

# Audit stárnutí v průmyslovém podniku - praktické zkušenosti

**Ing. Luboš Kotek, Ph.D., Ing. Bára Juránová - Vysoké učení technické v Brně; doc. Ing. Petr Trávníček, Ph.D. - Mendelova univerzita v Brně**

***kotek.l@fme.vutbr.cz***

## **Souhrn**

*Příspěvek se zabývá problematikou stárnutí, která je akcentována u podniků spadající pod legislativu Seveso (zákon o prevenci závažných havárií). V článku budou porovnány vybrané evropské metody a zkušenosti s praktickou aplikací auditu v průmyslovém podniku.*

***Klíčová slova:*** *prevence závažných havárií, stárnutí, zastarávání, audit*

## **1. Fenomén stárnutí**

Stárnutí (ageing) jako fenomén spojený se zvyšováním rizika havárie není nový koncept. Zpočátku však bylo stárnutí technických zařízení spojeno především s degradací materiálu v důsledku působení času (OECD, 1999) a byl důsledně oddělován od fenoménu zastarávání (obsolence) (Milazzo, 2018).

Hodnocení stárnutí tak bylo součástí standardního programu údržby. Tehdejší poznatky o stárnutí vycházely ze znalosti změny vlastností materiálů a stavu provozních podmínek (případně vnějších podmínek prostředí). V roce 2010 britský Úřad pro bezpečnost a ochranu zdraví (HSE) uveřejnil zprávu, ze které vyplývalo, že aspekty stárnutí přispívají také k velkému počtu nehod (30 %), které se týkají nebezpečných látek v chemickém a pobřežním průmyslu ve Spojeném království (Horrocks et al., 2010). Tato zpráva se stala novým impulzem pro rozvoj této problematiky.

Fenomén stárnutí byl následně rozšířen i o další aspekty (dříve řazené spíše pod fenomén zastarávání), např. zajištění náhradních dílů pro zastaralá zařízení, změny technických systémů, kdy jsou zastaralá zařízení (částečně) nahrazována novými technologiemi a v důsledku toho vznikají neočekávané poruchy procesů, stárnutí personálu, které zahrnuje problematiku udržování odborných znalostí, jež jsou nezbytné pro bezpečný provoz zařízení, udržování dokumentace a pokynů v aktuálním stavu a také stárnutí samotných pracovníků (OECD, 2017). Stejný přístup se již osvědčil při zajištění bezpečnosti u jaderných elektráren (International Atomic Energy Agency IAEA, 2009).

## **2. Legislativa a literatura o fenoménu stárnutí**

Na tyto poznatky reagovala také legislativa Evropské unie, kdy novela směrnice SEVESO III (Směrnice 2012/18/EU) bere v úvahu vliv stárnutí na bezpečnost zařízení. Směrnice 2012/18/EU (Seveso III) požaduje začlenění problematiky stárnutí do systému řízení bezpečnosti:

- provozní kontrola: přijímání a provádění postupů a pokynů pro bezpečný provoz včetně údržby závodu, procesů a vybavení, a poplachového řízení a dočasných odstávek; zohledňování dostupných informací o osvědčených postupech pro sledování a kontrolu s cílem snížit riziko selhání systému; řízení a kontrola rizik spojených se stárnutím vybavení instalovaného v závodu a koroze; soupis vybavení závodu a strategie a metoda pro sledování a kontrolu stavu vybavení; náležitá následná opatření a jakákoli nezbytná protiopatření.

V roce 2015 také evropská komise upozornila v rámci Bulletinu CAPP (CAPP, 2015) na velký význam fenoménu stárnutí pro průmyslové podniky. Odborné prameny, které se týkají fenoménu stárnutí u objektů významných z hlediska rizika závažné havárie, jsou poměrně bohaté.

Obecné publikace řeší problematiku stárnutí z hlediska klasifikace faktorů, které se podílí na zhoršování stavu zařízení. Např. publikace (Ansaldi, 2020) systematicky mapuje různé faktory, které

mohou přispívat ke zhoršování stavu zařízení z důvodu stárnutí. Na příkladu prezentuje způsob řízení rizik s ohledem na stárnutí.

