

**STROJNÍČKA FAKULTA TU V KOŠICIACH**  
NÁRODNÝ INŠPEKTORÁT PRÁCE  
EURÓPSKA AGENTÚRA PRE BEZPEČNOSŤ A OCHRANU  
ZDRAVIA PRI PRÁCI



TECHNICAL UNIVERSITY OF KOŠICE  
NATIONAL LABOUR INSPECTORATE  
EUROPEAN AGENCY FOR SAFETY AND HEALTH AT WORK

# AKTUÁLNE OTÁZKY BEZPEČNOSTI PRÁCE A PREVENČIA ZÁVAŽNÝCH HAVÁRIÍ

## ZBORNÍK PRÍSPEVKOV

Konferencia je organizovaná pod záštitou  
Ministerstva práce, sociálnych vecí a rodiny,  
Ministerstva životného prostredia SR a  
dekana Strojníckej fakulty Technickej univerzity v Košiciach

### XXXVII. medzinárodná konferencia

13. - 15. 11. 2024

Hotel Patria, Štrbské Pleso, Vysoké Tatry, Slovenská republika

ISBN: 978-80-553-4726-4



# CIELE KONFERENCIE

Medzinárodná konferencia Aktuálne otázky bezpečnosti práce a prevencia závažných havárií je najväčšie a najprestížnejšie podujatie v oblasti prevencii úrazov a havárií na Slovensku s viac ako 36 ročnou tradíciou a zároveň národným podujatím v rámci kampane Európskej agentúry pre bezpečnosť a ochranu zdravia pri práci:

**„Bezpečná a zdravá práca v digitálnej dobe“.**



# OBJECTIVES OF CONFERENCE

The international conference "New Trends in Occupational Safety, Health and Prevention of Major Accidents " is the most prestigious event in the occupational safety and health area in Slovakia with 36 years of tradition. It is also a national event within the frame of the European Agency for Safety and Health at Work campaign:

**„Safe and healthy work in the digital age“.**

## ODBORNÉ ZAMERANIE

- Manažérstvo rizík ako základný nástroj prevencie.
- Bezpečná a zdravá práca v digitálnej dobe.
- Prevencia závažných priemyselných havárií.
- Procesná bezpečnosť a digitalizácia.
- Udržateľnosť a sociálna bezpečnosť.
- Spoločenská zodpovednosť a jej vplyv na bezpečnosť.
- Psychosociálne riziká v pracovnom prostredí.
- Bezpečnosť kritickej infraštruktúry.
- Bezpečnosť strojových zariadení.
- Príklady dobrej praxe a účinných riešení BOZP.
- Plnenie požiadaviek legislatívy a činnosti Inšpekcie práce.
- Celoživotné vzdelávanie v oblasti BOZP.
- Ergonómia pracovísk.
- Prevencia proti požiarom a výbuchom.
- Osobné ochranné prostriedky a ich spoľahlivosť.

## TOPICS

- Risk management as a basic tool of prevention.
- Safety and health work in the digital age.
- Prevention of major industrial accidents.
- Process safety and digitalisation.
- Sustainability and social security.
- Social responsibility and its impact on safety.
- Psychosocial risks in the work environment.
- Critical infrastructure security.
- Safety of machinery.
- Examples of good practice and effective health and safety solutions.
- Fulfillment of the requirements of the legislation and the activities of the Labor Inspectorate.
- Lifelong health and safety education.
- Workplace ergonomics.
- Fire and explosion prevention.
- Personal protective equipment and their reliability.

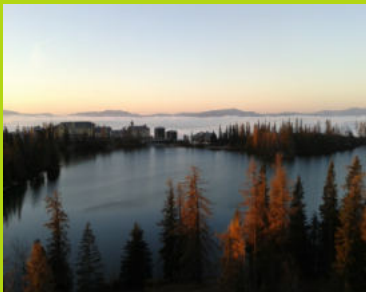
# VEDECKÝ VÝBOR

prof. Ing. Hana Pačaiiová, PhD. - SjF TU v Košiciach  
prof. Ing. Milan Oravec, PhD. - SjF TU v Košiciach  
Ing. Marek Mitterpák, PhD. - NIP  
doc. Ing. Jiří Pokorný, Ph.D., MPA - FBI VŠB TU Ostrava  
doc. Ing. Eva Sventeková, PhD. - FBI, ŽU v Žiline  
prof. RNDr. Iveta Marková, PhD. - FBI, ŽU v Žiline  
prof. Ing. Andrea Majlingová, MSc. PhD. - DF, TU vo Zvolene  
doc. Ing. Petr Blecha, Ph.D. - FSI, VUT Brno  
Dr. Damjan Maletič, PhD. - University of Maribor  
PhDr. Ján Pituch - SOŠ Technická v Košiciach  
Ing. Pavol Polák, PhD. - P.B.I. spol. s r.o.  
Ing. Ján Donič, MBA - BOZPO, s.r.o.  
prof. Ing. Linda Makovická Osvaldová, PhD. - FBI ŽU v Žiline  
Ing. Martina Gašová, PhD. - predseda združenia SES  
Ing. Henrieta Čajková - Ministerstvo životného prostredia SR

doc. Ing. Ivana Tureková, PhD. - PK UKF v Nitre  
doc. RNDr. Mgr. Petr A. Skřehot, Ph.D. - ZÚBOZ, z. ú. Praha  
doc. Ing. Zuzana Tučková, Ph.D. - Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Ing. Jozef Vengrin - Slovenská agentúra životného prostredia

## ORGANIZAČNÝ VÝBOR

doc. Ing. Michaela Balážiková, PhD. - KBaKP, Sjf, TU v Košiciach  
doc. Ing. Marianna Tomašková, PhD. - KBaKP, Sjf, TU v Košiciach  
Ing. Denisa Porubčanová - KBaKP, Sjf, TU v Košiciach  
Ing. Zuzana Kotianová, PhD.MBA - KBaKP, Sjf, TU v Košiciach  
doc. Ing. Štefan Markulík, PhD. - KBaKP, Sjf, TU v Košiciach  
Ing. Slavomíra Vargová, PhD. - Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Ladislav Kerekeš - NIP, Národné kontaktné miesto EU-OSHA  
Ing. Róbert Jánošík - Cleanliness Certification Center, s.r.o.



**Všetky príspevky sú recenzované dvoma nezávislými recenzentami.**

NÁZOV: Aktuálne otázky bezpečnosti práce a prevencia závažných havárií

VYDAVATEĽ: Technická univerzita v Košiciach

ROK: 2024

VYDANIE: Prvé

NÁKLAD: 100 ks

ROZSAH: 150 strán

ISBN: 978-80-553-4726-4



# OBSAH

Strana

BÁTRLOVÁ K., MRÁZOVÁ K., LIPŠOVÁ V.	ERGODIAGNOSTICKÁ CENTRA V ČESKÉ REPUBLICE – PROJEKT ANALÝZA FUNGOVÁNÍ ERGODIAGNOSTICKÝCH CENTER, AKTUALIZACE METODIKY STANDARDŮ ERGODIAGNOSTIKY	<b>6</b>
BLAŠKOVÁ A., ŠOLC M., PETRÍK J., GIRMANOVÁ L., BLAŠKO P., MAŁYSA T., FURMAN J., PORUBČANOVÁ D.	MANAŽÉRSTVO RIZÍK V KONTEXTE NORMY ISO/IEC 17025:2017	<b>13</b>
BOBINICS B., ŠADEROVÁ, J.	ANALÝZA INCIDENTOV SPOJENÝCH S POUŽÍVANÍM VYSOKOZDVIŽNÝCH VOZÍKOV POMOCOU PARETOVEJ ANALÝZY	<b>23</b>
BURANSKÁ E., KURACIN, R., SZABOVÁ Z.	INOVATÍVNE PRÍSTUPY K PREVENCIÍ ZÁVAŽNÝCH PRIEMYSELNÝCH HAVÁRIÍ	<b>29</b>
DUBEC D., KOVALČÍKOVÁ K., ŠOLC M., MAŁYSA T., KUCZYŃSKA-CHAŁADA, M., TOMAŠKOVÁ M., ORAVEC M.	KYBERNETICKÁ BEZPEČNOSŤ VO VÝROBNÝCH PROCESOCHE - ĽUDSKÝ FAKTOR AKO NAJSLABŠÍ ČLÁNOK OCHRANY INFORMAČNÝCH SYSTÉMOV	<b>36</b>
HERDOVÁ S., LIPŠOVÁ V., MALÝ S.	METODIKA HODNOCENÍ PŘETÍŽENÍ BEDERNÍ PÁTEŘE ERGONOMICKÝM CHECKLISTEM	<b>43</b>
JÁNOŠÍK R., TURISOVÁ R.	ČISTOTA OVZDUŠIA V SÚVISLOSTI S TECHNICKOU ČISTOTOU	<b>51</b>
KOTIANOVÁ Z.	NEBEZPEČNÉ LÁTKY S PODLIMITNÝM MNOŽSTVOM	<b>55</b>
KURACINA R., SZABOVÁ Z., KOSÁR L., BURANSKÁ E.	VPLYV PRÍTOMNOSTI VZDUCHU A JEHO POHYBU NA REZISTIVITU PRACHOVÝCH VZORIEK	<b>60</b>
LAMANCOVÁ D.	RIZIKÁ VYPLÝVAJUČE Z NEŠTANDARDNÝCH PREVÁDZKOVÝCH STAVOV	<b>67</b>
LANGOVÁ R., KLOUDA K., TILHOŇ J.	AKTUALIZACE PODKLADŮ PRO VYTVOŘENÍ PROTOTYPU DĚTSKÉHO RESPIRÁTORU	<b>70</b>
LIPŠOVÁ V., BÁTRLOVÁ K., MRÁZOVÁ K., MURZA J.	MOŽNÁ INTERVENČNÍ OPATŘENÍ U PSYCHOSOCIÁLNÍCH RIZÍK NA PRACOVIŠTI	<b>77</b>
MAJER I.	BEZ ZNALOSTÍ PRINCÍPOV A NÁSTROJOV POSUDZOVANIA RIZÍK NIE JE MOŽNÉ HOVORIŤ O BEZPEČNOSTI - 2	<b>84</b>
MAREK J., SKŘEHOT P.A., HON Z.	OVĚŘENÍ CHOVÁNÍ OBLAKU TĚŽKÉHO PLYNU PŘI MASÍVNÍM ÚNIKU Z PRŮMYSLOVÉHO ZÁSOBNÍKU ZA VYUŽITÍ LABORATORNÍHO EXPERIMENTU	<b>92</b>
MARKOVÁ I., KUBAS J., MARCINEK M., TUREKOVÁ I.	STANOVENIE SORPČNEJ KAPACITY CHEMICKÝCH TEXTILNÝCH SORBENTOV POUŽÍVANÝCH PRI ÚNIKU NEBEZPEČNÝCH LÁTKOV V PODNIKOCHE	<b>94</b>
MARKULIK Š., VRABELOVÁ A., BALÁŽIKOVÁ M.	KVALITA A BEZPEČNOSŤ AKO ZÁKLADNÝ RÁMEC KULTÚRY ORGANIZÁCIE	<b>103</b>
ONOFREJOVÁ D., ANDREIJOVÁ M.	ROZDIELY VO VÝSLEDKOCHE HODNOTENIA ERGONOMICKÝCH RIZÍK NA ZÁKLADE SLOVENSKÝCH NORIEM A NORIEM EÚ	<b>108</b>
PAČAIOVÁ H., VARGOVÁ S., JÁNOŠÍK R.	MANAŽÉRSTVO RIZÍK V PREVENCIÍ ZPH	<b>113</b>
PORUBČANOVÁ D., TOMAŠKOVÁ M., BALÁŽIKOVÁ M.	VPLYV HLUČNOSTI PRACOVNÉHO PROSTREDIA NA PSYCHIKU ZAMESTNANCA	<b>121</b>
SKŘEHOT P.A.	ZNEUŽÍVANÍ LASEROVÝCH ZAŘÍZENÍ PRO ÚTOKY NA LETADLA	<b>127</b>



