z pohledu ztrát na výrobě v detailu výrobní jednotky
- Sledování MTBF rotačních strojů
- Sledování netěsností (v přírubě, ve sváru, armatury, ucpávek – stroje, pláště aj.)

Tyto přehledy následně umožňují zaměřit pozornost analytického týmu řešení spolehlivosti zařízení v závislosti na primárním cíli, kterým může být:

- Maximalizovat dostupnost zařízení s druhořadým vnímáním nákladů na opravu
- Optimalizovat náklady na opravu ve vztahu k potřebné dostupnosti
- Kontrola zadávání a schvalování zakázek a hlášení údržby
- Kontrola termínů a revizí vyhrazených zařízení aj.

3.3.2 Klíčové ukazatele výkonnosti

Klíčové ukazatele výkonnosti nám pomáhají znázorňovat trend a cíle sledované oblasti. Podle vznikajícího trendu, lze reagovat a korigovat činnosti, které mají možnost ukazatel ovlivnit, a tím se co nejvíce přiblížit stanovenému cíli.

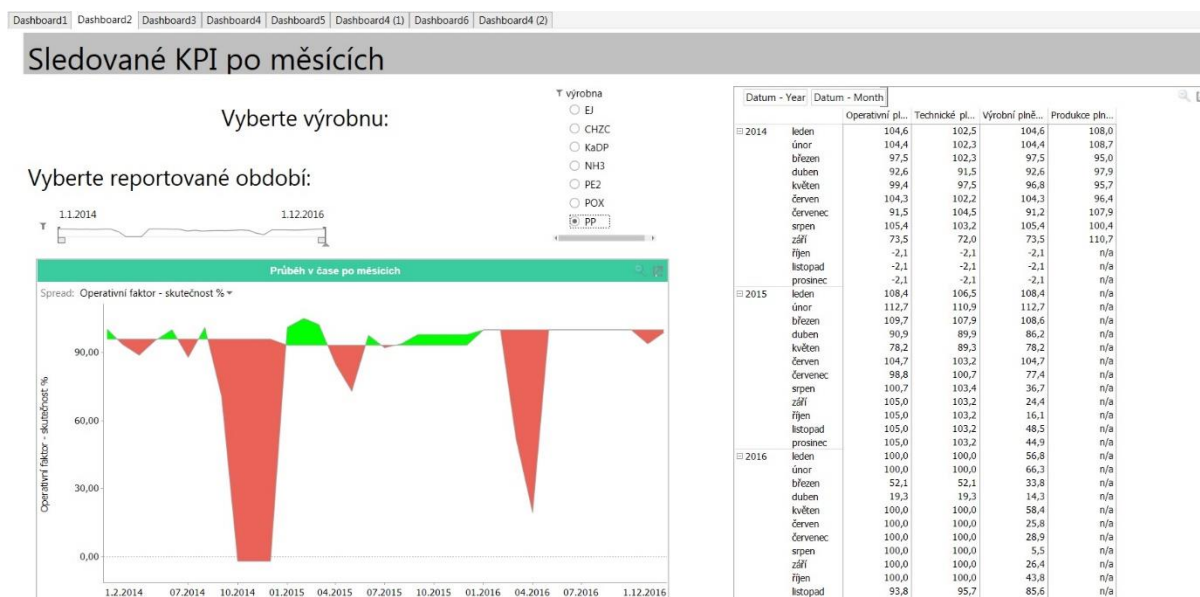
V rámci spolehlivosti jsou sledovány tyto základní ukazatele KPI:

- Efektivita zařízení v provozu (Operational Equipment Effectiveness)
- Dostupnost výroby (Operational Availability)
- Sledování výpadků/omezení výroby

Každý výpadek/omezení výrobní jednotky, z důvodu poruchy zařízení, musí být zaznamenán a následně řešen (a to i výpadky, které neovlivnily operační plán výroby). Forma řešení závisí na charakteru poruchy a závažnosti.

Tyto informace slouží jako podklad pro rozhodování (prioritizaci) a podporu řešení, kterým se oblast spolehlivosti zabývá v Bad Actors.

Obrázek č. 7 Ukázka sledovaných KPI v rámci dostupnosti výroby



3.4 Analýzy spolehlivosti zařízení

Analýza spolehlivosti zařízení je posouzení daného problému (situace) a to podle zkoumaného cíle.

Tyto analýzy se využívají převážně k hodnocení daného problému z širšího pohledu, a to převážně ze dvou hledisek:

- 1) Analýza spolehlivosti po opakujících poruchách na výrobní jednotce nebo technologického (výrobního) celku
- 2) Analýza spolehlivosti zařízení z pohledu zvýšení výroby (vytipování úzkých míst, které mohou mít vliv při navyšování/intenzifikaci výroby)

Výstupem analýzy je souhrnná zpráva, kde závěry se následně zaznamenají do databáze Bad Actors a sleduje se progres řešení.

4 Závěr

Struktura a robustnost procesů řízení spolehlivosti ve výrobním průmyslu vždy závisí na několika faktorech, které se týkají převážně zaměřením dané výrobní společnosti, velikostí, personální strukturou a cíli vlastníků.

Nedílnou součástí rozvoje těchto procesů je podpora nejvyššího vedení, respektive i rámcová znalost problematiky spolehlivosti, protože bez správných rozhodnutí v této oblasti nelze dosahovat stanovených cílů, které si společnost určuje.