Publikace (Bragatto, 2020) se zabývá jednak mechanismy poškození, které jsou spojeny s fenoménem stárnutí, jednak s diagnostickými nástroji pro prevenci rizik. V této práci je také navržen model ontoAgeingFishBone, který lze pro řešení tohoto problému použít.

Velká část publikací se zaměřuje na problematiku stárnutí u rafinerií. V tomto průmyslovém odvětví existují také podrobné postupy kontroly, které jsou standardizované a které berou problematiku stárnutí a jednotlivé fenomény stárnutí v úvahu – API 580 (API, 2016) a API 581 (API, 2016) – a jsou v ropném průmyslu široce používány. Některé technické zprávy vypracované významnými institucemi označily stárnutí za jednu z hlavních příčin závažných havárií (např. OECD, 2017) a poukázaly na důležitost hodnocení problematiky stárnutí a jeho začlenění do systému řízení bezpečnosti podniku.

V Itálii byla pro audit systému managementu stárnutí vytvořena a otestována screeningová metoda (Ageing FishBone), která byla následně poskytnuta inspektorům provádějícím kontrolu SEVESO objektů. Na vytvoření této metody se podílela pracovní skupina složená ze zástupců regulačních orgánů, manažerů průmyslových podniků a zástupců akademické obce. Tato metoda představuje indexový přístup, který zahrnuje posouzení řady kvantitativních klíčových faktorů, u nichž se předpokládá, že přispívají ke stárnutí zařízení (Ancione, 2020).

Mezi kvantitativní klíčové faktory, které přispívají ke stárnutí zařízení, lze řadit (Bragatto a Milazzo, 2016) následující:

- Stáří a doba provozu.
- Zastavení provozu.
- Nehody/incidenty a anomálie, selhání (tento faktor zahrnuje pouze mechanické poruchy a je kvantitativně dán intenzitou poruch).
- Zjištěná poškození (faktor se týká poškození součástí, které jsou zjištěny inspekce a neohrožují jejich funkci).
- Mechanismy deteriorace (faktor souvisí se schopností detekce poškození hlavních mechanismů s využitím kontrol).

Stejní autoři uvádějí také klíčové faktory, jež umožňují proces stárnutí kontrolovat (Bragatto a Milazzo, 2016):

- Systém řízení společnosti.
- Kontroly mechanické integrity.
- Audity.

V Nizozemsku byl v roce 2017 spuštěn projekt BRZO+, který byl zaměřen na zjištění stavu managementu stárnutí zařízení u podniků spadajících pod legislativu SEVESO. Během inspekce byla zvláštní pozornost věnována korozi pod izolací a stárnutí protipožárních systémů. Pomocí dotazníkového šetření bylo zjištěno, že většina společností je stále v počátečních fázích zavádění managementu stárnutí do svých procesů (Kieskamp, 2019). Protože mnoho v současnosti provozovaných průmyslových zařízení dosáhlo nebo překročilo projektovanou jmenovitou životnost, provozovatelé si kladou otázku, jak omezit vliv stárnutí na bezpečnost provozu zařízení. Proto byl navržen a otestován nástroj pro audit technologií z hlediska stárnutí (Bragatto, 2018).

### **3. Audit fenoménu stárnutí ve vybraných zemích EU**

#### **3.1. Velká Británie**

Ve Velké Británii byla v roce 2010 zavedena koncepce strategických priorit, které mají zásadní vliv na prevenci závažných havárií. Rozdílem oproti předchozím koncepcím je zaměření mimo čisté technickou oblast na vedení a zajišťování zdrojů. Cílem je identifikovat a napravit příčiny technického selhání, zabránit následnému opakování a poučit se z nich. V této koncepci byl zaveden program

stárnutí zařízení, který obsahoval dva klíčové prvky: intervenční program a zapojení zúčastněných stran. (Organisation for Economic Cooperation and Development OECD, 2017)