SZABOVÁ Z., KURACINA R., KOSÁR L., BURANSKÁ E., WEINMANN N.	SKÚŠOBNÉ LABORATÓRIUM PROTIVÝBUCHOVEJ PREVENIE – PREHĽAD METÓD PRE STANOVENIE POŽIARNÝCH A VÝBUCHOVÝCH PARAMETROV PRACHU	<b>129</b>
TURISOVÁ R., JÁNOŠÍK R.	ERGONÓMIA V KONTEXTE PRIEMYSLU 4.0	<b>137</b>
ZUZIK J., DULINA Ľ., GAŠO M., FURMANNOVÁ, B.	ERGONOMICS IN RECONFIGURABLE MANUFACTURING SYSTEMS: KEY CONSIDERATIONS AND CHALLENGES	<b>144</b>



# ERGODIAGNOSTICKÁ CENTRA V ČESKÉ REPUBLICE – PROJEKT ANALÝZA FUNGOVÁNÍ ERGODIAGNOSTICKÝCH CENTER, AKTUALIZACE METODIKY STANDARDŮ ERGODIAGNOSTIKY

## PREVOCATIONAL ASSESSMENT CENTERS IN THE CZECH REPUBLIC – PROJECT ANALYSIS OF THE FUNCTIONING PREVOCATIONAL ASSESSMENT CENTERS, UPDATE OF THE METHODOLOGY OF PREVOCATIONAL ASSESSMENT STANDARDS

BÁTRLOVÁ, K. & MRÁZOVÁ, K. & LIPŠOVÁ V.

### **Abstrakt:**

*V roce 2015 byl vytvořen systém hodnocení pracovního potenciálu osob se zdravotním postižením pro účely zaměstnanosti. Tento systém je založen na spolupráci Úřadu práce ČR (ÚP) a ergodiagnostických center, která v něm mají klíčovou roli a jejich postupy se řídí jednotnou metodikou – „Metodika standardů ergodiagnostiky pro účely hodnocení pracovního potenciálu osob se zdravotním postižením“.*

*Ergodiagnostika má v oblasti diagnostiky osob se zdravotním postižením klíčovou a nezastupitelnou roli. U těchto osob je nutné zmapovat vliv jejich zdravotních problémů na možnosti uplatnění na regionálním trhu práce, ale i na možnosti dalšího profesního směřování po případné změně funkčního zdravotního stavu.*

*S ohledem na vývoj této problematiky a potřebu zachování standardizace poskytování služeb bylo přibližně po 10 letech nutné zhodnotit funkčnost celého systému a analyzovat proces ergodiagnostiky. Za tímto účelem byl Ministerstvem práce a sociálních věcí ČR zahájen projekt „Analýza fungování ergodiagnostických center, revize procesů a aktualizace metodiky standardů ergodiagnostiky“, který probíhá v letech 2024–2026.*

*Tento příspěvek se zaměřuje na problematiku ergodiagnostiky v ČR a shrnuje první rok realizace zmíněného projektu.*

*Hlavním řešitelem projektu je Výzkumný ústav bezpečnosti práce, v. v. i., a spoluřešitelem Státní zdravotní ústav.*





### **Abstract:**

*In 2015, a system for assessing the work potential of persons with disabilities was created for employment purposes. This system is based on the cooperation of the Labor Office of the Czech Republic and prevocational assessment centers, which have a key role in it, and their procedures are governed by a uniform methodology - "Methodology of prevocational assessment standards to assess the work potential of persons with disabilities". Prevocational assessment has a key and irreplaceable role in the field of diagnosis of persons with disabilities. For these people, it is necessary to map the effect of their health problems on the possibilities of employment in the regional labor market and the possibilities of further professional direction after a possible change in functional health status. Concerning the development of this issue and the need to maintain the standardization of service provision, after approximately 10 years it was necessary to evaluate the entire system's functionality and analyze the prevocational assessment of process. For this purpose, the Ministry of Labor and Social Affairs of the Czech Republic launched the project "Analysis of the functioning of prevocational assessment centers, revision of processes and updating of the methodology of prevocational assessment standards", which runs in the years 2024-2026. This contribution focuses on the issue of Prevocational assessment in the Czech Republic and summarizes the first year of implementation of the mentioned project. The project's main researcher is the Research Institute of Occupational Safety, v. v. i., and the co-researcher is the National Institute of Public Health.*

### **Klíčové slová:**

*Osoby se zdravotním postižením, Ergodiagnostická centra, ergodiagnostika, Úřady práce*

### **Key words:**

*Persons with disabilities, Prevocational Assessment Centers, Prevocational Assessment, Labor Offices*

### **Úvod**

Ergodiagnostika je metodicky sestaveným souborem zdravotní a pracovní anamnézy, klinického vyšetření, sebehodnocení, sady metodicky definovaných funkčních testů, výsledného posouzení rizik a kazuistické konference ideálně s konfrontací nabídky pracovních míst – jobmatchem [1]. Cílem ergodiagnostického vyšetření je objektivně zhodnotit a určit míru fyzické, psychické a sensorické zátěže, která je ve vztahu k zdravotnímu stavu v zaměstnání možná bez zvýšeného rizika. Jeho výsledkem je specifikace optimálních pracovních poloh, pohybu na pracovišti či dopravy do zaměstnání, rozsah manipulace s břemeny, všeobecného fyzického zatížení, využití jemné motoriky rukou, sensorické zapojení, psychomotorické a kognitivní schopnosti a další aspekty, kterými se v další fázi řídí výběr vhodného zaměstnání a příprava pracoviště [2].

V České republice došlo poprvé k sjednocení ergodiagnostických metodik v rámci projektu Iniciativy Společenství EQUAL „Rehabilitace – Aktivace – Práce (zkr. RAP), který probíhal v letech 2006–2008 a bylo do něj zapojeno šest ergodiagnostických center a byl zaměřený na osoby, které mají omezený přístup na trh práce. Na tento projekt v letech 2012–2014 navázal projekt MPSV ČR „Regionální síť spolupráce v pracovní rehabilitaci“ (zkr. PREGNET) s cílem vytvořit dalších sedm budoucích ergodiagnostických center.

Na základě výše uvedených projektů vzniklo 13 ergodiagnosticky specializovaných center, které se nacházejí v jednotlivých krajích, mimo Středočeský (ten má centrum v Praze) a Karlovarský. Dvě centra jsou v Ústeckém kraji.



V roce 2015 byl koncipován systém hodnocení pracovního potenciálu osob se zdravotním postižením pro účely zaměstnanosti, který implementoval výstupy z projektu PREGNET. Tento systém je postaven na funkční spolupráci ÚP ČR a ergodiagnostických center, která mají v tomto systému výhradní postavení a jejichž postupy se řídí jednotnou metodikou „Metodika standardů ergodiagnostiky pro účely hodnocení pracovního potenciálu osob se zdravotním postižením“. Problematiku ergodiagnostiky a pracovní rehabilitace ovlivňuje a vymezuje především zákon č. 435/2004 Sb., o zaměstnanosti, ve znění pozdějších předpisů.

### **Metodika standardů ergodiagnostiky pro účely hodnocení pracovního potenciálu se zdravotním postižením**

Metodika standardů ergodiagnostiky pro hodnocení pracovního potenciálu osob se zdravotním postižením představuje strukturovaný postup, jak komplexně posoudit fyzické, psychické a kognitivní schopnosti jednotlivce v kontextu jeho schopnosti vykonávat pracovní činnosti. Tento přístup zahrnuje standardizované testy, pracovní simulace a hodnocení funkčních dovedností, které umožňují objektivně identifikovat silné stránky i případná omezení dané osoby. Díky multidisciplinárnímu zázemí odborníků a individuálně přizpůsobeným posudkům tato metodika zajišťuje podklady pro optimalizaci pracovních podmínek, vhodné zařazení a doporučení pro pracovní adaptaci. Metodika je klíčová pro integraci osob se zdravotním postižením na trh práce a jejich dlouhodobou udržitelnost v zaměstnání.

Ergodiagnostika je v kompetenci zdravotnických zařízení a umožňuje:

- vyšetření obecného funkčního psychosenzomotorického potenciálu;
- vyšetření funkčních schopností, pracovního potenciálu pro účely zaměstnanosti;
- posouzení zdravotního stavu uchazeče o určité zaměstnání vzhledem k rizikům v zaměstnání, dopravě do práce apod.;
- posouzení pomůcek a využití nových technologií v pracovním uplatnění;
- poskytuje se na žádost praktického, specializovaného lékaře. Vyšetření se platí ze zdrojů zdravotního pojištění;
- poskytuje se na žádost ÚP ČR, na základě žádostí neziskových organizací, zaměstnavatelů, fyzických osob. Vyšetření platí ten, kdo ergodiagnostiku požaduje.

Metodika je výstupem systémového individuálního projektu MPSV ČR „Regionální síť spolupráce v pracovní rehabilitaci“ (zkratka PREGNET), který navazuje na předchozí projekt Iniciativy Společenství EQUAL „Rehabilitace–Aktivace–Práce“ (zkratka RAP), realizovaný od roku 2005 do roku 2008.

Hlavním cílem projektu RAP bylo podpořit rovný přístup v zaměstnávání osob se zdravotním postižením a nastavit komplexní systémové řešení předpracovní (ergodiagnostiky) a pracovní rehabilitace s ohledem na specifika regionálních trhů práce v souladu se Zákonem o zaměstnanosti 435/2004 Sb. a souvisejících předpisů.

