

Stárnutí systému řízení bezpečnosti jako projev organizačního stárnutí

Luboš Kotek, Erika Sujová, Linda Vachudová, David Kryštof, Petr Trávníček

VUT v Brně • Technická univerzita ve Zvoleni • RILSA • Mendelova univerzita

APROCHEM 2026

1. Teorie organizačního stárnutí

Definice, koncepty, mezinárodní rámce (OECD, JRC, IAEA)

2. Trend organizačního stárnutí dle CSB 2024–2025

Tři závažné havárie se společným vzorcem

3. Analýza havárií

PEMEX Deer Park, PBF Martinez, Olin Freeport

4. Společné organizační příčiny

Identifikace, povolení, normalizace, paměť, dodavatelé

5. Demografia stárnutí pracovnej sily

EU, ČR, Work Ability Index

6. Vplyv veku a pracovných podmienok na pracovný výkon zamestnanca

7. Doporučení a závěry

CO JE ORGANIZAČNÍ STÁRNUTÍ?

- **Organizační stárnutí je postupná degradace schopnosti organizace udržovat efektivní systém řízení bezpečnosti.**
- Na rozdíl od fyzického stárnutí (koroze, únava materiálu) se organizační stárnutí projevuje méně nápadně:
 - Erodují provozní postupy
 - Ztrácí se institucionální paměť
 - Oslabuje se dohled nad dodavateli
 - Postupně se normalizují odchylky od stanovených pravidel
- Tyto procesy probíhají často nenápadně, avšak jejich důsledky mohou být katastrofické.
- OECD (2017): "Veškerá zařízení stárnou, ale totéž platí pro lidi, postupy i technologie."

MEZINÁRODNÍ RÁMCE PRO AUDIT STÁRNUTÍ



OECD (2017) – Ageing of Hazardous Installations, No. 29

- Analýza 430 havárií. Koroze přítomna u 45 % případů. Organizační faktory systematicky podhlášeny.

JRC / EC – Major Accident Hazards Bureau

- 30 % závažných havárií v databázi eMARS spojeno se stárnutím. Pojem 'obsolescence' se v databázi ARIA objevil pouze 9x.

IAEA (2024) – Safety Reports No. 82 Rev. 2

- Nefyzické stárnutí: zastarávání vůči aktuálním znalostem, kódům, normám a technologiím.

Seveso III (2012/18/EU)

- První směrnice EU, která výslovně zmiňuje stárnutí v požadavcích na SMS (Příloha III).

TŘI KATEGORIE STÁRNUTÍ DLE OECD/ESREDA

Fyzické stárnutí

- Koroze, eroze, únava materiálu, opotřebení, degradace těsnění.
- → Měřitelné, existují normy (EN, API, ASME)

Zastarávání (obsolescence)

- Zařízení, procesy a postupy překonané aktuálními normami a technologiemi.
- → IAEA: nefyzické stárnutí

Organizační stárnutí

- Ztráta znalostí a odbornosti, degradace dokumentace, eroze dohledu, normalizace odchylek.
- → **Těžko měřitelné, chybí standard**

Klíčový rozdíl:

- Pro fyzické stárnutí existují normy a inspekční postupy. Pro organizační stárnutí v chemickém průmyslu standardy dosud chybí (CSB, 2026).