Cílem intervenčního programu je zjistit základní příčiny technických problémů pomocí strukturovaného přístupu. Současně je cílem pokrýt všechny objekty spadající pod legislativu Seveso na území Velké Británie. Každý objekt je hodnocen na základě 5 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 zakázat užívání zařízení do doby, než bude problém odstraněn. (Organisation for Economic Cooperation and Development OECD, 2017)

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 vytvořen seznam zařízení, která jsou kritická z ohledu bezpečnosti.
- Základní kontrola – Základní kontrola specifických částí zařízení.
- Kritická mechanická zařízení – V tomto bodě je hodnocena, jak je prováděna údržba důležitých zařízení z hlediska bezpečnosti.
- Zdroje – Kontrola dostupnosti např. náhradních dílů pro řešení problematiky stárnutí.

Druhým prvek, zapojení zúčastněných stran, se zabýval komunikací o problematice stárnutí s průmyslem. 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. (Organisation for Economic Cooperation and Development OECD, 2017)

### 3.2 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 využívané pro stavební inženýrství, bezpečnostní vybavení, řídicí systémy bezpečnosti, skladovací nádrže, potrubní sítě, potrubí a tlaková zařízení. (Thibaut, 2022)

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 vypracovávána 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). (Thibaut, 2022)

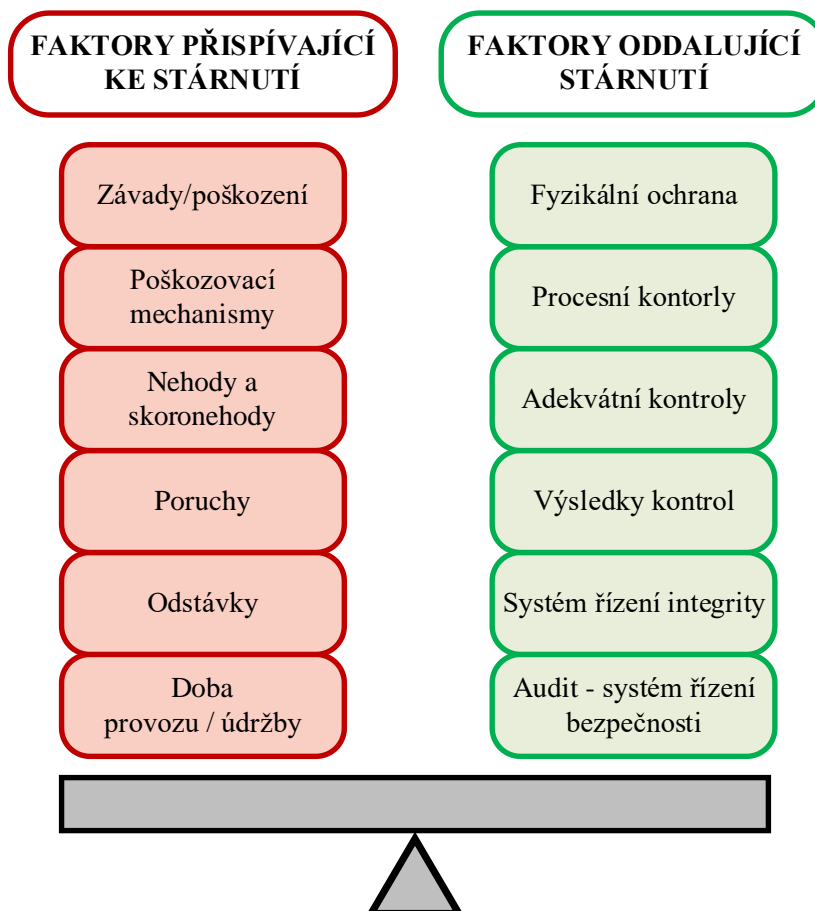
Společnosti dostaly lhůtu do konce roku 2012 ve které musí zavést zmíněný plán modernizace. Ještě téhož roku se konaly první neformální kontroly. V letech 2013–2017 začaly probíhat kontroly formální, které měly za cíl ověřit, zda provozovatelé zařízení plní řádně plán modernizace a provést kontrolu opatření, které na jeho základě vznikly. (Thibaut, 2022)

### 3.3. Itálie

V roce 2015, kdy byla směrnice SEVESO III implementována do italské legislativy se stárnutí stalo jednou z priorit prevence závažných havárií. 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 klasifikovaných jako kritická na území Itálie. (Ancione, 2020)

Na vytvoření metody se podílela skupina složená se 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. 1). 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. (Quadri, 2022).