Čím složitější personální struktura a unikátnost výrobního zařízení, tím komplikovanější je prosazování a aplikace nástrojů spolehlivosti, nicméně je to závislé i na dalších okolnostech, které mohou mít dominantní vliv na správné fungování procesů spolehlivosti.

Každá výrobní společnost v detailu přistupuje k řízení spolehlivosti odlišně, nicméně základní proces zajištění spolehlivosti bude stejný a odlišnosti budou z důvodů rozdílných procesů zajištění údržby, výroby či finančních a nákupních postupů.

Použité zdroje

Interní směrnice a metodiky Unipetrol RPA

Spolehlivost výrobní jednotky „Zplyňování mazutu“ v Unipetrolu RPA, s.r.o.

René Kročil

Inženýr spolehlivosti

Záluží 1, 436 70 Litvínov

e-mail: rene.krocil@nipetrol.cz, www.unipetrolrpa.cz

Anotace

V tomto příspěvku bude představena jedna z výroben UniRPA. Konkrétně budou představeny reaktory SHELL na výrobně ZM a jejich spolehlivost. Reaktorem není myšlena jedna samostatná nádoba, ale celá reaktorová řada (soubor zařízení nutných pro provoz reaktoru SHELL). Poruchy je nutné trvale sledovat a vyhodnocovat pro jejich různorodost a měnící se četnost. Dále představíme praktické nástroje pro spolehlivost využívané v UniRPA.

1 Úvod - Základní informace o výrobně ZM (Zplyňování mazutu)

Spuštění výrobní ZM proběhlo v roce 1970 a některé části jsou původní. Technologie výrobní ZM slouží k výrobě syntézního plynu parciální oxidací (stechiometrický nedostatek kyslíku) ropných zbytků dodávaných z Rafinerie OZ (visbreakingového zbytku, vakuového zbytku, černého destilátu kyslíkem za přídavku páry. Dalšími technologickými postupy (vypírky, konverze, metanizace) se ze syntézního plynu získává čistý vodík, který je přes výrobní KaDP (komprese vodíku) distribuován dalším odběratelům (na výrobní čpavku, pro hydrogenační procesy na Rafinerii OZ).

Malá část vyrobeného vodíku je přepouštěna z KaDP na soubor PSA, který náleží ZM, a zde je adsorpčním čištěním na molekulových sítích získáván vysoce čistý vodík. Tento vodík je veden na AP, kde je využíván pro plnění bateriových vozů a jako surovina pro argonovou jednotku. V případě výpadku PSA na JPCH je záložním dodavatelem čistého vodíku právě PSA na výrobně ZM.

Dalšími produkty jsou sirovodíkový plyn GS na výrobu síry prostřednictvím Clausovy jednotky (Rafinerie OZ) a GKT (CO₂), který je přes st. 1535 (KaDP) distribuován na Linde Gas, a.s.

Vedlejšími produkty procesu výroby vodíku jsou sazová voda FWK z DPS 200 (Zplynění Shell), která je částečně distribuována na výrobu Chezacarbu a odplyny z DPS 600 a PSA, které jsou vedeny přes MSP 315 do závodní sítě topného plynu.

Přehled zařízení:

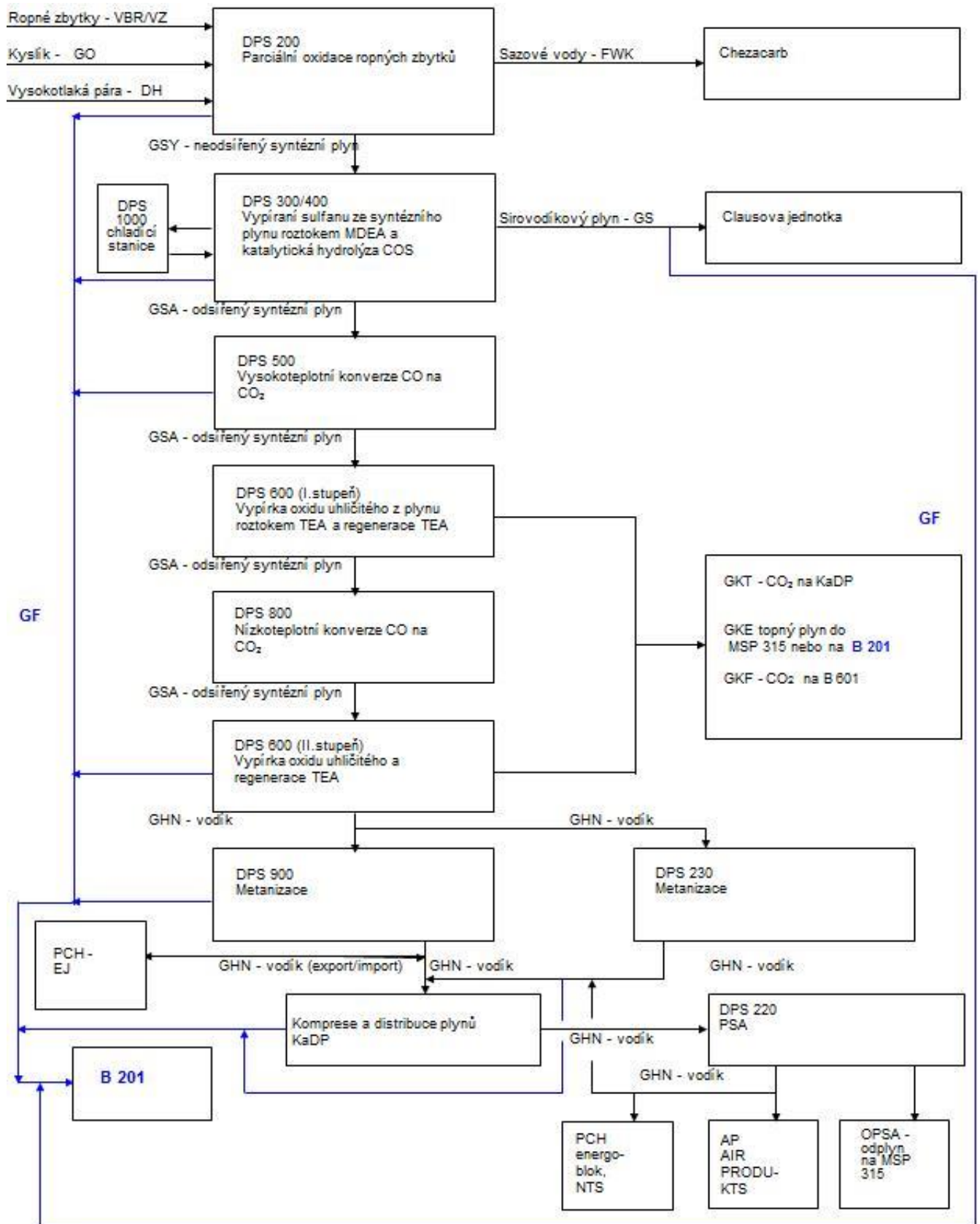
Čerpadla – 153 ks

TNS (Tlaková nádoba stabilní dle N 11005, ČSN 690010) – 334 ks

Potrubní řády – 190 ks

Pojistné ventily – 195 ks

Obr. 1: Blokové schéma výrobní ZM, Unipetrol RPA, s.r.o.:



2 Zplyňovací reaktory SHELL na DPS 200 ve Výrobně ZM

Popis zařízení a vysvětlení pojmů:

Na výrobně POX je instalováno 6 reaktorů.

Reaktorem není myšlena 1 samostatná nádoba, ale celá reaktorová řada, která se skládá:

- 13 ks TNS = Tlakové nádoby stabilní
- 27 ks Druhů potrubí (médii)
- 21 ks Pojistných ventilů
- 135 ks položek MaR (měření, regulační členy)

Jednotka zplynění Shell na DPS 200 se skládá z šesti reaktorů, které jsou uspořádány do tří sekcí po dvou reaktorech.

Visbrake, vakuový zbytek, nebo černý destilát (dále jen surovina) je přiváděna z okružního potrubí OP I, II do sací strany pístových čerpadel P-211 a po přehřátí vysokotlakou parou ve výměníku E-212 je pod tlakem nastříkována do horní části reaktoru Shell. V případě reaktorů na I. sekci dochází k dokonalému rozprášení suroviny v provozní trysce, která je zabudována v hořákové hlavě reaktoru. Současně je kolem trysky přivedena do reaktoru přehřátá kyslíko-panní směs. Na II a III. sekci jsou nainstalovány tzv. co-annulární hořáky, kde je středovým kanálem přivedena surovina. Kyslíko-panní směs a vysokotlaká pára jsou přivedeny samostatnými kanály.

Parciální reakce probíhají v reaktorech při teplotě 1290-1400 °C a za tlaku cca 3,5 MPa. Zjevného tepla vyrobeného plynu se využívá k výrobě páry ve výteplném kotli E-213, který je zařazen bezprostředně za reaktorem. Zde se plyn ochladí na 260 - 300 °C.

Protože vyrobený plyn obsahuje saze (ty obsahují těžké kovy), je po výstupu z kotle veden do vstřikovacího chladiče V-210, kde se z něho pomocí vody nebo recyklované kyanidové odpadní vody tyto saze vyperou a přitom se plyn ochladí na 120 - 140 °C.

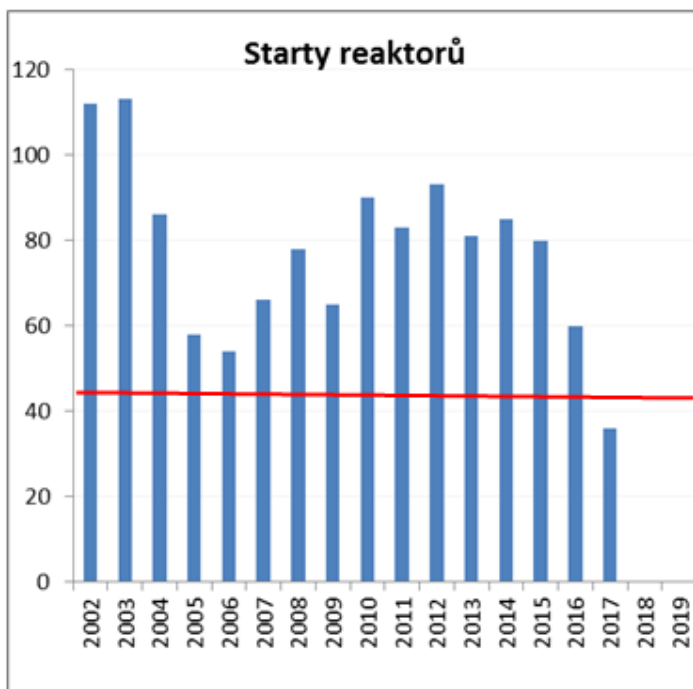
Po oddělení sazové vody v odlučovači V-211 je plyn veden do spodní části kolony C-211, kde se dále ochlazuje zkrápěním vodou na teplotu cca 50 °C a přitom se z něho vyperou zbytky sazí, část kyanovodíku a čpavku. V horní části kolony je plyn zkrápěn chlazenou měkkou nebo čerstvou vodou. Tím se z něho vypere kyanovodík, část sirovodíku a plyn se ochladí až na teplotu 18 - 23 °C, po výstupu z kolony C-211 je plyn odváděn do provozního souboru DPS 300. Sazová voda oddělená od plynu v odlučovači V-211 je tlakem plynu v systému dopravována do kolony C-251, kde se uvolní na tlak faklového systému, který je cca 2 - 5 kPa. Další možná cesta sazové vody (FWK) je odkloněním na výrobu Chezacarbu. Tam je možné dopravovat FWK i z tanku T-252 pomocí čerpadel P-107. Sazovou vodu při její dopravě na výrobu Chezacarbu je možné podrobit oxidaci. To je možné pouze při dopravě pomocí čerpadel P-107 A, B z důvodu stabilního tlaku dopravovaného média.

