



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ÚSTAV VÝROBNÍCH STROJŮ, SYSTÉMŮ A ROBOTIKY

INSTITUTE OF PRODUCTION MACHINES, SYSTEMS AND ROBOTICS

AUDIT MANAGEMENTU STÁRNUTÍ V PROVOZECH S NEBEZPEČÍM ZÁVAŽNÉ HAVÁRIE

AUDIT OF AGEING MANAGEMENT IN PLANTS AT MAJOR ACCIDENT HAZARD

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Bára Juráňová

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Luboš Kotek, Ph.D.

BRNO 2022

Zadání diplomové práce

Ústav:	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky
Studentka:	Bc. Bára Juráňová
Studijní program:	Kvalita, spolehlivost a bezpečnost
Studijní obor:	bez specializace
Vedoucí práce:	Ing. Luboš Kotek, Ph.D.
Akademický rok:	2021/22

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma diplomové práce:

Audit managementu stárnutí v provozech s nebezpečím závažné havárie

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Problematika kontroly managementu stárnutí spočívá v nalezení rychlého způsobu vyhodnocení mnoha parametrů zařízení s ohledem na stav a parametry zařízení. Auditóři v průběhu auditu nemohou proniknout do podrobností hodnocení, a proto musí rychle vyhodnotit, zda jsou plány a techniky v souladu s různými zavedenými mechanismy stárnutí a se zjištěnými podmínkami.

Cíle diplomové práce:

Popis současného stavu vědy a techniky u problematiky auditu managementu stárnutí s ohledem na rizika výrobních zařízení.

Systémový rozbor řešené problematiky.

Návrh metodiky auditu pro vybraný podnik.

Realizace auditu managementu stárnutí a vyhodnocení auditu.

Vlastní závěry a doporučení pro další rozvoj řešené problematiky.

Seznam doporučené literatury:

Organisation for Economic Cooperation and Development OECD (2017). Ageing of Hazardous Installations. OECD Environment, Health and Safety Publications - Series on Chemical Accidents (2017).

HORROCKS, P., D. MANSFIELD, J. THOMPSON, K. PARKER a P. WINTER. Plant Ageing Study: Phase 1 Report. Warrington, UK: HSE, 2010.

SKŘEHOT, Petr a Jan BUMBA. Prevence nehod a havárií. Praha: Výzkumný ústav bezpečnosti práce, 2009. ISBN 978-80-86973-73-9.

Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2021/22

V Brně, dne

L. S.

doc. Ing. Petr Blecha, Ph.D.
ředitel ústavu

doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.
děkan fakulty

ABSTRAKT

Tato diplomová práce je zaměřena na zvýšení povědomí o fenoménu stárnutí zařízení. Cílem bylo provést analýzu současného stavu poznání a vytvořit metodu auditu managementu stárnutí pro Českou republiku. Metoda byla aplikována ve společnosti sídlící ve Zlínském kraji. V závěru práce jsou formulovány konkrétní opatření, kterým by měla společnost věnovat pozornost.

ABSTRACT

This diploma thesis is focused on raising awareness of the phenomenon of ageing equipment. The aim was to analyse the current state of knowledge and to develop an ageing management audit method for the Czech Republic. The method was applied in a company located in the Zlín region. In the conclusion of the thesis, specific measures are formulated that the company should pay attention to.

KLÍČOVÁ SLOVA

Stárnutí zařízení, audit řízení bezpečnosti, management stárnutí, management rizik, zastarávání

KEYWORDS

Ageing plant, safety management audit, ageing management, risk management, obsolescence

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

JURÁŇOVÁ, Bára. Audit managementu stárnutí v provozech s nebezpečím závažné havárie [online]. Brno, 2022 [cit. 2022-05-20]. Dostupné z: <https://www.vutbr.cz/studenti/zav-prace/detail/140326>. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky. Vedoucí práce Luboš Kotek.

PODĚKOVÁNÍ

Ráda bych poděkovala Ing. Luboši Kotkovi, Ph.D. za cenné rady, připomínky, trpělivost a odborné vedení při zpracování diplomové práce. Velké poděkování patří také mé rodině a nejbližším, kteří mě podporovali po celou dobu studia.

ČESTNÉ PROHLÁŠ ENÍ

Prohlašuji, že tato práce je mým původním dílem, zpracovala jsem ji samostatně pod vedením Ing. Luboše Kotka, Ph.D. a s použitím literatury uvedené v seznamu.

V Brně dne 20. 5. 2022

.....

Bára Juráňová

OBSAH

1	ÚVOD	15
2	SOUČASNÝ STAV POZNÁNÍ	17
2.1	Havárie	17
2.1.1	Hodnocení havárií	17
2.1.2	Databáze havárií	18
2.2	Stárnutí zařízení	18
2.3	Faktory stárnutí	19
2.4	Degradace materiálu vlivem stárnutí	20
2.4.1	Koroze	20
2.4.2	Únava, opotřebení a vibrace	21
2.4.3	Eroze	21
2.4.4	Zastarávání	21
2.5	Vhodná nápravná opatření	21
2.6	Právní úprava Evropské unie	22
2.7	Přístup zemí k problematice stárnutí	23
2.7.1	Spojené království	23
2.7.2	Francie	24
2.7.3	Itálie	24
2.7.4	Nizozemsko	26
2.7.5	Maďarsko	26
2.8	Havárie spojené se stárnutím	28
2.8.1	Analýza příčin nehod	34
2.9	Audit fenoménu stárnutí	36
2.9.1	Druhy auditu	37
2.9.2	Program auditu	37
2.9.3	Postup auditu	38
3	SYSTÉMOVÝ ROZBOR PROBLEMATIKY	41
3.1	SMART analýza	42
3.2	Systémový přístup v PDCA cyklu	42
4	NÁVRH METODIKY AUDITU	45
4.1	Srovnání metod užívaných v zahraničí	45
4.2	Návrh metodiky pro hodnocení stavu zařízení v ČR	45
4.2.1	Negativní faktory	47
4.2.2	Pozitivní faktory	51
4.2.3	Vyhodnocení stavu zařízení	56
5	AUDIT FENOMENU STÁRNUTÍ VE VYBRANÉ SPOLEČNOSTI	59
5.1	Představení společnosti	59
5.2	Analyzovaná zařízení	60
5.2.1	Míchačka	60
5.2.2	Lis	61
5.2.3	Reaktor	62
5.3	Audit stárnutí	62
5.3.1	Míchačka	62
5.3.2	Lis	67
5.3.3	Reaktor	71

5.4	Navržená opatření	76
5.4.1	Míchačka	76
5.4.2	Lis	76
5.4.3	Reaktor.....	77
6	ZÁVĚR.....	79
7	SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	81
8	SEZNAM TABULEK, OBRÁZKŮ, GRAFŮ, VELIČIN A ZKRATEK.....	85
8.1	Seznam tabulek.....	85
8.2	Seznam obrázků.....	85
8.3	Seznam grafů	86
8.4	Seznam veličin.....	86
8.5	Seznam zkratek	86
9	SEZNAM PŘÍLOH.....	87

1 ÚVOD

Stárnutí jako fenomén, který zvyšuje pravděpodobnost nehody u technických a sociotechnických systémů, není záležitostí pouze současné doby. Z počátku bylo stárnutí založeno převážně na degradaci materiálu v důsledku působení času a jeho zkoumání bylo součástí standardní údržby. V posledním desetiletí však pozornost věnovaná této problematice značně roste a stává se z něj fenomén doby. V rámci studie z roku 2008 byl definován pojem stárnutí jako degradace zařízení oproti jeho původnímu stavu. Z této analýzy také plyne, že stárnutí není jen o stáří samotného zařízení, ale hlavně o jeho změně stavu v průběhu času. [1] Na tyto poznatky reagovala směrnice SEVESO III (směrnice 2018/18/EU), která požaduje zavedení problematiky stárnutí do systému řízení bezpečnosti.

Mnoho zařízení, která jsou v současné době provozována, již přesáhlo svou projektovanou životnost. Tato skutečnost vyvolává otázku, jak bezpečně provozovat starší zařízení a jak zpomalit proces stárnutí. Řízení stárnutí je tedy komplexním úkolem, který zahrnuje mnoho aspektů. Mimo fyzické stárnutí, které nesouvisí s chronologickým stárnutím zařízení v čase, se do problematiky stárnutí řadí vše, co je spjato s průmyslovými zařízeními a jeho procesy. Mezi ovlivněné prvky se řadí dokumentace, technická specifikace, postupy, využívané technologie, lidé atd. V nejhorším případě kvůli nerozpoznaným procesům stárnutí mohlo dojít k selhání, jehož důsledkem by byla havárie s výskytem nebezpečných látek. Proces stárnutí je možné oddálit pomocí přijetí vhodných opatření, která mají za cíl zpomalit procesy stárnutí nebo je zcela eliminovat.

Smyslem diplomové práce je vytvoření přehledu o současném stavu problematiky auditu managementu stárnutí s ohledem na rizika výrobních zařízení. V rešeršní části je rozebrán pojem stárnutí, nehody v souvislosti s touto problematikou a přístup jednotlivých zemí k problematice. Na základě rešerše vznikla metoda auditu managementu stárnutí s uplatněním v České republice. Pomocí vyhodnocení faktorů ovlivňujících stárnutí, které vyplývá z dotazníkového šetření, je zařízení zařazeno do kategorie odpovídající jeho stavu vzhledem k problematice. Aplikace metody proběhla ve společnosti sídlící ve Zlínském kraji. Došlo k vyhodnocení stárnutí u třech zařízení, pro která následně byla navržena nápravná opatření.

2 SOUČASNÝ STAV POZNÁNÍ









2.1 Havárie

Legislativa definuje závažnou havárii jako mimořádnou částečně nebo zcela neovladatelnou, časově a prostorově ohraničenou událost, během které dojde k vážným následkům na životech, zdraví lidí a zvířat, životním prostředí nebo majetku. Jako havárie je označován zejména únik nebezpečné látky do okolí, požár nebo výbuch, který vzniká bezprostředně v souvislosti s užíváním objektu, kde je nebezpečná látka zpracovávána, skladována, používána. [2]

2.1.1 Hodnocení havárií

Z důvodu širokého spektra možných následků průmyslových havárií a jejich závažností nebylo jejich hodnocení jednoduché. V roce 1994 navrhla komise států Evropského společenství škálu pro hodnocení průmyslových havárií ESIA (European Scale of Industrial Accidents). Škála obsahuje 18 parametrů rozdělených do 4 kategorií – množství uniklé nebezpečné látky, následky na životech a zdraví osob, následky na životním prostředí a zhodnocení ekonomických ztrát. Každá kategorie se dělí na 6 úrovní, pomocí nichž je vyjádřena významnost následku havárie (obr. 1). Výstupem je grafické zhodnocení závažnosti havárie, které podává veřejnosti stručnou informaci o proběhlé havárii. [3]

Tato metoda hodnocení havárií stále není rozšířena po celé Evropské unii, jelikož její použití není pro členské státy závazným. Z pravidla nové státy unie toto hodnocení oficiálně neakceptovaly. [3]

	Množství nebezpečné chemické látky	
	Následky na lidech	
	Následky na životním prostředí	
	Ekonomické ztráty	

Obr. 1 – Hodnocení ESIA – reálný výstup hodnocení havárie AZF Toulouse 2001 [3]

2.1.2 Databáze havárií

Nehody v průmyslu vznikají obvykle během pracovního procesu, vzniku poruchy či při údržbě. S ohledem na velkou škálu možností, při kterých havárie může nastat, je nemožné vytvořit jednoznačnou databázi. Mezi dvě nejznámější se řadí databáze MARS a ARIA, které jsou popsány v tabulce 1. [3]

Tab. 1 – Databáze MARS a ARIA [3]

MARS – MAJOR ACCIDENT REPORTING SYSTEM
Databáze MARS byla zavedena v roce 1993 a od roku 2001 funguje online. Shromažďuje informace o proběhlých závažných haváriích na území členských zemí Evropské unie. Tvoří ji patnáct lokálních databází a jedna databáze centrální, kterou provozuje italské výzkumné středisko. V databázi je možné třídit havárie podle identifikačních kódů, které unikátně popisují každý prvek havárie. Díky tomuto systému je možné provádět třídění, statistiku i komplexní analýzu. Pro zamezení nepřesnostem spojeným s překladem technických slov funguje databáze pouze v anglickém jazyce.
ARIA – ANALYSIS, RESEARCH AND INFORMATION ON ACCIDENTS DATABASE
ARIA je databáze provozovaná od roku 1992 francouzským ministerstvem ekologie a trvale udržitelného rozvoje. Původně sloužila pouze pro francouzské úřady, ale s její digitalizací se rozšířila i mimo území Francie. Databáze shromažďuje hlášení o událostech, které měly nebo mohly mít dopad na životy a zdraví lidí, na veřejnou bezpečnost zemědělství, či životní prostředí. Vyhledávání a třídění probíhá pomocí identifikačního čísla události přiděleného k jednotlivému hlášení. Obsahem hlášení je datum, místo, kde k nehodě došlo, informace o nehodě, jejích následcích a vyhodnocení události dle kritérií ESIA.

V případě havárie na území České republiky je povinen krajský úřad zpracovat informace o jejím vzniku, následcích a nápravných opatřeních, které jsou přijaty pro zmírnění následků. Zpracované informace by následně dle zákona č. 224/2015 Sb. měly být poskytnuty veřejnosti. Dlouho trvajícím problémem v České republice jsou nedostatečné informace z průběhu vyšetřování havárií. Ty vedou k nekvalitně zpracovaným konečným zprávám o vzniku a dopadech závažné havárie. Někdy konečné zprávy dokonce chybí a na žádost provozovatele dojde k překvalifikování havárie na mimořádnou událost. [2; 4]

2.2 Stárnutí zařízení

Stárnutí zařízení není spojeno pouze se stářím zařízení a jeho konstrukční životností, ale zahrnuje i širší okruh faktorů, které ovlivňují celkovou degradaci zařízení v průběhu času oproti jeho původnímu stavu. V současné době je v provozech mnoho zařízení na konci své původní projektové životnosti, která je 20 až 25 let. Pro moderní digitální zařízení je tato životnost odhadována na 10 až 15 let. Některá zařízení jsou v provozu od druhé světové války, tudíž jsou v provozu už více než 75 let. [1; 5]

Zařízení začne degradovat od okamžiku svého uvedení do provozu. Za nejčastější projev stárnutí je označována koroze, která velmi často stojí za příčinou nehod. Je důležité si uvědomit, že stárnutí není pouze chronologickým stářím zařízení, ale má na něj vliv také jeho údržba, systém řízení bezpečnosti atd. Je velmi pravděpodobné, že dvě zařízení uvedená do provozu ve stejnou chvíli, užívaná v jiné firmě budou např. za 20 let v naprosto odlišném

provozním stavu. Existují také důkazy o tom, že zařízení trpí účinky stárnutí již v průběhu své projektované životnosti. Proto je třeba definovat, co se v různých souvislostech považuje za stárnutí zařízení. [5]

Starší zařízení nejsou z pravidla nebezpečnější než modernější, jelikož nejistota a nedostatek technického porozumění v minulosti vedly k naddimenzování projektu. Často jsou faktory bezpečnosti konstrukčních předpisů u starších zařízení vyšší než u modernějších. Zároveň však starší zařízení mohou být ekonomicky náročnější na provoz a údržbu. Efektivita těchto zařízení často nemusí dostačovat, jelikož poptávka se za jejich dobu provozu zněkolikanásobila a nejsou schopna uspokojit dnešní potřeby. [5]

S fenoménem stárnutím souvisí nižší počet úmrtí a zranění. To je způsobeno skutečností, že k mnoha událostem může dojít kdykoli. Je velmi nepravděpodobné, že by se v době úniku nacházeli lidé v blízkosti onoho poškozeného místa. Podle databáze MARS je odhadováno, že v Evropě bylo v letech 1980 až 2006 nahlášeno 96 nehod souvisejících se zastaráváním. V rámci zmíněných nehod došlo k 11 smrtelným zraněním a 183 zraněním vyžadujícím hospitalizaci. [1; 5]

Významným problémem v řešení stárnutím nebezpečných zařízení byla neexistující jednotná definice. Nedostatečné definování problému vedlo k tomu, že stárnutí nebylo považováno za téma, kterému by měla být věnována pozornost. Často byla problematika zahrnuta do běžného monitorování degradace zařízení. První informace o tom, co by stárnutí zařízení mohlo znamenat, se objevila u zařízení v chemickém průmyslu. V návaznosti na toto zjištění některé státy (např. Francie, Velká Británie) zahrnuly řízení stárnutí do zákonných povinností. Zařízení v těchto státech musela být v souladu s nejlepšími dostupnými technikami nebo nejnovějším stavem techniky. V současné době se problematikou stárnutí zabývá směrnice Seveso III (zavedena v roce 2012), která vyžaduje, aby se provozovatelé daných zařízení zabývali otázkami stárnutí ve svém systému řízení bezpečnosti. [5]

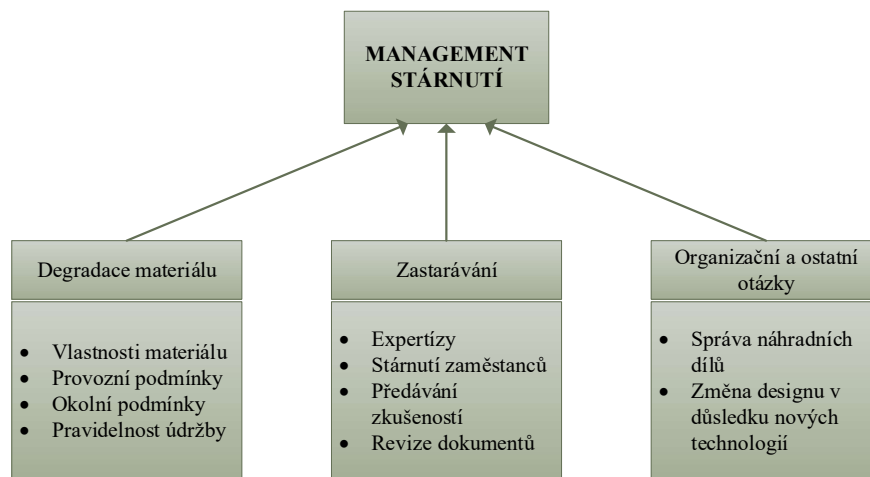
V České republice proběhla v roce 2020 analýza v podobě dotazníku, který mapuje úroveň znalostí podniků v oblasti stárnutí. Konkrétně bylo dotazníkové šetření provedeno ve všech podnicích spadajících do skupiny B prevence závažných havárií (PZH) a v části podniků zařazených do skupiny A PZH. Toto šetření bylo pilotním projektem, který nebyl úspěšným. Spousta otázek nebyla jasně definována a umožnila několik způsobů výkladu. Z analýzy plyne, že 67 % oslovených společností bere stárnutí zařízení jako významné, ale mnohdy nevědí, co si pod pojmem představit. [6]

2.3 Faktory stárnutí

Stárnout může vše, co je se zařízením, jeho procesy a technologiemi spojeno (obr. 2). Mezi nejvýznamnější faktory stárnutí zahrnujeme:

- Stárnutí zaměstnanců – dochází ke zvyšování průměrného věku pracujících. Je nutné zohlednit dopady, které to s sebou přináší. Konkrétně je třeba brát ohled na změnu reakční doby, zhoršení zraku a sluchu, snížení obratnosti a schopnosti pracovat ve výškách. Výhodou je zachování zkušeností a znalostí provozu zařízení. S ohledem na věk a fyzické možnosti by měly být úkoly v provozu jim přizpůsobeny. Například starší pracovníci by se mohli věnovat předávání svých poznatků a zkušeností mladším pracovníkům. [5]

- Změna postupů – postupy by měly být pravidelně revidovány a aktualizovány, aby byly zohledněny všechny změny v zařízení, parametrech procesu nebo právních požadavcích. Díky tomu budou nahrazeny staré postupy novými, což povede ke správným a bezpečným provozním podmínkám zařízení. [5]
- Zastarávání elektrických systémů – např. uložené kabely mohou být časem poškozeny (napadeny hlodavci, růstem vegetace, přírodními vlivy), může dojít k vniknutí vody a k následnému zkratu. Spínací systémy mohou nést známky opotřebení, které povedou k poruše. Je třeba přijmout včasná opatření k nápravě a komponenty vyměnit, jelikož v budoucnu by to mohlo stát neplánované náklady spojené s přerušením výroby. [5]
- Nedostatek náhradních dílů – komponenty zastaralých zařízení nejsou zpravidla kompatibilní s komponenty zařízení nových. Může proto nastat situace, kdy komponent selže a vyžaduje výměnu právě v čase, kdy již náhradní díly pro toto zařízení nejsou k dispozici. [5]
- Zastarávání řídicích systémů – dochází k zastarávání v důsledku rychlých změn v technologickém vývoji, což ovlivňuje záznam, jejich následnou analýzu a archivaci dat. [5]
- Chybějící dokumentace – provedené změny na zařízení v minulých letech nebyly dostatečně zaznamenány, pracovník provádějící tyto změny již odešel do důchodu a není nikdo, kdo by v současné době na tyto změny upozornil. Zároveň nedbalým přechodem na elektronickou dokumentaci dat mohlo dojít ke ztrátě cenných poznámek. Současně může hrát roli i pře prodej a změna vlastníka zařízení. [5]



Obr. 2 – Management stárnutí [5]

2.4 Degradace materiálu vlivem stárnutí

Mezi nejčastější projevy degradace materiálu vlivem stárnutí patří koroze, eroze, únava materiálu, vibrace a samotné zastarávání.

2.4.1 Koroze

Korozí se rozumí samovolný proces chemického nebo fyzikálně-chemického znehodnocování materiálu, vlivem působení různých okolních prostředí. Nejrozšířenějším prostředím pro vnik koroze je zemská atmosféra (obr. 3). Ve výrobním procesu přichází zařízení do styku

s kyselinami, zásadami, plyny působícími za vysokých teplot a tlaků a vodní párou. Jednotlivá prostředí se svými účinky na různé typy materiálů liší, a to jak korozním mechanismem, tak intenzitou degradace. [7]

- Základní koroze – koroze, která způsobuje rovnoměrný úbytek tloušťky stěny po celé ploše povrchu kovu vystaveného stejným podmínkám. Úbytek tloušťky lze kontrolovat měřením pomocí různých sond. Tento typ koroze se často vyskytuje u uhlíkových a nízkolegovaných ocelí. [1]
- Lokální koroze – specifická koroze, která se vyskytuje pouze na malé ploše povrchu kovu. Často velmi rychle postupující a obtížně rozpoznatelná. Vyskytuje se převážně u korozivzdorných ocelí v místě vad ve formě bodové, štěrbinové nebo galvanické koroze. [1]



Obr. 3 – Rozsáhlá koroze ventilu vlivem působení atmosférických podmínek [8]

2.4.2 Únava, opotřebení a vibrace

Únava, opotřebení a vibrace materiálu nastávají při cyklickém namáhání součástí například vlivem nesprávné montáže či výroby součástí. Je to proces, při kterém dochází ke změně mechanických vlastností materiálu. V místě namáhání dojde k nukleaci trhliny, která se šíří v čase a je zakončena lomem. Často se tento jev stárnutí projevuje spolu s korozí. [7]

2.4.3 Eroze

Erozním opotřebením se rozumí opotřebení, které se projevuje jako rychlá a nežádoucí změna povrchu v důsledku abraze. Mezi její projevy lze zahrnout odlupování materiálu a poškozování povrchu působením částic nesených proudem média. Závisí především na rozdílu tvrdostí unášených nečistot a materiálem zařízení. Velmi často se toto opotřebení vyskytuje u lopatek, které pracují ve vlhké páře, nebo u potrubí, které je využíváno pro dopravu směsí. [1; 7]

2.4.4 Zastarávání

Zastarávání zahrnuje proces postupného, trvalého a nevratného znehodnocení součástí, které má zásadní vliv na vlastnosti materiálu, životnost a spolehlivost součástí z něj vyrobených.

2.5 Vhodná nápravná opatření

Pokud nastane porucha zařízení, je třeba aby se z ní společnost poučila a předcházela obdobným poruchám. Toho lze docílit pomocí přijetí vhodných nápravných opatření.