Cílem projektu PREGNET je podpořit rozvoj pracovní rehabilitace v České republice formou regionálních sítí spolupráce jako komplexního nástroje aktivní politiky zaměstnanosti při integraci osob se zdravotním postižením na trh práce. Prioritou projektu PREGNET je vznik ergodiagnostických center ve zbývajících 8 krajích České republiky, ostatní kraje se zúčastnily projektu RAP. Současně je aktualizována a inovována metodika, která vznikla v rámci projektu RAP.

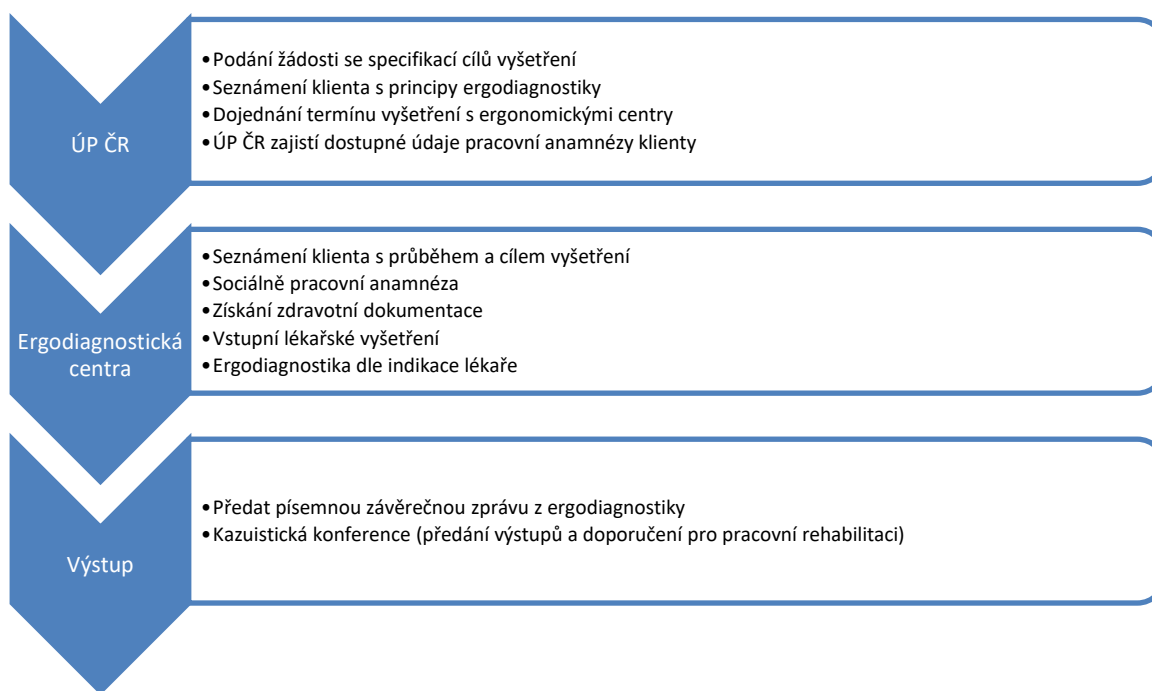




Metodika projektu PREGNET vychází z metodiky projektu RAP. V původním zadání bylo vytvořit metodiku používaných testů v závislosti na rozdělení klientů podle typů různých postižení. Metodika hodnocení vzniklá v projektu RAP je hodnocením psychosenzomotorického potenciálu obecně a je tedy univerzální. Základním rozdílem přístupu k jiným, než čistě fyzickým typům postižení je pak nutnost kvalitní psychodiagnostiky a nutnost dostupnosti dalších speciálních odborných vyšetření. Obsahem této metodiky je definování personálních, věcných a materiálových standardů ergodiagnostických center. Ergodiagnostiku pro potřeby ÚP ČR je možné realizovat pouze s těmi ergodiagnostickými centry, které splňující standardy dané touto metodikou. Na základě těchto standardů si vzniklá ergodiagnostická centra požádají o akreditaci. Jen akreditovaná centra budou moci hodnotit potenciál k práci eventuálně ke vzdělání, rekvalifikaci. Ergodiagnostické vyšetření může být požadováno pro pacienta, klienta i žáka se speciálními potřebami.

### **Organizace ergodiagnostického procesu**

Ergodiagnostický proces je zahájen podáním žádosti o ergodiagnostické vyšetření. V případě, že se jedná o klienta ÚP ČR, tuto žádost předkládá příslušný ÚP ČR nejbližšímu ergodiagnostickému centru. Žádost o ergodiagnostiku může také podat ošetřující lékař, samotný klient, zaměstnavatel. Záměrem ergodiagnostiky je hodnocení psychosenzomotorického potenciálu vzhledem k zaměstnání ve shodě s typovými pozicemi [3].



Obr. 1 Organizace ergodiagnostického procesu [3]



## Projekt Analýza fungování ergodiagnostických center, aktualizace metodiky standardů ergodiagnostiky

V roce 2015 byl koncipován systém hodnocení pracovního potenciálu osob se zdravotním postižením pro účely zaměstnanosti, který implementoval výstupy systémového individuálního projektu MPSV ČR „Regionální síť spolupráce v pracovní rehabilitaci – zkratka Pregnet“. Tento systém je postaven na funkční spolupráci ÚP ČR a Ergodiagnostických center, která mají v tomto systému výhradní postavení a jejichž postupy se řídí jednotnou metodikou - „Metodika standardů ergodiagnostiky pro účely hodnocení pracovního potenciálu osob se zdravotním postižením“. Tato metodika rovněž vymezila věcné, materiální a personální standardy k poskytování ergodiagnostiky v ergodiagnostických centrech.

Ergodiagnostika má v oblasti diagnostiky osob se zdravotním postižením klíčovou a nezastupitelnou roli. U těchto osob je nutné zmapovat vliv jejich zdravotních problémů na možnosti uplatnění na regionálním trhu práce, ale i na možnosti dalšího profesního směřování po případné změně funkčního zdravotního stavu. Spolupráce mezi jednotlivými a ÚP ČR je unikátní právě v kontextu projektu Pregnet a je potřebné a velmi žádoucí ji v dlouhodobém kontextu udržovat a posilovat.

Finanční prostředky vynakládané na zabezpečení procesu ergodiagnostiky jsou výdajem na státní politiku zaměstnanosti. Z důvodu zachování systémového přístupu k hodnocení pracovního potenciálu osob se zdravotním postižením pro účely zaměstnanosti a pracovní rehabilitace je žádoucí udržovat aktuálnost výkonů ergodiagnostiky a jejich cenové kalkulace.

S ohledem na vývoj této problematiky a potřebu zachování standardizace poskytování služeb bylo přibližně po 10 letech nutné zhodnotit funkčnost celého systému a analyzovat proces ergodiagnostiky. Za tímto účelem byl Ministerstvem práce a sociálních věcí ČR zahájen projekt „Analýza fungování ergodiagnostických center, revize procesů a aktualizace metodiky standardů ergodiagnostiky“, který probíhá v letech 2024–2026.

Výzkumný projekt bude zvyšovat dostupnost ergodiagnostiky pro širší okruh klientů, u kterých bude možné provést objektivní funkční hodnocení pracovního potenciálu pro účely jejich zaměstnanosti. Proto budou do expertní činnosti zapojeni vysoce odborně erudovaní odborníci na problematiku v oboru onkologie a adiktologie.

Projekt zahrnuje analytickou a expertní část. První část bude zaměřena na analýzu podmínek realizace procesu ergodiagnostiky v jednotlivých. V expertní části bude provedena aktualizace standardizovaného procesu ergodiagnostiky prováděné v síti, včetně návrhu na rozšíření metodiky o testy zaměřené na hodnocení pracovního potenciálu osob s onkologickým a adiktologickým onemocněním a pilotní ověření navržených postupů v procesu ergodiagnostiky.

Hlavním řešitelem projektu je Výzkumný ústav bezpečnosti práce, v. v. i., a spoluřešitelem Státní zdravotní ústav.

## Výsledky dotazníkového šetření ergodiagnostických center

Dotazníkové šetření bylo uskutečněno mezi ergodiagnostickými centry a mělo za cíl posoudit aktuální stav těchto center a identifikovat hlavní výzvy a příležitosti pro jejich další rozvoj. Dotazník byl rozdělen do tří hlavních bloků:



1. **Základní informace o fungování ergodiagnostických center**, používaných metodách a přístrojovém vybavení. Tento blok obsahoval 13 otázek a byl povinný pro všechna centra.
2. **Spolupráce s ÚP ČR**. Blok zahrnoval 15 otázek a zaměřoval se na spolupráci mezi centry a ÚP ČR. Vyplnění této části záviselo na rozřazovací otázce: „Byla provedena na žádost ÚP ČR alespoň jedna ergodiagnostika od 1. 1. 2022?“.
3. **Hodnocení současného stavu ergodiagnostických center** a prognóza dalšího vývoje, obsahující 9 otázek hodnotících stav ergodiagnostických center a budoucí směřování ergodiagnostiky.

### Klíčové výsledky šetření

Z dotazníkového šetření vyplynulo několik zajímavých poznatků, které odhalily hlavní oblasti, jež by mohly přispět k efektivnějšímu fungování ergodiagnostických center:

- **Personální zajištění:** Většina center uvedla problémy s personálním obsazením, zejména nedostatek klíčových odborníků, jako jsou ergoterapeuti, psychologové nebo sociální pracovníci. Některá centra nemají kompletní základní tým pro ergodiagnostiku podle metodiky a uvedla, že tyto nedostatky limitují jejich kapacity pro provádění vyšetření.
- **Informovanost a spolupráce s ÚP ČR:** Spolupráce s ÚP ČR probíhá na většině pracovišť, přesto však existují nedostatky, zejména v oblasti komunikace a informovanosti. Některá centra uvádějí, že pracovníci ÚP ČR nemají vždy přesnou představu o průběhu ergodiagnostiky, což někdy vede k nerealistickým očekáváním klientů. Průměrná délka procesu od žádosti po odeslání zprávy často překračuje 30 dní.
- **Motivace klientů:** Nízká motivace klientů byla označena jako jeden z nejvýraznějších problémů. Většina center uvádí, že motivace klientů k návratu do práce je obecně nízká, což ovlivňuje efektivitu procesu ergodiagnostiky a může snižovat kvalitu výsledků.

Zjištěné informace budou sloužit jako podklad pro aktualizaci a zachování standardizace uvedené metodiky. Následovat bude dotazníkové šetření u ÚP ČR. Ergodiagnostika hraje klíčovou roli v podpoře zaměstnávání a posílení rovnosti příležitostí v pracovním životě.