Vysokotlaká pára vyrobená v kotli na odpadní teplo se používá ve zplynění Shell jednak na ohřev suroviny a kyslíku a jednak ve vlastním zplyňovacím procesu. Dále se vysokotlaká pára používá na vysokoteplotní a nízkoteplotní konverzi, pro pohon parních turbín X-206.

Celá výroba Zplyňování mazutu je napojena na systém polního hořáku B 201, kde jsou spalovány odplyny při najíždění nebo sjíždění výrobní a rovněž při havarijním odtlakování zařízení. Spalovací pochodeň je opatřena třemi hořáky stálého plamene.

Obr. 2: Statistická data – makropohled – Starty reaktorů

Rok	Počet startů reaktorů						Celk.
	R 1	R 2	R 3	R 4	R 5	R 6	
2002	17	19	14	17	22	23	112
2003	16	10	26	21	21	19	113
2004	18	12	19	8	12	17	86
2005	10	6	11	9	12	10	58
2006	8	12	9	8	10	7	54
2007	10	10	12	10	13	11	66
2008	13	14	11	13	17	10	78
2009	5	11	13	14	12	10	65
2010	12	14	16	19	16	13	90
2011	13	15	16	11	16	12	83
2012	13	17	17	11	21	14	93
2013	22	13	9	15	9	13	81
2014	11	13	16	14	15	16	85
2015	10	13	17	12	8	20	80
2016	10	8	17	4	13	8	60
2017	4	5	9	4	7	7	36
2018	0	0	0	0	0	0	0
2019	0	0	0	0	0	0	0
Celkem	188	187	223	186	217	203	1204



Firma SHELL doporučuje = 44 startů pro 6 ks reaktorů za 1 rok.

Obr. 3: Odstavení reaktorů

Odstavení z důvodu události		
Rok	provozní	údržba
2012	24	69
2013	22	60
2014	31	54
2015	25	55
2016	15	44
2017	11	25
Celkem	128	307

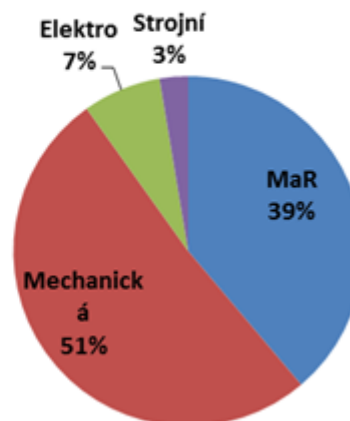
Odstavení z důvodu události



Obr. 4: Odstavení reaktorů – rozdělení dle druhu údržby

Odstavení z důvodu údržby:

Rok	MaR	Mechanická	Elektro	Strojní
2012	26	38	3	2
2013	19	37	3	1
2014	26	24	4	0
2015	24	27	0	3
2016	13	19	12	0
2017	10	11	0	2
Celkem	118	156	22	8