Vhodnými nápravnými opatřeními pro předcházení nehod v důsledku poškození potrubního systému vlivem koroze je aktualizace jejich dokumentace. Ty často nejsou aktualizovány desítky let. Zároveň v těchto plánech nejsou zaznamenána kritická místa, u nichž je potřeba provádět častější a cílenou kontrolu, která zahrnuje pravidelné nedestruktivní měření tloušťky stěn. Dalším možným nápravným opatřením je použití jiného materiálu, např. nerezové oceli, využití povrchových úprav či různých nátěrových směsí bránících korozi. Pro předcházení nehodě na izolovaném potrubí je vhodným nápravným opatřením využití revizních poklopů. [9]

Také je vhodné identifikovat zařízení, která jsou vystavena stejným nebo podobným pracovním podmínkám. Do této kategorie spadají i zařízení podobná těm, co se nehody účastnila. Pro části zařízení trpící na únavu materiálu je jako nápravné opatření vhodné přijmout zvýšenou četnost výměny identifikovaných kritických míst. Pro částečné zmírnění nebo úplnou eliminaci namáhání vibracemi je vhodné změnit konstrukci zařízení pomocí odstranění pevných bodů, nahrazení šroubových spojů svařencem atd. [9]

V případě užití zařízení se specifickými díly je vhodným opatřením objednávka náhradních dílů již v momentě prvních známek degradace. Současně je vhodné dodržovat plán údržby a začlenit program preventivní výměny dílů, který je v souladu s doporučením výrobců. Při řešení otázky výměny či opravy těchto součástí je pro společnost vhodné se zamýšlet do budoucna. Porucha v momentě, kdy nemáme specifický náhradní díl na skladě, může znamenat delší odstávku a s ní spojené větší ekonomické ztráty na ušlém zisku, než kdyby se díl vyměnil rovnou. [9]

Mezi obecná opatření týkající se nehod, patří zavedení pravidelného či detailnějšího školení zaměstnanců. Dalším vhodným opatřením je vedení záznamů o poruchách. Tento krok zlepšuje povědomí zaměstnanců o stavu zařízení. Současně by společnosti měly mít zavedený správný systém řízení stárnutí zařízení. Prevence stárnutí by měla být zahrnována již od počáteční fáze návrhu. [9]

2.6 Právní úprava Evropské unie

Počátky právní úpravy sahají až do sedmdesátých let 20. století, kdy se stala nehoda v italském chemickém závodě v městě Seveso. Došlo k explozi a následnému úniku 2 kilogramů silně toxických dioxinů. Bylo třeba na tuto situaci reagovat právní úpravou, která by dokázala podobným situacím předcházet. V návaznosti na nehodu byla v roce 1982 přijata směrnice 82/501/EEC, která je označována jako směrnice SEVESO I. Ta určovala postupy a pravidla, která měla snížit pravděpodobnost vzniku havárie a omezit případné dopady na lidské zdraví a životní prostředí. Postupem času se ukázalo, že řada bodů nebyla dostatečně řešena a nabízela pouze značně obecnou úpravu, která se navíc v praxi jednotlivých členských států lišila. [3]

Na základě zkušeností získaných implementací směrnice SEVESO I a havárií, které se staly po jejím přijetí, se přistoupilo k novelizaci a v roce 1996 byla přijata nová směrnice 96/82/EC, která je označována jako SEVESO II. Ta starou směrnici zjednodušovala a rozšiřovala. Konkrétně upravovala seznam nebezpečných látek, stanovovala opatření, která je třeba přijmout pro předcházení závažným haváriím. Zásadní změnou bylo zavedení nového požadavku zásad prevence pomocí řízení bezpečnosti. [3]

Další právní úpravou byla směrnice 2003/105/ES z roku 2003, která upravila směrnici SEVESO II. Tato potřeba vyplynula z havárií Aznalcóllar 1998, Baia Mare 1999,

Enschede 2000 a Toulouse 2001. V nové směrnici byly zahrnuty oblasti těžebního průmyslu, skladování odpadů a rozšířila směrnici o poznatky z toxikologie. [3]

Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2012/18/EU o kontrole nebezpečí závažných havárií s přítomností nebezpečných látek tzv. SEVESO III přijatá v roce 2012 přinesla řadu změn. Tato směrnice ukládá provozovatelům objektů povinnost zavádět opatření vedoucí k zabránění vzniku závažné havárie a stanovit postupy v případě vzniku závažné havárie. V této směrnici, konkrétně v příloze III, je poprvé uvedeno, aby systém řízení bezpečnosti bral v úvahu kontrolu rizik související se stárnutím zařízení společnosti a korozi. [10]

2.7 Přístup zemí k problematice stárnutí

Problematika stárnutí zařízení byla poprvé zmíněna v roce 1996 v rámci směrnice SEVESO II. Součástí směrnice bylo nařízení o kontrole nebezpečí závažných havárií, které přineslo změny v regulacích závažných nebezpečí na pevnině. Díky tomu mohly specializované osoby provádět kontroly. Mezi klíčové kontroly patřila kontrola bezpečnosti procesů, elektrického zařízení či přístrojového vybavení. [5]

Mezi roky 2000 a 2010 byly při kontrolách zařízení a objektů vyhledávány technické poruchy. Kolem roku 2006 si při probíhajících kontrolách kontroloři všimli, že kontrolované zařízení a objekty stárnou, a začali se zamýšlet nad vhodnějším přístupem ke kontrole. Na tento popud byla provedena studie, kde byl definován pojem stárnutí jako degradace zařízení oproti jeho původnímu stavu. Současně studie poukázala na potřebu sledování stavu zařízení v průběhu celé jeho životnosti. V roce 2008 byla provedena další studie spojená se stárnutím zařízení, která se nezabývala již čistě technickým aspektem, ale brala v úvahu i řídicí systémy a funkce. Z provedené analýzy plyne, že zhruba 30 % závažných nehod je spojeno se stárnutím zařízení. [1; 5]

V České republice není fenomén stárnutí zatím nijak rozšířenou problematikou. Jediným pokusem o rozšíření povědomí bylo dotazníkové šetření, které provedla Česká inspekce životního prostředí v roce 2020. Některé otázky byly položeny vágně a nijak nesouviseli s hodnocením fenoménu stárnutí. V současné době není v České republice zavedena žádná ucelená metoda pro hodnocení stavu zařízení v ohledu na stárnutí. [6]

2.7.1 Spojené království

V návaznosti na studie byla v roce 2010 zavedena koncepce strategických priorit, které mají zásadní vliv na prevenci závažných havárií. Rozdílem oproti předchozím koncepcím je zaměření mimo čistě technickou oblast na vedení a zajišťování zdrojů. Cílem je identifikovat a napravit příčiny technického selhání, zabránit následnému opakování a poučit se z nich. Ve Spojeném království byl zaveden program stárnutí zařízení, který obsahoval dva klíčové prvky. Intervenční program a zapojení zúčastněných stran. [5]

Cílem intervenčního programu je zjistit základní příčiny technických problémů pomocí strukturovaného přístupu. Současně je cílem pokrýt všechny objekty spadající do sítě SEVESO na území Spojeného království. Každý objekt je hodnocen na základě pěti klíčových ukazatelů. Je zavedena celostátní úroveň hodnocení, kdy se každý ukazatel hodnotí body 10–60. Na základě zisku bodů je následně rozřazen do skupin vyhovující, částečně vyhovující a nepřijatelné. Kontrola končí v momentě přijetí nápravných opatření, jejichž splnění musí být potvrzeno. Pokud se vyskytne závažný problém, lze užívání zařízení zakázat do doby, než bude problém odstraněn. [5]

Ukazatele pro hodnocení objektů:

- Vedení – kontroloři hodnotí, jaká je znalost problematiky stárnutí vedoucích pracovníků a jaký má společnost k ní přístup.
- Seznam majetku – je hodnoceno, jestli má společnost vytvořený seznam zařízení, která jsou co do bezpečnosti kritická.
- Základní kontrola – základní kontrola specifických částí zařízení.
- Kritická mechanická zařízení – v tomto bodě je hodnoceno, jak je prováděna údržba důležitých zařízení z hlediska bezpečnosti.
- Zdroje – kontrola dostupnosti např. náhradních dílů pro řešení problematiky stárnutí.

Druhý prvek, zapojení zúčastněných stran, se zabýval komunikací ohledně problematiky stárnutí se zástupci jednotlivých společností. Tento proaktivní přístup byl velmi úspěšný a vedl k vysoké úrovni informovanosti o problematice a jeho významu v průmyslu. Součástí této části byly přednášky, které rozebíraly různé odpovědi na specifické otázky týkající se stárnutí. Díky tomu došlo ke zvýšení povědomí o problematice u všech pracovníků. Do roku 2017 bylo provedeno hodnocení zhruba 60 % zařízení spadajících do sítě Seveso. [5]

2.7.2 Francie

Ve Francii docházelo k řadě havárií spojených s degradačními mechanismy, proto se v roce 2010 tato země začala zabírat problematikou stárnutí. Ministerstvo pro ekologii a udržitelnost spustilo plán modernizace průmyslových zařízení, jehož cílem bylo systematicky řešit rizika spojená se stárnutím zařízení. Plán se zaměřoval na zařízení využívaná pro stavební inženýrství, bezpečnostní vybavení, řídicí systémy bezpečnosti, skladovací nádrže, potrubní sítě, potrubí a tlaková zařízení. [11]

V prvním kroku byl vytvořen soupis zařízení, která by mohla vést k závažné havárii spojené se stárnutím. Celkem do spuštěného plánu spadalo cca 10 000 zařízení nacházejících se na území Francie. Následně proběhlo posouzení výchozího stavu zařízení a byla vypracována technická dokumentace, která zahrnovala všechny relevantní informace – popis výchozího stavu zařízení, strategie, které jsou využity pro sledování zhoršování stavu zařízení v průběhu času, opatření týkající se konkrétních problémů, fotografie zařízení, historie oprav a údržby zařízení. Tato dokumentace byla vypracována s pomocí odborných příruček, které vydaly orgány francouzské veřejné správy. V příručkách je definováno například hlavní riziko pro životní prostředí, které může vzniknout v důsledku používání určitého zařízení za určitých podmínek. Dále příručky vysvětlují možné mechanismy degradace ovlivňující zařízení, definují kritické body a metody jejich kontrol současně s jejich četností. Dále byl vypracován a zaveden kontrolní program, který zahrnuje běžné kontroly (celkový stav zařízení a případné známky poškození) a zesílené kontroly (cílené kontroly zaměřující se na kritické body). [11]

Společnosti dostaly lhůtu do konce roku 2012, ve které musí zavést zmíněný plán modernizace. Ještě téhož roku se konaly první neformální kontroly. V letech 2013–2017 začaly probíhat kontroly formální, které měly za cíl ověřit, zda provozovatelé zařízení plní řádně plán modernizace, a provést kontrolu opatření, které na jeho základě vznikly. [11]

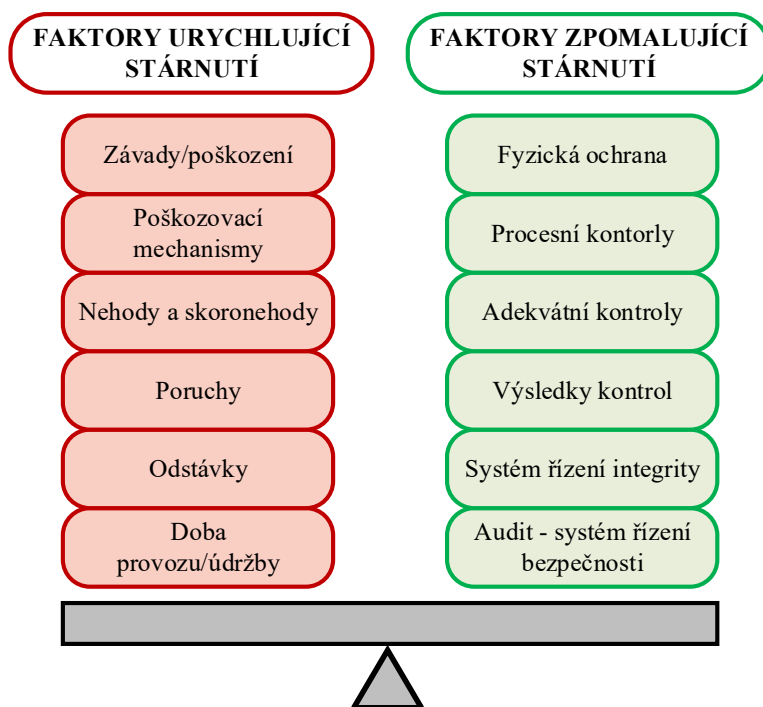
2.7.3 Itálie

V roce 2015, kdy byla směrnice SEVESO implementována do italské legislativy, se stárnutí stalo národní prioritou. Pro kontrolu bezpečnosti, organizace, školení, hodnocení rizik programu údržby, havarijní plánování, vyšetřování nehod a skoro nehod byla v Itálii

vypracována metoda indexového přístupu (tzv. metoda Ageing FishBone). Tato metoda byla testována na více než třetině všech zařízení na území Itálie klasifikovaných jako kritická. [12]

Na vytvoření metody se podílela skupina složená ze zástupců regulačních orgánů a manažerů průmyslových podniků. Metoda Ageing FishBone je prvním pokusem o systematické shromažďování údajů a stárnutí zařízení. V rámci metody je posuzována řada kvantitativních klíčových faktorů, které přispívají ke stárnutí (obr. 4). Metoda je založena na grafickém bayesovském pravděpodobnostním přístupu. Tento přístup byl zvolen jako vhodný, jelikož poskytuje celkový obraz klíčových faktorů přispívajících ke stárnutí, ověřuje předpoklady zahrnuté do metody a současně je aktualizuje. [12; 13]

Jak již bylo zmíněno, jedná se o indexovou metodu, která definuje stárnutí na základě klíčových faktorů, které tento jev urychlují, nebo zpomalují. Mezi klíčové faktory se řadí doba provozu (poměr mezi aktuálním stářím a předpokládaným stářím uváděný výrobcem), odstávky (poměr mezi počtem neplánovaných odstávek a celkovým počtem odstávek za referenční období), poruchy (poměr mezi skutečným počtem poruch a celkovým počtem poruch za referenční období), nehody a skoro nehody (poměr mezi počtem nehod a skoro nehod v důsledku stárnutí a celkovým počtem zaznamenaných událostí za referenční období), mechanismy zhoršování stavu atd. Každému faktoru je přiřazeno skóre ze čtyřstupňové škály podle závažnosti (1 – nízká, 4 – vysoká). Před číslovku je následně přiřazeno znaménko záporné pro faktory urychlující stárnutí a znaménko kladné pro faktory zpomalující jev stárnutí. Vzhledem k tomu, že stárnutí lze pouze zpomalit, je možné pomocí definování vztahů mezi jednotlivými faktory měřit míru šíření stárnutí. [12; 13]



Obr. 4 – Klíčové faktory pro hodnocení pomocí metody Ageing FishBone [12]

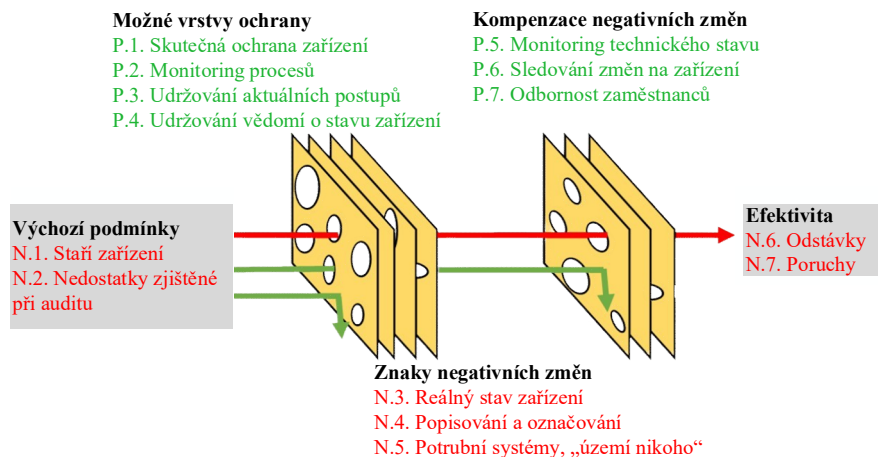
2.7.4 Nizozemsko

V Nizozemsku se problematikou stárnutí zabírá vyhláška Brzo 2015, která je nizozemskou implementací směrnice SEVESO III. Pomocí vyhlášky chce nizozemské ministerstvo sociálních věcí přizpůsobit aspekty stárnutí všem podnikům, nejen pro společnosti spadající do sítě SEVESO. V roce 2016 bylo provedeno šetření v chemickém a petrochemickém průmyslu, které přineslo vzhled do povědomí a opatření přijímaných v důsledku stárnutí. Hlavním zjištěním studie bylo, že mnoho společností je stále v počáteční fázi zavádění stárnutí do řízení bezpečnosti. Dalším zjištěním bylo, že si společnosti formují definici stárnutí různými způsoby. Často měly společnosti zavedeny preventivní údržby, avšak prevence závažných havárií pomocí kontrolních seznamů a postupů chyběla. [14]

V roce 2017 byl zahájen projekt BRZO+. V rámci projektu zkoumají inspektoráty životního prostředí, bezpečnosti práce a požární bezpečnosti zařazení sledování technického vybavení do systému řízení bezpečnosti. Pozornost je zaměřována především na korozi pod izolací a stárnutí protipožárních systémů. V současné době v Nizozemsku probíhají různé projekty v oblasti stárnutí, jejichž cílem je zvýšit povědomí a znalosti o stárnutí a zavést komplexní strategii zahrnující stárnutí. Zároveň probíhají kurzy zaměřené na rozpoznání mechanismů degradace materiálu, stárnutí zařízení a pasivní požární opatření. Také je spuštěn program, který má ambici dosáhnout do roku 2030 nulového počtu havárií v chemickém a petrochemickém průmyslu. [14]

2.7.5 Maďarsko

Řešení problematiky stárnutí technických zařízení provozovaných v Maďarsku vychází z italské metody Ageing FishBone. Stejně jako italská metoda je založena na strukturované postupné analýze zařízení, která jsou hodnocena jako kritická. Metoda je dále modifikována a zaměřuje se na všechna odvětví, která stárnutí obsahuje (fyzické, dokumentární a lidské). Zároveň Maďarsko usilovalo o vytvoření metody, která bude flexibilní jak pro velké podniky s velkým objemem výroby, tak i pro malé podniky využívající jednoduché technologie s malým objemem výroby. Dále aby byla metoda kontroly jednoduchá, rychlá, ověřitelná, reprodukovatelná, transparentní a aby kontrolu zařízení dokázal vykonat člověk, který nemá dostatečné odborné znalosti. Na základě daných požadavků byla vypracována metodika, která se nazývá metoda švýcarského sýru, jelikož znázorňuje, jak se počáteční spouštěcí událost dostane přes všechna bezpečnostní opatření do své vrcholové fáze – nehody (obr. 5). [15]

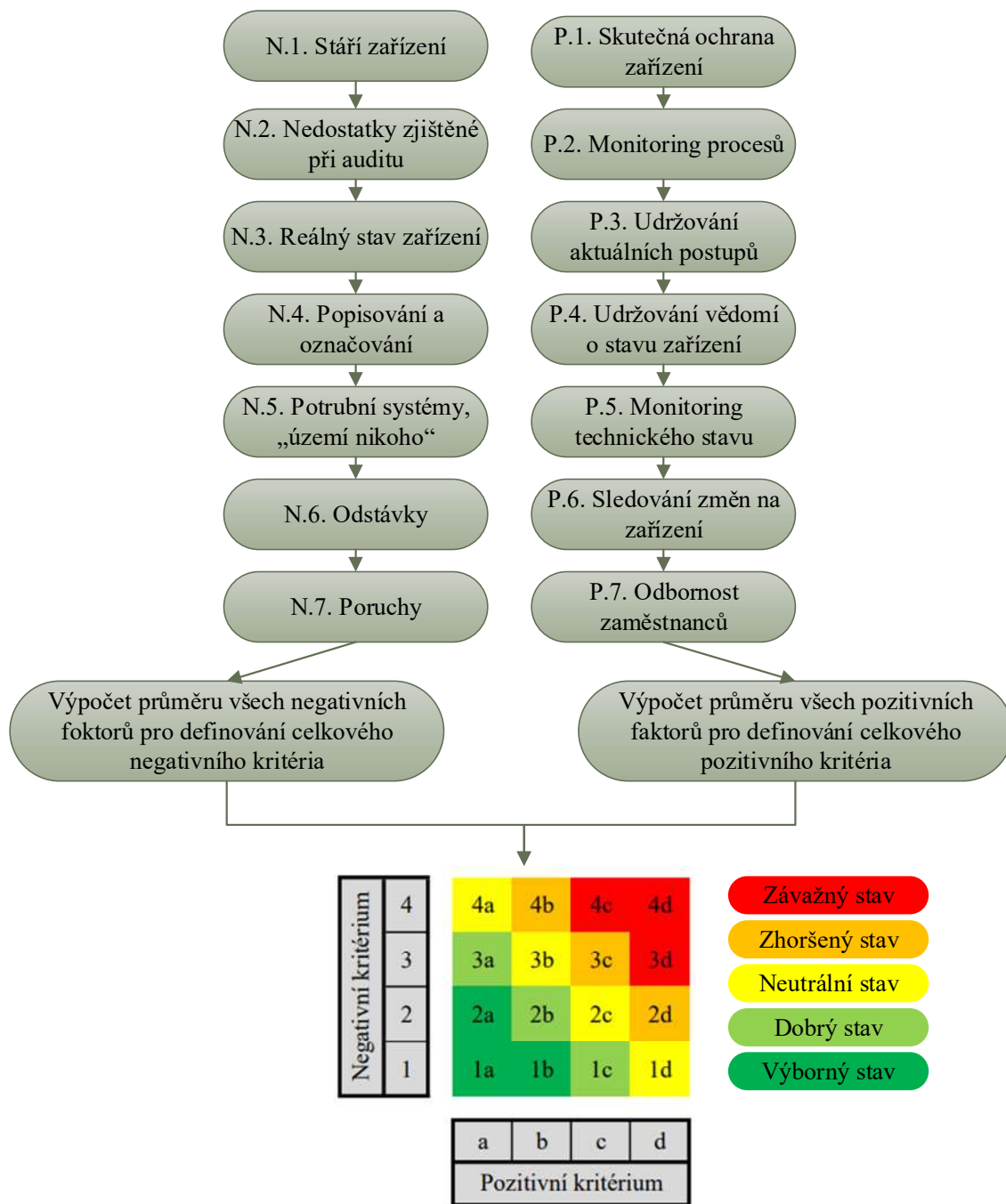


Obr. 5 – Logická struktura metodiky [15]

Cílem metody je zhodnotit současný stav zařízení, pomocí hodnocení 14 různých faktorů stárnutí. Tyto faktory lze rovnoměrně rozdělit na negativní a pozitivní. Každý je posuzován jednotlivě pomocí kontrolních otázek, ze kterých vychází celkové ohodnocení faktoru. Negativní faktory jsou hodnoceny na stupnici 1–4 a pozitivní na stupnici *a–d*. Celkový stav se určí podle porovnání s maticí. Stavby zařízení, které mohou nastat:

- závažný stav – provoz zařízení v tomto stavu představuje v krátkodobém horizontu extrémně vysoké bezpečnostní riziko; je třeba neprodleně zavést účinná protipatření (renovace či úplná výměna);
- zhoršený stav – u zařízení vyskytujících se v tomto stavu začínají převažovat známky pokročilé degradace a nedostatky řízení stárnutí představují ve střednědobém horizontu bezpečnostní riziko; jako protipatření je navrhováno zaměření se na níže bodované pozitivní aspekty;
- neutrální stav – u těchto zařízení jsou negativní aspekty kompenzovány vhodnými opatřeními;
- dobrý stav – u zařízení vyskytujících se v tomto stavu jsou nastavena vhodná opatření, která kompenzují zhoršování stavu v průběhu času; je ale stále důležité dbát na zachování vhodných opatření, protože stárnutí není konstantní děj;
- výborný stav – pokud se zařízení nachází v tomto stavu, mělo by být posouzeno ještě jednou nezávislou osobou, aby se předešlo subjektivitě a hodnocení bylo reálné; v případě i druhého shodného výsledku, je třeba sdílet postupy k zabránění stárnutí s úřady a dalšími odbornými subjekty s cílem zlepšit bezpečnost všech podobných zařízení. [15]

Na obrázku 6 lze vidět znázorněné všechny faktory s nastíněným postupem zhodnocení stavu zařízení.



Obr. 6 – Postup pro řešení stárnutí zařízení v Maďarsku

2.8 Havárie spojené se stárnutím

Únik kapalného amoniaku z cisterny

Dne 5. srpna 2009 došlo při vykládce 30 tun kapalného amoniaku z cisterny k náhlému prasknutí kovové trubky a jeho úniku. O dva dny později bylo v souvislosti s tímto únikem hospitalizováno 21 osob, z toho 3 osoby měly vážné zranění. Z důvodu dlouhodobého vystavení působení amoniaku se u 88 lidí vyskytly dráždivé reakce, se kterými museli být sledováni v nemocnicích.

Dle vyšetřování má tato nehoda tři příčiny, které se navzájem nevylučují. První příčinou bylo přetížení cisterny. Schválené množství pro přepravu bylo o 6 tun nižší, než skutečně převážela. Další příčinou byl nefunkční nouzový ventil. Ten se po okamžité reakci řidiče neuzavřel a nezastavil únik včas. Třetí příčina nehody se váže ke stárnutí. Na povrchu kovové trubky sloužící k vykládce amoniaku z cisterny do nádrže byla pozorována značně opotřebovaná místa. Současně trubka jevila známky koroze. [16]

Únik mazutu do řeky

16. března 2008 došlo k úniku mazutu v rafinérii, která leží na severním břehu řeky Loiry. První známky nehody byly pozorovány v 16:10 hodin, kdy byla objevena místa s uniklým mazutem na vodní hladině (obr. 7). O půl hodiny později bylo nalezeno místo úniku, které bylo ve vzdálenosti 500 metrů od místa prvního zpozorování mazutu. Byl spuštěn interní havarijní plán a současně byly informovány inspekční orgány. Vyšetřováním bylo zjištěno, že frakce unikala minimálně 5 hodin. Uniklo 478 tun mazutu, z čehož zhruba 180 tun odteklo do řeky. Toto množství znečistilo 90 kilometrů břehů a mokřadů. Současně bylo zamezeno vstupu veřejnosti na pláže a byl zakázán rybolov.