### Závěr

Výsledky dotazníkového šetření poukazují na klíčové výzvy, kterým ergodiagnostická centra čelí. Nedostatečné personální zajištění a chybějící odborníci představují limitující faktory pro plnohodnotné fungování center. Dále je patrná potřeba zlepšit informovanost pracovníků ÚP ČR o účelu a průběhu ergodiagnostiky, aby se zajistila realistická očekávání a lepší spolupráce.

Nízká motivace klientů k návratu do pracovního procesu vyžaduje strategický přístup k výběru vhodných klientů a motivaci k účasti na ergodiagnostice. Zajištění dostatečného vybavení a kvalitní zpětné vazby z procesu vyšetření může přispět ke zvýšení efektivity. Doporučení vyplývající z analýzy proto směřují k posílení spolupráce s ÚP ČR, zlepšení personálních kapacit a zajištění lepší informovanosti všech zúčastněných stran.



Základem úspěšnosti zařazení klienta do společnosti je najít znovu smysl jeho života, umožnit mu získat pocit schopnosti a platnosti v jeho rodině, ve společnosti, přiblížit se maximálně samostatnosti v aktivitách běžného života (i s nezbytnými kompenzačními pomůckami, eventuálně pomocí druhé osoby) a umožnit mu v produktivním životě návrat do zaměstnání.

### Dedikace příspěvku



© 2024

Tento výsledek byl finančně podpořen z institucionální podpory na dlouhodobý koncepční rozvoj výzkumné organizace na léta 2023–2027 a je součástí výzkumného úkolu 01-S4-2024-VÚBP Analýza fungování Ergodiagnostických center, revize procesů a aktualizace metodiky standardů ergodiagnostiky, řešeného Výzkumným ústavem bezpečnosti práce, v. v. i., ve spolupráci se Státním zdravotním ústavem, v letech 2024–2026.

### Literatura

- [1] SLÁDKOVÁ, Petra. Ergodiagnostika v rehabilitaci. Praha: Grada Publishing, 2023. ISBN 978-80-271-3269-0.
- [2] Ergodiagnostika. Online. Pracovní rehabilitace. 2021. Dostupné také z: <http://pracovnirehabilitace.cz/sluzby-ergodiagnostika>.
- [3] ŠVESTKOVÁ, Olga, Pavel MARŠÁLEK, SVĚCENÁ Kateřina a kol. Metodika standardů ergodiagnostiky pro účely hodnocení pracovního potenciálu OZP. Ministerstvo práce a sociálních věcí, 2014

### Korešpondenční adresa

1. Mgr. Bátorlová Kateřina: Výzkumný ústav bezpečnosti práce, v. v. i., Jeruzalémská 1283/9, 110 00 Praha 1, 774 102 454, email: [batrlova@vubp-praha.cz](mailto:batrlova@vubp-praha.cz)
2. Mgr. Mrázová Karolina, Ph.D.: Státní zdravotní ústav, Centrum hygieny práce a pracovního lékařství, Šrobárova 49/48, Praha 10, 100 00, Česká republika, email: [karolina.mrazova@szu.cz](mailto:karolina.mrazova@szu.cz)
3. MUDr. Lipšová Vladimíra: Státní zdravotní ústav, Centrum hygieny práce a pracovního lékařství, Šrobárova 49/48, Praha 10, 100 00, Česká republika a Klinika pracovního lékařství, VFN-Praha, 1. LF UK, Na Bojišti 1, Praha 2, Tel: +420 267 082 415, email: [vladimira.lipsova@szu.cz](mailto:vladimira.lipsova@szu.cz)



# MANAŽÉRSTVO RIZÍK V KONTEXTE NORMY ISO/IEC 17025:2017

## RISK MANAGEMENT IN THE CONTEXT OF THE ISO/IEC 17025:2017 STANDARDS

BLAŠKOVÁ, A. & ŠOLC, M. & PETRÍK, J. & GIRMANOVÁ, L. & BLAŠKO, P. & MAŁYSA,  
T. & FURMAN, J. & PORUBČANOVÁ, D.

### **Abstrakt:**

*V najnovšej revízii normy ISO/IEC 17025 Všeobecné požiadavky na spôsobilosť skúšobných a kalibračných laboratórií zverejnenej v roku 2017 bol v jej požiadavkách zavedený koncept myslenia založeného na riziku. Aby bolo laboratórium považované za spoľahlivé, bezpečné a teda konkurencieschopné, odporúča sa dodržiavať požiadavky medzinárodných noriem a iných regulačných dokumentov, ako aj používať nástroje a postupy manažérstva rizík, prostredníctvom najnovších noriem ako napríklad ISO 9001, ISO/IEC 17025, ISO 14001, ISO 45001 a ďalšie. Laboratóriá, ktoré sa zaviazali dodržiavať ISO/IEC 17025, môžu ťažiť z hmatateľných výhod pre ich prevádzku, či už ide o zabezpečenie kvality produktov, ochranu zdravia spotrebiteľov, zaistenie bezpečnosti a ochrany zdravia alebo podporu udržateľnosti a ochrany životného prostredia. Z toho dôvodu je veľmi dôležité, aby laboratória mali zavedené manažérstvo rizík, ktoré je súčasťou pracovných postupov a integrovali techniky riadenia rizík do systému kvality pomocou ISO 31000 a ISO 31010.*

### **Abstract:**

*In the latest revision of the ISO/IEC 17025 standard, General requirements for the competence of testing and calibration laboratories, published in 2017, the concept of risk-based thinking was introduced in its requirements. In order a laboratory to be considered as reliable, safe, and therefore competitive, it is recommended to comply with the requirements of international standards and other regulatory documents as well as to use tools and risk management procedures, through the latest standards such as ISO 9001, ISO/IEC 17025, ISO 14001, ISO 45001 and others. Laboratories that commit to complying with ISO/IEC 17025 can benefit from tangible benefits for their operations, whether it is ensuring product quality, protecting consumer health, occupational safety and health, or promoting sustainability and environmental protection. For this reason, it is very important that laboratories have an established risk management that is part of the work procedures and integrate risk management techniques into the quality system using ISO 31000 and ISO 31010.*

### **Kľúčové slová:**

*Manažérstvo, riziko, nebezpečenstvo, laboratóriá, norma*

### **Key words:**

*Management, risk, hazard, laboratories, standard*



## Úvod

Dnes sa všeobecne uznáva, že prvým krokom pre uľahčenie akceptovania výsledkov testov vykonaných v zahraničí, je prostredníctvom akreditácie, pomocou dohodnutého súboru všeobecných kritérií pre spôsobilosť testovania v laboratóriách. Prvý návrh (tabuľka 1), ktorý bol predložený Medzinárodnej organizácii pre normalizáciu (ISO), bol ISO Guide 25, ktorý vytvoril základ pre založenie ISO/IEC 17025. Tento dokument bol vydaný ILAC (International Laboratory Accreditation Cooperation) 1. októbra 1978 [1]. ILAC je medzinárodná spolupráca, ktorej členmi sú akreditačné orgány pre laboratóriá podľa platných noriem so zástupcami vo viac ako 70 krajinách. Táto spolupráca sa začala v októbri 1977 s cieľom rozvíjať medzinárodnú spoluprácu, zjednodušiť trh podporou akceptácie akreditovaných výsledkov skúšok a kalibrácií [2].

Tab. 1 História normy ISO/IEC 17025.

Verzia	Rok	Typ	Názov dokumentu
1.	1978	Príručka	ISO Guide 25: Návod na hodnotenie technickej spôsobilosti skúšobných laboratórií
2.	1982	Príručka	ISO/IEC Guide 25: Všeobecné požiadavky na technickú spôsobilosť skúšobných laboratórií
3.	1990	Príručka	ISO/IEC Guide 25: Všeobecné požiadavky na spôsobilosť kalibračných a skúšobných laboratórií
4.	1999	Norma	ISO/IEC 17025: Všeobecné požiadavky na spôsobilosť skúšobných a kalibračných laboratórií
5.	2005	Norma	ISO/IEC 17025: Všeobecné požiadavky na spôsobilosť skúšobných a kalibračných laboratórií
6.	2017	Norma	ISO/IEC 17025: Všeobecné požiadavky na spôsobilosť skúšobných a kalibračných laboratórií

ISO Guide 25:1978 sa netýkala kalibračných laboratórií, ale iba skúšobných. V dokumente boli všeobecné usmernenia, aby laboratóriá mohli preukázať svoju technickú spôsobilosť. Napriek tomu príručka umožnila hodnotiacim orgánom požadovať aj iné požiadavky, než tie, ktoré boli uvedené v texte príručky. Jednalo sa o požiadavky: organizácia, personál, ochrana, skúšobné a meracie zariadenia, kalibrácia, skúšobné metódy a postupy, prostredie, **bezpečnosť**, manipulácia s predmetmi, ktoré sa majú skúšať, záznamy a protokoly o skúškach [1].

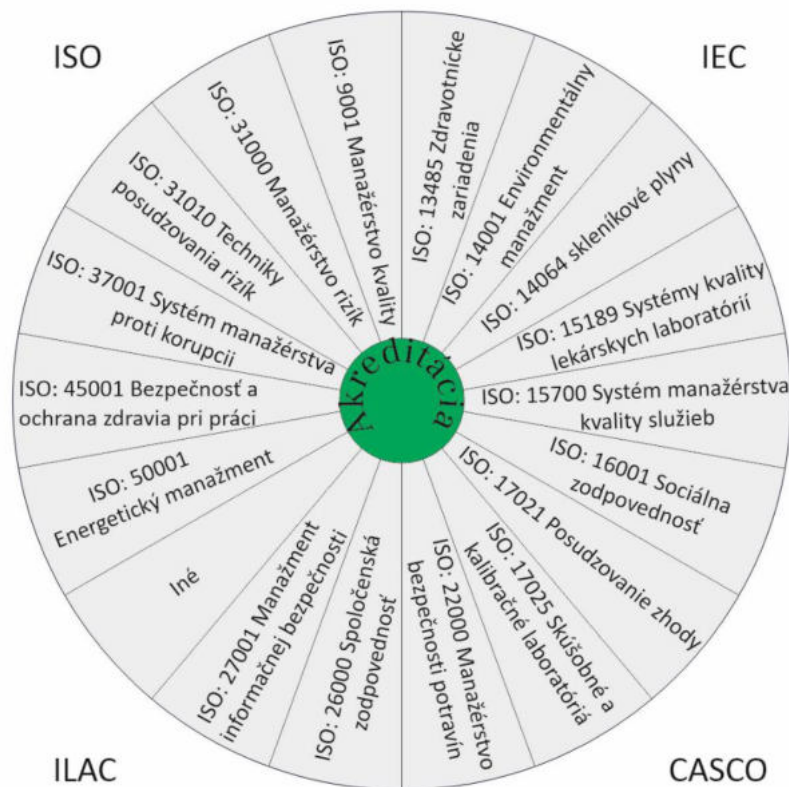
Takúto príručku nahradila „Príručka ISO/IEC 25: Všeobecné požiadavky na technickú spôsobilosť skúšobných laboratórií z 12. decembra 1982. Dokument sa prezentoval ako ISO (International Organization for Standardization) aj IEC (International Electrotechnical Commission). Príručka sa stále používala len na oslovenie skúšobných laboratórií, ale v rámci „Rozsah a oblasť použitia“, ju mohli používať akreditačné a certifikačné orgány, vládne a mimovládne orgány súvisiace s technickou spôsobilosťou laboratórií, pričom bola doplnená požiadavka na systém kvality [3].