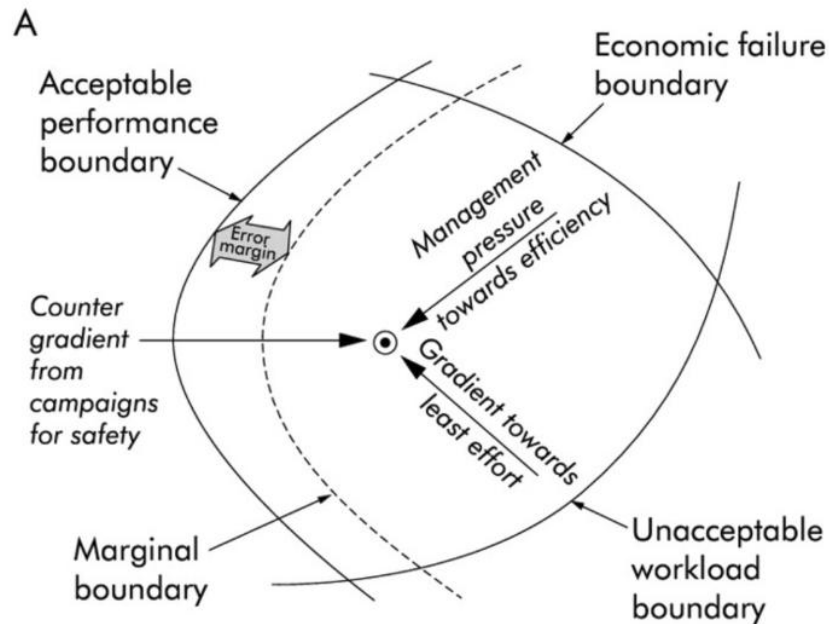
RASMUSSENŮV DRIFT K NEBEZPEČÍ (1997)

- Organizace operují v prostoru ohraničeném třemi hranicemi:

- Hranice ekonomického selhání
- Hranice nepřijatelné zátěže (efektivita)
- Hranice bezpečného provozu

Dva trvalé gradienty:

- Tlak na efektivitu od managementu a tlak na minimální zátěž od pracovníků systematicky posouvají provoz směrem k hranici bezpečnosti.



NORMALIZACE ODCHYLEK – VAUGHAN (1996)

Opakované porušování pravidel bez negativních následků vede k akceptování odchylek jako normální praxe.

- **Příklad Challenger:**
- NASA zdokumentovala poškození O-kroužků ve 14 z 24 letů. Manažeři opakovaně schvalovali výjimky. Každý úspěšný let po odchylce posiloval přesvědčení, že odchylka je bezpečná.
- **Vaughan: 'Nejde o nemorální manažery, ale o systémově organizované chyby.'**
- Normalizace odchylek dokumentována u BP Texas City (2005), Deepwater Horizon (2010), Piper Alpha (1988) i u všech tří analyzovaných havárií 2024–2025.
- Tři významné havárie v letech 2024 – 2025 ve zprávách CSB.

PEMEX DEER PARK, TEXAS – ÚNIK H₂S (10. 10. 2024)



▪ **Co se stalo:**

- Dva smluvní pracovníci (Repcon, Inc.) částečně otevřeli přírubový spoj na potrubí jednotky ARU7, kterým proudil sirovodík pod tlakem.
- Měli otevřít jinou přírubu na jednotce ARU6 – odtlakované a proplachované dusíkem. Obě místa byla od sebe vzdálena pouhých 1,5 metru.

▪ **Následky:**

- 2 úmrtí (smluvní pracovníci)
- Více než 13 hospitalizováno, desítky ošetřeny na místě
- 12 250 kg H₂S uniklo do atmosféry
- Příklad k ukrytí pro města Deer Park a Pasadena
- Škody 12,3 mil. USD



1. Nedostatečné označení přírub

- Výkresy a seznamy přírub neumožňovaly spolehlivé rozlišení téměř identických úseků potrubí. Identifikační štítek správné příruby nebyl viditelně umístěn.

2. Příliš široké pracovní povolení

- Povolení pokrývalo více úkolů s různými riziky bez jasných kontrolních bodů (hold points).

3. Operátor nepřítomen u otevírání

- Pracovníci ignorovali požadavek na přítomnost operátora před otevřením potrubí s H₂S.

4. Přeřazení pracovníků bez poučení

- Pracovníci přeřazení z jiné, odstavené jednotky bez informace o aktivních rizicích.