Příčinou havárie bylo poškození potrubí, které bylo obloženo tepelnou izolací. Trhlina měla na délku přibližně 16 centimetrů a šířku 1 centimetr. Poškození vzniklo v důsledku vniknutí vody pod netěsnou vrstvu tepelné izolace, která způsobila korozi s následnou perforací potrubí. V návaznosti na tuto havárii bylo zavedeno několik ochranných opatření jako: stálý lidský dohled na potrubní síť v okolí řeky Loiry, odstavení vadného potrubí, vizuální prohlídky a kontroly kritických míst po odstranění izolace atd. [17]



Obr. 7 – Uniklý mazut na vodní hladinu [17]

Požár v předehřívací peci plyných olejů v rafinerii

Dne 26. června 2004 došlo požáru v předehřívací peci jednotky hydrogenačního odsíření plyných olejů v rafinerii. V této jednotce dochází ke snižování koncentrace síry v meziproduktech s cílem vyrábět spalitelné látky a paliva, která splňují specifikace pro obsah síry. Pomocí dekomprese plamene se podařilo rychle omezit požár a během 30 minut byl požár v okolí pece uhašen interní zásahovou jednotkou rafinerie. [18]

Pec se skládá z trubek a kolen vyrobených z austenitické nerezové oceli, která je využívána pro svou korozivzdornost. V dolní radiační části pece jsou svislé trubky vystaveny plamenu na rozdíl od horní konvekční části, kde jsou trubky vodorovně a nejsou vystaveny plamenu. Na jedné z těchto trubek byl po uhašení nalezen čistý lom, který byl iniciátorem celé havárie. [18]

Pro zjištění příčiny prasknutí trubky bylo provedeno odborné zkoumání pomocí fraktografických, metalurgických a mechanických analýz na prasklé a vedlejší trubce pro možnost porovnání výsledků. Na zničené trubce byly zjištěny čtyři hlavní druhy poškození, jejichž kombinace vedla k neschopnosti odolat provoznímu tlaku. Mezi nalezená poškození patří: snížení tloušťky trubky vzniklé oxidací, přítomnost sigma fáze usnadňující rozvoj a pronikání mezikrystalového napadení, pomalé tečení v důsledku ztráty mezikrystalové soudržnosti a agrese používaných chemických látek v kontaktu s austenitickou ocelí. Na ověřovací (vedlejší) trubce bylo také pozorováno pomalé tečení v důsledku ztráty mezikrystalové soudržnosti a na vnitřní straně přítomnost sigma fáze. Na rozdíl od poškozené trubky nebyly odhaleny projevy mezikrystalové koroze. Zkoumání tedy vedlo k závěru, že se jedná o lokalizované defekty. [18]

Vypuštění fluorovaných odpadních vod

Dne 24. srpna 2009 ukázala denní analýza vody v Tauranském kanálu významné překročení dovolených hodnot fluoru a amoniaku. To mělo za následek okamžité uzavření závodu zpracovávajícího koncentráty uranové rudy a tetrafluoridu uranu. [19]

Pro chlazení fluorové odpadní vody byl využíván výměník tepla uvedený do provozu v roce 1984, který byl složen z dvoustěnného potrubí. Dne 21. srpna došlo k poškození potrubí v důsledku koroze a následkem toho došlo ke kontaktu vodní páry s odpadními vodami. Tato směs byla vypuštěna do sběrné nádrže. I přes reakci řídicího systému na vysokou hladinu ve sběrné nádrži a okamžité uzavření vypouštěcího ventilu došlo k jejímu přeplnění a přetečení do retenční nádrže. O dva dny později obsluha přehlídl jednotky zobrazené na displeji monitorující sběrnou nádrž a otevřela vypouštěcí ventil. Díky tomuto kroku došlo k odtékání kontaminované směsi do odvodňovacích příkopů, které směs svedly do řeky Tauran. Dalším pochybením obsluhy bylo vypnutí měřiče alarmu, který zajišťuje radiobiologickou aktivitu ve výstupním kanálu ústícím do řeky. [19]

V důsledku této nehody provozovatel závodu zavedl systém preventivního sledování stárnutí a posílil kontrolu potrubní a armatur. Současně byl vyměněn displej monitorující stav hladiny sběrné nádrže. Pro předcházení pochybení již nemění jednotky. Dále byl nainstalován automatický ventil a automatické vypínání čerpadel. [19]

Poškození nádrže na černý louh v papírně

Na konec července roku 2012 byly naplánovány kontroly pro nádrž na černý louh o velikosti 5000 m³ (obr. 8), kterou využívala továrna na výrobu neběleného papíru pro výrobu lepenky, z důvodu, že nádrž začala vykazovat známky koroze a na víku byl pozorován úbytek tloušťky. Dne 5. července 2012 došlo k protržení boční stěny této nádrže a uniklo 4000 m³ louhu o teplotě 80 °C. Většina se rozlila uvnitř areálu, kde byla zachycena v retenční nádrži. Zbylá část se bohužel dostala do příkopu sloužícího pro odvod dešťové vody, odkud se dostala do potoku Lacanau a následně do řeky Leyre. [20]

Mezi opatření přijatá po této nehodě patřilo snížení objemu zásobníků o 35 % na 3250 m³, nádrže začaly být konstruovány z nerezové oceli a byly zavedeny korozní zkoušky nad rámec zkoušek, které v závodu probíhaly za normálních okolností. Dalším přijatým opatřením bylo zvýšení objemu retenční nádrže na objem odpovídající největšímu objemu nádrže. [20]



Obr. 8 – Nádrž na černý louh a) před nehodou; b) po nehodě

Prasknutí potrubí

V závodě na výrobu plastů došlo v roce 2006 k prasknutí kolena na výtlačné láhvi propylenového kompresoru, což mělo za následek únik plynu do ovzduší. Jednotka byla po nehodě odstavena a následující den po opravě byla opět uvedena do provozu.

Bylo provedeno zkoumání poškozené armatury, které určilo jako příčinu mechanickou únavu (postupné praskání), která vznikla z důvodu neustálých vibrací. Zkoumání lomu ukázalo, že k počáteční fázi praskání došlo již před několika lety. Došlo také ke špatnému projektování, jelikož konstrukce potrubí nebyla vhodná pro vibrující prostředí. Současně plán kontrol potrubí nebyl vhodně uchopen a nezohledňoval únavové trhliny u kořene závitů, které jsou typické pro šroubové spojení. V důsledku nehody bylo šroubové spojení nahrazeno svařovanou sestavou, všechny armatury vystavené vibracím byly identifikovány a podléhají kontrole. Dalším zavedeným opatřením bylo zesílení kotvení kompresorů pro minimalizaci vibrací. [21]

Požár v závodě na výrobu technických plynů

V průmyslovém závodě na výrobu plynu ve Francii došlo v dubnu roku 2014 k výbuchu a vzniku ohnivé koule šířící se nádrží. K nehodě došlo na čerpadle pro úpravu kyslíku, které se nachází na dně nádrže s kapalným kyslíkem. Kvůli tepelnému poškození nebylo možné uzavřít výpustné ventily kapaliny a unikal kyslík. Díky tomu bylo velmi obtížné dostat požár pod kontrolu. Z toho důvodu byl aktivován vnitřní havarijní plán a bylo evakuováno všech 72 zaměstnanců. Dva z nich byli přepraveni do nemocnice, jelikož se nadýchali kouře. Na dva měsíce muselo být zastaveno 80 % speciální průmyslové úpravy plynu v areálu. Dodávky plynu zákazníkům byly zajištěny z lokalit po celé Francii. [22]

Cirkulační zařízení v nádrži mělo malý účinek v důsledku odchylky na teplotní sondě. Nedostatečná účinnost vedla ke vzniku kavitace v čerpadle a jeho mechanickému poškození spojenému se vznikem malých částic. Ty byly vtaženy mezi píst a nízkotlakovou komoru čerpadla, což vedlo ke tření, akumulaci teploty a následnému vznícení. [22]

Této nehodě by se dalo předejít preventivní údržbou studené hlavy, která nebyla provedena z důvodu chybějícího plánu údržby a nedostatku náhradních chladících hlavice, které by umožnily demontáž zatížení. Současně bylo v tomto okruhu zapojeno nevhodné čerpadlo určené pro vyšší tlaky. [22]

Únik kyseliny v továrně na pneumatiky

V továrně na výrobu pneumatik došlo v červenci roku 2012 k úniku kyseliny chlorovodíkové z dvouplášťové nádrže o objemu 10 000 litrů, která byla naplněna do poloviny. Jelikož nádrž nebyla instalována na záchytném systému, uniklo 2000 litrů kyseliny do kanalizace a inženýrských kanálů v objektu. Zbylé 3000 litrů byly odčerpány do jiných nádrží. Dvě hodiny po úniku byla uzavřena kanalizační síť. V důsledku toho došlo k úniku kyseliny do koryta řeky Nove Robert, kde bylo pH sníženo na hodnotu 6. Byl aktivován havarijní plán a evakuováno 120 zaměstnanců externí údržbářské firmy. [23]

O špatném stavu nádrže se v továrně vědělo. Dva týdny před tímto velkým únikem došlo k úniku do dvojitého pláště. V září mělo dojít k její výměně v rámci harmonogramu veřejných zakázek. Dvojitý plášť obsahoval otvor, který byl ucpan zátkou. Ztráta této zátky byla příčinou úniku kyseliny, která zůstala uzavřena ve dvojitém plášti po minulém úniku. [23]

Únik chlorovodíku

V chemickém závodě došlo 17. června 2009 k prasknutí plnicí hadice a následnému úniku 24 kilogramů plynného chlorovodíku do atmosféry. Ihned byl aktivován interní havarijní plán a během deseti minut byl izolován únik uzavřením kohoutku na láhvi. Šest zaměstnanců, kteří pracovali v blízkosti hadice, bylo převezeno do nemocnice. [24]

Poškozená hadice byla vyrobena z vyztuženého teflonu s provozním tlakem 70 barů. K prasknutí došlo při tlaku 37 barů z dosud neznámého důvodu. Noc předcházející havárii byla hadice vyměněna za jinou, která se využívala v jiné dílně pracující s nižším tlakem. Původně měla být vyměněna za novou, ale na skladě se žádná náhradní hadice nenacházela. Po nehodě bylo provozovatelem zavedeno monitorování všech hadic s nebezpečnými kapalinami a jejich skladování. [24]

Únik amoniaku na jatkách

Ve strojovně jatek v dubnu roku 2016 proplachoval technik nízkotlakou láhev chladicího zařízení. Na konci operace jej překvapil náhlý únik asi 92 kilogramů amoniaku. Technik absolvoval školení o riziku amoniaku při svém nástupu do zaměstnání v roce 2001. Od té doby mu nebylo nabídnuto žádné přeškolení. Po chvíli váhání se pokusil aktivovat vyrovnávací ventil, který byl více než 10 let starý. Díky svému stáří a prakticky nulovému užívání byl zalepený pastovitou směsí složenou z oleje a amoniaku a došlo k selhání jeho funkce. Již v minulosti bylo zaznamenáno několik poruch spojených právě s vyrovnávacím ventilem. Z důvodu nutnosti odstavení zařízení byly tyto poruchy ignorovány a výměna ventilu neproběhla.

Po této zkušenosti přijal provozovatel nápravná opatření. Mezi ně byla zařazena výměna vadného ventilu, přidání uzavíracího systému před systém s amoniakem, zvýšení kvalifikace techniků obsluhující zařízení s amoniakem a každoroční kontrola osobních ochranných prostředků a jejich přístupnosti. [25]

Epidemie legionářské nemoci

V nově otevřené nemocnici ve Francii byl koncem roku 2000 hlášen po dlouhé době první případ legionářské nemoci. Během necelých dvou měsíců se nakazilo 9 osob a současně v důsledku kontaminace byla zaznamenána 2 úmrtí. Byly odebrány vzorky z různých míst. V teplovodní síti byla zaznamenána vysoká koncentrace bakterií *Legionella pneumophila*, což naznačovalo původ epidemie.

Před touto událostí se vodovodní síť potýkala s četnými poruchami. Externí společnost provádějící analýzu v důsledku plánovaných změn na potrubí zjistila přítomnost oxidu zinečnatého ve vodě. Ten je známkou koroze, která vytváří příznivé podmínky pro růst a šíření bakterií. Byla provedena renovace teplovodu. Z úsporných důvodů byly trubky vyrobeny z pozinkované oceli místo z nerezové, což vysvětluje rychlejší tvorbu koroze vznik bakterií. [26]

Únik etylenu v chemičce

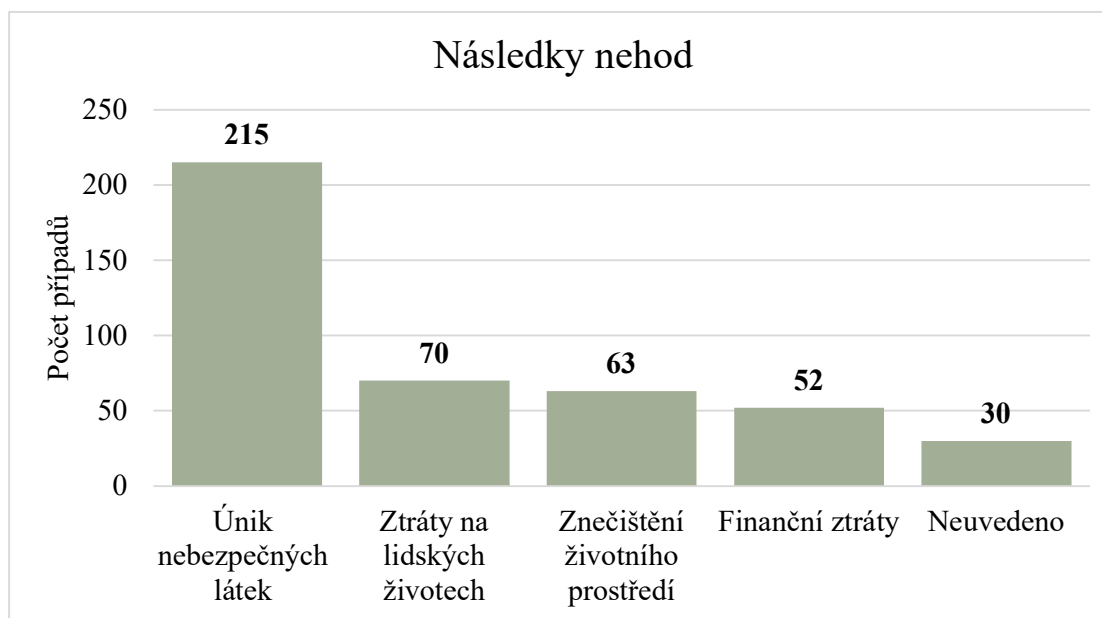
Dne 19. července 1974 na večer se v české chemičce v Záluží u Litvínova ozvala dutá rána. Z potrubí začal unikat vysoce hořlavý etylen, čehož si všiml jeden z výrobních dispečerů, který zalarmoval hasiče. Krátce po první ráně se ozval ohlušující výbuch následovaný požárem, který pohltil velkou část podniku. V důsledku výbuchu bylo okamžitě usmrceno 15 osob a 2 lidé zemřeli na následky popálenin v nemocnici. Dalších 125 osob muselo být převezeno k lékaři na další vyšetření. Tlaková vlna poškodila více než 300 budov, vzdálených i osm kilometrů.

Po uhašení vzniklého požáru bylo zahájeno vyšetřování příčiny. Pomocí provedených analýz bylo zjištěno, že plyn začal unikat z kolena potrubí. Toto koleno mělo dlouhodobě působící korozi zeslabenou stěnu z původních šesti milimetrů jen na zlomek hodnoty. Vzniklý oblak plynu byl pak zapálen plamenem z blízké pece.

2.8.1 Analýza příčin nehod

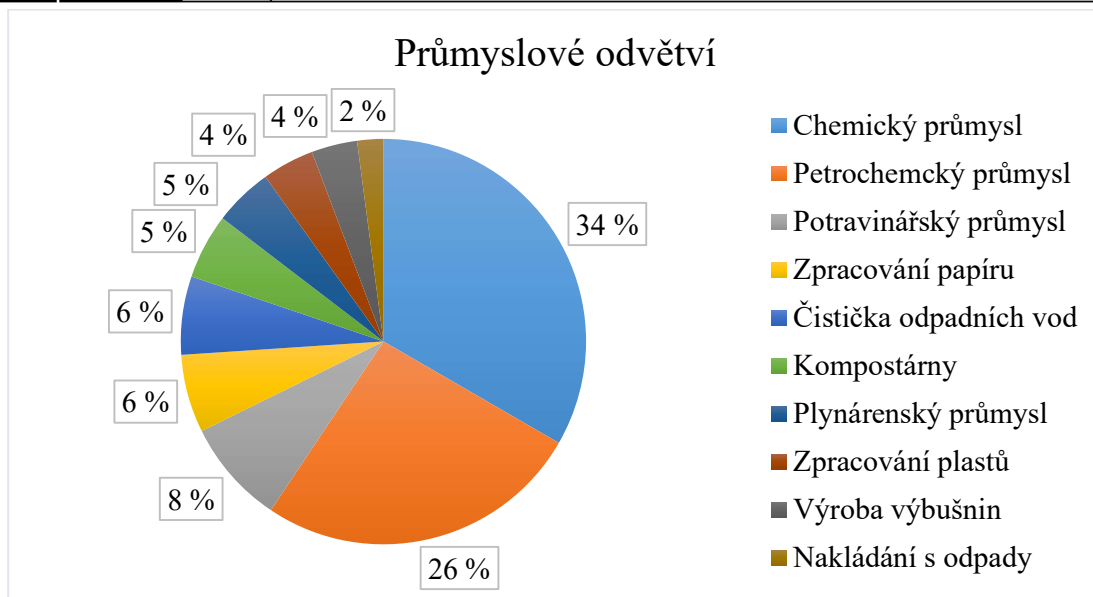
Úřad pro závažné nehody společného výzkumného střediska Evropské unie provedl analýzu nehod, které měly souvislost se stárnutím. Cílem této analýzy bylo poukázat na společné rysy nehod. Bylo zkoumáno 430 zpráv o nehodách z Austrálie, Francie, Německa, Itálie, Švédska, Nizozemska a Spojeného království. Všechny nehody se staly po roce 2000 a měly za příčinu únik většího množství chemických látek (v rádech tun), které jsou klasifikovány jako nebezpečné. [5]

Z provedené analýzy plyne, že více než polovina zkoumaných nehod měla za následek únik významného množství nebezpečných látek. Mezi další závažné důsledky havárií lze zařadit ztráty na lidských životech, znečištění životního prostředí, např. protřazením hráze u skladovací nádrže s nebezpečnou látkou, a finanční ztráty podniku. Mezi finanční ztráty může být zařazen ušlý zisk vlivem havárie i náklady spojené s obnovou výroby (graf 1). [5]



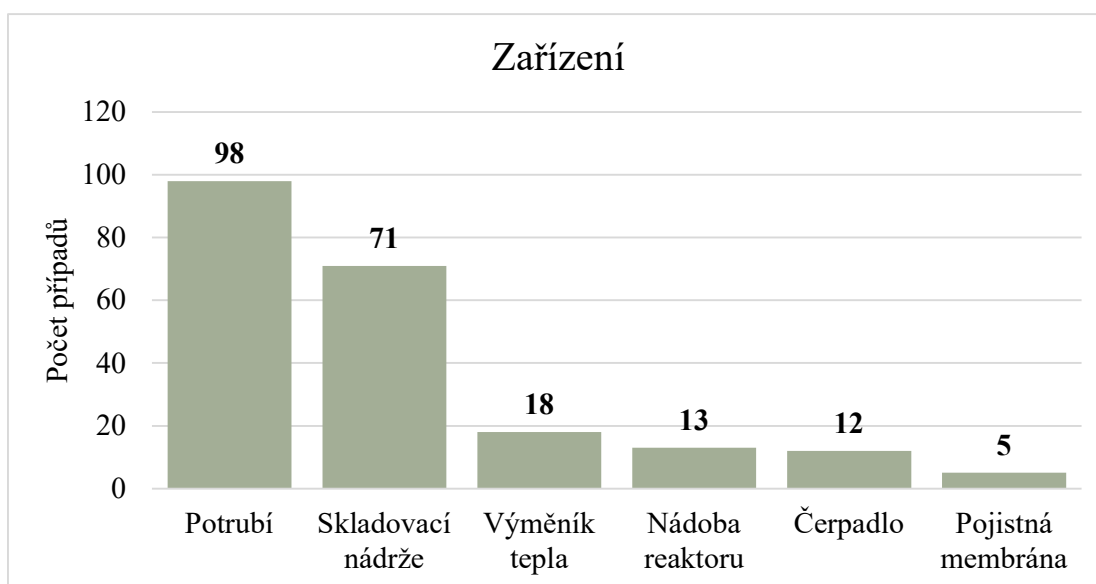
Graf 1 – Následky analyzovaných nehod [5]

Dalším společným rysem, na který se analýza zaměřila bylo průmyslové odvětví, ve kterém nejčastěji dochází k nehodám spojených se zastaráváním (graf 2). Nejvíce postižený byl chemický a petrochemický průmysl, kde dochází k manipulaci s nebezpečnými látkami hořlavých plynů a kapalin (např. kyselina chlorovodíková). Dalším výrazně postiženým průmyslem je výroba potravin, kde jsou nejčastěji zastoupeny havárie v důsledku úniku amoniaku. [5]



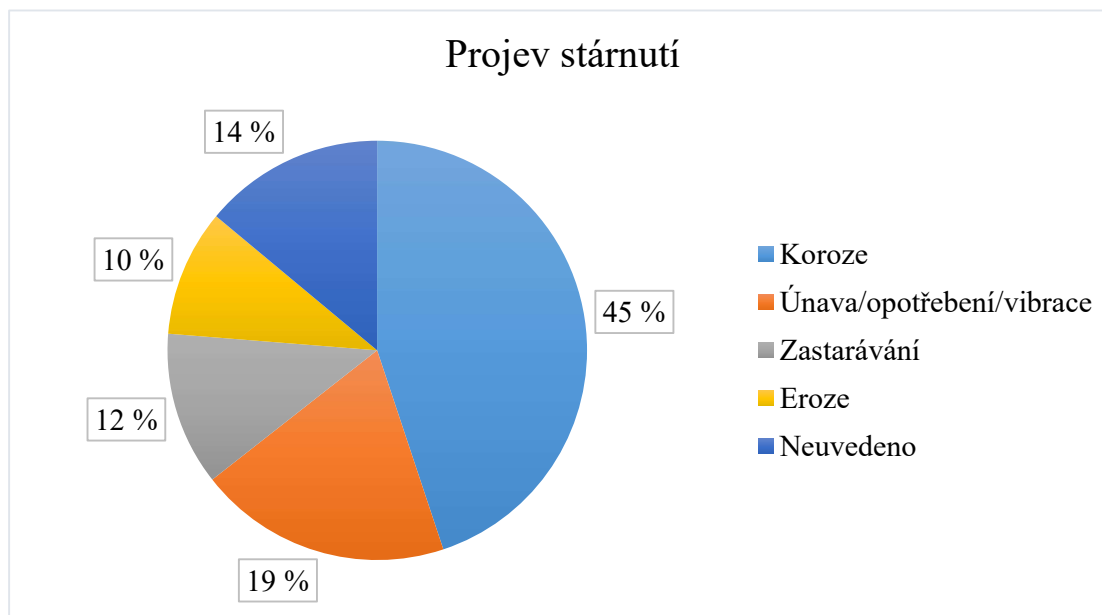
Graf 2 – Nejvíce postižená průmyslová odvětví vycházející z analýzy [5]

Z analýzy dále plyne nejčastější zařízení, u kterého dochází k selhání (graf 3). Mezi dvě nejčastější zařízení, která jsou náchylná k selhání, se řadí potrubí a skladovací nádrže, tvoří více než 75 % analyzovaných nehod. Nejčastějším důvodem selhání zmíněných prvků zařízení je koroze. Často je problém v přístupnosti. Potrubí se vyskytuje pod hladinou, je izolované (např. únik mazutu do řeky), nebo je rozsáhlé délky. Nelze však tato místa z uvedených důvodů přehlížet. Podstatným důvodem pro selhání jsou i mechanické závady (např. únik amoniaku na jatkách), které vznikly v důsledku vysokých ekonomických nákladů spojených s odstávkou nebo chybějících plánů pro údržbu. Ekonomická stránka se také projevuje v souvislosti s výskytem onemocnění legionářské nemoci. Dalším důvodem pro selhání je nedostatek nebo nevhodná správa náhradních dílů. Nahrazení nebo improvizace s náhradními díly není vždy správný krok (např. únik chlorovodíku). [5; 9]



Graf 3 – Zařízení s projevujícím se stárnutím [5]

Jak již bylo zmíněno, mezi nejčastější projevy stárnutí patří koroze, která se vyskytovala ve 45 % analyzovaných nehod. Dalšími vyskytujícími se příčinami je kombinace únavy, opotřebení a vibrací, které se vyskytovaly v 19 % nehod, zastarávání s 12 % a eroze s 10 %. U 14 % analyzovaných nehod nebyl projev stárnutí uveden (graf 4). [5]