V roku 1990 bola publikovaná ISO/IEC Guide 25: Všeobecné požiadavky na spôsobilosť **kalibračných** a skúšobných laboratórií. Ukazuje sa snaha ISO/CASCO (Council Committee on Conformity Assessment) publikovať dokumenty, ktoré umožňujú certifikáciu laboratórií na základe medzinárodne zavedených dokumentov. Za vydávanie dokumentov je zodpovedný CASCO, ktorý ju získal na základe konsenzu samotného výboru podporovaného radami ISO a IEC. Splnením požiadaviek ISO/IEC Guide 25:1990 laboratóriá spĺňali kritériá vtedajšej normy ISO 9000 a požiadavky ISO 9001 a v roku 1999 bola táto príručka nahradená normou **ISO/IEC 17025**:





Všeobecné požiadavky na spôsobilosť skúšobných a kalibračných laboratórií. V tom čase bola norma ISO 9001 tiež v štádiu revízie a jej nová verzia sa mala vydať v roku 2000. Napriek tomu bola ISO/IEC 17025 vydaná v roku 1999 na základe normy ISO 9001 z roku 1994. ISO/IEC 17025:1999 bola publikovaná kvôli veľkému dopytu po nej, ale nelogickosť, že vychádza z nedokončenej budúcej normy spôsobila, že bola v krátkom čase zastaraná. Preto bola v máji 2005 zverejnená nová verzia ISO/IEC 17025, ktorá vyhovuje revízii normy ISO 9001, publikovanej v roku 2000 [4, 5].



Obr. 1 normy ISO súvisiace s akreditáciou laboratórií

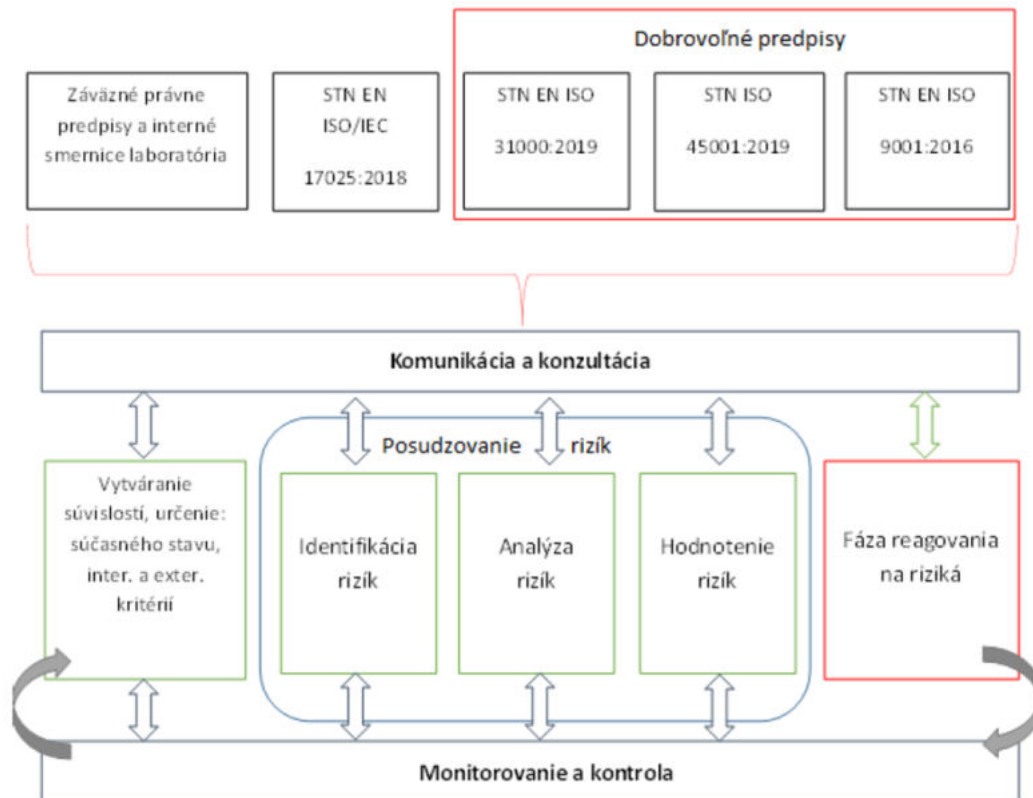
Nová verzia ISO/IEC 17025 bola vydaná v roku 2017 s cieľom aktualizovať a zosúladiť ju s ostatnými súčasnými normami, vrátane ISO 9001 (obr. 1). Nový dokument má v porovnaní so staršou verziou inú štruktúru a je rozdelená nasledovne: 1. Rozsah; 2. Normatívne odkazy; 3. Termíny a definície; 4. Všeobecné požiadavky; 5. štruktúrne požiadavky; 6. Požiadavky na zdroje; 7. Požiadavky na proces; 8. Požiadavky na systém manažérstva; príloha A; príloha B; Literatúra. Vo všeobecných požiadavkách norma stanovuje špecifické požiadavky na neustrannosť a dôverynosť, pričom zdôrazňuje ich dôležitosť, taktiež zdôrazňuje potrebu **manažérstva rizík**, pričom poukazuje na potrebu identifikácie rizík v mnohých požiadavkách normy [6, 7].

### 1. Metodika manažérstva rizík

Jednou z požiadaviek súčasnej verzie normy ISO/IEC 17025 je potreba zaviesť manažérstvo rizík s požiadavkou na „myslenie založené na riziku“. Táto zmena umožňuje organizácii určiť faktory, ktoré by mohli spôsobiť, že sa jej procesy a jej systém manažérstva kvality (SMK) odchyli od plánovaných výsledkov, zaviesť preventívne kontroly na minimalizáciu negatívnych vplyvov a dosiahnuť maximálne využitie príležitostí. Manažérstvo rizík je metodologickou disciplínou (obrázok 1), ktorá zahŕňa koordinované vedenie a riadenie všetkého čo súvisí s existenciou rizika.



Manažérstvo rizík využíva množstvo metód, techník, nástrojov na identifikáciu, analýzu, posudzovanie a prevenciu rizík, pričom neexistuje žiadna požiadavka na používanie predpísaných metód riadenia rizík alebo zdokumentovaného procesu riadenia rizík pre laboratóriá [8, 9].



Obr. 2 Metodický prístup k manažérstvu rizík

Riziko je definované ako odchýlka od očakávaného a môže byť pozitívna alebo negatívna. Manažérstvo rizík je v súčasnosti jednou z hlavných tém záujmu výskumníkov a pracovníkov v oblasti manažmentu. Ciele riadenia rizík sú: zvýšiť pravdepodobnosť a vplyv pozitívnych udalostí a znížiť pravdepodobnosť a vplyv nepriaznivých udalostí na projekt. Norma ISO 31000 je považovaná za jednu z hlavných referencií v oblasti riadenia rizík. Druhé vydanie vydalo ISO v roku 2018. Norma poskytuje spoločný prístup k riadeniu akéhokoľvek typu rizika a môže byť prispôbená akejkoľvek organizácii [10, 11].

## 2. Techniky hodnotenia rizík

Hodnotenie rizika, ktoré sa často vyjadruje vo vzťahu k ich zdrojom, možným udalostiam, následkom a pravdepodobnosti, môže byť veľmi náročný proces, najmä ak sú tieto vzťahy zložité. Rôzne techniky hodnotenia rizík sú znázornené v tabuľke 2. Výber techník však nie je náhodný, ale najprv je potrebné vziať do úvahy niektoré faktory, ako napríklad účel hodnotenia, potreby zainteresovaných strán, právne, regulačné a zmluvné požiadavky, prevádzkové prostredie, významnosť rozhodnutia, ktoré sa má prijať, definované rozhodovacie kritériá a ich forma, čas, ktorý je k dispozícii pred prijatím rozhodnutia a zložitost situácie [12, 13].

Najpoužívanejšími technikami na identifikáciu rizika sú analýza možných príčin a dôsledkov porúch (FMEA), ako aj analýza spôsobov, následkov a kritickosti porúch (FMECA). FMEA/FMECA možno aplikovať na všetkých úrovniach organizácie a vykonávať na akejkoľvek úrovni analýzy systému, od blokových diagramov až po podrobné prvky systému alebo kroky procesu [14, 15].



FMEA sa môže použiť na poskytovanie informácií na analýzu iným technikám, ako je analýza stromu poruchových stavov (FTA), bežne používaná na pochopenie následkov a pravdepodobnosti rizika. Je to logický diagram, ktorý predstavuje vzťahy medzi nežiadúcou udalosťou, ktorou je zvyčajne zlyhanie systému, a príčinami udalosti, ktoré sú súčasťou zlyhania [16, 17].

Tab. 2 Techniky hodnotenia rizík.