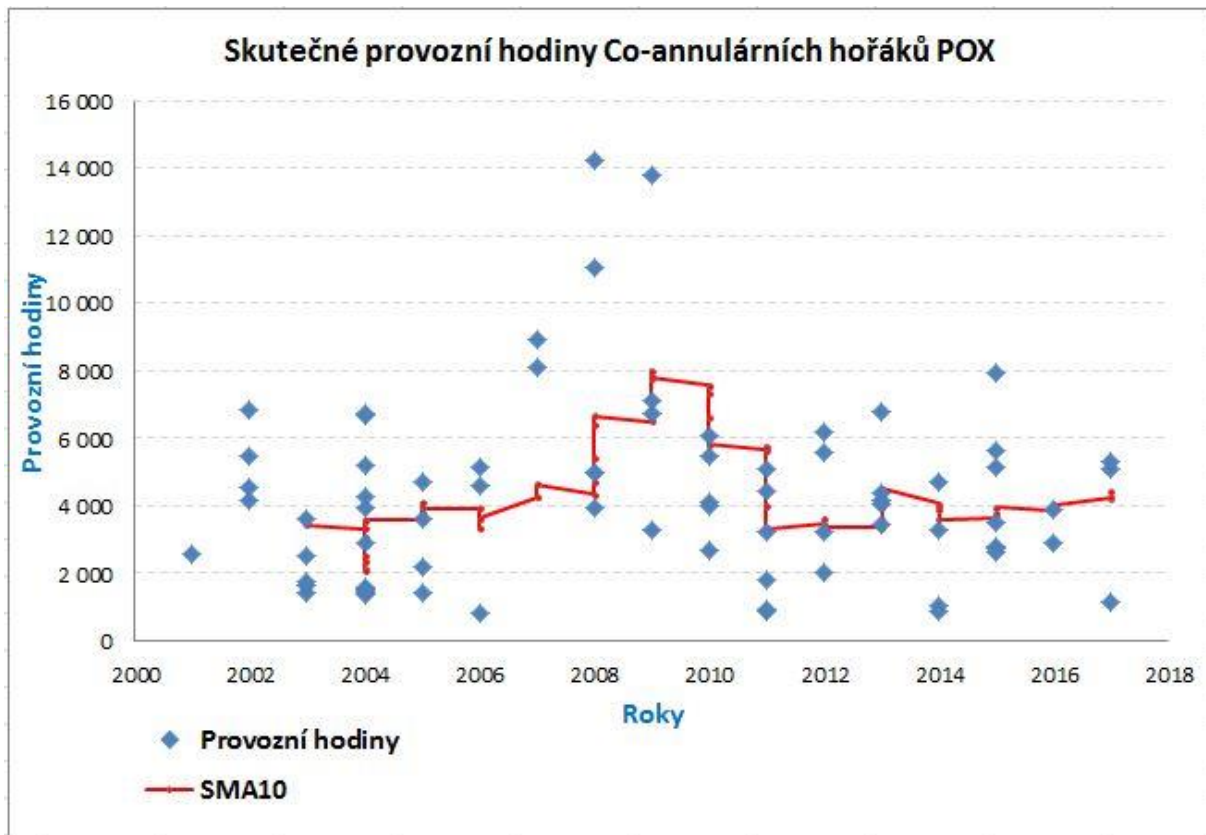


3 Co-annulární hořáky instalované na reaktorech č. 3 - 6

Jednou z pravidelných poruch je porucha co-annulárního hořáku.

Konstrukce hořáku je velmi specifická. Jeho ústí je tvořeno soustavou sousých břitů ve tvaru komolých kuželů, které usměrňují proudy příslušných médií. Konstrukce ústí a rozdělení médií do jednotlivých částí je patrná z obrázků. Do hořáku se přivádí surovina ohřátá na takovou teplotu, aby se její viskozita pohybovala do 450 cSt. Dále se do hořáku přivádí kyslík a pára o tlaku 4,04 MPa, které se spolu směšují a vzniklá směs se rozděluje do tří výstupních průřezů. Vnější mezikruží vystupuje samotná obalová pára o tlaku 4,06 MPa. Během provozu dochází k opalování břitů hořáku. Po dosažení určitého úbytku musí být hořák odstaven a břity vyměněny. Současná perioda jejich výměny je velmi proměnlivá. K opalování dochází především na druhém a třetím břitu, tedy po obvodu průřezů pro přívod suroviny. Opalování je buď rovnoměrné, nebo k němu dochází ve větší míře lokálně. Příčinu rovnoměrného opalování břitů se nepodařilo jednoznačně identifikovat. Domníváme se, že není způsobena zpětným přívodem sálavého tepla z prostoru plamene, tudíž nesouvisí se způsobem jeho provozování. Nejspíše je způsobena ulpíváním suroviny na břitech a jejím následným odhoříváním, ke kterému může docházet jak při najíždění, tak při běžném provozu nebo odstavování. Pokud by k němu docházelo při najíždění nebo odstavování, měla by míra opalu jednoznačně souviset s počtem startů reaktoru, a pak by ji bylo možné řešit změnou režimu najíždění a odstavování. Vznik opalu je třeba provozně dále zkoumat především ve vztahu k provozu hořáku a snažit se jej vyhodnocovat průběžně. Jasnou souvislost je třeba vidět mezi poměrem výtokových rychlostí kyslíko-parní směsi z jednotlivých výstupů a kvalitou atomizace suroviny, která bude dále ovlivňovat průběh jejího spalování, délku plamene a celkové proudění v reaktoru.

Obr. 7: Provozní hodiny Co-annulárních hořáků



4 Nástroj pro spolehlivost v UniRPA – Proces Bad Actors (BA)

Proces Bad Actors by měl vyhledávat a upozorňovat na technologické zařízení, procedury, činnosti, systémy (dále jen zařízení) jejichž provozní spolehlivost je nižší, než jejich spolehlivost očekávaná (plánovaná) a systémově napomáhat ke zvýšení spolehlivosti těchto zařízení. Úlohou procesu BA podchytit poruchy (hrozby), které mají vliv na výrobu, mají vysokou pravděpodobnost opakování či předcházet těmto poruchám příslušnými činnostmi.

Do databáze BA se sledované zařízení (položka) zadá několika způsoby, a to:

- Z měsíčního reportu ze SAPu (záznamy z hlášení o poruchách). Reporty se probírají na Reliability Committee pro každou výrobní jednotku a po dohodě provozu a údržby se zadává do databáze BA.
- Z výsledků zpráv mimořádných událostí (týká se pouze závažných poruch zařízení a nápravných akcí údržby). Úkoly údržby vyplývající ze zprávy se automaticky zařazují do databáze BA.
- Z požadavku provozovatele či udržovatele daného zařízení. Zařízení, které vykazuje vysokou poruchovost, vysoké náklady na údržbu či je dlouhodobě problémové. Většinou je jedná o podporu v řešení v multiprofesním týmu.
- Z analýzy RCA.
- Ze studií a analýz spolehlivosti.