Jak již bylo zmíněno jedná se o indexovou metodu, která definuje stárnutí na základě klíčových faktorů, které urychlují nebo zpomalují tento jev. 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 z 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. (Quadri, 2022).



Obr. 1: Klíčové faktory pro hodnocení pomocí metody Ageing FishBones (Ancione, 2020)

### 3.4. Nizozemsko

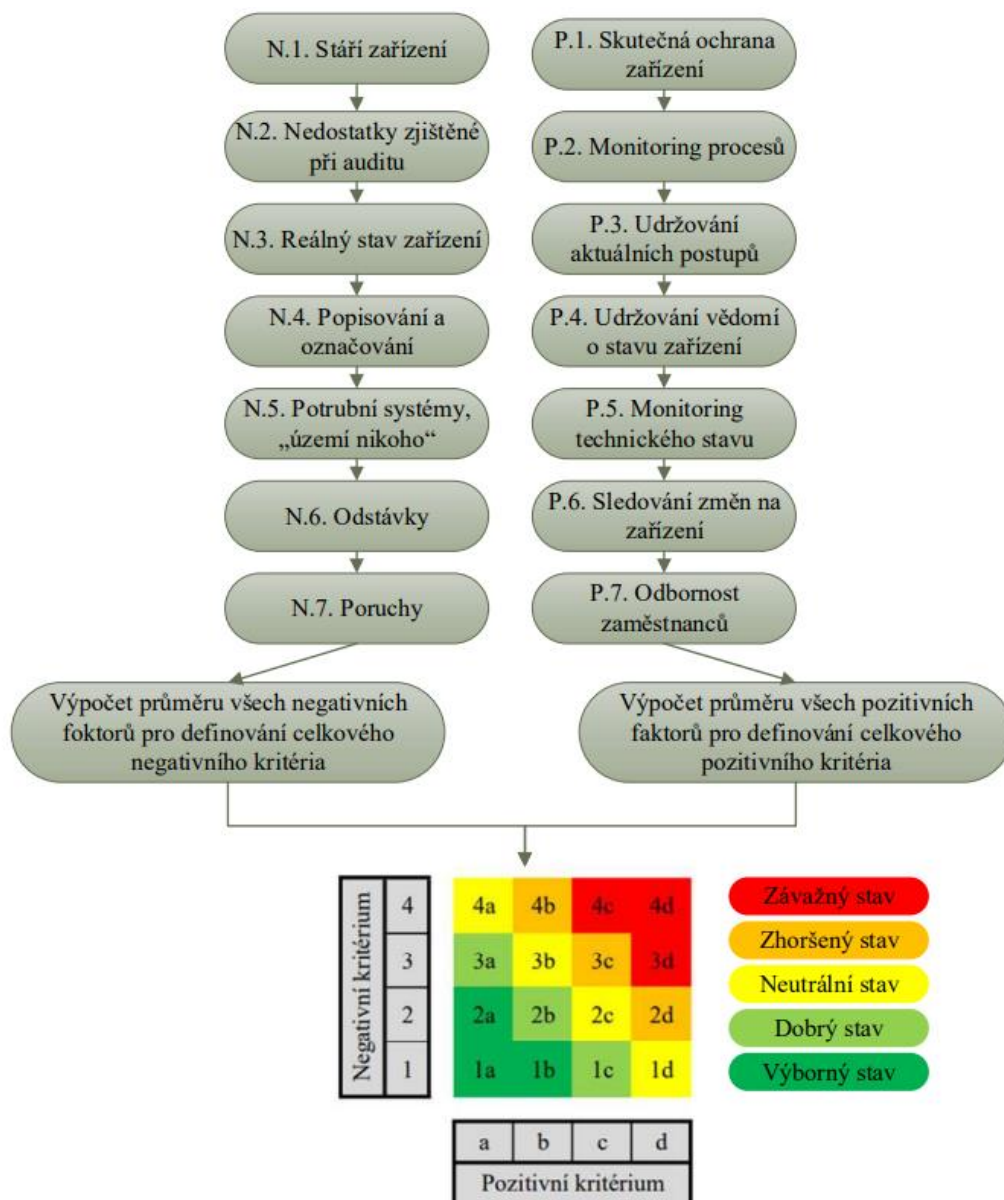
V Nizozemsku se problematikou stárnutí zabírá vyhláška Brzo 2015, která je nizozemskou implementací směrnice SEVESO III. Pomocí vyhlášky chce Nizozemské ministerstvo sociálních věcí přizpůsobit aspekty stárnutí pro všechny podniky, nejen pro společnosti spadající do sítě Seveso. V roce 2016 bylo provedeno 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 měli společnosti zavedeny preventivní údržby, avšak prevence závažných havárií pomocí kontrolních seznamů a postupů chyběla. (Kieskamp, 2019).