Techniky na získavanie pohľadov / názorov	Techniky na identifikáciu rizika	Techniky na určenie zdrojov, príčin a hnacích síl rizika	Techniky na analyzovanie kontrol	Techniky pochopenia následkov a pravdepodobnosti	Techniky na analýzu závislosti a interakcií	Techniky poskytujúce mieru rizika	Techniky hodnotenia závažnosti rizika	Techniky výberu medzi možnosťami	Techniky podávania správ a záznamov
Prieskum, Brainstorming, Delfi, Technika nominálnej skupiny, Štruktúrované rozhovory,	Kontrolné zoznamy, klasifikácie a taxonómie, FMEA/FMECA, HAZOP, Analýza scenára, SWIFT	Cindynický prístup, Ishikawa analýza	analýzy typu motýlik -BTA, HACCP, LOPA	Bayesovská a Markovova analýza, BIA, Ishikawa, ETA, FTA, HRA, MC simulácia, Analýza vplyvu ochrany údajov	Kauzálné mapovanie, analýza krížového vplyvu	Hodnotenie toxikologického rizika, Hodnota rizika, Podmienená hodnota v riziku alebo očakávaný schodok	ALARP/SFAIRP, frekvenčné diagramy, Pareto diagram, údržba zameraná na spoľahlivosť, indexy rizika	Analýza nákladov a výnosov, Analýza rozhodovacieho stromu, Teória hier, Viackriteriálna analýza	Registre rizík, matica dôsledkov/pravdepodobnosti, S-krivky

### 3. Identifikácia a minimalizácia rizík v laboratóriách

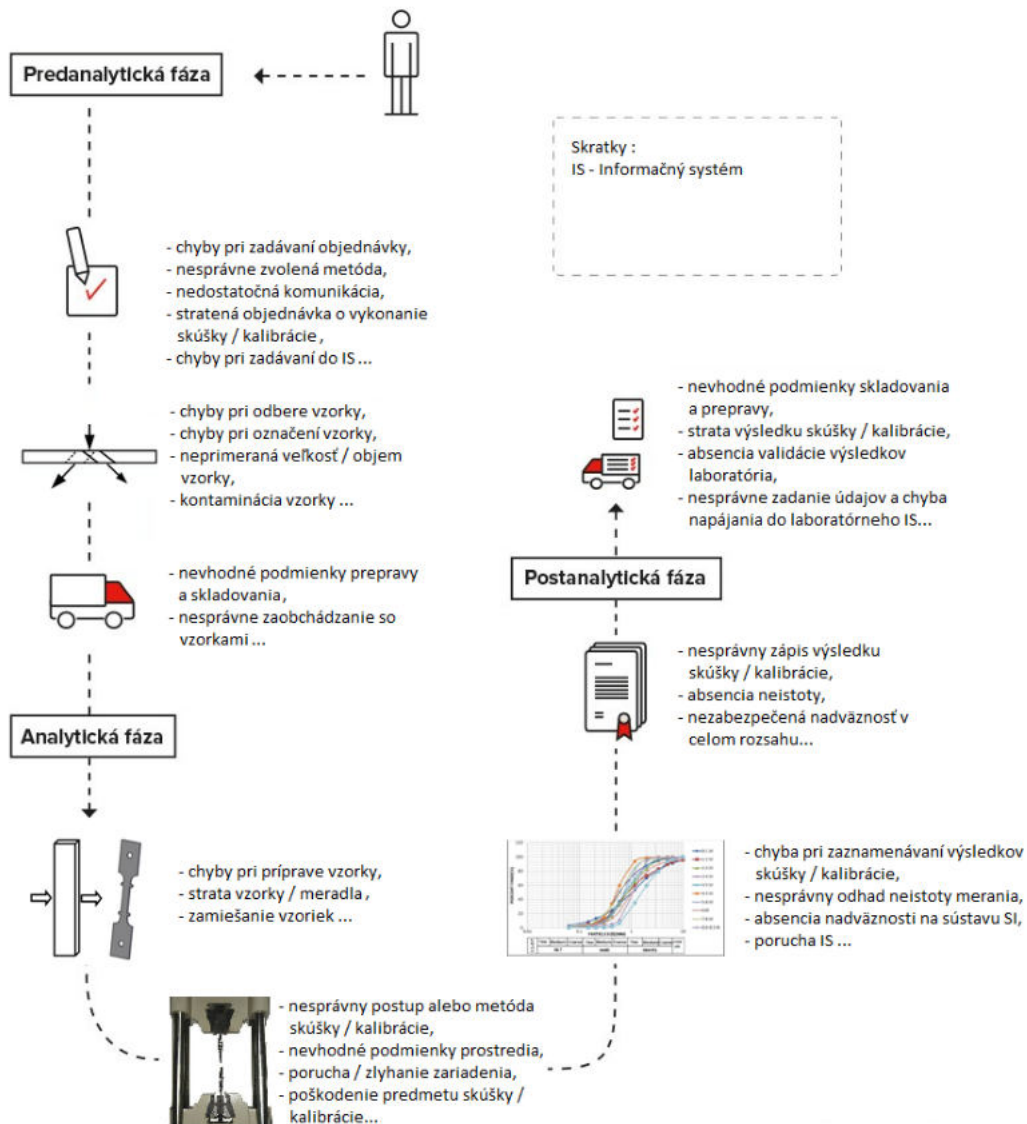
Identifikácia rizika je prvou a najdôležitejšou fázou manažérstva rizík [12]. Vo fáze identifikácie sa zaznamenávajú možné zdroje rizika, ktoré sa týkajú celej činnosti laboratória. Aby sa identifikovali potenciálne zdroje rizika spojeného s procesom skúšania alebo kalibrácie, laboratória by mali vytvoriť mapu chýb v jednotlivých fázach činností, v ktorej sú načrtnuté kroky od vygenerovania žiadosti až po výsledok (obrázok 3). Mapa by mala zahŕňať všetky fázy predanalytického, analytického a postanalytického procesu. Najviac chýb sa vyskytuje počas predanalytickej fázy v rozmedzí 46 - 68 %, po ktorých nasledujú postanalytické chyby s rozsahom 19 - 47 % v analytickej fáze sa vyskytuje najmenej chýb v rozmedzí 7 - 13 %. Po dokončení fázy hodnotenia rizika laboratórium vyberie vhodný spôsob na udržanie rizika na prijateľnej úrovni. Prijaté opatrenia by sa mali monitorovať z hľadiska ich účinnosti, aby sa vyhodnotila úspešnosť akéhokoľvek úsilia o minimalizáciu rizík. Toto hodnotenie sa dosahuje sledovaním hodnôt ukazovateľov kvality stanovených laboratóriom, pričom najúčinnějšími stratégiou na zníženie neistôt v laboratóriách je vývoj a implementácia integrovaného SMK [18, 19].

Minimalizácia možných rizík v laboratóriách [18 - 24]:



### a. Vzorky

Stratégia prevencie predanalytických chýb pozostáva z piatich vzájomne súvisiacich krokov. 1. Vypracovanie jasných písomných postupov. 2. Zlepšenie odbornej prípravy personálu. 3. Automatizácia funkcií, ako pre podporné funkcie, tak aj pre výkonné funkcie. 4. Monitorovanie indikátorov kvality. 5. Zlepšenie komunikácie medzi odborníkmi a podpora spolupráce medzi útvarmi.



Obr. 3 Mapa chýb v jednotlivých fázach činností v laboratóriu.

### b. Personál

Techniky používané na hodnotenie príspevku ľudského faktora k spoľahlivosti a bezpečnosti systému sa nazývajú analýza spoľahlivosti ľudského faktora (HRA). Aby sa predišlo nepríjemným následkom spôsobeným ľudským faktorom, personál v celej organizácii by mal byť primerane a efektívne vyškolený, aby bol schopný vykonávať postupy v súlade s požiadavkami noriem ISO alebo iných predpisov. Okrem toho, aby sa predišlo vyhoreniu personálu, mali by sa v laboratóriách inštalovať a implementovať niektoré automatizačné systémy, ako systémy elektrických kolesových vozidiel na prepravu vzoriek a postupy automatického overovania výsledkov.

### c. Odpad



Väčšina tekutého odpadu je nebezpečný priemyselný odpad, ktorý má vplyv na ľudské zdravie a spôsobuje znečisťovanie životného prostredia. Skladovanie chemikálií sa vykonáva podľa kategórie, v kontrolovanom prostredí a v dobre vetraných priestoroch. Horľavé materiály sú oddelené od nehorľavých materiálov a skladované v priestoroch, ktoré poskytujú ochranu, pričom sa vykonávajú časté kontroly zásob. Odpad sa má recyklovať a správne zlikvidovať. Potrebna je inštalácia hlásičov dymu, hasiacich prístrojov, monitorovacích kamier, spích a staníc na výplach očí, existencia označených únikových chodieb a prostriedkov kolektívnej ochrany ako aj používanie OOPP. Rozhodujúci význam majú aj podrobné postupy, jasné inštrukcie, ako aj vhodný tréning.

### *d. Podmienky prostredia*

Laboratóriá sú vystavené rôznym druhom nebezpečenstiev (fyzikálnym, chemickým, biologickým a iným), čo ich robí vysoko nebezpečnými pre životné prostredie aj personál. Okrem toho môže byť pracovné prostredie laboratórií vystavené viac ako jednému nebezpečenstvu súčasne, čo ešte viac zvyšuje riziko. V chemických laboratóriách existuje veľa potenciálnych rizík, pretože obsahujú horľavé, výbušné a jedovaté chemikálie. V biologických laboratóriách sú tiež riziká, najmä pre laboratórnych pracovníkov, ktorí pracujú s patogénmi a je pravdepodobnejšie, že sa nakazia infekčnou chorobou ako ktokoľvek iný.

### *e. Skúšobné a kalibračné metódy*

Aby sa predišlo riziku vyplývajúcejmu z používania interných metód, ktoré nie sú riadne validované, laboratórium by malo zabezpečiť, aby vyvinutá metóda bola plne validovaná na zamýšľané použitie. Na dosiahnutie tohto cieľa musí existovať všeobecný postup validácie metódy založený na príslušných medzinárodných protokoloch pomocou certifikovaných analytikov zapojených do navrhovania a validácie metódy. Navyše podľa najnovšej verzie normy ISO17025, špecifikácia požiadaviek metódy musí byť podrobne zaznamenaná počas fázy validácie. Okrem toho by sa mali vykonávať kontroly, aby sa zabezpečilo, že sú splnené všetky požiadavky, a následne by sa malo podpísať vyhlásenie o platnosti metódy.

### *f. Meranie*

V procese merania ovplyvňujú výsledky merania aspekty, ktoré už boli spomenuté vyššie, úprava vzoriek, podmienky prostredia, personál a metódy. Ďalším kritickým aspektom je potreba vhodných a platných (certifikovaných, ak je to vhodné) referenčných materiálov, ktoré sa musia použiť na určenie metrologickej nadväznosti výsledkov v súlade s požiadavkami ISO/IEC 17025. Laboratórium by malo dodržiavať postupy pre bezpečnú manipuláciu, prepravu, skladovanie a používanie referenčných materiálov, aby sa zabránilo novej kontaminácii alebo znehodnoteniu.

### *g. Kontrola kvality*

Interná kontrola kvality by sa mala vykonávať denne a pri každej laboratórnej skúške či kalibrácii, aby sa identifikovali náhodné a systematické chyby, ako aj trendy. Je tiež užitočné, aby si laboratórium nechalo skontrolovať svoje dokumenty SMK (napr. postupy, kalibračné tabuľky, špecifikácie, atď.) na účely aktualizácie a kontroly ich platnosti. Externá kontrola kvality sa vykonáva pomocou medzi-laboratórneho porovnávania, aby sa nezávisle a objektívne skontrolovala presnosť a správnosť výsledkov, čo poskytuje objektívny dôkaz o primeranosti laboratória pre svojich zákazníkov, ako aj pre akreditačné a dozorné orgány.