Každý měsíc jsou plánovány schůzky RC (Reliability Committee) s každou výrobní jednotkou, kde se probírají jednotlivé nápravné akce a sleduje se proces řešení. Prioritně se komentují položky tzv. TOP 10 Bad Actors každého výrobního týmu, což jsou nejvýznamnější Bad Actors z pohledu kritičnosti či možné hrozby, který může mít vliv na dostupnost výrobní jednotky (zařízení).

Obr. 8: Postup řešení hrozby či impulsu spolehlivosti



Obr. 9: Ukázka z databáze Bad Actors - seznam

Poř. č.	Výrobná	Výrobné	Č. zařízení	Popis zařízení	Autor požadavku	Vyčíslení ztrát z nevýroby	RCA/MiÚ/SP	RAM	Status	TOP 10	TOP 10
153	CHZC	POX	S 201 A	S 201 A - sušárna	R. Kročil	-	-	12	V řešení		
154	KaDP	NH3	Chladiče TBK H2	Chladiče - kompresory vodíku	R. Kročil	-	-	12	V řešení	ANO	ANO
155	T 700	JESL	20	Parní kotel	J. Dvořák		MÚ	3	V řešení		
156	T 700	JESL	13-20	ložiskové domky mlynů	J. Dvořák			4	V řešení		
157	NH3	NH3	R 301 A	Požár na R 301 A	R. Kročil		MÚ	3	Sledování		
158	T 700	JESL	TTV 1, 2	turbotahový ventilátor	J. Dvořák			4	V řešení		
159	CHZC	POX	Z 202 B1	Požár vibrač. síta Z 202 B1	R. Kročil		MÚ	3	V řešení		
160	T 700	JESL	12	turbogenerátor	J. Dvořák			2	V řešení		
161	PE2	PE2	M 7001	Granulační linka Farrel	K.Hák			12	Ukončeno		
162	CHZC	POX	Potrubí CHZC	Potrubí CHZC	R. Kročil			15	V řešení		
163	EJ	EJ	K2	Kotel K2	V. Havlů		RCA	4	V řešení		
164	PP	PP	HIMA	Havarijní bezpečnostní systém	K.Hák				Založeno		
165	PE1	PE1	WP-C	Udržení černé linky	K.Hák				Založeno		

Obr. 10: Ukázka z databáze Bad Actors – konkrétní příklad čerpadel P 504, P 505

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
53			Zpět na Seznam												
1. Zadání do seznamu BA															
Pořadové číslo	Výrobna	Číslo zařízení	Popis zařízení	Technické místo	Datum vložení	Frekvence selhání [počet/rok]	Autor požadavku								
53	POX	P 504, P 505	Čerpadla čpavk. vody a NaOH		29.7.2015	> 10x / 1 rok (součet obou čerpadel)	R. Kročil								
Popis problému			Možná příčina			Možné následky									
2 problémy - netěsnosti ucpávek + čerpadlo nedávkuje (zanesení písktu).			Vhodnost kvality ucpávky? Zanesení ventilu médiem - pouze v totální zarážce! Provádějte pravidelně každou totální zarážku!			Nemožnost dávkování NH3 vody a NaOH.									
2. Zařazení do skupin															
Vyčištění ztráty z nevýroby	Náklady na uvedení do původního	RAM													
-	-	10													
3. Řešení problému - AKCE															
Číslo akce	Termín zadání úkolu	Popis akce			Nositel akce	Požadovaný termín splnění	Poznámky				Splněno dne	Status			
1	29.7.2015	Zpracovat statistiku poruch za 1 rok nazpět.			R. Kročil	15.9.2015	Odkaz zde: P 504_P 505 opravy.xlsx				7.9.2015	Ukončeno			
2	29.7.2015	V 502 - zásobník NH3 vody + NaOH - jedná se o zásobník uvnitř rozdělený na půl. Tato nádrž lze vyčistit pouze o totální zarážku! Provádějte pravidelně každou totální zarážku!			J. Stádník, J. Vencel	15.9.2015	Zaneseno do plánu zarážky TA 2016.				5.8.2015	Ukončeno			
3	29.7.2015	Prověření možnosti jiného konstrukčního provedení - bezucpávkový systém, membránové provedení ??			J. Krejčík, V. Táborský	15.9.2015	Řešení - pouze nákup nového stroje.				#####	Ukončeno			
4	6.1.2016	Poptat dodavatele - zjištění ceny 1 ks stroje.			J. Krejčík, V. Táborský	30.1.2016	Nové čerpadlo = 1 ks = 332.900,-CZK + oca 50 000,-CZK na úpravu základu a potrubí. Nabídka v příloze zde: Nabídka_P504_P505.pdf				#####	Ukončeno			
5	2.2.2016	Vyčistit potřebné náklady na obměnu všech čerpadel P 504, P 505.			R. Kročil, J. Krejčík	28.2.2016	Máme celkem 8 ks čerpadel (bez rezervy !). Potřeba 8 ks nových čerpadel. Náklady na 8 ks čerpadel oca: 382.900,- x 8 ks = 3.063.200,- CZK				8.2.2016	Ukončeno			
6	2.2.2016	Prověřit dostupnost ND na původní čerpadla. Zjištění, jestli lze nadále udržovat s dlouhodobým výhledem.			J. Krejčík, V. Táborský	30.7.2016	Poptán 2x dodavatel ND. Nejsou již dostupné jednotlivé ND, ale pouze sady ND, které jsou výrazně dražší. Detail vyjádření zde: Fa MUTE dodavatel				#####	Ukončeno			
7	2.2.2016	Vyčištění nákladovosti oprav a materiálu na všech P 504, P 505 za oca 2 roky.			J. Krejčík, V. Táborský	30.6.2016	V poznámce dole je detail. Náklady na údržbu: Od 6/2014 do 5/2015 = 235.916,- CZK (45 oprav) Od 6/2015 do 5/2016 = 273.809,- CZK (36 oprav)				#####	Ukončeno			
Navržený postup:															