Graf 4 – Nejčastější projevy stárnutí [5]

Mezi nejčastější příčiny vedoucí k nehodám patří nevhodně přizpůsobené kontroly pro stárnoucí zařízení nebo nesprávně vyhodnocené změny, které již v zařízení nastaly. Mezi další faktory patří: nedostatečné sledování zařízení podléhající stárnutí, nevhodná konstrukce zařízení (např. nevhodně použité zařízení pro skladované chemikálie), absence analýzy nebezpečí a posouzení rizik spojené se stárnutím zařízení a nedostatečný systém monitoringu kontrol zařízení. Také v mnoha případech nebyly příznaky stárnutí odhaleny včas, nebo nebyly předvídaný i přes mnohá „upozornění“. Díky analýze vyšla najevo skutečnost, že nikdy nebyly analyzovány lidské faktory, které mohly mít na vzniku nehody také vliv. [5; 9]

Ohledně nehod dochází k zavádění nápravných opatření, protože je důležité se z proběhlých nehod poučit a předcházet nehodám, které by mohly nastat. Mezi zaváděná opatření lze zařadit vypracování nových kontrolních postupů, které berou ohled na stárnutí zařízení. Současně s tím i zavedení nových zkoušek pro kontrolu, aktualizace monitorování potrubních sítí, vytvoření soupisu nejcitlivějších prvků a přeškolení zaměstnanců. U specifických dílů pro zařízení je vhodné objednávat díly již při prvních náznacích degradace, kvůli předcházení nedostatku náhradních dílů na trhu. [9]

2.9 Audit fenoménu stárnutí

Jednou z významných odpovědností managementu všech úrovní při řízení podniku nebo jeho částí je průběžně ověřovat a kontrolovat funkčnost vytvořeného systému bezpečnosti. Auditní činnosti vytvářejí zpětnou vazbu o stavu dílčích subsystémů a procesů, které probíhají v podniku pod působením systému bezpečnosti. Současně je třeba zdůraznit, že audity jsou

systematické, dokumentované a nezávislé procesy sloužící pro získání objektivního hodnocení. Audit slouží ke zhodnocení stavu zavedení, udržování a zlepšování systému řízení a jeho smyslem je zjišťování nedostatků v prověřované oblasti. Mimo uvedené je audit pro organizaci přínosem z hlediska možnosti snižování rizik, zvýšení bezpečnosti pracovního prostředí a zlepšení rozvoje organizace. [3; 27; 28]

Auditorem je nezávislá odborně způsobilá osoba, která vlastní oprávnění k provádění auditu. Kvalifikační požadavky kladené auditory jsou požadavky na věk, na vzdělání a na délku praxe. Vedle kvalifikačních předpokladů by auditor měl být flexibilní, komunikativní, trpělivý, všímavý a urputný pro získání informací. Zároveň by auditor měl být schopen vytvořit příjemné prostředí, jelikož audit není pro zaměstnance nikterak příjemný. [28]

Mezinárodní norma ČSN EN ISO 19011:2018 nestanovuje požadavky auditů, ale poskytuje návod k auditování systému managementu, včetně principů auditování, řízení programu auditů, provádění auditů systému managementu. Současně slouží k určování kompetencí a hodnocení auditora. Norma je určena k použití v širokém spektru uživatelů a je použitelná ve všech organizacích, které potřebují udělat interní nebo externí audit systému managementu nebo řídit program auditů. [28]

2.9.1 Druhy auditu

- Audit první stranou – auditem první stranou se rozumí interní audit prováděný samotnou organizací. Často se využívá pro zkoumání systému managementu nebo pro jiné interní účely, které mohou být základem pro vlastní prohlášení organizace o shodě. Dochází k ověřování funkčnosti nastaveného systému ve společnosti, plnění definovaných algoritmů řízení a odhalují jejich slabá místa. Auditorem je zaměstnanec podniku, který v žádném případě nesmí odpovídat za auditovanou činnost. I přesto může docházet k neobjektivnímu hodnocení, jelikož auditor auditované prostředí zná. [28]
- Audit druhou stranou – auditem druhou stranou se rozumí externí audit, který například u dodavatele provádí zákazník nebo smluvní organizace jménem zákazníka. Audit druhou stranou má tendenci být formálnější, protože výsledky auditu mohou mít vliv na rozhodnutí k nákupu zákazníka. Často se využívají při prověřování úrovně managementu jakosti u dodavatelů (tzv. zákaznický nebo dodavatelský audit). [28]
- Audit třetí stranou – auditem třetí stranou se rozumí externí audit nezávislými auditorskými společnostmi. Mezi společnostmi provádějící audit patří společnosti zabývající se certifikací a registrací shody nebo orgány státní správy. Díky tomu je zaručena objektivnost a důvěryhodnost prováděného auditu. Cílem externího auditu je vyjádření názoru v určitém časovém období na stav auditované společnosti. Tento audit je prováděn v souladu s předepsanými normami a postupy, které jsou mezinárodně schváleny. [28]

2.9.2 Program auditu

Program auditu je plán pro soubor auditů plánovaných na konkrétní časový úsek a zaměřený na konkrétní cíl. Cíle auditu určuje vrcholový management podniku a pověřuje kompetentní osobu managementem programu auditu. Program auditu musí být pravidelně přezkoumáván pro identifikaci možností zlepšování. Při stanovování cílů je třeba určit, co chceme prověřit a co chceme zjistit. Vychází se přitom z:

- priorit managementu
- předmětu činnosti a záměrů organizace
- požadavků systému managementu
- požadavků právních předpisů, rozhodnutí a smluv
- potřeby hodnocení dodavatelů
- požadavky zákazníků
- výsledků předchozího auditu

2.9.3 Postup auditu

Z normy vychází i doporučený postup průběhu auditu (obr. 9). Před zahájením auditu je vhodné spolu s managementem auditované organizace uspořádat jednání. Účelem tohoto jednání je informovat o auditu, který bude prováděn, představit tým auditorů, vyjasnit časové vazby s auditovanou organizací, formy jednání a předávání výsledků. Tým auditorů pracuje jako skupina. [28]



Obr. 9 – Doporučený postup průběhu auditu [28]

Následuje přezkoumání poskytnutých dokumentů auditovanou organizací pro přípravu auditu. V přípravné fázi je vypracován plán auditu. V případě, že audit provádí skupina auditorů, je práce rozdělena mezi jednotlivé auditory podle jejich kompetencí a schopností. V průběhu auditu je třeba, aby se tato skupina pravidelně scházela, vyměňovala si informace a posuzovala postup auditu. [28]

Dalším krokem je vlastní audit, kdy jsou prostřednictvím vhodného vzorkování shromažďovány důkazy, které jsou následně porovnávány s nastavenými kritérii auditu. Jako důkazy z auditu smějí být použity pouze informace, které je možno ověřit. Získávání potřebných informací je možné pomocí rozhovorů, pozorovacích činností nebo přezkoumáváním dokumentů a záznamů. Trvá-li audit dlouho je povinností auditora (případně

vedoucího týmu auditorů) pravidelně oznamovat postup auditů. V případě, že v průběhu auditu budou shromážděny důkazy, které naznačují okamžitá a významná rizika, musí být tato skutečnost bezodkladně ohlášena auditované společnosti. Pokud je při auditu zjištěno, že nastavené cíle jsou nedosažitelné, je nutné tuto skutečnost oznámit. Současně je třeba učinit vhodná opatření, např. změnit plán auditu, změnit cíle auditu, změnit předmět auditu či audit předběžně ukončit. [28]

Na základě porovnání důkazů s kritérii auditu jsou formulována zjištění auditu. Zjištění mohou indikovat shodu nebo neshodu s kritérii auditu, včetně podpůrných důkazů. Neshody včetně důkazů musí být zaznamenány a mohou být klasifikovány v různých stupních závažnosti. S neshodami je třeba seznámit auditovanou společnost. Ta může vznést námitky. Je zapotřebí, aby všechny neshody byly akceptovány a pochopeny. [28]

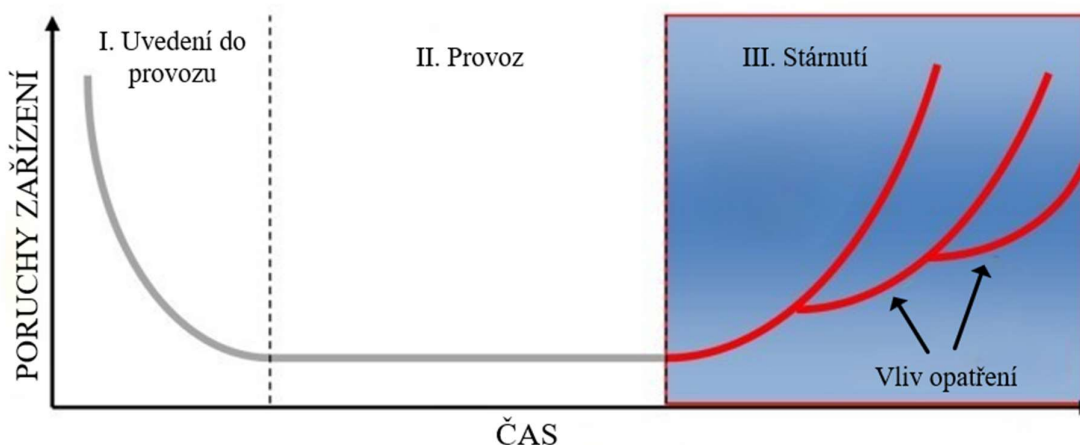
Před závěrečným jednáním jsou týmem auditorů shromážděny všechny poznatky, informace získané z auditu a odsouhlasené doporučení. Součástí je i hodnocení naplnění cíle auditu. Během závěrečného jednání jsou prezentována zjištění a doporučení auditu vedení auditované společnosti. Prověřovaná organizace má právo se k předloženým zjištěním vyjádřit a zaujmout vlastní stanovisko. [28]

Po skončení auditu je nutné vypracovat zprávu z auditu. Ta poskytuje kompletní a přesný záznam auditu a jeho závěrů, včetně všech relevantních informací doporučených normou. [28]

Během závěrečného jednání jsou prezentovány zjištění, závěry a doporučení auditu vedení auditované organizace. Po skončení auditu v organizaci je ještě nutné, aby vedoucí auditorského týmu vypracoval zprávu z auditu. Ta má poskytnout kompletní a přesný záznam auditu a jeho závěrů, včetně všech relevantních informací doporučených touto normou. [28]

3 SYSTÉMOVÝ ROZBOR PROBLEMATIKY

Stárnutí zařízení je kontinuální proces, kterým zařízení prochází v rámci své životnosti. Je velmi prosté spojovat pojem stárnutí pouze s jeho skutečným stářím. Problémy spojené s nehodami, úniky nebezpečných látek či znečištěním životního prostředí nastávají, když je proces stárnutí zařízení zlehčován nebo dokonce ignorován úplně. Následné dopady spojené právě se zmíněnými následky mohou být velmi významné. Proces stárnutí zařízení lze také vysvětlit pomocí vanové křivky, která ukazuje souvislost mezi stářím technického zařízení a četností poruch. Díky přijatým vhodným opatřením lze proces stárnutí a s tím i počet poruch zpomalit, což lze vidět na obrázku 10.



Obr. 10 – Vanová křivka stárnutí zařízení

V zájmu prevence nehod je vhodným krokem pro společnosti zavedení systému sledování stárnutí zařízení jako součást systému řízení bezpečnosti. Sledování stárnutí zařízení vyžaduje identifikaci hlavních jevů stárnutí pro přijetí vhodných opatření. Ta následně povedou ke zpomalení, minimalizaci nebo úplnému odstranění projevů stárnutí. Vhodným prvním krokem monitoringu stárnutí je vytvoření soupisu kritických zařízení pomocí analýzy všech spravovaných zařízení společnosti. Mezi kritická zařízení se řadí: záchytné systémy, potrubí, nádrže, přístrojové vybavení a jejich specifické body, jako jsou držáky, podpěry, ochranné kryty, svary apod. Dále je v rámci prevence také třeba brát zřetel na pravidelné kontroly, které musejí být přizpůsobeny stavu zařízení. Například zařízení, které bude vystaveno užívání v agresivních podmínkách, vyžaduje častější a důkladnější kontroly. Dalším zásadním bodem je nevedení evidence údržby zařízení. Informace o údržbě zařízení jsou předávány pouze ústně mezi zaměstnanci a postupem času jsou upravovány dle aktuální potřeby nebo úplně zapomínány. Může se stát, že tyto informace by mohly být stěžejní pro další údržbu zařízení.

Mezi ukazatele řízení stárnutí zařízení lze zahrnout počet plánovaných kontrol, počet auditů, počet plánovaných výměn zařízení a technického vybavení, počet plánovaných cvičení na mimořádné události nebo počet plánovaných školení. Také zde lze zahrnout negativní aspekty, jako je počet závažných poruch zařízení a technického vybavení, počet neopravených neshod z auditu, množství selhání alarmu během jeho testování či počet incidentů způsobených lidskou chybou.

Kromě škod a provozních ztrát způsobených případnou nehodou představuje stárnutí zařízení pro průmysl značné finanční náklady. Je třeba, aby se společnosti poučily z nehod minulých, prokázaly angažovanost v dané problematice či dokonce měly zavedený systém sledování stárnutí zařízení. Současně je ale třeba zdůraznit, že společnosti by v první řadě měly znát všechny faktory způsobující stárnutí zařízení a jejich vliv na zařízení jimi spravovaná. Vysoké náklady spojené s podrobnější kontrolou, častější výměnou dílů jsou v porovnání s dlouhodobým výpadkem zařízení nebo poškozením zařízení v důsledku nehody zanedbatelné. Vynaložené finanční prostředky na obnovu procesu, ušlý zisk, případně kompenzace ztrát na lidských životech jsou o mnoho vyšší.

3.1 SMART analýza

Než dojde k samotnému návrhu metodiky, je třeba si jasně definovat cíl, kterého plánujeme vypracováním dosáhnout. Toho dosáhneme pomocí SMART analýzy, která je shrnuta v tabulce 2.

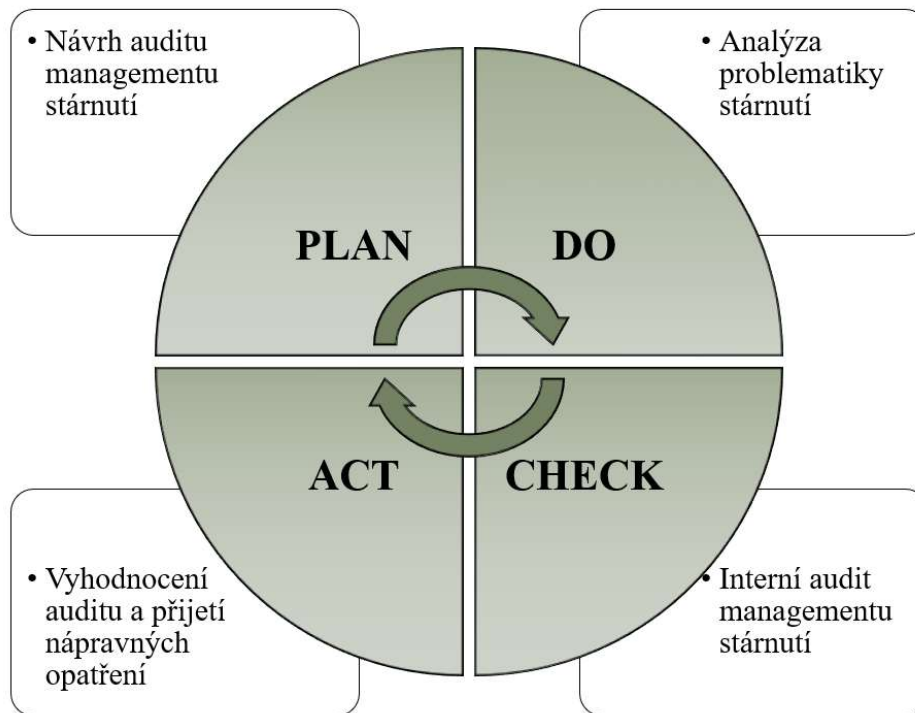
Tab. 2 – SMART analýza

S	Čeho chceme dosáhnout?	Vytvoření metodiky auditu stárnutí.
	Kdy toho chceme dosáhnout?	V následujících třech kvartálech.
	Proč se do toho pouštíme?	Zvýšení povědomí o problematice stárnutí.
M	Měřitelné cíle?	Snížení počtu nehod v důsledku stárnutí o 100 %.
A	Dosažitelnost cíle?	Cíl byl schválen a je dosažitelný.
R	Máme zdroje?	Všechna potřebná data jsou k dispozici.
T	Deadline projektu?	V následujícím roce od uvedení metodiky.

Cílem je vytvoření metodiky pro auditu stárnutí zařízení v provozech s nebezpečím závažné havárie, který by byl využitelný pro Českou republiku. Současně by se tím zvýšilo povědomí o problematice stárnutí zařízení v provozech. Tato metodika by měla být navržena v následujících třech kvartálech v rámci mé diplomové práce. Z rešeršní části plyne, že 30 % nehod se stane v důsledku stárnutí zařízení. Zavedením auditu managementu stárnutí došlo k úplné minimalizaci nehod, z důvodu pravidelného sledování stavu zařízení.

3.2 Systémový přístup v PDCA cyklu

Audit managementu stárnutí v provozech s nebezpečím závažné havárie popisuje neustále opakující se proces postupného zlepšování stavu zařízení v důsledku přijímání nápravných opatření. Grafické znázornění cyklu PDCA dle normy ČSN EN ISO 9001 je v obrázku 11. Ve čtyřech fázích jdoucích postupně za sebou lze zdokonalovat současné procesy a provádět změny. Tento proces nemá konec a pro zajištění neustálého zlepšování by se měl neustále opakovat. [29]



Obr. 11 – PDCA cyklus

Jednotlivé fáze PDCA cyklu jsou rozepsány v tabulce 3. Požadavky auditu jsou definovány SMART analýzou. Tudíž je možné přistoupit k dalšímu kroku a tím je samotný návrh postupu auditu.

Tab. 3 – PDCA cyklus popis fází

PLAN	Návrh auditu managementu stárnutí
	Na základě prověření stávajících podmínek bylo přistoupeno ke stanovení cíle v podobě provedení kontroly zařízení vzhledem k fenoménu stárnutí. Ta by měla být proveden formou interního auditu, kvalifikovaným zaměstnancem společnosti.
DO	Analýza problematiky stárnutí
	V první fázi je třeba provést analýzu současného stavu poznání problematiky stárnutí a vytvořit návrh postupu auditu.
CHECK	Interní audit stárnutí
	Společnost provede interní audit managementu stárnutí, pro zjištění skutečnosti, jestli přijatá nápravná opatření z minulosti jsou stále funkční. V opačném případě bude třeba navrhnout nová opatření.
ACT	Vyhodnocení auditu a přijetí nápravných opatření
	V rámci posledního bodu cyklu dojde k vyhodnocení auditu, navržení a přijetí nápravných opatření.

4 NÁVRH METODIKY AUDITU

4.1 Srovnání metod užívaných v zahraničí

Pro srovnání metod využívaných ve Spojeném království, Francii, Nizozemí, Itálii a Maďarsku bylo zvoleno kritériální hodnocení. Jeho aplikaci lze vidět v tabulce 4.

Tab. 4 – Srovnání metod pro hodnocení stárnutí v cizích zemích [5; 11; 12; 14; 15]

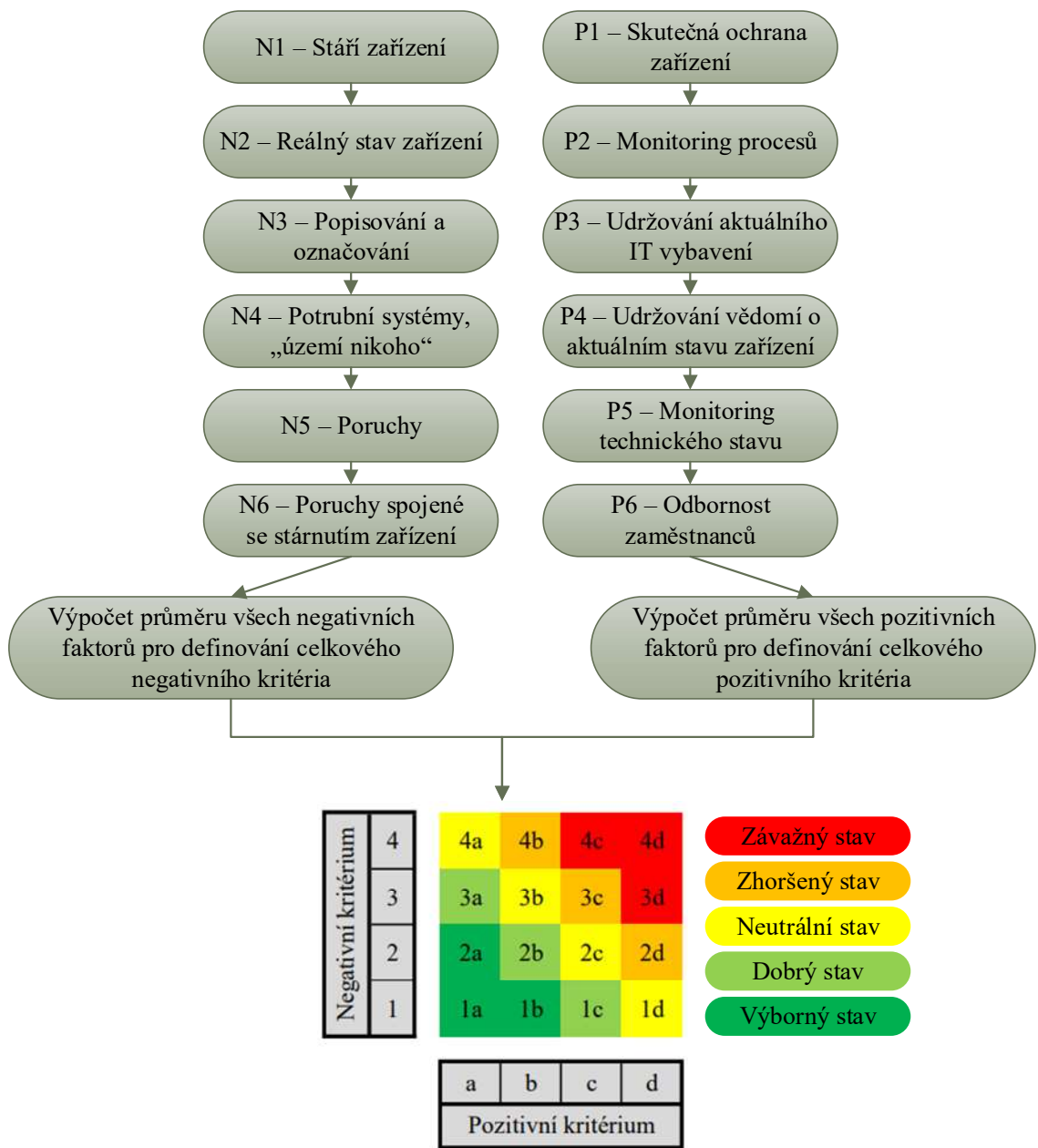
	SP	FR	IT	NI	MA
Zabývá se metoda pouze objekty zařazené dle SEVESO?	ANO	NE	ANO	NE	NE
Je třeba odborně způsobilé osoby pro kontrolu?	ANO	ANO	NE	ANO	NE
Pokrývá metoda všechna odvětví?	NE	NE	NE	NE	ANO
Hodnotí metoda pouze vybraná zařízení?	ANO	ANO	ANO	ANO	NE
Pokrývá postupné zhoršování technického zařízení v průběhu času?	NE	NE	ANO	NE	ANO
Hodnotí metoda stárnutí postupů a dokumentace?	NE	ANO	ANO	NE	ANO
Bere v úvahu metoda firemní paměť? (ukládání informací o nehodách/opravách)	NE	ANO	ANO	NE	ANO
Hodnotí metoda IT vybavení a jeho zálohu?	NE	NE	NE	NE	ANO
Hodnotí metoda preventivní údržbu?	ANO	ANO	ANO	NE	ANO
Zaměřuje se na korozi zařízení?	NE	ANO	ANO	ANO	ANO
Zaměřuje se metoda na degradaci?	NE	NE	ANO	NE	ANO
Je metoda kvantifikovatelná?	ANO	NE	ANO	NE	ANO
Mají všechny faktory stejnou váhu?	ANO	–	ANO	–	ANO
Kolik zahrnuje faktorů ovlivňující stárnutí?	5	–	12	–	14
Jaký je stavů zařízení, ve kterém se může nacházet?	3	–	3	–	5

SP – Spojené království, FR – Francie, IT – Itálie, NI – Nizozemsko, MA – Maďarsko

4.2 Návrh metodiky pro hodnocení stavu zařízení v ČR

Po kritériálním vyhodnocení metod používaných v zahraničí se pro Českou republiku jeví nejlépe metoda maďarská. Ta je komplexní metodou, která se zabývá všemi důležitými faktory stárnutí. Současně je metodou, kterou nemusí provádět odborní kontroloři, ale mohou si ji provést společnosti sami v rámci interního auditu.

Postup mnou navržené metody tedy vychází z metody užívané v Maďarsku [15], kterou modifikuji pro užití v České republice. Byly identifikovány negativní a pozitivní faktory ovlivňující stárnutí zařízení. Současně byl v rámci návrhu metody vytvořen dotazník ve formě check-listu, který je přílohou č. 1. Grafické znázornění mnou navržené metody lze vidět na obrázku 12.