PEMEX DEER PARK – ZJIŠTĚNÍ CSB (ÚNOR 2026)



Bezpečnostní problémy identifikované CSB:

1. Pozitivní identifikace zařízení

- CSB doporučil ASME vyvinout nový standard - pozitivní identifikace zařízení před otevřením.

2. Pracovní povolení a řízení rizik

- Pracovní povolení neřešilo riziko otevírání potrubí v provozní jednotce (po větru od dalších pracovníků).

3. Řízení dodavatelů při odstávkách

- Přeřazení pracovníků mezi jednotkami bez specifické instruktáže o rizicích.

4. Provozní disciplína (Conduct of Operations)

- Mezery mezi psanými postupy a skutečnou praxí. Management i provozní personál se běžně odchylovali od zavedených politik.

PEMEX DEER PARK – ORGANIZAČNÍ STÁRNUTÍ



- **Změna vlastnictví (Shell → Pemex, 2022)**
- Převzetí rafinerie znamenalo riziko ztráty institucionálních znalostí o specifických rizicích a historii úprav zařízení. Původně založena firmou Shell v roce 1929.
- **Normalizace odchylek (Vaughan)**
- Personál managementu a provozu se běžně odchyloval od zavedených politik. Požadavek na přítomnost operátora nebyl dodržován – stalo se běžnou praxí.
- **Drift k nebezpečí (Rasmussen)**
- Formálně existující systém pracovních povolení již neplnil ochrannou funkci. Postupná eroze administrativních kontrol vedla k akceptování rizikových postupů.

- Zdroj: CSB (2026). Investigation Report 2024-05-I-TX.

PBF ENERGY MARTINEZ, KALIFORNIE – POŽÁR (1. 2. 2025)



Co se stalo:

- Dva smluvní pracovníci (TIMEC) začali otevírat přírubu za účelem instalace izolační přepážky. Otevřeli však přírubu na nesprávné straně izolačního ventilu (pod tlakem).
- Uniklé uhlovodíky o teplotě 330 °C se do minuty vznítily. Požár hořel tři dny.

Následky:

- 6 pracovníků zraněno
- 3 dny požár, příkaz k ukrytí obyvatel
- Dvuměsíční odstávka rafinerie (156 000 barelů/den)
- Nárůst cen pohonných hmot v Kalifornii
- Škody odhadnuty na 924 mil. USD



- Foto: Viz JEM Advisors (2025), Draft Final Report. Contra Costa County Health.

PBF MARTINEZ – PRŮBĚH A KONTEXT

Průběh události:

- Práce zahájena 115 minut po schválení povolení (časová platnost přitom byla 90 min)
- Povolení nebylo znovu ověřeno
- Uhlovodíky při 330 °C se vznítily během jedné minuty
- Požár hořel 3 dny

Kontext:

- Třetí závažná událost od převzetí rafinerie od Shell (2020)
- Rafinerie zpracovává přes 156 000 barelů ropy denně

- Zdroj: JEM Advisors (2025). Incident Investigation and Root Cause Analysis.

Hlavní příčina (JEM Advisors, 2025):

- Nedostatečné provozní řízení a kontrola práce vzhledem k aktuálním schopnostem dodavatelského personálu.

Přispívající faktory:

- Postupy pro identifikaci místa práce a ověření izolace nebyly účinné
- Nedostatek kvalifikovaných pracovníků pro odstávkové práce
- Překročení časové platnosti pracovního povolení bez revalidace
- Vedoucí pracovník dodavatelské firmy řídí více čet (poměr 1:4), nemůže být fyzicky přítomen ani při rizikové práci
- Špatně čitelný formát pracovních povolení – příliš malé písmo
- Provozní přítomnost požadována, ale ne vždy vynucována

Ztráta kompetencí

- Zkušení specialisté pro odstávky již nebyli k dispozici. Dodavatelští vedoucí neměli dostatečné znalosti podnikových standardů.

Degradace pracovních povolení

- Provozní přítomnost od zahájení práce až do dosažení bezpečného stavu byla požadována, ale ne vždy vynucována. Typická normalizace odchylek.