5 Mimořádné události (MU)

Jedním z nástrojů pro zvýšení spolehlivosti jsou přijatá nápravná opatření vzniklá z vyšetřování příčin mimořádných událostí. Celý proces MU v rámci UniRPA řeší samostatná směrnice č. 432. Směrnice stanovuje jednotné zásady a postupy po vzniku mimořádné události, zejména oznamování, řešení, vyšetřování příčin, evidenci a dokumentování.

Příklad mimořádné události: Požár komory výměníku E 502 B spodní na DPS 500 ve výrobě POX dne 22.8.2015 (jedná se pouze o výtah závěrečné zprávy o MU)

5.1 Popis technologického zařízení

Na jednotce POX jsou dva identické soubory DPS 500 (A a B) – vysokoteplotní konverze. Požár vznikl na lince B.

Syntézní plyn přicházející z DPS 300, označený jako GSA a dále nazývaný jen plyn, vstupuje při teplotě 20-40 °C do sytiče I. st. kolony C-501. V sytiči I. st. kolony C-501 se vede plyn v protiproudu k horkému okružnímu kondenzátu. Přitom se plyn ohřeje na teplotu 130-142 °C a nasytí se vodní parou. Ze sytiče I. st. postupuje plyn do sytiče II. st. kolony C-502, kde se opět v protiproudu k horkému kondenzátu ohřeje na 180-195 °C a nasytí vodní parou. Na uvedené kolonu je napojen míšič Z-501, ve kterém se plyn mísí s přehřátou párou přehřátou ve výměníku tepla na teplotu 400-460 °C. Množství DH je regulováno RV 6FC 5*07. DH se

přidává pro dosažení potřebného poměru D/G pára/plyn. Po smísení je teplota plynu 230 – 245°C.

Vlhký plyn se ve výměnících E 502 ohřeje protiproudě plynem z R 501 na potřebnou vstupní teplotu 280 – 330°C, regulovanou na obvodu E 502 reg. obvodem TC 5*03 do R 501. V reaktoru R-501 (první konverzní stupeň) se plyn konvertuje do zbytkového obsahu CO v plynu do 7,7 - 8,8 obj. %. Exotermní reakcí dochází k ohřátí plynu na teplotu cca. 500°C. Při překročení výstupní teploty z R 501 (510°C) je možné samostatným potrubím přidávat DH k ochlazení výstupního potrubí. Na výstupu plynu z reaktoru R 501 je zabudován TIAH 5*10, který signalizuje maximální teplotu plynu.

Po výstupu z reaktoru R 501 se vede plyn do výměníků E 501. Zde se předává část tepla k přehřátí technologické páry. Plyn se při tom ochladí na cca 440 °C a pak proudí do výměníků tepla E-502, kde dochází k dalšímu ochlazení na teplotu potřebnou pro reaktor R-502, cca 345-365 °C.

Plyn zkonvertovaný v R 502 na zbytkový obsah CO 4% mol. vystupuje s teplotou 378-398 °C a proudí výměníkem E 504, kde dochází k ochlazení plynu na teplotu cca 210 - 230°C a vede se do kolony C 501. Plyn se ochladí v chladiči kolony C 501 okružním kondenzátem a vede se do souboru DPS 600 (CO₂ pračky) s teplotou 77 - 85°C.

Při provozních poruchách se udržování tlaku provádí faklovacím reg. 6PCAL5108. Celková doba odtlakování v případě nehavarijního odstavení souboru je 4 hodiny. Při havarijním stavu je možné jednotku odtlakovat velmi rychle v řádu několika minut a tím minimalizovat další možné škody.

5.2 Průběh mimořádné události

Dne 22. 8. 2015, cca. 23:29 hod byl zaznamenán nadměrný hluk. V krátkém okamžiku hlásila venkovní obsluha (p. xxxx) požár výměníku E 502 B. Mistr II. úseku (p. yyyy) na základě zjištění, že porucha a požár jsou velkého rozsahu (pozorován cca. 2m plamen), vydal pokyn k havarijnímu odstavení DPS 500 B pro velín a obsluhu. Zároveň byl mistrem přivolán HZSP Unipetrolu RPA.

Na základě pokynu bylo ve 23:30 zahájeno odstavování DPS 500 B. V souladu s provozním předpisem P-1216 byl uzavřen vstup a výstup do DPS 500 B (23:30:14) a zahájeno odtlakování DPS 500 B na polní hořák. Odtlakování bylo zahájeno ve 23:31:52 přepnutím ventilu na polní hořák do manuálního stavu a jeho otevření na max. V průběhu odtlakování a dosažení tlaku cca. 1 MPa zástupce mistra (p. zzzz) nastavil a pustil do souboru dusík pro inertizaci souboru. Dle provozního předpisu byla do souboru vedena technologická pára 5 t/hod.