Obr. 12 – Navržený postup pro vyhodnocení stáří zařízení v ČR

4.2.1 Negativní faktory

Mezi faktory, které negativně ovlivňují stárnutí zařízení, jsou zařazeny: stáří zařízení, reálný stav zařízení, popisování a označování, potrubní systémy a „území nikoho“, poruchy a poruchy spojené se stárnutím zařízení.

Stáří zařízení

Pro vyhodnocení stáří zařízení byly do dotazníku zařazeny otázky:

- Jaké je aktuální stáří zařízení?
- Na jakou časovou dobu je zařízení projektováno?
- Proběhla modernizace zařízení? Pokud ano, v jakém rozsahu?

Pokud společnost nemá informaci, na jakou časovou dobu je zařízení, které využívají v provozu projektováno, navrhuji tuto životnost maximalizovat na 25 let. Jak již bylo zmíněno v předchozích částech práce, zařízení jsou většinou projektována právě na zmíněných 25 let. V případě, že zařízení prošlo rozsáhlou renovací, je třeba tento krok zvážit a úměrně rozsáhlosti renovace navýšit projektované stáří. Výpočet hodnoty pro faktor stáří se provede podle vzorce:

$$f_{n1} = \frac{\text{aktuální stáří zařízení}}{\text{projektované stáří zařízení}} \quad (1)$$

Výsledná hodnota faktoru f_{n1} se následně porovná s tabulkou 5, díky níž je zařízení zařazeno do kategorie. Pokud některý z údajů není společnosti znám (stáří nebo na kolik let je zařízení projektováno), navrhuji po vzoru metody maďarské zařazení do kategorie 4.

Tab. 5 – Určení kategorie závažnosti f_{n1}

Kategorie	Kritérium
1	$f_{n1} < 0,5$
2	$0,5 \leq f_{n1} < 0,75$
3	$0,75 \leq f_{n1} < 1$
4	$1 \leq f_{n1}$

Reálný stav zařízení

Hodnocení faktoru reálného stavu zařízení zahrnuje dvě části. První částí je vizuální kontrola zařízení, která by měla být prováděna odborníkem a případně doplněna i diagnostickými testy. Druhou částí je hodnocení dle odpovědí v dotazníkovém šetření.

Vizuální kontrolou je třeba zařízení zařadit do jedné ze čtyř kategorií – perfektní stav, dobrý stav, zhoršený stav a vážně zhoršený stav (tab. 6). Do kategorie nový stav spadá zařízení, na němž nejsou vidět žádné známky stárnutí v podobě vlivu okolního prostředí (obr. 13a). Do kategorie 2 se zařadí zařízení, které již nějakou dobu slouží svému účelu a lze na něm pozorovat známky působení okolního prostředí, avšak není pozorovatelná žádná koroze (obr. 13b). Pro zařazení zařízení do kategorie 3 zařízení vykazuje známky stárnutí v podobě začínající koroze, zmenšení tloušťky stěny apod. (obr. 13c) Do kategorie 4 se řadí zařízení, která nespádají ani do jedné z výše popsanych kategorií. Je na nich pozorovatelná rozsáhlá koroze či výrazné zmenšení tloušťky stěny (obr. 13d).



Obr. 13 – Vizuální kontrola reálného stavu zařízení [15]

Tab. 6 – Určení kategorie závažnosti f_{n2a}

Kategorie	Kritérium
1	perfektní stav, jako nový
2	dobrý stav
3	celkový zhoršený stav
4	vážně zhoršený stav

Jak již bylo zmíněno, druhou část hodnoty faktoru f_{n2} tvoří dotazníkové šetření na základě položených otázek:

- Lze na povrchu nosné konstrukce vidět známky koroze?
- Jsou na povrchu ochranného povlaku viditelné puchýře či jeho odlupování?
- Jsou uvolněny šrouby nosné konstrukce?
- Lze na šroubech nosné konstrukce pozorovat korozi?
- Jsou stěny nádrže napadeny korozí?
- Jsou v blízkosti řídicí místnosti instalovány nebezpečné technologie?
- Mohl by únik nebezpečné látky ohrozit obsluhu?
- Mohl by i malý výbuch vyřadit systém řízení zařízení?
- Je cítit zápach spáleniny nebo je vidět poškozená izolace kabelu?
- Jsou hořlavé materiály uloženy alespoň 1,5 metru od elektrického zařízení?

Výpočet hodnoty f_{n2b} pro určení kategorie, do které zařízení spadá dle tabulky 7, se provede pomocí vzorce:

$$f_{n2b} = \frac{\text{počet otázek s odpovědí ano}}{\text{celkový počet otázek}} \quad (2)$$

Tab. 7 – Určení kategorie závažnosti f_{n2b}

Kategorie	Kritérium
1	$f_{n2b} = 0$
2	$0 \leq f_{n2b} < 0,33$
3	$0,33 \leq f_{n2b} < 0,66$
4	$0,66 \leq f_{n2b}$

Celková hodnota f_{n2} je dána průměrnou hodnotou f_{n2a} a f_{n2b} . V případě, že vyjde hodnota na rozmezí kategorií, je třeba zvolit kategorii nižší. K tomuto kroku je přístupováno z důvodu možné subjektivní zaujatosti kontrolora při vizuální kontrole zařízení.

Popisování a označování

Pro další negativní faktor ovlivňující stárnutí zařízení byly do dotazníku zahrnuty otázky:

- Jsou pracovníci seznámeni s druhem a složením skladovaného/přepravovaného materiálu?
- Je na zařízení umístěno označení skladovaného/přepravovaného materiálu?
- Může jasně identifikovat druh a složení skladovaného/přepravovaného materiálu i externí návštěvník společnosti (např. kontrolor, zákazník)?
- Odpovídá označení na zařízení skladovanému/přepravovanému materiálu?

Výpočet hodnoty faktoru popisování a označování se provádí pomocí vzorce:

$$f_{n3} = \frac{\text{počet otázek s odpovědí ano}}{\text{celkový počet otázek}} \quad (3)$$

Hodnota faktoru f_{n3} se následně porovná s tabulkou 8, podle které se zařízení zařadí do příslušné kategorie. V případě, že u poslední uvedené otázky „Odpovídá označení na zařízení skladovanému/přepravovanému materiálu?“ bude odpověď záporná, navrhuji celý tento faktor ovlivňující stárnutí zařadit do kategorie 4. Jedná se o závažný nedostatek bez ohledu na to, že si jsou pracovníci vědomi vlastností skladovaného/přepravovaného materiálu.

Tab. 8 – Určení kategorie závažnosti f_{n3}

Kategorie	Kritérium
1	$f_{n3} = 1$
2	$0,66 \leq f_{n3} < 1$
3	$0,33 \leq f_{n3} < 0,66$
4	$f_{n3} \leq 0,33$

Potrubní systémy, „území nikoho“

Pro faktor potrubní systémy a „území nikoho“ byly v dotazníku formulovány otázky:

- Je určen útvar pro monitorování stavu potrubí pro nebezpečné látky?
- Existují důkazy o pravidelné kontrole potrubí nacházející se mezi budovami?
- Je pravidelně prováděna kontrola potrubí?
- Provádí se pravidelně monitorování nosných konstrukcí potrubí?

Výpočet hodnoty faktoru f_{n4} se provádí pomocí vzorce:

$$f_{n4} = \frac{\text{počet otázek s odpovědí ano}}{\text{celkový počet otázek}} \quad (4)$$

Výsledná hodnota faktoru je následně porovnávána s tabulkou 9, ze které plyne zařazení zařízení do kategorie.

Tab. 9 – Určení kategorie závažnosti f_{n4}

Kategorie	Kritérium
1	$f_{n4} = 1$
2	$0,66 \leq f_{n4} < 1$
3	$0,33 \leq f_{n4} < 0,66$
4	$f_{n4} \leq 0,33$

Poruchy

Pro zjištění a zařazení faktoru poruch do jedné z kategorií podle stavu zařízení byly formulovány otázky:

- Byly za poslední 3 roky zaznamenány neočekávané poruchy?
- Kolik jich bylo?
- Jsou tyto poruchy zdokumentovány?
- Popište, co se stalo.

Počet poruch je následně porovnán s počtem poruch dovolených projektovou dokumentací. Výpočet faktoru poruch je prováděn podle vzorce:

$$f_{n5} = \frac{\text{počet poruch za poslední 3 roky}}{\text{počet projektovaných poruch}} \quad (5)$$

Výsledná hodnota faktoru f_{n5} se následně porovná s tabulkou 10, podle které je zařízení zařazeno do příslušné kategorie. V případě záporné odpovědi na otázku dokumentace poruch navrhuji zařazení zařízení automaticky do kategorie 4. Tento krok navrhuji z důvodu možného opomenutí poruchy, která by mohla být zásadní.

Tab. 10 – Určení kategorie závažnosti f_{n5}

Kategorie	Kritérium
1	$f_{n6} < 0,1$
2	$0,1 \leq f_{n6} < 0,25$
3	$0,25 \leq f_{n6} < 0,6$
4	$0,66 \leq f_{n6}$

Poruchy spojené se stárnutím zařízení

Tento faktor má pomocí otázek prozkoumat podíl událostí souvisejících se stárnutím zařízení ve srovnání se všemi nehodami. Otázky pro dotazník:

- Nastaly za poslední 3 roky události související se stárnutím zařízení?
- Byla zjištěna příčina události?
- Byla tato událost zdokumentována?

Výpočet hodnoty faktoru poruch spojených se stárnutím zařízení se provádí pomocí vzorce:

$$f_{n6} = \frac{\text{počet otázek s odpovědí ano}}{\text{celkový počet otázek}} \quad (6)$$

Výsledná hodnota je následně porovnána s tabulkou 11, ze které plyne kategorie, do které je zařízení zařazeno.

Tab. 11 – Určení kategorie závažnosti f_{n6}

Kategorie	Kritérium
1	Žádné nehody se nenastaly
2	$f_{n6} = 1$
3	$f_{n6} = 0,66$
4	$f_{n6} = 0,33$

4.2.2 Pozitivní faktory

Mezi faktory, které pozitivně ovlivňují stárnutí zařízení, jsou zařazeny: skutečná ochrana zařízení, monitoring procesů, udržování aktuálního IT vybavení, udržování vědomí o stavu zařízení, monitoring technického stavu a odbornost zaměstnanců.

Skutečná ochrana zařízení

Hodnocení faktoru skutečná ochrana zařízení vychází z vizuální kontroly, díky níž je zařízení třeba zařadit do čtyř možných kategorií – zařízení je v *výborném* stavu, v *dobrém* stavu, ochrana zařízení je ve stavu, kdy je třeba ji zvážit, a poslední kategorií je, že zařízení nemá žádnou ochranu nebo ji má ve stavu zcela nevhodném (tab. 12).

Do první kategorie *a* – „ve *výborném* stavu“ spadají zařízení, která nemají na svém povrchu pozorovatelné žádné známky stárnutí v podobě vlivu okolního prostředí (obr. 14a). Do kategorie *b* se řadí zařízení, která již nějakou dobu slouží svému účelu a lze na nich pozorovat známky působení okolního prostředí, např. změna barvy povrchu, zanesení vyráběným materiálem apod. (obr. 14b) V případě, že zařízení již vykazuje počínající známky stárnutí, by mělo být zařazeno do kategorie *c* (obr. 14c). Pokud jsou známky stárnutí, a hlavně koroze jasně zřetelné (obr. 14d), mělo by být zařízení zařazeno do poslední kategorie *d*.



Obr. 14 – Vzor pro vizuální kontrolu faktoru f_{p1} [15]

Tab. 12 – Určení kategorie závažnosti f_{p1}

Kategorie	Kritérium
a	ve výborném stavu
b	v dobrém stavu
c	průměrný stav, ochrana, kterou je třeba zvážit
d	žádná fyzická ochrana nebo stav nevhodné ochrany

Monitoring procesů

Díky tomuto faktoru dochází ke sledování fyzikálních a chemických procesů, zvýšení bezpečnosti, zabránění či zmírnění možných nehod. Pro hodnocení faktoru byly v dotazníku formulovány otázky:

- Existuje systém, který monitoruje sledování procesu výroby?
- Archivuje tento systém data?
- Zapne systém řízení procesu v případě poruchy poplach?
- Je k dispozici ruční nouzové vypnutí procesu, pro případ nouzového poplachu?
- Je nouzové vypnutí nebezpečných procesů automatizované nebo dálkově ovládané?

Výpočet hodnoty faktoru f_{p2} se provádí pomocí vzorce:

$$f_{p2} = \frac{\text{počet otázek s odpovědí ano}}{\text{celkový počet otázek}} \quad (7)$$

Výsledná hodnota faktoru f_{p2} je následně porovnána s tabulkou 13, díky níž dojde k zařazení zařízení do příslušné kategorie.

Tab. 13 – Určení kategorie závažnosti f_{p2}

Kategorie	Kritérium
a	$0,66 \leq f_{p2}$
b	$0,33 \leq f_{p2} < 0,66$
c	$0 \leq f_{p2} < 0,33$
d	$f_{p2} = 0$

Udržování aktuálního IT vybavení

Faktor udržování aktuálních informací má za cíl prozkoumat, jestli společnost má aktuální software, má dokumentované informace týkající se aktuálního stavu zařízení apod. V dotazníku byly formulovány otázky:

- Jsou k dispozici výkresy, technické specifikace, schémata potrubí a přístrojového vybavení v současném stavu?
- Má veškerý používaný software originální a platnou licenci?
- Jsou používané verze softwaru aktuální, přizpůsobeny provozním potřebám a jsou zabezpečeny proti vniknutí cizího elementu?
- Má společnost uzavřenou smlouvu na údržbu systémů řízení procesů?
- Jsou zálohy dat uloženy na několik let, aby se případně daly obnovit?

Pro výpočet hodnoty faktoru f_{p3} se užije vzorec:

$$f_{p3} = \frac{\text{počet otázek s odpovědí ano}}{\text{celkový počet otázek}} \quad (8)$$

Výsledná hodnota faktoru f_{p3} je následně porovnána s tabulkou 14, díky níž dojde k zařazení zařízení do příslušné kategorie.

Tab. 14 – Určení kategorie závažnosti f_{p3}

Kategorie	Kritérium
a	$0,66 \leq f_{p3}$
b	$0,33 \leq f_{p3} < 0,66$
c	$0 \leq f_{p3} < 0,33$
d	$f_{p3} = 0$

Udržování vědomí o stavu zařízení

Pro vyhodnocení faktoru f_{p4} bylo v dotazníku formulováno pět otázek zjišťujících přístup k řízení stárnutí ve společnostech. Otázky:

- Je zdokumentováno, z jakého materiálu je zařízení vyrobeno?
- Existuje evidence, kde je veden seznam oprav a zásahů do zařízení?
- Jsou v průběhu životnosti zařízení dokumentovány změny na kvalitě materiálu, ze kterého je zařízení vyrobeno?
- Odpovídá zařízení aktuálním požadavkům na výrobu a provoz?
- Odpovídá podzemní nádrž aktuálním normám (dvojitě stěny, konstrukce pro detekci úniku apod.)?

Výpočet hodnoty faktoru f_{p4} , který je ukazatelem vědomí o stavu zařízení společnosti, se vypočítá dle vzorce:

$$f_{p4} = \frac{\text{počet otázek s odpovědí ano}}{\text{celkový počet otázek}} \quad (9)$$

Následně je výsledná hodnota porovnána s tabulkou 10, díky níž dojde k zařazení do příslušné kategorie. Odpovědi na otázky by měly být hodnoceny kladně, zejména pokud jsou k dispozici písemné důkazy. V případě, že neexistuje žádná evidence oprav zařízení, navrhuji faktor zařadit do kategorie d (tab. 15).

Tab. 15 – Určení kategorie závažnosti f_{p4}

Kategorie	Kritérium
a	$0,66 \leq f_{p4}$
b	$0,33 \leq f_{p4} < 0,66$
c	$0 \leq f_{p4} < 0,33$
d	$f_{p4} = 0$

Monitoring technického stavu

Faktor f_{p5} má za cíl vyhodnotit stav sledování kritických zařízení společnosti. Pro dotazník byly definovány otázky:

- Zahrnuje systém sledování technického stavu všechny kritické body zařízení?
- Kontrolujete v rámci monitorování technického stavu určitá kritická zařízení častěji, než je zákonem stanovený cyklus?
- Je četnost monitorování stavu zařízení z hlediska bezpečnosti stanovena na základě stanovení rizik?
- Máte plán sledování technického stavu zařízení z hlediska bezpečnosti?
- Je návrh kontrol dynamicky aktualizován v návaznosti na změny?
- Máte k dispozici vlastní diagnostické zařízení pro monitorování stavu zařízení?
- Berete při určování bodů měření v úvahu kritické body zařízení?

Výpočet hodnoty faktoru f_{p5} , který je ukazatelem monitoringu technického stavu společnosti, se vypočítá dle vzorce:

$$f_{p5} = \frac{\text{počet otázek s odpovědí ano}}{\text{celkový počet otázek}} \quad (10)$$

Výsledná hodnota faktoru je následně porovnána s tabulkou 16, díky níž dojde k zařazení do příslušné kategorie.

Tab. 16 – Určení kategorie závažnosti f_{p5}

Kategorie	Kritérium
a	$0,66 \leq f_{p5}$
b	$0,33 \leq f_{p5} < 0,66$
c	$0 \leq f_{p5} < 0,33$
d	$f_{p5} = 0$

Odbornost zaměstnanců

Mezi pozitivní faktory ovlivňující stárnutí zařízení lze zařadit také odbornost zaměstnanců. Pro zjištění odbornosti byly v dotazníku formulovány otázky:

- Jaká je kvalifikace vedoucího údržby?
- Jaké jsou odborné znalosti vedoucího údržby?
- Jak dlouhé je školení pro předání funkce vedoucího údržby?
- Je zavedena rotační organizace práce?
- Je zaveden školicí program pro údržbu zařízení?

Každá položená otázka je ohodnocena body dle tabulky 17.

Tab. 17 – Bodové hodnocení faktoru odbornosti zaměstnanců

Body	Kritérium
Jaká je kvalifikace vedoucího údržby?	
3	odborné znalosti (mechanické, elektroinženýr, materiálový inženýr, energetický inženýr atd.)
2	specializované vědecké/zemědělsko-technické obory (fyzik, zemědělský strojný inženýr)
1	ostatní přírodní vědy/zemědělství/ekonomika (matematik, biolog atd.)
0	ostatní (společenské vědy)
Jaké jsou odborné znalosti vedoucího údržby?	
3	více než 5 let
2	3–5 let
1	1–3 roky
0	méně než 1 rok
Jak dlouhé školení pro předání funkce vedoucího údržby?	
3	více než 12 měsíců
2	6–12 měsíců
1	3–6 měsíců
0	méně než 3 měsíce
Je zavedena rotační organizace práce?	
3	ano
0	ne
Je zaveden školicí program pro údržbu zařízení?	
3	ano
0	ne

Pro vyhodnocení faktoru odbornosti zaměstnanců je provedeno pomocí vzorce:

$$f_{p6} = \frac{\text{součet skóre jednotlivých otázek}}{\text{celkový počet otázek} * 3} \quad (11)$$

Výsledná hodnota faktoru f_{p6} je následně porovnána s tabulkou 18, díky níž dojde k zařazení zařízení do příslušné kategorie.

Tab. 18 – Určení kategorie závažnosti f_{p6}

Kategorie	Kritérium
a	$0,66 \leq f_{p6}$
b	$0,33 \leq f_{p6} < 0,66$
c	$0 \leq f_{p6} < 0,33$
d	$f_{p6} = 0$

4.2.3 Vyhodnocení stavu zařízení

Závažnost stavu, v jakém se zařízení nachází, vyplývá z průměrné hodnoty faktorů ovlivňujících stárnutí zařízení, jak pozitivně, tak negativně, dle následujících vzorců:

$$\text{negativní kritérium} = \frac{f_{n1} + f_{n2} + f_{n3} + f_{n4} + f_{n5} + f_{n6}}{\text{počet relevantních faktorů}} \quad (12)$$

$$\text{pozitivní kritérium} = \frac{f_{p1} + f_{p2} + f_{p3} + f_{p4} + f_{p5} + f_{p6}}{\text{počet relevantních faktorů}} \quad (13)$$

Stav zařízení vzhledem ke stárnutí se stanoví pomocí matice (obr. 15). Tento stav je blíže popsán v tabulce 19.

Negativní kritérium	4	4a	4b	4c	4d	Závažný stav
	3	3a	3b	3c	3d	Zhoršený stav
	2	2a	2b	2c	2d	Neutrální stav
	1	1a	1b	1c	1d	Dobrý stav
		a	b	c	d	Výborný stav
		Pozitivní kritérium				

Obr. 15 – Matice pro hodnocení stavu zařízení

Tab. 19 – Popis stavů, ve kterých se může zařízení vyskytovat [15]

Stav zařízení	Popis
Závažný stav	Provoz zařízení ve stavu závažném představuje v krátkodobém horizontu extrémně vysoké bezpečnostní riziko. Je třeba neprodleně zavést účinná protiopatření, která povedou ke zlepšení stavu. Mezi tyto protiopatření lze zařadit rozsáhlou renovaci zařízení nebo jeho úplnou výměnu za zařízení modernější.
Zhoršený stav	Provoz zařízení ve stavu zhoršeném představuje ve střednědobém horizontu bezpečnostní riziko. U zařízení začínají převažovat pokročilé známky degradace. Je třeba se zamýšlet nad zavedením vhodných opatření. Vhodným krokem je také zaměření se na nízce bodované pozitivní faktory, které vedou ke zpomalení stárnutí zařízení.
Neutrální stav	U zařízení, která se nacházejí ve stavu neutrálním, dochází ke kompenzaci negativních faktorů těmi pozitivními.
Dobrý stav	Zařízení, která se vyskytují v pásmu matice dobrého stavu, mají vhodně nastavená opatření, která kompenzují zhoršování stavu vlivem stárnutí v průběhu životnosti zařízení. I přes hodnocení dobrý stav je třeba neustále dbát na zachování vhodných opatření.
Výborný stav	Pokud je zařízení vyhodnoceno jako ve výborném stavu, měl by být celý postup zopakován jinou nezávislou osobou. Tím se předejde subjektivnímu hodnocení kontrolora.

5 AUDIT FENOMENU STÁRNUTÍ VE VYBRANÉ SPOLEČNOSTI

5.1 Představení společnosti

Společnost, se kterou jsem spolupracovala v této části práce, se nachází ve Zlínském kraji. Byla založena v roce 1991 a v současné době zaměstnává více než 60 zaměstnanců. Od svého založení se společnost zaměřuje na výrobu nebezpečných chemických látek, a jejich prodej. Konkrétně se společnost zaměřuje na výrobu kapalných dezinfekčních a čisticích prostředků využívaných převážně v zemědělském, potravinářském a zdravotnickém průmyslu. Výroba probíhá v šesti halách, které jsou rozděleny podle vyráběných výrobků. Dvě haly jsou specializovány na alkalickou a kyselou výrobu tekutých čističů, dvě výrobní haly pokrývá výroba chlorových bazénových tablet (obr. 16) a do zbylých dvou je koncentrována výroba dezinfekčních a čisticích prostředků pro privátní značky a vlastní řadu výrobků. [30]

Od roku 2002 je společnost držitelem certifikace ISO 9001 pro procesy spojené s výrobou kapalných prostředků privátních značek. V dalších letech byla certifikace rozšířena podle norem ISO 14001 a ISO 45001. To vedlo ke zvýšení konkurenceschopnosti na trhu, udržení kvality výroby a zisku nových zákazníků. [30]

V objektu se nachází nebezpečné chemické látky, tudíž musela být společnost posouzena ohledně zařazení do systému prevence závažných havárií (PZH). Po soupisu všech nebezpečných látek a následném vyhodnocení byla společnost zařazena do skupiny B. Současně bylo provedeno hodnocení pracovních podmínek, ze kterého vyplynulo zařazení pracovní pozice dělníka ve výrobě chlorových tablet do 4. kategorie z hlediska kategorizace práce. [30]



Obr. 16 – Výroba chlorových tablet [30]

5.2 Analyzovaná zařízení

Navržená metoda auditu fenoménu stárnutí byla aplikována na tři zařízení, která se nacházejí ve společnosti ve Zlínském kraji. Dvě zařízení jsou využívána v provozu na výrobu tablet pro úpravu bazénové vody a jedno zařízení je využíváno v provozu kapalinném, kde jsou vyráběny tekuté čističe.

5.2.1 Míchačka

Směs určená k výrobě tablet pro úpravu bazénové vody je tvořena několika komponenty, které se míchají v míchačce. Konkrétně ve vsádkové míchačce výrobce WAMGROUP typu WBR (obr. 17). Zařízení se vyrábí v různých objemových provedeních. Míchačka využívaná společností má objem 2000 litrů sypké směsi. Zařízení se skládá z horizontálního šneku, který je umístěn v míchacím bubnu. Vnější šroubovice přesouvá míchanou směs z obou konců bubnu do středu, zatímco vnitřní šroubovice přesouvá materiál obráceným směrem. Tím dochází k rovnoměrnému promíchání směsi. Násyp surovin do míchacího bubnu je prováděn z druhého patra přes čtvercový násypný otvor. Ve spodní části bubnu je umístěna kruhová výpust materiálu do big bagu, ve kterém je směs přesouvána k dalšímu zpracování. [30]

Směs rozptýlená do vzduchu reaguje s vlhkostí okolního prostředí a mění se v chlor, který způsobuje velmi agresivní korozní jev. Je třeba ochrany zaměstnanců. Ti musejí pracovat v ochranných pomůckách, jako jsou ochranné celoobličejové masky, kombinézy a rukavice.