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 cíl 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 pasivních požárních opatření. Také je spuštěn program, který má ambici do roku 2030 dosáhnout nulového počtu havárií v chemickém a petrochemickém průmyslu. (Kieskamp, 2019).

### 3.5. Maďarsko

Řešení problematiky stárnutí technických zařízení provozovaných v Maďarsku vychází z italské metody Ageing FishBone, bere však v úvahu i situaci, která se vyskytuje v některých podnicích ve střední Evropě, která spočívá v mnohdy chybějící nebo nedostatečné výrobní dokumentaci, případně zanedbání řízení změn zařízení. Stejně jako italská metoda je založena na strukturované a postupné analýze zařízení, která jsou hodnocena jako kritická. Metoda je dále modifikována a zaměřuje se na všechna odvětví, které stárnutí obsahuje (fyzické, dokumentární a lidské). Zároveň Maďarsko usilovalo o vytvoření metody, která bude flexibilní 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. (Csaba, 2021)

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.



Obr. 2: Klíčové faktory pro hodnocení pomocí maďarské metody (Csaba, 2021)

#### 4. Audit fenoménu stárnutí v Česku

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.

Další činnosti v oblasti auditu fenoménu stárnutí zatím na státní úrovni provedeny nebyly.

Proto byly autory tohoto příspěvku zpracovány pilotní studie ve vybraných podnicích v ČR. K auditu byla vybrána maďarská metoda. Zkušenosti budou z důvodu citlivosti informací prezentovány přímo na konferenci Aprochem.

#### 5. Závěr

Zajištění bezpečnosti objektů spadajících do oblasti zákona č. 224/2015 Sb., o prevenci závažných havárií, je významné jak pro provozovatele, tak i pro kontrolní orgány. Jeho součástí je také fenomén stárnutí, který se významně podílí na vzniku závažných havárií. Audit fenoménu stárnutí by měl být

řešen provozovatelem podniku v rámci interního auditu PZH, tak i ze strany integrovaného auditu PZH ze strany kontrolních orgánů. Tento příspěvek představuje vybrané přístupy v EU.

## Poděkování

Tento příspěvek vznikl za podpory projektu TAČR SS05010096, SAFE-BASE: Návrh komplexního systému pro proces poučení ze závažných havárií s účastí nebezpečné chemické látky nebo směsi.