Tato opatření se projevila snížením hluku a postupným uhasínáním plamene. Z těchto důvodů bylo rozhodnuto o snížení rychlosti odtlakování z důvodu ochrany katalyzátoru v reaktorech R 501 a R 502. Z tohoto důvodu byl manuálně přivřen ventil na polní hořák a nastaveno standardní havarijní odtlakování. Takto byla jednotka definitivně odtlakována. Po dalším snižování tlaku v systému plamen zcela zhasl.

HZSP po příjezdu kontroloval a zajišťoval prostor kolem požáru a setrval do úplného uhašení E 502B a odtlakování DPS 500 B. K samotnému hašení nedošlo po domluvě s pracovníky jednotky.

5.3 Stanovení nejpravděpodobnější příčiny události

1. Příčinou požáru byla netěsnost na výměníku E-502 B spodní. Tato netěsnost byla s největší pravděpodobností způsobena důsledkem roztěsnění vlivem nestandardního provozu v předchozím období (13. 8. 2015 – 22. 8. 2015, MU na EJ, výpadek zelené barvy s následkem totálního odstavení jednotek, razantní změny v zatížení jednotky POX). Netěsnost spojů způsobila únik plynu s následkem vzniku požáru. Přestože byly prováděny pravidelné kontroly obsluhou, žádný únik nebyl v předchozím období diagnostikován.
2. Finální příčinou vzniku netěsnosti bylo velmi pravděpodobně zvyšování zatížení jednotky, které začalo postupně dle plánu cca. 10 hodin před vznikem MU.
3. Ve smyslu Metodiky se jedná o mimořádnou událost pod označením P2 – Technická závada; P29 - vznik netěsnosti vlivem výrazných výkyvů v zatížení jednotky, které bylo způsobeno dalšími MU v Chemparku Záluží. Vzplanutí unikajícího plynu je v takových případech normální.
4. Vzhledem k současnému stavu svorníků nelze stanovit, zda provedení spoje mohlo spolupůsobit na jeho roztěsnění.
5. Následkem nezbytného rychlého odtlakování DPS 500B došlo k mechanické destrukci katalyzátoru v reaktoru R-502. Po zvážení rizik bylo rozhodnuto o výměně katalyzátoru v obou reaktorech.
6. Ve smyslu Metodiky se jedná o následnou mimořádnou událost pod označením H5 – vliv ostatní; H52 – požár jiného zařízení (E-502 B spodní).

5.4 Návrhy na opatření

1. Seznámit zaměstnance Jednotky Agro se zprávou o MU s důrazem na důslednost v pravidelném monitoringu stavu zařízení především v období nestabilního provozu.
2. Zodpovídá: xxxxxx, Termín: 30. 9. 2015
3. Zadání problematiky těsnosti výměníku E 502 do databáze „Bad Actors“ a zahájení řešení s příslušnými technickými zaměstnanci. V rámci řešení těsnosti výměníku je nezbytné např. provést kompletní pevnostní přepočty spojů výměníku, případně navrhnout nové výměníky. Pozn. je nezbytné příslušné závěry poté aplikovat na další podobné nádoby se zvýšeným rizikem tvorby netěsností v průběhu nestabilního provozu.
4. Zodpovídá: xxxxxx, Termín: 30. 9. 2015
5. Při komplementaci výměníků je doporučeno pro jeden výměník použít spojovací svorníky od jednoho výrobce.
6. Zodpovídá: xxxxxx, Termín: 30. 9. 2015
7. Připravit interní studii s cílem definovat stav katalyzátoru v jednotlivých vrstvách reaktorů R-501 a R-502 po rychlém odstavení jednotky. Výsledky budou v budoucnu sloužit jako podklad pro rozhodování o výměně katalyzátoru.
8. Zodpovídá: xxxxxx, Termín: 30. 11. 2015
9. Provéřit technické a technologické možnosti odtlakování DPS 500 v havarijních stavech (které je zaměřeno na bezpečnost provozu) s cílem definovat opatření, jak ochránit katalyzátory v reaktorech R-501 a R-502 s dodržáním všech bezpečnostních postupů. V nezbytném případě řešit externí studii.
10. Zodpovídá: xxxxxx, Termín: 31. 3. 2016



6 Závěr

V příspěvku byla představena jedna z výroben UniRPA, a to Výrobna zplyňování mazutu se zaměřením na zplyňovací reaktory SHELL. Byly představeny některé nástroje podporující zviditelnění problémových zařízení s cílem zvýšení jejich spolehlivosti.

Některá data a jména nesouvisející s tématem příspěvku byla záměrně nezveřejněna.

Použitá literatura

- [1] HP-1006: Havarijní plán výroby Zplyňování mazutu, 2016.
- [2] TR 2/01: Technologický reglement pro první úsek výroby Zplyňování mazutu, 2016.
- [3] Výzkumná zpráva Z 546/2003, Ústav mechaniky tekutin a energetiky, Fakulta strojní ČVUT v Praze, Doc. Ing. František Hrdlička, CSc., Ing. Tomáš Dlouhý, CSc.
- [4] Ostatní interní dokumenty společnosti – Unipetrol RPA, s.r.o.

Kontakt

René Kročil

Unipetrol RPA, s.r.o.

Tel.: +420 476 162 262, E-mail: rene.krocil@unipetrol.cz



ISBN 978-80-02-02748-5

Aplikované procesy a nástroje spolehlivosti v praxi

Sborník přednášek

kolektiv autorů

1. vydání

rok vydání 2017, Česká společnost pro jakost

vazba brožovaná, 39 stran