Opakovaná změna vlastnictví

- Shell → PBF Energy (2020). Třetí závažná událost za 5 let provozu novým vlastníkem.

Čitelnost dokumentů

- Příliš malé písmo na pracovních povoleních – zdánlivě drobný detail, ale v terénních podmínkách kritický faktor.

OLIN CORPORATION FREEPORT, TEXAS – ÚNIK CL₂ (20. 5. 2025)



Co se stalo:

- Údržbář demontoval držák membránového ventilu v aktivním chlorovém systému.
- Provozní tým omylem izoloval, vyčistil a označil jiný, ale téměř identický potrubní systém. Potrubí spojené s membránovým ventilem, který údržbář demontoval, zůstalo aktivní a pod tlakem.

Následky:

- 3 630 kg toxického chloru uniklo během 48 minut
- 1 vážné zranění + 3 hospitalizace
- Škody 23 mil. USD
- Příkaz k ukrytí pro okolní obce



- Foto: CSB Incident Reports, Volume 4 (2026), csb.gov

Klíčové body:

- Provozní tým izoloval, vyčistil a označil správným postupem – ale NESPRÁVNÝ systém
- Únik chloru trval 48 minut
- Na rozdíl od PEMEX a PBF šlo o vlastní zaměstnance, nikoli externí dodavatele

Kontext porušení provozních předpisů:

- 35 emisí hlášeno od května 2020
- Systémový vzorec opakovaných selhání – indikátor organizačního stárnutí
- To potvrzuje, že problém není jen v kompetencích dodavatelů, ale v systémovém nastavení identifikačních postupů.

OLIN FREEPORT – PŘÍČINY A ORGANIZAČNÍ FAKTORY



Příčiny:

- Téměř identické potrubní systémy bez dostatečného rozlišení
- LOTO procedura provedena správně – ale na špatném zařízení
- Chybějící kontrolní bod ověření identity nezávislým pracovníkem

Organizační faktory:

Chronické porušování předpisů

- 35 neautorizovaných emisí za 5 let naznačuje systémovou erozi bezpečnostní kultury.

Normalizace odchylek v praxi

- Opakované problémy bez zásadní reakce. Každá událost bez katastrofických následků posilovala přesvědčení, že systém funguje dostatečně.

OLIN FREEPORT – DEGRADACE ŘÍDÍCÍCH SMYČEK (STAMP)



Model STAMP (Leveson): Bezpečnost jako vlastnost celého systému.

- Havárie = selhání řídicích smyček, nikoli jednotlivé chyby.

U Olin Corporation:

- Zpětnovazební mechanismy (inspekce, audit, hlášení) neposkytovaly adekvátní informace
- Řídící akce (korekce postupů po emisích) nebyly dostatečně účinné
- Procesní modely operátorů neodpovídaly realitě v terénu

SROVNÁNÍ TŘÍ HAVÁRIÍ



Faktor	PEMEX Deer Park	PBF Martinez	Olin Freeport
Datum	10. 10. 2024	1. 2. 2025	20. 5. 2025
Látka	H ₂ S (12 250 kg)	Uhlovodíky	Cl ₂ (3 630 kg)
Oběti	2 úmrtí, 13+ zran.	6 zraněných	4 hospitalizováni
Škody	12,3 mil. USD	924 mil. USD	23 mil. USD
Chyba	Špatná příruba (1,5 m)	Špatná strana ventilu	Špatný systém údržby
Pracovníci	Externí (Repcon)	Externí (TIMEC)	Vlastní
Vlastnictví	Změna 2022	Změna 2020	Bez změny

SELHÁNÍ POZITIVNÍ IDENTIFIKACE ZAŘÍZENÍ



Ve všech třech případech pracovníci otevřeli nesprávné zařízení.