Obr. 17 – Míchačka WAMGROUP WBR [31]

5.2.2 Lis

Pro výrobu tablet ze směsi připravené míchačkou slouží od roku 2011 tři lisy společnosti SVIAC typu PR10 (obr. 18), kdy každý lis je součástí jedné výrobní linky A, B a C. Zařízení je majetkem společnosti, pro kterou jsou tablety vyráběny. Násyp sypké směsi do lisu je realizován opět z druhého patra. V lisu dojde ke stlačení směsi a vytvoření tablet v požadované velikosti. Ty jsou následně dopravovány po pásovém dopravníku ke třem pracovníkům, kteří je vkládají do prázdných plastových obalů. [30]

Pravidelná vizuální kontrola lisu probíhá každé ráno před spuštěním zařízení. Každé tři roky je zařízení převezeno zpět k majiteli, kde dojde k jeho rozebrání na součástky a výměně částí poškozených vlivem koroze. Stejně jako u míchačky je třeba i zde ochrany zaměstnanců v podobě práce v celoobličejové masce, kombinéze a rukavicích. [30]



Obr. 18 – Těžký lis na tablety SVIAC [32]

5.2.3 Reaktor

Reaktor se nachází v provozu na výrobu kapalných chemických směsí z kyseliny dusičné. Reaktor ZOMApplast (obr. 19) je vyroben z materiálu PE 100 RC, který má zvýšenou odolnost proti pomalému šíření trhliny, dlouhodobou odolnost a životnost ve ztížených podmínkách. V reaktoru dochází ke smíchání kyseliny dusičné s dalšími surovinami a dochází k výrobě kapalných čističů např. pro potravinářský průmysl. Zařízení bylo vyrobeno v lednu roku 2018 a jeho vypočtená životnost je 10 let.

V blízkosti reaktoru stojí dvě nádrže na kyselinu dusičnou, které jsou také vyrobeny z materiálu PE 100 RC. Nádrže jsou s reaktorem spojeny pomocí potrubí, kterým dochází k přepouštění surovin pro výrobu čističů. Všechny tři zařízení stojí společně v záchytné jímce.



Obr. 19 – Reaktor ZOMApplast [33]

5.3 Audit stárnutí

Na základě pohovorů se zaměstnanci společnosti na Zlínsku byl vyplněn dotazník pro tři zařízení. Konkrétně se jednalo o zařízení míchačky, lisu a reaktoru. Díky těmto odpovědím byla aplikována metoda hodnocení fenoménu stárnutí z kapitoly 4.2.

5.3.1 Míchačka

Vyplnění dotazníku pro míchačku bylo provedeno pohovorem se zaměstnancem oddělení na výrobu tablet pro úpravu bazénové vody. Vyplněný dotazník je přílohou č. 2 mé diplomové práce. Vyhodnocení jednotlivých faktorů a zjištění stavu, ve kterém se zařízení nachází, následuje níže.

Stáří zařízení

Společnost ve Zlínském kraji, která vlastní zařízení sloužící k míchání směsi na výrobu tablet pro úpravu bazénové vody, není seznámena se skutečným stářím zařízení. Ani na samotném zařízení neexistuje žádný štítek, který by tuto informaci dokumentoval. Z toho důvodu volím zařazení zařízení do kategorie 4 dle tabulky 5.

Reálný stav zařízení

První část výsledné hodnoty faktoru je tvořena posouzením stavu zařízení. V nedávné době míchací zařízení prošlo údržbou v podobě nátěru antikorozií barvou. Tento ochranný nátěr není viditelně narušen a poškozen. Na motoru, který je využíván k pohonu šneku v míchačce, lze pozorovat nános směsi na výrobu tablet pro úpravu bazénové chemie. Tato směs se v reakci se vzdušnou vlhkostí mění v chlor, který způsobuje velmi agresivní korozní jev. Tato skutečnost by v blízké době mohla ohrozit funkci motoru. Faktor f_{n2a} , tedy dle obrázku 20, řadím do kategorie 2 tabulky 6.



Obr. 20 – Míchačka

Druhou částí hodnocení faktoru f_{n2} je vyhodnocení dotazníkového šetření. Bylo položeno sedm otázek relevantních pro zařízení míchačky, z toho na tři bylo odpovězeno kladně. Zařazení míchačky do kategorie 3 dle tabulky 7 vyplývá ze vzorce:

$$f_{n2b} = \frac{\text{počet otázek s odpovědí ano}}{\text{celkový počet otázek}} = \frac{3}{7} = 0,43 \quad (14)$$

Celková hodnota faktoru f_{n2} je průměrnou hodnotou f_{n2a} a f_{n2b} což vychází 2,5. Vizualní kontrola je velmi subjektivním hodnocením. S ohledem na tuto skutečnost, volím zařazení zařízení do kategorie 3.

$$f_{n2} = \frac{1}{2}(f_{n2a} + f_{n2b}) = \frac{1}{2}(2 + 3) = 2,5 \quad (15)$$

Popisování a označování

Všichni pracovníci pracující v provozu výroby tablet pro úpravu bazénové vody jsou seznámeni s druhem a složením skladovaného chemického materiálu. V míchačce je pomocí papírových archů dokumentováno, jaká směs se míchá. Díky tomu externí návštěvník (např. kontrolor) může jasně identifikovat druh a složení míchaného materiálu. Z hodnocení faktoru, které v dotazníku obsahuje čtyři otázky, plyne zařazení míchačky do kategorie 1 dle tabulky 8.

$$f_{n3} = \frac{\text{počet otázek s odpovědí ano}}{\text{celkový počet otázek}} = \frac{4}{4} = 1 \quad (16)$$

Potrubní systémy, „území nikoho“

Hodnocení tohoto faktoru bylo pro míchačku přeskočeno, jelikož zařízení neobsahuje potrubí, které dopravuje chemickou látku.

Poruchy

Z pohovoru se zaměstnancem plyne, že za poslední tři roky došlo ve společnosti na Zlínsku ke třem poruchám zařízení. Došlo k utržení motoru, zaseknutí šneku a přehození fáze. Žádná z těchto poruch nebyla dokumentována. Informace o poruchách jsou vedeny pouze ústní formou mezi zaměstnanci. Z tohoto důvodu volím zařazení do kategorie 4 dle tabulky 10.

Poruchy spojené se stárnutím zařízení

Za poslední tři roky došlo k jedné zjevné nehodě, která se stala v souvislosti se stárnutím zařízení. Konkrétně se jednalo o utržení motoru míchacího zařízení vlivem vibrací. Na tři položené otázky bylo dvakrát odpovězeno kladně. Po dosazení do následujícího vzorce vyšla hodnota, která byla porovnána s tabulkou 11, díky níž došlo k zařazení zařízení do kategorie 3.

$$f_{n6} = \frac{\text{počet otázek s odpovědí ano}}{\text{celkový počet otázek}} = \frac{2}{3} = 0,66 \quad (17)$$

Skutečná ochrana zařízení

Každý rok dochází k pravidelné obnově antikorozního nátěru na míchačce. V nedávné době touto obnovou ochranného nátěru prošlo, proto vypadá jako nové. Na nosné konstrukci a motoru lze pozorovat postupné ukládání směsi na výrobu tablet pro úpravu bazénové vody, která se v kontaktu se vzdušnou vlhkostí mění v chlor. Ten je velmi agresivní a způsobuje korozi, která by ji mohla v krátkém časovém horizontu napadnout. Díky tomu řadím faktor f_{p1} do kategorie b dle tabulky 12.

Monitoring procesů

Společnost na Zlínsku v procesu výroby směsi určené k výrobě tablet pro úpravu bazénové vody nemá žádný systém pro sledování procesu výroby. Z tohoto důvodu nelze faktor hodnotit.

Udržování aktuálního IT vybavení

V provozu pro výrobu směsi určené k výrobě tablet nevyužívá žádné IT vybavení, ke kterému by bylo možné použít otázky v dotazníku. Jediná relevantní otázka, kterou lze u tohoto faktoru hodnotit, je dostupnost výkresů, technické specifikace a přístrojového vybavení v aktuálním stavu. Z tohoto důvodu řadím zařízení do kategorie *a* dle tabulky 14.

Udržování vědomí o stavu zařízení

Zařízení společnosti odpovídá aktuálním požadavkům pro výrobu a provoz. Také je dokumentováno, z jakého materiálu je zařízení vyrobeno. Společnost však nevede evidenci oprav a zásahů, ke kterým došlo v průběhu používání zařízení. Současně není vedena evidence poruch, které se u zařízení vyskytly. Z toho důvodu řadím zařízení do kategorie *d* dle tabulky 15.

Monitoring technického stavu

Pro hodnocení faktoru monitoringu technického stavu bylo položeno sedm relevantních otázek pro dané zařízení, z toho na tři bylo odpovězeno kladně. Zařízení míchačky, tudíž řadím dle vzorce do kategorie *c* tabulky 16.

$$f_{p5} = \frac{\text{počet otázek s odpovědí ano}}{\text{celkový počet otázek}} = \frac{2}{7} = 0,29 \quad (18)$$

Odbornost zaměstnanců

Pro vyhodnocení faktoru odbornosti zaměstnanců je třeba v první řadě zjistit celkový počet bodů z jednotlivých otázek. Každá položená otázka je hodnocena body v rozsahu 0–3 dle tabulky 17. Zařazení zařízení do kategorie *b* je výsledkem výpočtu pomocí přiloženého vzorce a porovnání s tabulkou 18.

$$f_{p6} = \frac{\text{suma bodů jednotlivých otázek}}{\text{celkový počet položených otázek} \cdot 3} = \frac{2 + 1 + 0 + 3 + 3}{5 \cdot 3} = 0,6 \quad (19)$$

Vyhodnocení faktorů

V tabulce 20 jsou shrnuty všechny negativní faktory ovlivňující zařízení míchačky. Pomocí výpočtu průměrné hodnoty jednotlivých faktorů byla, získána celková hodnota negativního kritéria s výslednou hodnotou 3.

Tab. 20 – Shrnutí negativních faktorů – míchačka

Negativní faktory		
Faktory	Označení	Kategorie
stáří zařízení	f_{n1}	4
reálný stav zařízení	f_{n2a}	2
	f_{n2b}	3
	f_{n2}	3
popisování a označování	f_{n3}	1
potrubní systémy, „území nikoho“	f_{n4}	–
poruchy	f_{n5}	4
poruchy spojené se stárnutím zařízení	f_{n6}	3

$$\begin{aligned}
 \text{negativní kritérium} &= \frac{f_{n1} + f_{n2} + f_{n3} + f_{n4} + f_{n5} + f_{n6}}{\text{počet relevantních faktorů}} \\
 &= \frac{4 + 3 + 1 + 4 + 3}{5} = 3
 \end{aligned} \tag{20}$$

V tabulce 21 jsou shrnuty všechny pozitivní faktory ovlivňující zařízení míchačky. Pomocí výpočtu průměrné hodnoty jednotlivých faktorů, byla získána celková hodnota pozitivního kritéria s výslednou hodnotou c .

Tab. 21 – Shrnutí pozitivních faktorů – míchačka

Pozitivní faktory		
Faktory	Označení	Kategorie
skutečná ochrana zařízení	f_{p1}	a
monitoring procesů	f_{p2}	–
udržování aktuálního IT vybavení	f_{p3}	c
udržování vědomí o stavu zařízení	f_{p4}	d
monitoring technického stavu	f_{p5}	c
odbornost zaměstnanců	f_{p6}	b

$$\begin{aligned}
 \text{pozitivní kritérium} &= \frac{f_{p1} + f_{p2} + f_{p3} + f_{p4} + f_{p5} + f_{p6}}{\text{počet relevantních faktorů}} \\
 &= \frac{a + c + d + c + b}{5} = c
 \end{aligned} \tag{21}$$

Grafické vyjádření zařazení zařízení míchající směs na výrobu tablet pro úpravu bazénové vody lze vidět na obrázku 21. Z něj vyplývá, že zařízení se nachází ve zhoršeném stavu a ve střednědobém horizontu by mohlo dojít k poruše vlivem stárnutí zařízení. Je tedy třeba přijmout vhodná opatření, která povedou ke snížení rizika nehody vlivem stárnutí.

Negativní kritérium	4	4a	4b	4c	4d	Závažný stav
	3	3a	3b	3c	3d	Zhoršený stav
	2	2a	2b	2c	2d	Neutrální stav
	1	1a	1b	1c	1d	Dobrý stav
		a	b	c	d	
		Pozitivní kritérium				

Obr. 21 – Matice pro vyhodnocení stavu zařízení – míchačka

5.3.2 Lis

Dotazník pro zařízení lisu byl opět vyplněn na základě pohovoru se zaměstnancem výroby tablet pro úpravu bazénové vody. Vyplněný dotazník pro toto zařízení je přílohou č. 3 mé diplomové práce. Vyhodnocení jednotlivých faktorů na základě dotazníku a zjištění stavu, ve kterém se zařízení nachází, následuje níže.

Stáří zařízení

Zařízení sloužící k lisování tablet není majetkem společnosti ve Zlínském kraji. Je majetkem odběratele tablet pro úpravu bazénové vody. Společnost má informaci pouze o termínu dodání, avšak se skutečným stářím zařízení není seznámena. Z tohoto důvodu volím zařazení zařízení do kategorie 4 dle tabulky 5.

Reálný stav zařízení

První část výsledné hodnoty faktoru je tvořena vizuálním posouzením stavu zařízení. V současné době je zařízení pokryto prachem směsi určené na výrobu tablet, která v reakci se vzdušnou vlhkostí mění v chlor, který způsobuje velmi agresivní korozní jev. Faktor f_{n2a} řadím dle tabulky 6 do kategorie 2.

Druhou částí hodnocení je vyhodnocení dotazníkového šetření. V jeho průběhu byly zaměstnanci položeny čtyři relevantní otázky, z toho na jednu byla odpověď kladná. Zařazení lisu do kategorie 2 dle tabulky 7 vyplývá ze vzorce:

$$f_{n2b} = \frac{\text{počet otázek s odpovědí ano}}{\text{celkový počet otázek}} = \frac{1}{4} = 0,25 \quad (22)$$

Celková hodnota faktoru f_{n2} je průměrnou hodnotou f_{n2a} a f_{n2b} , z čehož vyplývá zařazení lisu do kategorie 2.

$$f_{n2} = \frac{1}{2}(f_{n2a} + f_{n2b}) = \frac{1}{2}(2 + 2) = 2 \quad (23)$$



Obr. 22 – Lis výroby tablet

Popisování a označování

Lis se nachází ve stejném provozu jako míchačka, z čehož vyplývá shodné hodnocení. Všichni pracovníci v celém provozu jsou seznámeni s druhem a složením chemického materiálu. Big bagy, ze kterých je směs přesypávána do lisu jsou označeny papírovým štítkem, kde je zaznačeno složení dané směsi. Díky tomuto označení může i externí návštěvník (např. kontrolor) jasně identifikovat druh a složení směsi. Z hodnocení faktoru, které v dotazníku obsahuje čtyři otázky, plyne zařazení zařízení míchací technologie do kategorie 1 dle tabulky 8.

$$f_{n3} = \frac{\text{počet otázek s odpovědí ano}}{\text{celkový počet otázek}} = \frac{4}{4} = 1 \quad (24)$$

Potrubní systémy, „území nikoho“

Hodnocení tohoto faktoru bylo pro zařízení lisu přeskočeno, jelikož zařízení neobsahuje potrubí, které dopravuje chemickou látku.

Poruchy

Za poslední tři roky došlo ve společnosti na Zlínsku k nspecifikovanému množství poruch lisu. Velmi častá je porucha zařízení vlivem zaseknutí tablety, špatného množství maziva rozmíchaného ve směsi nebo spadnutí větší části nerozmíchané směsi z big bagu do lisu. Žádná z poruch není nijak dokumentována. I to je důvodem, proč volím zařazení lisu do kategorie 4 dle tabulky 10.

Poruchy spojené se stárnutím zařízení

Z pohovoru se zaměstnancem společnosti plyne, že za poslední tři roky nedošlo k žádné nehodě v souvislosti se stárnutím zařízení. I přes to zařízení řadím do kategorie 4 dle tabulky 11. S ohledem na množství poruch, které na zařízení lisu byly, a s přihlédnutím k tomu, že žádná tato porucha není dokumentována, mohlo dojít k opomenutí zásadní poruchy spojené se stárnutím.

Skutečná ochrana zařízení

Zařízení je majetkem odběratele, pro kterého společnost na Zlínsku vyrábí tablety pro úpravu bazénové vody. V pravidelném intervalu třech roků je zařízení převáženo zpět k jeho majiteli. Zde dojde k celkovému rozebrání a výměně poškozených částí zařízení za nové. Na samotném zařízení v současné době lze pozorovat pokrytí celého jeho povrchu směsí pro výrobu. Zařízení je opatřeno ochranným nátěrem antikorozi barvou, který jej chrání před korozi. Faktor f_{p1} řadím dle tabulky 12 do kategorie *b*.

Monitoring procesů

Společnost na Zlínsku v procesu lisování tablet pro úpravu bazénové vody nemá žádný systém pro sledování procesu výroby. Z tohoto důvodu nelze daný faktor hodnotit.

Udržování aktuálního IT vybavení

V provozu lisování tablet pro úpravu bazénové vody společnost nevyužívá žádné IT vybavení, ke kterému by bylo možné použít otázky v dotazníku. Jediná relevantní otázka, kterou lze u tohoto faktoru vyhodnotit, je dostupnost výkresů, technické specifikace a přístrojového vybavení v aktuálním stavu. Z tohoto důvodu řadím zařízení do kategorie *a* dle tabulky 14.

Udržování vědomí o stavu zařízení

Zařízení společnosti odpovídá aktuálním požadavkům pro výrobu a provoz. Také je dokumentováno, z jakého materiálu je zařízení vyrobeno. Společnost však nevede evidenci oprav a zásahů, ke kterým došlo v průběhu používání zařízení. Současně není vedena evidence poruch, které se u zařízení vyskytly. Z tohoto důvodu řadím zařízení do kategorie *d* dle tabulky 15.

Monitoring technického stavu

Pro zhodnocení monitoringu technického stavu bylo položeno sedm otázek relevantních pro dané zařízení. Na dvě položené otázky bylo odpovězeno kladně. Lis tedy řadím dle přiloženého vzorce do kategorie *c* dle tabulky 16.

$$f_{p5} = \frac{\text{počet otázek s odpovědí ano}}{\text{celkový počet otázek}} = \frac{2}{7} = 0,29 \quad (25)$$

Odbornost zaměstnanců

Odbornost zaměstnanců údržby je shodná jako u předchozího zařízení (míchačky), jelikož se zařízení nacházejí ve stejném provozu. Dle přiloženého vzorce řadím tento faktor opět do kategorie *c* dle tabulky 18.

$$f_{p6} = \frac{\text{suma bodů jednotlivých otázek}}{\text{celkový počet položených otázek} \cdot 3} = \frac{2 + 1 + 0 + 3 + 3}{5 \cdot 3} = 0,6 \quad (26)$$

Vyhodnocení faktorů

V tabulce 22 jsou shrnuty všechny negativní faktory ovlivňující zařízení lisu. Pomocí výpočtu průměrné hodnoty jednotlivých faktorů byla, získána celková hodnota negativního kritéria s výslednou hodnotou 3.

Tab. 22 – Shrnutí všech negativních faktorů – lis

Negativní faktory		
Faktory	Označení	Kategorie
stáří zařízení	f_{n1}	4
reálný stav zařízení	f_{n2a}	2
	f_{n2b}	2
	f_{n2}	2
popisování a označování	f_{n3}	1
potrubní systémy, „území nikoho“	f_{n4}	–
poruchy	f_{n5}	4
poruchy spojené se stárnutím zařízení	f_{n6}	4

$$\begin{aligned} \text{negativní kritérium} &= \frac{f_{n1} + f_{n2} + f_{n3} + f_{n4} + f_{n5} + f_{n6}}{\text{počet relevantních faktorů}} \\ &= \frac{4 + 2 + 1 + 4 + 4}{5} = 3 \end{aligned} \quad (27)$$

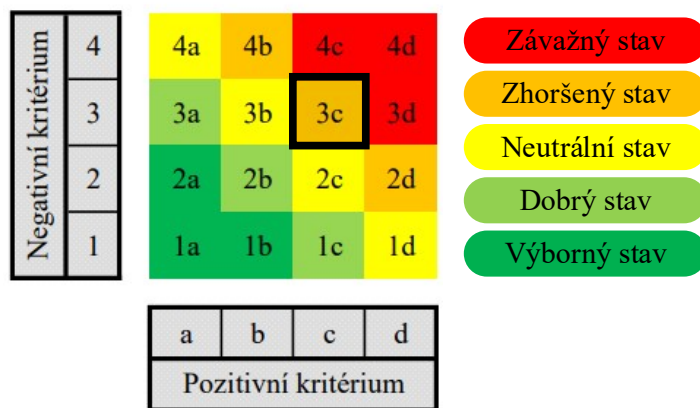
V tabulce 23 jsou shrnuty všechny pozitivní faktory ovlivňující zařízení lisu. Pomocí výpočtu průměrné hodnoty jednotlivých faktorů, byla opět získána celková hodnota pozitivního kritéria s výslednou hodnotou *c*.

Tab. 23 – Shrnutí pozitivních faktorů – lis

Pozitivní faktory		
Faktory	Označení	Kategorie
skutečná ochrana zařízení	f_{p1}	b
monitoring procesů	f_{p2}	–
udržování aktuálního IT vybavení	f_{p3}	c
udržování vědomí o stavu zařízení	f_{p4}	d
monitoring technického stavu	f_{p5}	c
odbornost zaměstnanců	f_{p6}	b

$$\begin{aligned}
 \text{pozitivní kritérium} &= \frac{f_{p1} + f_{p2} + f_{p3} + f_{p4} + f_{p5} + f_{p6}}{\text{počet relevantních faktorů}} \\
 &= \frac{b + c + d + c + b}{5} \doteq c
 \end{aligned}
 \tag{28}$$

Grafické vyjádření stavu zařízení lisu na výrobu tablet pro úpravu bazénové vody lze vidět na obrázku 23. Z něj vyplývá, že zařízení se nachází ve zhoršeném stavu a ve střednědobém horizontu by mohlo dojít k poruše vlivem stárnutí zařízení. Je třeba přijmout vhodná opatření, která povedou ke snížení rizika nehody vlivem stárnutí.



Obr. 23 – Matice pro vyhodnocení stavu zařízení – lis

5.3.3 Reaktor

Vyplnění dotazníku pro reaktor bylo provedeno pohovorem se zaměstnancem oddělení kapalinné výroby. Vyplněný dotazník je přílohou č. 4 mé diplomové práce. Vyhodnocení jednotlivých faktorů a zjištění stavu, ve kterém se zařízení nachází, následuje níže.

Stáří zařízení

Na zařízení je připevněn štítek, který dokumentuje rok výroby zařízení a současně udává výpočtovou životnost zařízení. Reaktor je vyroben v roce 2018, tudíž v současné době je 4 roky staré a jeho výpočtová životnost je 10 let. Zařazení do kategorie 1 tabulky 5 vychází ze vzorce:

$$f_{n1} = \frac{\text{aktuální stáří zařízení}}{\text{projektované stáří zařízení}} = \frac{4}{10} = 0,4 \quad (29)$$

Reálný stav zařízení

První část hodnocení faktoru f_{n2} je tvořen posouzením stavu zařízení. Samotný reaktor je vyroben z materiálu PE 100 RC a známky stárnutí na něm pozorovat nelze (obr. 24). To se nedá říct o nosné konstrukci a spojovacím materiálu. Ty začínají vykazovat známky koroze vlivem působení agresivního prostředí. Faktor f_{n2a} tedy řadím dle tabulky 6 do kategorie 3.