### *h. Správa o výsledkoch*

Aby sa predišlo riziku oznamovania nesprávnych výsledkov klientom, laboratórium musí mať zavedené dvoj alebo dokonca trojúrovňové postupy kontroly údajov. Pre ďalšie zlepšenie by sa záznamnávacie procesy mohli integrovať do LIMS (laboratory information management system), čo minimalizuje potrebu manuálneho prepisu údajov a prostredníctvom vhodných elektronických ovládacích prvkov možno zabezpečiť integritu údajov. Systém by tiež mohol zaznamenať akúkoľvek poruchu, ako aj prijaté nápravné opatrenia. V prípadoch, keď sa požaduje vyhlásenie o zhode skúšky





so špecifikáciou alebo s normou, sa laboratóriu odporúča zdokumentovať pravidlá rozhodovania s ohľadom na príslušné riziko.

### *i. Nestrannosť – dôvernosť*

Vhodné školenie je nepochybne kritickým parametrom na zabezpečenie nestrannosti a dôvernosti. Zamestnanci musia byť vyškolení vo vzťahu ku kognitívnej zaujatosti, aby pochopili existenciu a dôležitosť vhodných politík, postupov a praktík. Preto je nevyhnutná písomná politika dôvernosti, ktorá poskytuje jasné pokyny všetkým pracovníkom laboratória a je nimi podpísaná. Dohoda o mlčanlivosti je štandardnou praxou mnohých organizácií a môže zostať v platnosti na dobu neurčitú, čím chráni laboratórium aj po odchode zamestnancov, ako aj pred vonkajšími partnermi. Mal by existovať aj plán, ktorý presne načrtáva, ako by mal laboratórny personál reagovať v prípade, že dôjde k porušeniu zásad alebo postupov dôvernosti na pracovisku.

### *j. Digitalizácia*

Medzi hlavné riziká, ktorým čelia laboratória v oblasti digitalizácie patria existencia nepresných alebo nedostatočných informácií v technických súboroch a absencia mechanizmu na zistenie následných zmien v súboroch. Vznikajú problémy s absenciou alebo nedostatočnosťou podrobných postupov na spracovanie digitálnych údajov alebo zdokumentované postupy nie sú zo strany personálu dôsledne dodržiavané. Používanie automatizovaných systémov špecializovaným laboratórnym personálom, ktorý interpretuje výsledky, môže pomôcť udržať konzistentnosť a zvýšiť efektívnosť. Tieto systémy, vrátane systémov s AI (artificial intelligence) a ML (machine learning), však môžu mať chyby vedúce k chybným výsledkom.

### *k. Finančné riziká*

V posledných rokoch a v dôsledku vypuknutia hospodárskej a zdravotnej krízy na celom svete môže mať prísna finančná politika v mnohých laboratóriách verejného alebo súkromného sektora spolu s rôznymi byrokratickými prekážkami negatívny vplyv na ich celkový technologický alebo ekonomický rast. Ukazuje sa, že aktuálne informácie o nákladoch za laboratórne služby spolu s plánovaním finančných a ľudských potrieb laboratória (napr. zostavenie obchodného plánu) je efektívne kontrolné opatrenie pre ich finančnú udržateľnosť a budúci rozvoj.

## Záver

Komplexná činnosť a prevádzkový rámec moderného laboratória zahŕňa mnohé riziká s nepriaznivými dôsledkami na výsledky skúšania alebo kalibrácie, bezpečnosť a zdravie pracovníkov a životné prostredie. Z tohto dôvodu by mali byť postupy riadenia rizík integrované do postupov systému kvality laboratórií a mali by sa stať neoddeliteľnou súčasťou ich každodennej rutiny. Hlavnými zdrojmi rizika v laboratóriu sú samotný personál, vzorky, chemické činidlá a odpad, zariadenia, skúšobné a kalibračné metódy, meranie, neaktualizované postupy kontroly kvality, podávanie správ o výsledkoch, nestrannosť a dôvernosť, digitalizácia a v neposlednom rade finančné aspekty. Nepretržité riadenie rizík je nevyhnutné pre vznik nových priorít a nepretržitú implementáciu nevyhnutných opatrení za účelom bezpečnosti a prevencie. Preto je riadenie rizík nevyhnutné na zabezpečenie bezpečného interného a externého laboratórneho prostredia, ako aj na zabezpečenie poskytovania spoľahlivých a kompetentných služieb.

## Zaradenie príspevku

Príspevok bol vypracovaný v rámci projektu VEGA č. 1/0408/23- Štúdium zhodnocovania úletov vznikajúcich pri výrobe medi.





## Literatúra

- [1] Dos santos, L. L.; Mainier, F. B.; Anais VI Congresso Nacional de Excelência em Gestão, Niterói, Brasil, 2010.
- [2] <https://ilac.org/about-ilac/>, Prístup September 2024.
- [3] Miguel, A.; Moreira, R.; Oliveira, A. ISO/IEC 17025: History and Introduction of Concepts. Quím. Nova 2021, doi:10.21577/0100-4042.20170726..
- [4] Van de Leemput, P. J. H. A. M.; Accred. Qual. Assur. 2000, 5, 394.
- [5] UNIDO; Complying with ISO 17025: A practical guidebook for meeting the requirements of laboratory accreditation schemes based on ISO 17025:2005 or equivalent national standards, United Nations Industrial Development Organization: Vienna, 2009.
- [6] STN EN ISO/IEC 17025:2018, Všeobecné požiadavky na spôsobilosť skúšobných a kalibračných laboratórií.
- [7] Patra, N.C.; Mukhopadhyay, S.K. Laboratory Accreditation in India Including Latest ISO/IEC 17025:2017: An Overview. IJPO 2019, 6, 1–8, doi:10.18231/2394-6792.2019.0001.
- [8] Heldman, K. Project Manager's Spotlight on Risk Management.: Jossey-Bass, 2005.
- [9] Wong, S.K.; Risk-based thinking for chemical testing. Accred Qual Assur 2017, 22, 103–108. <https://doi.org/10.1007/s00769-017-1256-x>.
- [10] International Organization for Standardization (ISO) (2018) ISO 31000— Manažérstvo rizika – Návod. Geneva.
- [11] Santana, M.K.A.; Loureiro, G. Risk Management Approach for Testing and Calibration Laboratories. Accred Qual Assur 2022, 27, 313–318, doi:10.1007/s00769-022-01521-y.
- [12] International Organization for Standardization (ISO) (2019) ISO 31010:2019 - Manažérstvo rizika - Techniky posudzovania rizík. Geneva, Switzerland.
- [13] Tziakou, E.; Fragkaki, A.G.; Platis, A.N. Identifying Risk Management Challenges in Laboratories. Accred Qual Assur 2023, 28, 167–179, doi:10.1007/s00769-023-01540-3.
- [14] Huang, J.; You, J-X; Liu, H-C; Song, M-S. Failure mode and effect analysis improvement: a systematic literature review and future research agenda. Reliab Eng Syst Saf 2020, 199:106885.
- [15] Pillay, A.; Wang, J. Modified failure mode and effects analysis using approximate reasoning. Reliab Eng Syst Saf 2003, 79(1):69–85.
- [16] Bhattacharyya, SK.; Chelilyan, AS. Optimization of a subsea production system for cost and reliability using its fault tree model. Reliab Eng Syst Saf 2019, 185:213–219.
- [17] Zio, E. Reliability engineering: old problems and new challenges. Reliab Eng Syst Saf 2009, 94(2):125–141.
- [18] Vasilanikova, A. Risk management in accredited testing laboratories, Proceedings of the 29th DAAAM international symposium 1071–1075, B. Katalinic (Ed.), Published by DAAAM international, 2018, ISBN 978-3-902734-20-4, ISSN 1726-9679, Vienna, Austria.
- [19] David, RE.; Dobreanu, M. Risk management in clinical laboratory: from theory to practice. Acta Medica Marisiensis, 2015, 61(4):372–377.
- [20] Casey, E. Standardization of forming and expressing preliminary evaluative opinions on digital evidence. Forensic Sci Int Digit Invest, 2020, 32:200888.
- [21] Lou, AH.; Elnenaei, MO.; Sadek, I.; Thompson, S.; Grocker, BD.; Nassal, BA. Multiple pre- and post-analytical lean approaches to the improvement of the laboratory turnaround time in a large core laboratory. Clin Biochem, 2017, 50:864–869.



- [22] Marques, KCO.; Yoshida, LS.; Siqueira Neto, AT.; Dias, A. Risk analysis in chemistry laboratory. In 24th ABCM International Congress of Mechanical Engineering, Proceeding of COBEM, 3–8 Dec 2017. Brazil: Curitiba, PR.
- [23] Badrick, T. Integrating quality control and external quality assurance. Clin Biochem, 2021, 95:15–27.
- [24] Jaquet-Chiffelle, D-O.; Casey, E.; Bourquenoud, J. Tamperproof timestamped provenance ledger using blockchain technology. Forensic Sci Int Digit Invest, 2020, 33:300977.

### Korešpondenčná adresa

1. Ing. Blašková Andrea: Technická univerzita v Košiciach, Fakulta materiálov, metalurgie a recyklácie, Ústav materiálov a inžinierstva kvality, Oddelenie integrovaných systémov riadenia, Letná 9, 042 00 Košice, Slovenská Republika, Tel: +421 55 602 2531, email: andrea.blaskova@tuke.sk
2. doc. Ing. Šolc Marek, PhD.: Technická univerzita v Košiciach, Fakulta materiálov, metalurgie a recyklácie, Ústav materiálov a inžinierstva kvality, Letná 9, 042 00 Košice, Slovenská Republika, Tel: +421 55 602 2703, email: marek.solc@tuke.sk
3. doc. Ing. Petřík Jozef, PhD.: Technická univerzita v Košiciach, Fakulta materiálov, metalurgie a recyklácie, Ústav materiálov a inžinierstva kvality, Letná 9, 042 00 Košice, Slovenská Republika, Tel: +421 55 602 2872, email: jozef.petrik@tuke.sk
4. Ing. Girmanová Lenka, PhD.: Technická univerzita v Košiciach, Fakulta materiálov, metalurgie a recyklácie, Ústav materiálov a inžinierstva kvality, Letná 9, 042 00 Košice, Slovenská Republika, Tel: +421 55 602 2703, email: lenka.girmanova@tuke.sk
5. Ing. Blaško Peter, PhD.: Technická univerzita v Košiciach, Fakulta materiálov, metalurgie a recyklácie, Ústav materiálov a inžinierstva kvality, Letná 9, 042 00 Košice, Slovenská Republika, Tel: +421 55 602 2872, email: peter.blasko@tuke.sk
6. Ing. Małysa Tomasz, PhD.: Silesian University of Technology, Faculty of Materials Engineering, Department of Production Engineering, Krasińskiego 8, 40-019 Katowice, Poland, Tel.: (32) 603 4212, tomasz.malysa@polsl.pl
7. Ing. Furman Joanna, PhD.: Silesian University of Technology, Faculty of Materials Engineering, Department of Production Engineering, Krasińskiego 8, 40-019 Katowice, Poland, Tel.: (32) 603 4212, joanna.furman@polsl.pl



# ANALÝZA INCIDENTOV SPOJENÝCH S POUŽÍVANÍM VYSOKOZDVIŽNÝCH VOZÍKOV POMOCOU PARETOVEJ ANALÝZY ANALYSIS OF INCIDENTS RELATED TO THE USE OF FORKLIFTS USING PARETO ANALYSIS

BOBINICS, B. & ŠADEROVÁ, J.