- Výkresy a seznamy nedostatečné pro terénní identifikaci
- Identifikační štítky chybějící nebo špatně umístěné
- Téměř identické úseky potrubí v těsné blízkosti
- Chybí standard pro pozitivní identifikaci před otevřením zařízení

- **CSB doporučil ASME vypracovat standard pro pozitivní identifikaci zařízení.**

DEGRADACE SYSTÉMU PRACOVNÍCH POVOLENÍ



PEMEX:

- Povolení příliš obecné – pokrývalo více úkolů s různými riziky bez hold points.

PBF:

- Překročena časová platnost o 25 minut bez opětovného ověření. Malé písmo na formulářích ztěžovalo čitelnost.

Olin:

- LOTO procedura provedena korektně, ale na špatném systému – chyběl krok ověření identity.

Závěr:

- Formálně existující systém již neplnil svou ochrannou funkci. Typický projev postupné eroze administrativních kontrol.

NORMALIZACE ODCHYLEK OD STANOVENÝCH POSTUPŮ

- Rozdíl mezi prací jak je plánována a prací jak je skutečně prováděna je klíčovým indikátorem organizačního stárnutí.

PEMEX:

- Personál managementu a provozu se běžně odchyloval od politik. Požadavek na přítomnost operátora ignorován.
- **PBF:**
- Provozní přítomnost požadována, ale ne vždy vynucována.
- **Olin:**
- 35 emisí za 5 let bez zásadní korekce systému.
- Opakované porušování pravidel bez negativních následků vede k jejich akceptování jako normální praxe (Vaughan, 1996).

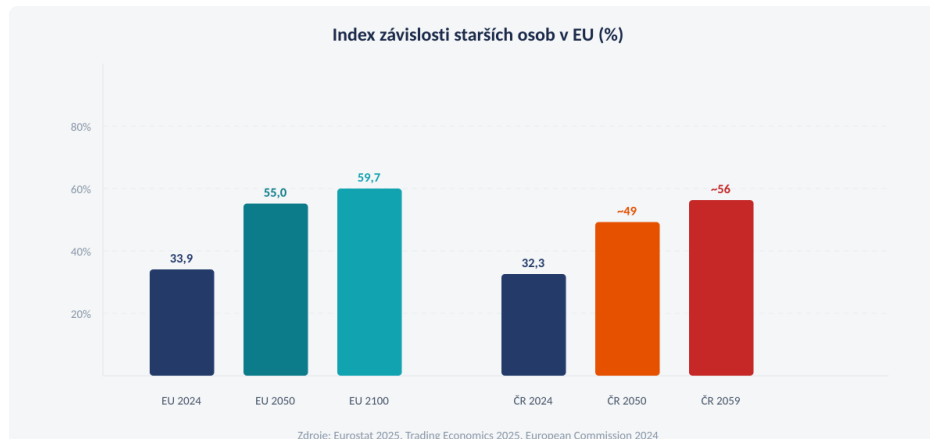
DEMOGRAFICKÉ TRENDY STARNÚCEJ PRACOVNEJ SILY