## Seznam použité literatury

- Ancione, G., Bragatto, P., & Milazzo, M. F. (2020). A bayesian network-based approach for the assessment and management of ageing in major hazard establishments. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 64 doi:10.1016/j.jlp.2020.104080.
- Ansaldi, S. M., Bragatto, P., Agnello, P., & Milazzo, M. F. (2020). An ontology for the management of equipment ageing. Paper presented at the *30th European Safety and Reliability Conference, ESREL 2020 and 15th Probabilistic Safety Assessment and Management Conference, PSAM 2020*, 4020-4027.
- Csaba, A., at al. (2021). Módszertani útmutató a veszélyes üzemek idővel történő fokozatos romlásából fakadó kockázatok értékeléséhez. Belügyminisztérium. Országos Katasztrófavédelmi Főigazgatóság.
- Bragatto, P. A., Ansaldi, S. M., Agnello, P., Di Condina, T., Zanzotto, F. M., & Milazzo, M. F. (2020). Ageing management and monitoring of critical equipment at seveso sites: An ontological approach. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 66 doi:10.1016/j.jlp.2020.104204.
- Bragatto, P., Delle Site, C., & Milazzo, M. F. (2018). Audit of ageing management in plants at major accident hazard. Paper presented at the *2017 2nd International Conference on System Reliability and Safety, ICSRS 2017*, 2018-January 400-404. doi:10.1109/ICSRS.2017.8272855.
- Bragatto, P. & Milazzo, M. F. (2016). Risk due to the Ageing of Equipment: Assessment and Management. *CHEMICAL ENGINEERING TRANSACTIONS*, vol. 53, 253–258. DOI: 10.3303/CET1653043.
- CAPP. Lessons Learned Bulletin No. 7 - Major accidents related to ageing. Joint Research Centre, European Commission, Ispra, 2015.
- EU Council (2012). Eu Council Directive 2012/18/EU on the control of major-accident hazards involving dangerous substances. Official Journal of the European Union, L197, 2012, pp. 1-37.
- Horrocks, P., Mansfield, D., Thomson, J., Parkerv, K., Winter P. (2010). *Plant Ageing Study Phase 1 Report. Health and Safety Executive Report No. RR823, 2010. Accessed on the <http://www.hse.gov.uk/research/rrpdf/rr823.pdf>.*
- International Atomic Energy Agency IAEA (2009). Ageing Management for Nuclear Power Plants. IAEA Safety Standards Series NS-G-2.12, 2009. Accessed on the [https://www-pub.iaea.org/mtcd/publications/pdf/pub1373\\_web.pdf](https://www-pub.iaea.org/mtcd/publications/pdf/pub1373_web.pdf).
- Kieskamp, K. K., Heezen, P. A. M., & Geus, E. C. J. (2019). Ageing (- seveso installations) in the netherlands. *Chemical Engineering Transactions*, 77, 415-420.
- Kotek, L., Machátová, Z., Mukhametzianová, L., Trávníček, P. 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. MŽP, 2021.
- Milazzo, M. F., Ancione, G., Scionti, G., & Bragatto, P. A. (2018). Assessment and management of ageing of critical equipment at seveso sites. Paper presented at the *Safety and Reliability - Safe Societies in a Changing World - Proceedings of the 28th International European Safety and Reliability Conference, ESREL 2018*, 1629-1636.
- Organisation for Economic Cooperation and Development OECD (2017). Ageing of Hazardous Installations. OECD Environment, Health and Safety Publications - Series on Chemical Accidents (2017), p. 29.

Organisation for Economic Cooperation and Development, Nuclear Atomic Agency (1999). Glossary of Nuclear Power Plant Ageing (1999), pp 123.

Quadri, F. D. (2022). Inspection experiences on ageing infrastructure and equipment control: case studies. In: The Minerva Portal of the Major Accident Hazards Bureau. Dostupné z: <https://1url.cz/NrrR9>

Thibaut, M. (2022). Ageing and maintenance of industrial equipment: Feedback from France. In: The Minerva Portal of the Major Accident Hazards Bureau.

Vairo, T., Reverberi, A. P., Milazzo, M. F., & Fabiano, B. (2018). Ageing and creeping management in major accident plants according to seveso III directive. *Chemical Engineering Transactions*, 67, 403-408. doi:10.3303/CET1867068.