Obr. 24 – Reaktor

Druhou částí hodnocení faktoru f_{n2} je vyhodnocení dotazníkového šetření. Bylo položeno deset otázek relevantních pro dané zařízení, z toho na čtyři otázky bylo odpovězeno kladně. Reaktor je řazen do kategorie 3 dle tabulky 7, což vyplývá ze vzorce:

$$f_{n2b} = \frac{\text{počet otázek s odpovědí ano}}{\text{celkový počet otázek}} = \frac{4}{10} = 0,4 \quad (30)$$

Celková hodnota faktoru f_{n2} je průměrnou hodnotou f_{n2a} a f_{n2b} , z čehož vychází zařazení reaktoru do kategorie 3.

$$f_{n2} = \frac{1}{2}(f_{n2a} + f_{n2b}) = \frac{1}{2}(3 + 3) = 3 \quad (31)$$

Popisování a označování

Všichni pracovníci pracující v provozu výroby kapalných čisticích prostředků jsou seznámeni s druhem a složením skladovaného a přepravovaného chemického materiálu. Současně je na zařízení umístěno označení materiálu a díky tomu i externí návštěvník (např. kontrolor) může jasně identifikovat druh a složení materiálu. Z hodnocení faktoru, které v dotazníku obsahuje čtyři otázky, plyne zařazení zařízení reaktoru do kategorie 1 dle tabulky 8.

$$f_{n3} = \frac{\text{počet otázek s odpovědí ano}}{\text{celkový počet otázek}} = \frac{4}{4} = 1 \quad (32)$$

Potrubní systémy, „území nikoho“

V rámci hodnocení faktoru f_{n4} byly položeny čtyři otázky. Pouze na jednu z nich byla kladná odpověď. Jako možnou hrozbu s projevy stárnutí zařízení považují neexistenci důkazů o tom, že skutečně proběhla řádná kontrola veškerého potrubí, které je využíváno ve spojení s plněním či vypouštěním reaktoru. Současně svorky držící potrubí vykazují známky koroze. Reaktor je zařazen do kategorie 4 dle tabulky 9, což vyplývá ze vzorce:

$$f_{n4} = \frac{\text{počet otázek s odpovědí ano}}{\text{celkový počet otázek}} = \frac{2}{4} = 0,66 \quad (33)$$

Poruchy

Za poslední tři roky nedošlo k žádné poruše na zařízení reaktoru. Z tohoto důvodu řadím zařízení do kategorie 1 dle tabulky 10.

Poruchy spojené se stárnutím zařízení

Za poslední tři roky nedošlo k žádné nehodě, která se stala v souvislosti se stárnutím zařízení. Z tohoto důvodu řadím zařízení do kategorie 1 dle tabulky 11.

Skutečná ochrana zařízení

Samotné zařízení reaktoru je vyrobeno z materiálu PE 100 RC, který má zvýšenou odolnost proti pomalému šíření trhliny, dlouhodobou odolnost a životnost ve ztížených podmínkách. V současné době nevykazuje žádné známky stárnutí, ovšem nosná konstrukce, spojovací materiál i svorky držící potrubí tyto známky vykazují. Díky tomuto faktu řadím zařízení dle tabulky 12 do kategorie *c*.

Monitoring procesů

Výrobní proces je kontrolován automaticky prostřednictvím řídicího panelu umístěného u zařízení. V případě poruchy se na panelu zobrazí text s příčinou poruchy. V rámci dotazníkového šetření bylo položeno pět otázek, na které bylo odpovězeno dvakrát kladnou odpovědí. Zařízení reaktoru řadím do kategorie *c* dle tabulky 13 dle vzorce:

$$f_{p2} = \frac{\text{počet otázek s odpovědí ano}}{\text{celkový počet otázek}} = \frac{2}{5} = 0,4 \quad (34)$$

Udržování aktuálního IT vybavení

Výrobní proces kapalných čističů není řízen žádným softwarem. Jediná relevantní otázka pro tento faktor je, jestli jsou k dispozici výkresy, technické specifikace, schémata potrubí a přístrojového vybavení v současném stavu. Na tuto otázku bylo odpovězeno kladně, proto zařízení řadím dle tabulky 14 do kategorie *a*.

Udržování vědomí o stavu zařízení

Zařízení odpovídá aktuálním požadavkům pro výrobu a provoz a je dokumentováno, z jakého materiálu je zařízení vyrobeno. Společnost však nevede evidenci oprav a zásahů, ke kterým došlo v průběhu používání zařízení. Současně není vedena evidence poruch, které se u zařízení vyskytly. Z toho důvodu řadím zařízení do kategorie *d* dle tabulky 15.

Monitoring technického stavu

Pro hodnocení faktoru f_{p5} bylo položeno sedm relevantních otázek danému zařízení, z toho pouze na jedinou bylo odpovězeno kladně. Zařízení reaktoru tudíž dle přiloženého vzorce řadím do kategorie *c* tabulky 16.

$$f_{p5} = \frac{\text{počet otázek s odpovědí ano}}{\text{celkový počet otázek}} = \frac{1}{7} = 0,14 \quad (35)$$

Odbornost zaměstnanců

Odbornost zaměstnanců údržby je shodná jako u předchozích dvou zařízení (míchačka a lis). Na celou společnost je jen jeden vedoucí údržby. Rozdílem oproti výrobě tablet pro úpravu bazénové vody je, že není zavedena rotační organizace práce a každý zaměstnanec daného provozu se zodpovídá za svěřenou část úseku. Dle přiloženého vzorce řadím tento faktor opět do kategorie *c* dle tabulky 18.

$$f_{p6} = \frac{\text{suma bodů jednotlivých otázek}}{\text{celkový počet položených otázek} \cdot 3} = \frac{2 + 1 + 0 + 3 + 0}{5 \cdot 3} = 0,4 \quad (36)$$

Vyhodnocení

V tabulce 24 jsou shrnuty všechny negativní faktory ovlivňující zařízení reaktoru. Pomocí výpočtu průměrné hodnoty jednotlivých faktorů byla, získána celková hodnota negativního kritéria s výslednou hodnotou 2.

Tab. 24 – Shrnutí negativních faktorů – reaktor

Negativní faktory		
Faktory	Označení	Kategorie
stáří zařízení	f_{n1}	1
reálný stav zařízení	f_{n2a}	3
	f_{n2b}	3
	f_{n2}	3
popisování a označování	f_{n3}	1
potrubní systémy, „území nikoho“	f_{n4}	4
poruchy	f_{n5}	1
poruchy spojené se stárnutím zařízení	f_{n6}	1

$$\begin{aligned}
 \text{negativní kritérium} &= \frac{f_{n1} + f_{n2} + f_{n3} + f_{n4} + f_{n5} + f_{n6}}{\text{počet relevantních faktorů}} \\
 &= \frac{1 + 3 + 1 + 4 + 1 + 1}{6} \doteq 2
 \end{aligned}
 \tag{37}$$

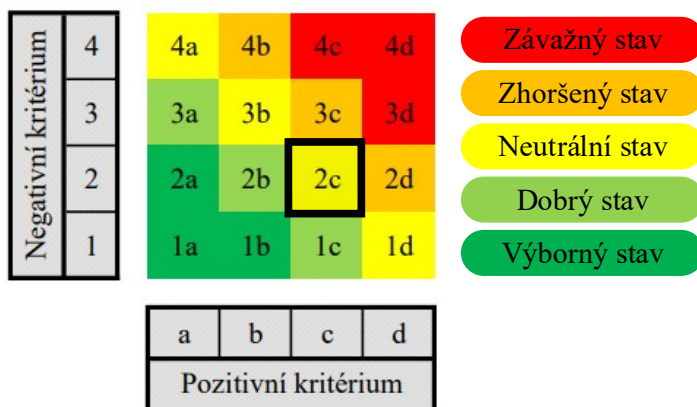
V tabulce 25 jsou shrnuty všechny pozitivní faktory ovlivňující zařízení reaktoru. Pomocí výpočtu průměrné hodnoty jednotlivých faktorů, byla získána celková hodnota pozitivního kritéria s výslednou hodnotou *c*.

Tab. 25 – Shrnutí pozitivních faktorů – reaktor

Pozitivní faktory		
Faktory	Označení	Kategorie
skutečná ochrana zařízení	f_{p1}	c
monitoring procesů	f_{p2}	c
udržování aktuálního IT vybavení	f_{p3}	a
udržování vědomí o stavu zařízení	f_{p4}	d
monitoring technického stavu	f_{p5}	c
odbornost zaměstnanců	f_{p6}	c

$$\begin{aligned}
 \text{pozitivní kritérium} &= \frac{f_{p1} + f_{p2} + f_{p3} + f_{p4} + f_{p5} + f_{p6}}{\text{počet relevantních faktorů}} \\
 &= \frac{c + c + a + d + c + c}{6} \doteq c
 \end{aligned}
 \tag{38}$$

Grafické vyjádření zařazení zařízení pro míchání směsi pro výrobu kapalných čističů, lze vidět na obrázku 25. Z něj vyplývá, že zařízení se nachází v neutrálním stavu. Všechny negativní faktory jsou kompenzovány vhodnými opatřeními. Přesto je třeba věnovat pozornost fenoménu stárnutí, jelikož to není konstantní děj. Proto je třeba přijmout vhodná opatření, která povedou v dlouhodobém horizontu ke snížení rizika nehody vlivem stárnutí.



Obr. 25 – Matice pro vyhodnocení stavu zařízení – reaktor

5.4 Navržená opatření

Aktuální stav zařízení byl vyhodnocen podle navržené metody v kapitole 4.2 a zařazen do matice, kde byl graficky zaznačen stav. Pro jednotlivá zařízení budou v této kapitole navržena opatření, jejichž přijetí bude mít za cíl zlepšit stav zařízení a předcházet nehodám budoucím. Všechna navržená opatření byla předána společnosti sídlící ve Zlínském kraji k dalšímu zpracování.

5.4.1 Míchačka

Zařízení sloužící jako míchačka je umístěno ve velmi prašném prostředí směsi na výrobu tablet. Tato směs reaguje s vlhkostí okolního prostředí, mění se v chlór a způsobuje velmi agresivní korozi. V důsledku tohoto zjištění, navrhuji zavedení pravidelné kontroly stavu nosné konstrukce a její evidence. Tato činnost by měla být přidělena zaměstnanci, který by odpovídal za správnost a pravidelnost provedené kontroly. V případě prvotního nálezu místa s korozi, by se ihned přistoupilo k řešení problému. Proběhlo by očištění a ošetření celé konstrukce antikorozi barvou.

Dalším vhodným krokem je také identifikace všech rizik, díky čemuž dojde k definování kritických bodů zařízení. Tyto body by měly být následně častěji kontrolovány, jelikož jejich poškozením by mohlo dojít k nehodě. Takovými prvky jsou např. svary nosné konstrukce, která nese míchačku nad zemí. V případě jejich poškození by mohlo dojít ke zřícení míchačky a zavalení pracovníka pracujícího s big bagem.

S ohledem na vysokou prašnost směsi navrhuji uzavření celého zařízení do jedné místnosti se zvýšeným odsáváním. Kromě částečné ochrany zařízení by došlo i k větší ochraně zaměstnanců. Díky vyšší míře odsávání by došlo k omezení množství poletující směsi v okolí a snížení pravděpodobnosti zachycení na nosné konstrukci, motoru a zařízení míchačky samotném.

Dalším nápravným opatřením je zavedení evidence oprav, zásahů a poruch zařízení. Přestože je zařízení prakticky bezporuchové, je třeba mít tuto evidenci zavedenou. Generální oprava zařízení by mohla být více zacílena kontrola na poruchové část stroje. Zároveň by mohla být provedena kontrola součástí, které nemají přímý vliv na poruchy a jejich poškození nemusí být viditelné pouhým okem. Současně díky této evidenci by bylo možné sledovat opakující se poruchy, ze kterých by bylo možné se poučit a případně zavést opatření, aby se stejné poruchy neopakovaly.

5.4.2 Lis

Stejně jako míchačka pracuje lis v prašném prostředí směsi na výrobu tablet pro úpravu bazénové vody. Jak již bylo zmíněno, ta se v reakci se vzdušnou vlhkostí mění v chlór, který způsobuje velmi agresivní korozi. V důsledku tohoto zjištění navrhuji stejně jako u míchačky zavedení pravidelné kontroly stavu zařízení a její evidence. Tato činnost by byla přidělena zaměstnanci, který by odpovídal za správnost a pravidelnost provedené kontroly. V případě prvotního nálezu místa s korozi by se ihned přistoupilo k řešení problému.

I zde navrhuji identifikaci rizik a s ní spojenou definici kritických bodů zařízení. Tyto body zařízení by následně měly být častěji kontrolovány a v případě výskytu jevu stárnutí by bylo možné ihned reagovat.

Stejně jako u míchačky tak i u lisu navrhuji zavedení evidence oprav, zásahů a poruch zařízení. Z dotazníkového šetření vyplynulo, že zařízení má v nepravidelných intervalech poruchy. Pro vlastníka zařízení, který provádí opravy zařízení v pravidelném intervalu jednou

za tři roky by měla tato evidence velkou váhu. Generální oprava zařízení by mohla být díky tomu více zacílená na problematické části zařízení. Zároveň by byla provedena kontrola částí zařízení, které s poruchami přímo nesouvisí, ale jejich poškození nemusí být viditelné pouhým okem. Současně díky této evidenci by bylo možné sledovat opakující se poruchy, ze kterých by bylo možné se poučit a případně zavést opatření, aby se stejné poruchy neopakovaly.

5.4.3 Reaktor

Reaktor stojí na nosné konstrukci, která je ukotvena v záchytné jímce chemikálií. V případě úniku kyseliny dusičné ze skladovacích nádrží nebo reaktoru by mohlo dojít ke kontaktu s nosnou konstrukcí. Jak již bylo zmíněno, ta v současné době vykazuje známky koroze. Jako nápravné opatření proto navrhuji okamžitou údržbu nosné konstrukce v podobě nátěru antikorozní barvou, výměnu spojovacího materiálu a výměnu držáků potrubí pro rozvod kyseliny dusičné. Po přijmutí opatření navrhuji zavedení pravidelné kontroly stavu nosné konstrukce a její evidence. Tato činnost by byla přidělena zaměstnanci, který by odpovídal za správnost a pravidelnost provedené kontroly. V případě prvotního nálezu místa s korozí by se ihned přistoupilo k řešení problému. Proběhlo by očištění a ošetření celé konstrukce antikorozní barvou.

Stejně jako u předchozích zařízení i zde navrhuji identifikaci rizik a s ní spojenou definici kritických bodů zařízení. Tyto body zařízení by následně byly častěji kontrolovány a v případě výskytu jevu stárnutí by bylo možné ihned reagovat. Takovými prvky jsou např. svary nosné konstrukce, která nese reaktor nad zemí. V případě poškození svaru by mohlo dojít ke zřícení reaktoru, jeho poškození a možnému zavalení zaměstnance pracujícího v jeho okolí.

6 ZÁVĚR

Tato diplomová práce byla zaměřena na audit managementu stárnutí, který byl celosvětově uznán jako fenomén podílející se na vzniku závažných nehod. V práci byla provedena analýza informací, následně byla navržena metodika pro Českou republiku, která byla aplikována ve společnosti zabývající se výrobou čisticích a dezinfekčních prostředků.

V rešeršní části práce jsou rozebrány způsoby projevů stárnutí zařízení, které se v provozech vyskytují, jako jsou degradace, koroze, únava, vibrace či zastarávání. Dále jsou v této části rozebrány faktory, které jsou úzce spojeny s fenoménem stárnutí zařízení, a opatření, která lze přijmout pro jejich minimalizaci či úplné odstranění. Mezi tyto faktory se řadí zastarávání dokumentace, návodů, lidského faktoru, elektrotechnické dokumentace i nedostatek náhradních dílů pro specifické výrobní stroje. Dalším bodem rešeršní části je vývoj problematiky stárnutí v legislativě a popis přístupu jednotlivých zemí k tomuto problému. Poslední bodem této části je analýza nehod, které souvisejí se stárnutím ve firmách.

Součástí diplomové práce je také návrh řešení stárnutí v České republice. Navržená metoda obsahuje šest negativních a šest pozitivních faktorů ovlivňujících stárnutí. Z těchto faktorů je následně vypočteno kritérium pro zařazení do matice, ze které vychází celkový stav zařízení z pohledu stárnutí. Zařízení se může nacházet ve stavu jako novém, dobrém, neutrálním, zhoršeném nebo závažném. Toto zařazení by mělo být výchozím bodem pro následné přijímání opatření.

Aplikace navržené metody byla provedena ve společnosti sídlící ve Zlínském kraji, která se zabývá výrobou nebezpečných chemických látek a směsí klasifikovaných jako toxické a vysoce toxické. Byla vybrána tři zařízení (míchačka, lis, reaktor), pro která bylo provedeno vyhodnocení stavu vzhledem k fenoménu stárnutí. Obě zařízení nacházející se v prostoru výroby tablet pro úpravu bazénové vody byly kategorizovány do skupiny 3c – zhoršený stav. Reaktor nacházející se ve výrobě kapalných čističů byl klasifikován skupinou 2c – neutrální stav. Pro všechna tři zařízení byla navržena vhodná opatření.

Z celkového hlediska se podařilo analyzovat stárnutí zařízení a navrhnout jednoduchou metodu pro hodnocení fenoménu stárnutí v České republice. To by mohlo být dobrým začátkem pro zvýšení povědomí o problematice. V České republice není fenomén stárnutí zatím nijak rozšířenou problematikou. Doposud jedinou zmínkou bylo dotazníkové šetření z roku 2020, ze kterého vyplývá, že stárnutí je pro více než 50 % společností významným bodem. Bohužel z dalších otázek vyplynulo, že společnosti netuší, co všechno si pod pojmem stárnutí představí. [6] Z toho důvodu by mohly další kroky vést ke zvýšení povědomí o tom, co si skutečně pod pojmem představit pomocí seminářů a odborných konferencí.

7 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] P. HORROCKS, , D. MANSFIELD, J. THOMSON, K. PARKER a P. WINTER. *Plant Ageing Study: Phase 1 Report* [online]. In: . [cit. 2022-03-27]. Dostupné z: <https://1url.cz/LKAOd>
- [2] ČESKÁ REPUBLIKA. *Zákon č. 224/2015 Sb.: Zákon o prevenci závažných havárií způsobených vybranými nebezpečnými chemickými látkami nebo chemickými směsmi a o změně zákona č. 634/2004 Sb., o správních poplatcích, ve znění pozdějších předpisů, (zákon o prevenci závažných havárií)*. In: . 2015. Dostupné také z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2015-224>
- [3] SKŘEHOT, Petr a Jan BUMBA. *Prevence nehod a havárií*. Praha: Výzkumný ústav bezpečnosti práce, 2009. ISBN 978-80-86973-73-9.
- [4] MACHÁTOVÁ, Zuzana. Implementace směrnice SEVESO III v České republice i v evropském kontextu. In: *Odpadové fórum* [online]. Praha, 2022 [cit. 2022-03-15]. Dostupné z: <https://1url.cz/QK8SY>
- [5] Organisation for Economic Cooperation and Development OECD: Ageing of Hazardous Installations. *OECD Environment, Health and Safety Publications - Series on Chemical Accidents (2017)*. [online]. Paris, 34 [cit. 2022-03-15]. Dostupné z: <https://1url.cz/qKYwx>
- [6] KOTEK, Luboš, Zuzana MACHÁTOVÁ, Leisan MUKHAMETZIANOVÁ a Petr TRÁVNÍČEK. Studie fenoménu stárnutí v kontextu zákona o prevenci závažných havárií na základě vyhodnocení analýzy a dotazníkového šetření: na základě zákona č. 224/2015 Sb., o prevenci závažných havárií způsobených vybranými nebezpečnými chemickými látkami nebo chemickými směsmi, ve znění pozdějších předpisů. In: *Ministerstvo životního prostředí* [online]. Praha, c2008-2022 [cit. 2022-05-16]. Dostupné z: <https://1url.cz/Grrze>
- [7] PTÁČEK, Luděk. *Nauka o materiálu II. 2.*, opr. a rozš. vyd. Brno: CERM, 2002, 392 s. : il. ; 25 cm. ISBN 80-7204-248-3.
- [8] Kontrola korozivních úbytků digitální radiografickou metodou. In: *Zakazka.cz: Vše pro strojírenskou výrobu* [online]. 2022 [cit. 2022-05-11]. Dostupné z: <https://1url.cz/HrK2L>
- [9] Accidentology associated with the ageing of industrial installations. In: *ARIA NEWSFLASH* [online]. s. 4 [cit. 2022-03-15]. Dostupné z: <https://1url.cz/IK8Sv>
- [10] SMĚRNICE EVROPSKÉHO PARLAMENTU A RADY 2012/18/EU: ze dne 4. července 2012 o kontrole nebezpečí závažných havárií s přítomností nebezpečných látek a o změně a následném zrušení směrnice Rady 96/82/ES. In: . 2012. Dostupné také z: <https://1url.cz/fKAXS>
- [11] THIBAUT, Marty. Ageing and maintenance of industrial equipment: Feedback from France. In: *The Minerva Portal of the Major Accident Hazards Bureau* [online]. [cit. 2022-04-05]. Dostupné z: <https://1url.cz/PKyaF>

- [12] ANCIONE, Giuseppa, Paolo BRAGATTO a Maria MILAZZO. A Bayesian network-based approach for the assessment and management of ageing in major hazard establishments. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries* [online]. 2020, **64** [cit. 2022-04-04]. ISSN 09504230. Dostupné z: doi:10.1016/j.jlp.2020.104080
- [13] QUADRI, Fausta Delli. Inspection experiences on ageing infrastructure and equipment control: case studies. In: *The Minerva Portal of the Major Accident Hazards Bureau* [online]. [cit. 2022-05-18]. Dostupné z: <https://1url.cz/NrrR9>
- [14] Ageing (- Seveso installations) in the Netherlands. *Chemical Engineering Transactions* [online]. 2019, **415-420**, 77 [cit. 2022-03-03]. Dostupné z: doi:10.3303/CET1977070
- [15] *Módszertani útmutató: a veszélyes üzemek idővel történő fokozatos romlásából fakadó kockázatok értékeléséhez* [online]. In: . 2022 [cit. 2022-04-19]. Dostupné z: <https://www.katasztrofavedelem.hu/application/uploads/documents/2021-02/73544.pdf>
- [16] Liquid ammonia leakage truck: ID 001055. In: *The Minerva Portal of the Major Accident Hazards Bureau* [online]. [cit. 2022-04-07]. Dostupné z: <https://1url.cz/vKybj>
- [17] No. 34351: Oil spill in an estuary during a transfer operation. In: *ARIA* [online]. [cit. 2022-03-17]. Dostupné z: <https://1url.cz/eK8ma>
- [18] Fire in the pre-heating oven of the gas-oil hydrodesulphuration unit of a refinery: ID 000513. In: *The Minerva Portal of the Major Accident Hazards Bureau* [online]. [cit. 2022-04-07]. Dostupné z: <https://1url.cz/uKybI>
- [19] Fluorinated effluents release to a channel: ID 000904. In: *The Minerva Portal of the Major Accident Hazards Bureau* [online]. [cit. 2022-04-07]. Dostupné z: <https://1url.cz/jKybb>
- [20] No. 42401: Failure of a black liquor tank in a paper mill. In: *ARIA* [online]. [cit. 2022-03-17]. Dostupné z: <https://1url.cz/tK8Aa>
- [21] No. 32611: Flammable gas cloud following a branch pipe rupture. In: *ARIA* [online]. [cit. 2022-03-17]. Dostupné z: <https://1url.cz/zK8Ab>
- [22] No. 46459: Fire at an industrial gas plant. In: *ARIA* [online]. [cit. 2022-03-17]. Dostupné z: <https://1url.cz/eK8A6>
- [23] No. 42467: Hydrochloric acid leak in a tyre factory. In: *ARIA* [online]. [cit. 2022-03-17]. Dostupné z: <https://1url.cz/0K8mK>
- [24] No. 36277: Leakage of anhydrous hydrogen chloride. In: *ARIA* [online]. [cit. 2022-03-17]. Dostupné z: <https://1url.cz/PK8y2>
- [25] No. 48058: Ammonia leak in a slaughterhouse. In: *ARIA* [online]. [cit. 2022-03-17]. Dostupné z: <https://1url.cz/kK8ya>
- [26] No. 23195: Legionella epidemic. In: *ARIA* [online]. [cit. 2022-04-07]. Dostupné z: <https://1url.cz/qKy9K>
- [27] *Systémy managementu kvality - Základní principy a slovník*. Praha: Český normalizační institut, 2016.