EURÓPSKA ÚNIA

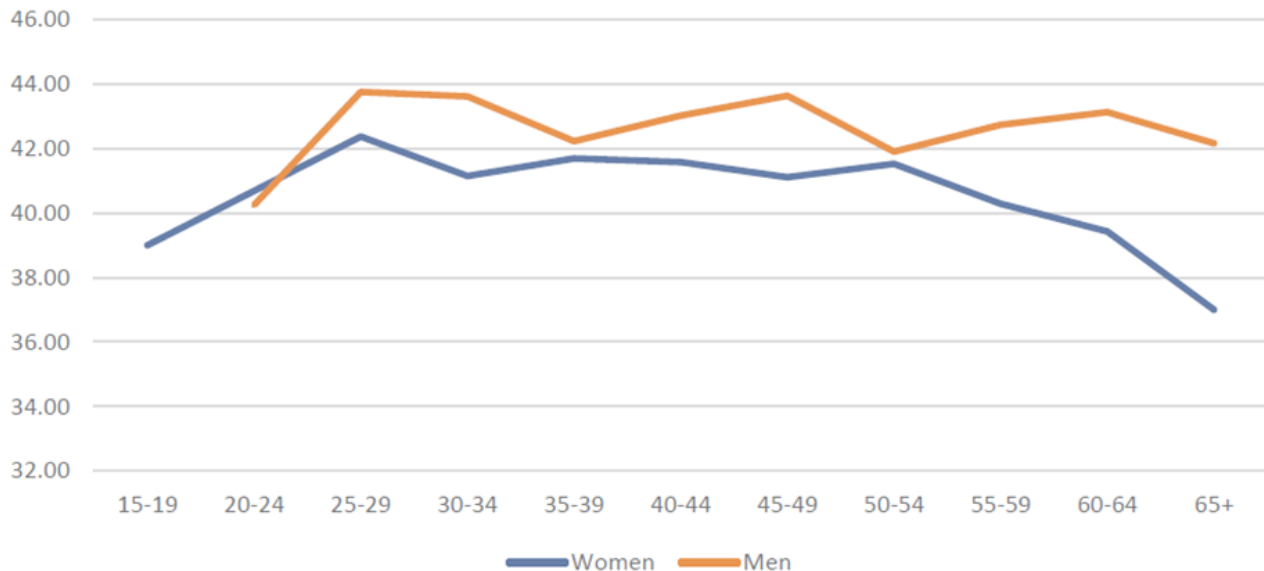
- 40+ miliónov pracovníkov 55+ (2024)
- Podiel 65+: 21,6 % → 32,5 % (2100)
- Index závislosti: 33,9 % → 59,7 %
- Počet zamestnancov sa má znížiť o ~20 % do roku 2070
- Medián veku 44,7 rokov

ČESKÁ REPUBLIKA

- Podiel 65+ približne 21 % (2024)
- Projekcia: 29 % do roku 2050
- Index závislosti: 32 % → 56 % (2059)
- 200+ budov podľa zákona o PZH
- Reforma dôchodkového systému 12/2024



INDEX PRACOVNÝCH SCHOPNOSTÍ A VPLYV NA BEZPEČNOSŤ PROCESOV



Slabá
pracovná
schopnosť
WAI 7-27

- Individuálne zdravotné intervencie
- Úprava pracovných podmienok
- Psychosociálna podpora

Stredná
pracovná
schopnosť
WAI 28-36

- Cílené preventívne programy
- Optimalizácia pracovných podmienok
- Psychosociálne opatrenia

Dobrá
pracovná
schopnosť
WAI 37-43

- Udržiavacie opatrenia
- Rozvoj pracovných zručností
- Podpora pracovnej angažovanosti
- Príbežné hodnotenie

Vynikajúca
pracovná
schopnosť
WAI 44-49

- Podpora udržiavania zdravého životného štýlu
- Rozvoj talentu a kariérny rast
- Podpora pracovného prostredia
- Preventívne programy

VPLYV VEKU NA POKLES PERCEPČNÝCH SCHOPNOSTÍ

Percepčné - vnímacie schopnosti	Vplyv veku
Zrak	<ul style="list-style-type: none">• zrak sa so starnutím zhoršuje viacerými spôsobmi (zaostrovanie, degenerácie, glaukómu a katarakty)• prevalencia straty zraku zo všetkých príčin sa zvyšuje s vekom. Postihuje už 25 % ľudí viac ako 80r.
Sluch	<ul style="list-style-type: none">• vekovo podmienený pokles sluchu postihuje 7–15 % populácie• strata sluchu, najmä pri vysokých frekvenciách aj v nižších dekádach života (3.d.– 8,5%; 4.d. 17%)

VPLYV VEKU NA POKLES KOGNITÍVNYCH SCHOPNOSTÍ

Kognitívne schopnosti	Vplyv veku
<ul style="list-style-type: none">• Rýchlosť spracovania• Pracovná pamäť• Epizodická pamäť• Priestorová schopnosť• Vedomosti	<ul style="list-style-type: none">• vek je negatívne spojený s výkonom pracovnej pamäte a pozitívne koreloval s výkonom inhibície• rýchlosť uvažovania ($r^+ = -.52$),• ukazovateľ priestorovej schopnosti ($r^+ = -.38$)• epizodická pamäť ($r^+ = -.33$)• primárnu pracovnou pamäťou ($r^+ = -.27$)• slovná zásoba sa zvyšovala od 50 rokov veku
Implicitné a explicitné učenie	<ul style="list-style-type: none">• poklesy v explicitnom učení sa sekvenčnej motorickej úlohy• proces starnutia zachováva schopnosť implicitného učenia sa motorických zručností
Ostražitosť a pozornosť	<ul style="list-style-type: none">• zraniteľná voči účinkom starnutia je kontrola pozornosti• vekovo podmienené poklesy boli pozorované v úlohách selektívnej pozornosti, aj v úlohách udržanej pozornosti alebo bdlosti
Reakčný čas	<ul style="list-style-type: none">• starší dospelí mali významne dlhšie reakčné časy• vyšší vek bol spojený so slabším výkonom v širokom spektre úloh závislých od rýchlosti rozhodovania

VPLYV VEKU NA POKLES FYZIOLOGICKÝCH SCHOPNOSTÍ

Fyziologické schopnosti	Vplyv veku
Termoregulácia	<ul style="list-style-type: none">• vyššie úrovne tepelnej záťaže počas fyzickej námahy v horúčave• znížená schopnosť udržať si vnútornú teplotu počas vystavenia chladu
Kardio-respiračná funkcia	<ul style="list-style-type: none">• zníženie vrcholových rýchlostí ventilácie• zníženie maximálneho srdcového výdaja• pokles vrcholovej srdcovej frekvencie• pokles aeróbnej kapacity o približne 5–15 % za dekádu
Svalová sila	<ul style="list-style-type: none">• statická aj dynamická svalová sila zostáva dobre zachovaná približne do 45 rokov veku, ale výkon sa následne zhoršuje približne o 5 % za dekádu• v 65 rokoch dochádza k priemernému poklesu svalovej kapacity o 10–25 %

STRATÉGIE EÚ A TRANSFORMÁCIA PRÍSTUPOV K BEZPEČNOSTI PROCESOV V SÚVISLOSTI SO STARNUTÍM PRACOVNEJ SILY

- Strategický rámec EÚ pre BOZP (2021 – 2027)
- Veľmi starí ľudia (85+) budú do roku 2100 tvoriť takmer 10 %
- Zameranie na tri kľúčové prierezové ciele:
 - Podpora zdravého starnutia
 - Posilnenie systému dlhodobej starostlivosti
 - Zameranie na ženy v súvislosti s dôchodkami a starostlivosťou

Odporúčania na lepšiu podporu na trhu práce:

- Zmena prístupu k starnutiu v práci
- Zaviest' povinné plány rovnosti z hľadiska veku
- Zlepšiť podporu pri hľadaní práce

1. Tři havárie 2024–2025 představují varovný vzorec: společným jmenovatelem není technické selhání, ale degradace organizačních bariér.
2. Organizační stárnutí se projevuje erozí identifikačních systémů, pracovních povolení, dohledu nad dodavateli a provozní kázně.
3. Mezera mezi zapsanými bezpečnostními systémy a skutečnou terénní praxí je definiční zranitelností stárnoucích organizací.
4. Pro podmínky ČR je třeba systematický audit organizačního stárnutí přesahující hodnocení fyzického stavu zařízení.

DĚKUJI ZA POZORNOST

Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky
Fakulta strojního inženýrství
Vysoké učení technické v Brně

Příspěvek vznikl v rámci projektu
SAFE-AGEING: Metodika provádění auditu
stárnutí významných zdrojů rizika závažné
havárie

Projekt SAFE-AGEING (TAČR SS07010163)