- [28] *Směrnice pro auditování systémů managementu*. Praha: Český normalizační institut, 2019.
- [29] *Systémy managementu kvality - Požadavky*. 2/16. Praha: Český normalizační institut, 2016.
- [30] *Interní materiály společnosti*. 2022.
- [31] Míchačky žebrového typu: WBR. In: *HAS CZ a.s.* [online]. Ostrava, c1992-2022 [cit. 2022-05-12]. Dostupné z: <https://1url.cz/RrKsP>
- [32] *SVIAC RP*. 2018.
- [33] NÁDRŽE: REAKTORY, MÍCHADLA. In: *ZOMApplast* [online]. Přerov, 2022 [cit. 2022-05-12]. Dostupné z: <https://1url.cz/drKT1>

8 SEZNAM TABULEK, OBRÁZKŮ, GRAFŮ, VELIČIN A ZKRATEK

8.1 Seznam tabulek

Tab. 1 – Databáze MARS a ARIA [3].....	18
Tab. 2 – SMART analýza	42
Tab. 3 – PDCA cyklus popis fází.....	43
Tab. 4 – Srovnání metod pro hodnocení stárnutí v cizích zemích [5; 11; 12; 14; 15].....	45
Tab. 5 – Určení kategorie závažnosti f_{n1}	47
Tab. 6 – Určení kategorie závažnosti f_{n2a}	48
Tab. 7 – Určení kategorie závažnosti f_{n2b}	49
Tab. 8 – Určení kategorie závažnosti f_{n3}	49
Tab. 9 – Určení kategorie závažnosti f_{n4}	50
Tab. 10 – Určení kategorie závažnosti f_{n5}	50
Tab. 11 – Určení kategorie závažnosti f_{n6}	51
Tab. 12 – Určení kategorie závažnosti f_{p1}	52
Tab. 13 – Určení kategorie závažnosti f_{p2}	53
Tab. 14 – Určení kategorie závažnosti f_{p3}	53
Tab. 15 – Určení kategorie závažnosti f_{p4}	54
Tab. 16 – Určení kategorie závažnosti f_{p5}	54
Tab. 17 – Bodové hodnocení faktoru odbornosti zaměstnanců.....	55
Tab. 18 – Určení kategorie závažnosti f_{p6}	56
Tab. 19 – Popis stavů, ve kterých se může zařízení vyskytovat [15]	57
Tab. 20 – Shrnutí negativních faktorů – míchačka	66
Tab. 21 – Shrnutí pozitivních faktorů – míchačka.....	66
Tab. 22 – Shrnutí všech negativních faktorů – lis	70
Tab. 23 – Shrnutí pozitivních faktorů – lis	71
Tab. 24 – Shrnutí negativních faktorů – reaktor	74
Tab. 25 – Shrnutí pozitivních faktorů – reaktor.....	75

8.2 Seznam obrázků

Obr. 1 – Hodnocení ESIA – reálný výstup hodnocení havárie AZF Toulouse 2001 [3].....	17
Obr. 2 – Management stárnutí [5].....	20
Obr. 3 – Rozsáhlá koroze ventilu vlivem působení atmosférických podmínek [8].....	21
Obr. 4 – Klíčové faktory pro hodnocení pomocí metody Ageing FishBone [12]	25
Obr. 5 – Logická struktura metodiky [15]	26
Obr. 6 – Postup pro řešení stárnutí zařízení v Maďarsku	28
Obr. 7 – Uniklý mazut na vodní hladinu [17].....	29
Obr. 8 – Nádrž na černý louh a) před nehodou; b) po nehodě.....	31
Obr. 9 – Doporučený postup průběhu auditu [28].....	38
Obr. 10 – Vanová křivka stárnutí zařízení	41
Obr. 11 – PDCA cyklus	43
Obr. 12 – Navržený postup pro vyhodnocení stárnutí zařízení v ČR	46
Obr. 13 – Vizuální kontrola reálného stavu zařízení [15].....	48

Obr. 14 – Vzor pro vizuální kontrolu faktoru f_{p1} [15].....	52
Obr. 15 – Matice pro hodnocení stavu zařízení	56
Obr. 16 – Výroba chlorových tablet [30].....	59
Obr. 17 – Míchačka WAMGROUP WBR [31]	60
Obr. 18 – Těžký lis na tablety SVIAC [32]	61
Obr. 19 – Reaktor ZOMApplast [33].....	62
Obr. 20 – Míchačka.....	63
Obr. 21 – Matice pro vyhodnocení stavu zařízení – míchačka.....	67
Obr. 22 – Lis výrobu tablet.....	68
Obr. 23 – Matice pro vyhodnocení stavu zařízení – lis	71
Obr. 24 – Reaktor.....	72
Obr. 25 – Matice pro vyhodnocení stavu zařízení – reaktor.....	75

8.3 Seznam grafů

Graf 1 – Následky analyzovaných nehod [5].....	34
Graf 2 – Nejvíce postižená průmyslová odvětví vycházející z analýzy [5].....	35
Graf 3 – Zařízení s projevujícím se stárnutím [5].....	35
Graf 4 – Nejčastější projevy stárnutí [5].....	36

8.4 Seznam veličin

f_{n1}	faktor stáří zařízení
f_{n2a}	faktor reálný stav zařízení – hodnocení vizuální
f_{n2b}	faktor reálný stav zařízení – vyhodnocení dotazníku
f_{n2}	celkový reálný stav zařízení
f_{n3}	faktor popisování a označování
f_{n4}	faktor potrubní systémy, "území nikoho"
f_{n5}	faktor poruchy
f_{n6}	faktor poruchy spojené se stárnutím zařízení
f_{p1}	faktor skutečná ochrana zařízení
f_{p2}	faktor monitoring procesů
f_{p3}	faktor udržování aktuálního IT vybavení
f_{p4}	faktor udržování vědomí o stavu zařízení
f_{p5}	faktor monitoring technického stavu
f_{p6}	faktor odbornost zaměstnanců

8.5 Seznam zkratk

ČR	Česká republika
FR	Francie
IT	Itálie
MA	Maďarsko
NI	Nizozemsko
PZH	prevence závažných havárií
SP	Spojené království

9 SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1 – Vzor dotazníku	89
Příloha 2 – Vyplněný dotazník míchačka	91
Příloha 3 – Vyplněný dotazník lis.....	93
Příloha 4 – Vyplněný dotazník reaktor	95

PŘÍLOHY

Příloha 1 – Vzor dotazníku

Zařízení:

N1 - Stáří zřízení	
Jaké je aktuální stáří zařízení?	
Na jakou časovou dobu je zařízení projektováno?	
Proběhla modernizace zařízení? Pokud ano, v jakém rozsahu?	

N2 - Reálný stav zařízení	
Lze na povrchu nosné konstrukce vidět známky koroze?	
Jsou na povrchu ochranného povlaku viditelné puchýře či jeho odlupování?	
Jsou uvolněny šrouby nosné konstrukce?	
Lze na šroubech nosné konstrukce pozorovat korozi?	
Jsou stěny nádrže napadeny korozí?	
Jsou v blízkosti řídicí místnosti instalovány nebezpečné technologie?	
Mohl by únik nebezpečné látky ohrozit obsluhu?	
Mohl by i malý výbuch vyřadit systém řízení zařízení?	
Nejsou hořlavé materiály uloženy alespoň 1,5 metru od elektrického zařízení?	
Je cítit zápach spáleniny nebo je vidět poškozená izolace kabelu?	

N3 - Popisování a označování	
Jsou pracovníci seznámeni s druhem a složením skladovaného/přepravovaného materiálu?	
Je na zařízení umístěno označení skladovaného/přepravovaného materiálu?	
Může jasně identifikovat druh a složení skladovaného/přepravovaného materiálu i externí návštěvník společnosti (např. kontrolor, zákazník)?	
Odpovídá označení na zařízení skladovanému/přepravovanému materiálu?	

N4 - Potrubní systémy, „území nikoho“	
Je určen útvar pro monitorování stavu potrubí pro nebezpečné látky?	
Existují důkazy o pravidelné kontrole potrubí nacházející se mezi budovami a zařízeními?	
Je pravidelně prováděna kontrola potrubí?	
Provádí se pravidelně monitorování nosných konstrukcí potrubí?	

N5 - Poruchy	
Byly za poslední 3 roky zaznamenány neočekávané výpadky?	
Kolik jich bylo?	
Jsou tyto události dokumentovány?	
Popište co se stalo.	

N6 - Poruchy spojené se stárnutím zařízení	
Nastaly za poslední 3 roky události související se stárnutím zařízení?	
Byla zjištěna příčina události?	
Byla tato událost zdokumentována?	

P2 - Monitoring procesů	
Existuje systém, který monitoruje sledování procesu výroby?	
Archivuje tento systém data?	
Zapne systém řízení procesu v případě poruchy poplach?	
Je k dispozici ruční nouzové vypnutí procesu, pro případ nouzového poplachu?	
Je nouzové vypnutí nebezpečných procesů automatizované nebo dálkově ovládané?	

P3 - Udržování aktuálního IT vybavení	
Jsou k dispozici výkresy, technické specifikace, schémata potrubí a přístrojového vybavení v současném stavu?	
Má veškerý používaný software originální a platnou licenci?	
Jsou používané verze softwaru aktuální, přizpůsobeny provozním potřebám a jsou zabezpečeny proti vniknutí cizího elementu?	
Má společnost uzavřenou smlouvu na údržbu systémů řízení procesů?	
Jsou zálohy dat uloženy na několik let, aby se případně daly obnovit?	

P4 - Udržování vědomí o stavu zařízení	
Je zdokumentováno, z jakého materiálu je zařízení vyrobeno?	
Existuje evidence, kde je veden seznam oprav a zásahů do zařízení?	
Jsou v průběhu životnosti zařízení dokumentovány změny na kvalitě materiálu, ze kterého je zařízení vyrobeno?	
Odpovídá zařízení aktuálním požadavkům na výrobu a provoz?	
Odpovídá podzemní nádrž aktuálním normám (dvojitě stěny, konstrukce pro detekci úniku apod.)?	

P5 - Monitoring technického stavu	
Zahrnuje systém sledování technického stavu všechny kritické body zařízení?	
Kontrolujete v rámci monitorování technického stavu určitá kritická zařízení častěji, než je zákonem stanovený cyklus?	
Je četnost monitorování stavu zařízení z hlediska bezpečnosti stanovena na základě stanovení rizik?	
Máte plán sledování technického stavu zařízení z hlediska bezpečnosti?	
Je návrh kontrol dynamicky aktualizován v návaznosti na změny?	
Máte k dispozici vlastní diagnostické zařízení pro monitorování stavu zařízení?	
Berete při určování bodů měření v úvahu kritické body zařízení?	

P6 - Odbornost zaměstnanců				
Jaká je kvalifikace vedoucího údržby?	Odborné znalosti - Specializovaná kvalifikace - Ostatní přírodní vědy - Společenské vědy			
Jaké jsou odborné znalosti vedoucího údržby?	více než 5 let	3–5 let	1–3 roky	méně než rok
Jak dlouhé je školení pro předání funkce vedoucího údržby?	více než 12 měsíců	6–12 měsíců	3–6 měsíců	méně než 3 měsíce
Je zavedena rotační organizace práce?	Ano		Ne	
Je zaveden školicí program pro údržbu zařízení?	Ano		Ne	

Příloha 2 – Vyplněný dotazník míchačka

Zařízení: Míchačka

N1 - Stáří zřízení	
Jaké je aktuální stáří zařízení?	?
Na jakou časovou dobu je zařízení projektováno?	?
Proběhla modernizace zařízení? Pokud ano, v jakém rozsahu?	
-	

N2 - Reálný stav zařízení	
Lze na povrchu nosné konstrukce vidět známky koroze?	Ano
Jsou na povrchu ochranného povlaku viditelné puchýře či jeho odlupování?	Ne
Jsou uvolněny šrouby nosné konstrukce?	Ne
Lze na šroubech nosné konstrukce pozorovat korozi?	Ano
Jsou stěny nádrže napadeny korozí?	-
Jsou v blízkosti řídicí místnosti instalovány nebezpečné technologie?	-
Mohl by únik nebezpečné látky ohrozit obsluhu?	Ano
Mohl by i malý výbuch vyřadit systém řízení zařízení?	-
Nejsou hořlavé materiály uloženy alespoň 1,5 metru od elektrického zařízení?	Ne
Je cítit zápach spáleniny nebo je vidět poškozená izolace kabelu?	Ne

N3 - Popisování a označování	
Jsou pracovníci seznámeni s druhem a složením skladovaného/přepřavovaného materiálu?	Ano
Je na zařízení umístěno označení skladovaného/přepřavovaného materiálu?	Ano
Může jasně identifikovat druh a složení skladovaného/přepřavovaného materiálu i externí návštěvník společnosti (např. kontrolor, zákazník)?	Ano
Odpovídá označení na zařízení skladovanému/přepřavovanému materiálu?	Ano

N4 - Potrubní systémy, „území nikoho“	
Je určen útvar pro monitorování stavu potrubí pro nebezpečné látky?	-
Existují důkazy o pravidelné kontrole potrubí nacházející se mezi budovami a zařízeními?	-
Je pravidelně prováděna kontrola potrubí?	-
Provádí se pravidelně monitorování nosných konstrukcí potrubí?	-

N5 - Poruchy	
Byly za poslední 3 roky zaznamenány neočekávané výpadky?	Ano
Kolik jich bylo?	2
Jsou tyto události dokumentovány?	Ne
Popište co se stalo.	
Upadnutí motoru, zaseknutí, přehození fáze	

N6 - Poruchy spojené se stárnutím zařízení	
Nastaly za poslední 3 roky události související se stárnutím zařízení?	Ano
Byla zjištěna příčina události?	Ano
Byla tato událost zdokumentována?	Ano

P2 - Monitoring procesů	
Existuje systém, který monitoruje sledování procesu výroby?	Ne
Archivuje tento systém data?	–
Zapne systém řízení procesu v případě poruchy poplach?	–
Je k dispozici ruční nouzové vypnutí procesu, pro případ nouzového poplachu?	–
Je nouzové vypnutí nebezpečných procesů automatizované nebo dálkově ovládané?	–

P3 - Udržování aktuálního IT vybavení	
Jsou k dispozici výkresy, technické specifikace, schémata potrubí a přístrojového vybavení v současném stavu?	Ano
Má veškerý používaný software originální a platnou licenci?	–
Jsou používané verze softwaru aktuální, přizpůsobeny provozním potřebám a jsou zabezpečeny proti vniknutí cizího elementu?	–
Má společnost uzavřenou smlouvu na údržbu systémů řízení procesů?	–
Jsou zálohy dat uloženy na několik let, aby se případně daly obnovit?	–

P4 - Udržování vědomí o stavu zařízení	
Je zdokumentováno, z jakého materiálu je zařízení vyrobeno?	Ano
Existuje evidence, kde je veden seznam oprav a zásahů do zařízení?	Ne
Jsou v průběhu životnosti zařízení dokumentovány změny na kvalitě materiálu, ze kterého je zařízení vyrobeno?	Ne
Odpovídá zařízení aktuálním požadavkům na výrobu a provoz?	Ano
Odpovídá podzemní nádrž aktuálním normám (dvojitě stěny, konstrukce pro detekci úniku apod.)?	–

P5 - Monitoring technického stavu	
Zahrnuje systém sledování technického stavu všechny kritické body zařízení?	Ano
Kontrolujete v rámci monitorování technického stavu určitá kritická zařízení častěji, než je zákonem stanovený cyklus?	Ano
Je četnost monitorování stavu zařízení z hlediska bezpečnosti stanovena na základě stanovení rizik?	Ne
Máte plán sledování technického stavu zařízení z hlediska bezpečnosti?	Ne
Je návrh kontrol dynamicky aktualizován v návaznosti na změny?	Ne
Máte k dispozici vlastní diagnostické zařízení pro monitorování stavu zařízení?	Ne
Berete při určování bodů měření v úvahu kritické body zařízení?	Ne

P6 - Odbornost zaměstnanců	
Jaká je kvalifikace vedoucího údržby? Odborné znalosti - Specializovaná kvalifikace - Ostatní přírodní vědy - Společenské vědy	
Jaké jsou odborné znalosti vedoucího údržby? více než 5 let 3–5 let 1–3 roky méně než rok	
Jak dlouhé je školení pro předání funkce vedoucího údržby? více než 12 měsíců 6–12 měsíců 3–6 měsíců méně než 3 měsíce	
Je zavedena rotační organizace práce?	Ano Ne
Je zaveden školicí program pro údržbu zařízení?	Ano Ne

Příloha 3 – Vyplněný dotazník lis

Zařízení: Lis

N1 - Stáří zřízení	
Jaké je aktuální stáří zařízení?	?
Na jakou časovou dobu je zařízení projektováno?	?
Proběhla modernizace zařízení? Pokud ano, v jakém rozsahu?	
1 x za tři roky dochází k odvozu zařízení do společnosti, která jej vlastní kde probíhá rozebrání a kontrola zařízení	

N2 - Reálný stav zařízení	
Lze na povrchu nosné konstrukce vidět známky koroze?	–
Jsou na povrchu ochranného povlaku viditelné puchýře či jeho odlupování?	Ne
Jsou uvolněny šrouby nosné konstrukce?	–
Lze na šroubech nosné konstrukce pozorovat korozi?	–
Jsou stěny nádrže napadeny korozí?	–
Jsou v blízkosti řídicí místnosti instalovány nebezpečné technologie?	–
Mohl by únik nebezpečné látky ohrozit obsluhu?	Ano
Mohl by i malý výbuch vyřadit systém řízení zařízení?	–
Nejsou hořlavé materiály uloženy alespoň 1,5 metru od elektrického zařízení?	Ne
Je cítit zápach spáleniny nebo je vidět poškozená izolace kabelu?	Ne

N3 - Popisování a označování	
Jsou pracovníci seznámeni s druhem a složením skladovaného/přepřavovaného materiálu?	Ano
Je na zařízení umístěno označení skladovaného/přepřavovaného materiálu?	Ano
Může jasně identifikovat druh a složení skladovaného/přepřavovaného materiálu i externí návštěvník společnosti (např. kontrolor, zákazník)?	Ano
Odpovídá označení na zařízení skladovanému/přepřavovanému materiálu?	Ano

N4 - Potrubní systémy, „území nikoho“	
Je určen útvar pro monitorování stavu potrubí pro nebezpečné látky?	–
Existují důkazy o pravidelné kontrole potrubí nacházející se mezi budovami a zařízeními?	–
Je pravidelně prováděna kontrola potrubí?	–
Provádí se pravidelně monitorování nosných konstrukcí potrubí?	–

N5 - Poruchy	
Byly za poslední 3 roky zaznamenány neočekávané výpadky?	Ano
Kolik jich bylo?	?
Jsou tyto události dokumentovány?	Ne
Popište co se stalo.	
Počet odstávek nelze specifikovat, často odstávka vlivem špatného promazání a zaseknutí tablety, nebo spadne nějaká špatně rozmíchaná část směsi z big bagu	

N6 - Poruchy spojené se stárnutím zařízení	
Nastaly za poslední 3 roky události související se stárnutím zařízení?	Ne
Byla zjištěna příčina události?	–
Byla tato událost zdokumentována?	–

P2 - Monitoring procesů	
Existuje systém, který monitoruje sledování procesu výroby?	Ne
Archivuje tento systém data?	–
Zapne systém řízení procesu v případě poruchy poplach?	–
Je k dispozici ruční nouzové vypnutí procesu, pro případ nouzového poplachu?	–
Je nouzové vypnutí nebezpečných procesů automatizované nebo dálkově ovládané?	–

P3 - Udržování aktuálního IT vybavení	
Jsou k dispozici výkresy, technické specifikace, schémata potrubí a přístrojového vybavení v současném stavu?	Ano
Má veškerý používaný software originální a platnou licenci?	–
Jsou používané verze softwaru aktuální, přizpůsobeny provozním potřebám a jsou zabezpečeny proti vniknutí cizího elementu?	–
Má společnost uzavřenou smlouvu na údržbu systémů řízení procesů?	–
Jsou zálohy dat uloženy na několik let, aby se případně daly obnovit?	–

P4 - Udržování vědomí o stavu zařízení	
Je zdokumentováno, z jakého materiálu je zařízení vyrobeno?	Ano
Existuje evidence, kde je veden seznam oprav a zásahů do zařízení?	Ne
Jsou v průběhu životnosti zařízení dokumentovány změny na kvalitě materiálu, ze kterého je zařízení vyrobeno?	Ne
Odpovídá zařízení aktuálním požadavkům na výrobu a provoz?	Ano
Odpovídá podzemní nádrž aktuálním normám (dvojitě stěny, konstrukce pro detekci úniku apod.)?	–

P5 - Monitoring technického stavu	
Zahrnuje systém sledování technického stavu všechny kritické body zařízení?	Ano
Kontrolujete v rámci monitorování technického stavu určitá kritická zařízení častěji, než je zákonem stanovený cyklus?	Ano
Je četnost monitorování stavu zařízení z hlediska bezpečnosti stanovena na základě stanovení rizik?	Ne
Máte plán sledování technického stavu zařízení z hlediska bezpečnosti?	Ne
Je návrh kontrol dynamicky aktualizován v návaznosti na změny?	Ne
Máte k dispozici vlastní diagnostické zařízení pro monitorování stavu zařízení?	Ne
Berete při určování bodů měření v úvahu kritické body zařízení?	Ne

P6 - Odbornost zaměstnanců	
Jaká je kvalifikace vedoucího údržby?	Odborné znalosti - Specializovaná kvalifikace - Ostatní přírodní vědy - Společenské vědy
Jaké jsou odborné znalosti vedoucího údržby?	více než 5 let 3–5 let 1–3 roky méně než rok
Jak dlouhé je školení pro předání funkce vedoucího údržby?	více než 12 měsíců 6–12 měsíců 3–6 měsíců méně než 3 měsíce
Je zavedena rotační organizace práce?	Ano Ne
Je zaveden školicí program pro údržbu zařízení?	Ano Ne

Příloha 4 – Vyplněný dotazník reaktor

Zařízení: Reaktor

N1 - Stáří zřízení	
Jaké je aktuální stáří zařízení?	4
Na jakou časovou dobu je zařízení projektováno?	10
Proběhla modernizace zařízení? Pokud ano, v jakém rozsahu?	-

N2 - Reálný stav zařízení	
Lze na povrchu nosné konstrukce vidět známky koroze?	Ano
Jsou na povrchu ochranného povlaku viditelné puchýře či jeho odlupování?	Ne
Jsou uvolněny šrouby nosné konstrukce?	Ne
Lze na šroubech nosné konstrukce pozorovat korozi?	Ano
Jsou stěny nádrže napadeny korozí?	Ne
Jsou v blízkosti řídicí místnosti instalovány nebezpečné technologie?	Ne
Mohl by únik nebezpečné látky ohrozit obsluhu?	Ano
Mohl by i malý výbuch vyřadit systém řízení zařízení?	Ano
Nejsou hořlavé materiály uloženy alespoň 1,5 metru od elektrického zařízení?	Ne
Je cítit zápach spáleniny nebo je vidět poškozená izolace kabelu?	Ne

N3 - Popisování a označování	
Jsou pracovníci seznámeni s druhem a složením skladovaného/přepřávaného materiálu?	Ano
Je na zařízení umístěno označení skladovaného/přepřávaného materiálu?	Ano
Může jasně identifikovat druh a složení skladovaného/přepřávaného materiálu i externí návštěvník společnosti (např. kontrolor, zákazník)?	Ano
Odpovídá označení na zařízení skladovanému/přepřávanému materiálu?	Ano

N4 - Potrubní systémy, „území nikoho“	
Je určen útvar pro monitorování stavu potrubí pro nebezpečné látky?	Ne
Existují důkazy o pravidelné kontrole potrubí nacházející se mezi budovami a zařízeními?	Ne
Je pravidelně prováděna kontrola potrubí?	Ano
Provádí se pravidelně monitorování nosných konstrukcí potrubí?	Ne

N5 - Poruchy	
Byly za poslední 3 roky zaznamenány neočekávané výpadky?	Ne
Kolik jich bylo?	-
Jsou tyto události dokumentovány?	-
Popište co se stalo.	-

N6 - Poruchy spojené se stárnutím zařízení	
Nastaly za poslední 3 roky události související se stárnutím zařízení?	Ne
Byla zjištěna příčina události?	-
Byla tato událost zdokumentována?	-

P2 - Monitoring procesů	
Existuje systém, který monitoruje sledování procesu výroby?	Ano
Archivuje tento systém data?	Ne
Zapne systém řízení procesu v případě poruchy poplach?	Ne
Je k dispozici ruční nouzové vypnutí procesu, pro případ nouzového poplachu?	Ano
Je nouzové vypnutí nebezpečných procesů automatizované nebo dálkově ovládané?	Ne

P3 - Udržování aktuálního IT vybavení	
Jsou k dispozici výkresy, technické specifikace, schémata potrubí a přístrojového vybavení v současném stavu?	Ano
Má veškerý používaný software originální a platnou licenci?	–
Jsou používané verze softwaru aktuální, přizpůsobeny provozním potřebám a jsou zabezpečeny proti vniknutí cizího elementu?	–
Má společnost uzavřenou smlouvu na údržbu systémů řízení procesů?	–
Jsou zálohy dat uloženy na několik let, aby se případně daly obnovit?	–

P4 - Udržování vědomí o stavu zařízení	
Je zdokumentováno, z jakého materiálu je zařízení vyrobeno?	Ano
Existuje evidence, kde je veden seznam oprav a zásahů do zařízení?	Ne
Jsou v průběhu životnosti zařízení dokumentovány změny na kvalitě materiálu, ze kterého je zařízení vyrobeno?	Ne
Odpovídá zařízení aktuálním požadavkům na výrobu a provoz?	Ano
Odpovídá podzemní nádrž aktuálním normám (dvojitě stěny, konstrukce pro detekci úniku apod.)?	–

P5 - Monitoring technického stavu	
Zahrnuje systém sledování technického stavu všechny kritické body zařízení?	Ano
Kontrolujete v rámci monitorování technického stavu určitá kritická zařízení častěji, než je zákonem stanovený cyklus?	Ne
Je četnost monitorování stavu zařízení z hlediska bezpečnosti stanovena na základě stanovení rizik?	Ne
Máte plán sledování technického stavu zařízení z hlediska bezpečnosti?	Ne
Je návrh kontrol dynamicky aktualizován v návaznosti na změny?	Ne
Máte k dispozici vlastní diagnostické zařízení pro monitorování stavu zařízení?	Ne
Berete při určování bodů měření v úvahu kritické body zařízení?	Ne

P6 - Odbornost zaměstnanců	
Jaká je kvalifikace vedoucího údržby?	Odborné znalosti - Specializovaná kvalifikace - Ostatní přírodní vědy - Společenské vědy
Jaké jsou odborné znalosti vedoucího údržby?	více než 5 let 3–5 let 1–3 roky méně než rok
Jak dlouhé je školení pro předání funkce vedoucího údržby?	více než 12 měsíců 6–12 měsíců 3–6 měsíců méně než 3 měsíce
Je zavedena rotační organizace práce?	Ano Ne
Je zaveden školicí program pro údržbu zařízení?	Ano Ne