## **Abstrakt:**

Hlavným cieľom tohto článku je analýza incidentov vo výrobnom podniku pri používaní vysokozdvížných vozíkov. V podniku bolo počas roka identifikovaných 7 rôznych incidentov spojených s používaním vysokozdvížných vozíkov. Aplikovaním Paretovej analýzy bolo zistené, že najčastejšími incidentami sú zrážka s objektami, tieto incidenty predstavovali 33,33% z celkového počtu a pád nákladu z výšky – 28,57% z celkového počtu. Celkový počet zaznamenaných incidentov bol 21.

## **Abstract:**

The main goal of this article is to analyze incidents in a manufacturing company involving the use of forklifts. During the year, 7 different incidents related to the use of forklifts were identified in the company. By applying the Pareto analysis, it was found that the most frequent incidents are collisions with objects, these incidents accounted for 33.33% of the total number, and falling of cargo from a height – 28.57% of the total number. The total number of incidents is 21.

## **Kľúčové slová:**

Vysokozdvížný vozík, BOZP, incidenty, Paretova analýza

## **Key words:**

Forklift, Occupational Safety and Health, incidents, Pareto analysis

## **Úvod**

Vysokozdvížné vozíky (VZV) sú často využívané zariadenia na manipuláciu (nakladanie, vykladanie, premiestňovanie) s materiálom a tovarom v podnikových logistických systémoch. Vysokozdvížné vozíky patria medzi manipulačnú techniku, ktorá si vyžaduje istú prax s používaním, aby boli dodržané podmienky a normy bezpečnosti pri práci. Vysokozdvížné vozíky sú základným a najpoužívanejším technickým prostriedkom pre manipuláciu s materiálmi na paletách.

Vysokozdvížný vozík je spravidla 3 až 4 - kolesový dopravný prostriedok, vybavený hydraulicky ovládaným zdvíhacím rámom s vidlicou, poháňaný spaľovacím, alebo elektrickým motorom, Obr. 1. Jeho nosnosť je od stoviek kilogramov po niekoľko ton a výška zdvihu môže dosahovať až do 6 metrov. Pre ovládanie VZV je potrebný preukaz vodiča motorových vozíkov.

Využitie vysokozdvížného vozíka je nevyhnutné pri mnohých činnostiach, ale je tiež príčinou vzniku pracovných úrazov, z tohto dôvodu je veľmi dôležité analyzovať interakciu medzi človekom



a vysokozdvížnym vozíkom. Štúdia autorov Coelho, L. a kol. bola zameraná na faktory ako je nadmerný hluk a nedostatok svetla, a ako tieto faktory môžu ovplyvňovať výkon a bezpečnosť vodičov. Výsledky ukázali, že pracovné prostredie s nadmerným hlukom a nedostatočným osvetlením má negatívny vplyv na výkonnosť vodičov VZV [1].



Obr. 1 Konštrukcia VZV [2]

Medzi najnebezpečnejšie nehody patria nehody spôsobené stratou stability vysokozdvížneho vozíka s obsluhou vo vnútri, s následkom jeho prevrátenia. Autori Milanowicz M. a kol. prezentujú vo svojom článku výsledky vykonaných testov, v ktorých bolo simulované použitie viacerých systémov pasívnej bezpečnosti, používaných na ochranu obsluhy pred účinkami prevrátenia vozíka. Bolo vykonano viac ako 170 simulácií [3].

Lehtonen E. a kol. rozoberajú problém vysokého rizika pracovných úrazov u vodičov VZV, a vo svojej štúdii pilotne testovali vzdelávaciu videohru pre vodičov. Osemdesiatjeden profesionálnych vodičov vysokozdvížnych vozíkov sa venovalo hre na svojich pracoviskách počas 3–4 mesiacov. 40% účastníkov uviedlo, že začali venovať väčšiu pozornosť nebezpečenstvám svojho pracovného prostredia. Celkovo výsledky naznačili, že daný prístup by mohol byť vyžívaný na podporu sebareflexie vodičov v súvislosti s bezpečnosťou na pracovisku [4].

Cieľom príspevku je hodnotenie incidentov vzniknutých v spojení s používaním vysokozdvížnych vozíkov vo vybranej spoločnosti použitím Paretovej analýzy.

### 1. Metódy

Na vyhodnotenie incidentov bola aplikovaná jednoduchá Paretova analýza. Východiskom pre zvolenú metódu je zoznam vzniknutých incidentov vo výrobnom podniku, spolu s ich počtom za vybrané časové obdobie.

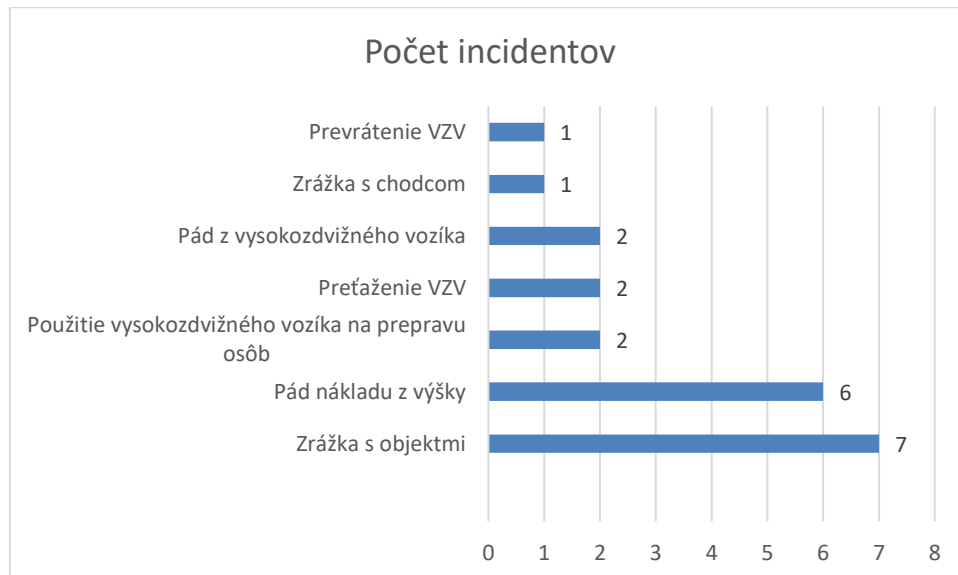
Pri jednoduchej Paretovej analýze sa incidenty usporiadajú zostupne podľa ich počtu, vypočíta sa percentuálny počet hodnôt a kumulatívny súčet  $p_i$ . Posledným krokom je zobrazenie incidentov v podobe Lorenzovej krivky, kde na osi x sú zobrazené kategórie incidentov; ľavá zvislá os znázorňuje rozsah od 0 až po celkový počet incidentov; pravá zvislá os ukazuje stupnicu kumulatívnych podielov vyjadrených v percentách (od 0 do 100%); každý stĺpec predstavuje určitý typ incidentu, a výšku označuje počet výskytov incidentu; Lorenzova krivka spája kumulatívne podiely incidentov, zobrazené v percentuálnom vyjadrení [5].

Analýza incidentov spojených s používaním VZV bola vypracovaná na základe údajov poskytnutých podnikom.



## 2. Výsledky Paretovej analýzy

Vstupom pre vykonanie analýzy boli druhy incidentov a ich počet. Za vybrané časové obdobie bolo zaznamenaných 21 incidentov, Obr. 2: zrážky s inými objektmi, pád nákladu, použitie VZV na prepravu osôb, zrážka s chodcom, preťaženie vozíka, prevrátanie vozíka a pád vodiča z VZV.



Obr. 2 Počet incidentov

Na základe postupu v kapitole 1 bola aplikovaná Paretova analýza pre vzniknuté incidenty. Vstupné a vypočítané hodnoty sú uvedené v Tab. 1.

Tab. 1 Vstupné a vypočítané hodnoty pre incidenty spojené s používaním VZV

Číslo	Druh incidentu	Počet	Ročné podiely v %	
			Z celku	Kumulatívne
1.	Zrážka s objektmi	7	33,33	33,33
2.	Pád nákladu z výšky	6	28,57	61,90
3.	Použitie VZV na prepravu osôb	2	9,52	71,43
4.	Preťaženie VZV	2	9,52	80,95
5.	Pád vodiča z vysokozdvížneho vozíka	2	9,52	90,48
6.	Zrážka s chodcom	1	4,76	95,24
7.	Prevrátenie VZV	1	4,76	100,00
SPOLU		21		

Z Tab. 1 vyplýva, že najčastejším druhom incidentu je zrážka s objektmi, v počte 7 krát za rok čo predstavuje 33,33% z celkového počtu incidentov. Zrážka s objektmi znamená, že došlo k nárazu alebo kolízii medzi VZV a iným objektom (iný vozík, prekážka v pracovnom prostredí). Príčiny zrážky VZV s objektmi boli: zlá viditeľnosť (zlé osvetlenie alebo zlá viditeľnosť kvôli výške nákladu) – 3 krát zo 7, nedostatok skúsenosti vodiča (najmä pri nových zamestnancoch, chyby pri cúvaní a manipulácii v malých priestoroch) – 2 krát zo 7, rozptýlenie pozornosti vodiča (používanie mobilných telefónov počas jazdy) – 1 krát, nedodržanie bezpečnostných predpisov (rýchla jazda, nedodržovanie vzdialenosti od objektov) – 1 krát.



Druhým najčastejším druhom incidentu je pád nákladu z výšky, v počte 6 krát za rok, čo predstavuje 28,57% z celkového počtu incidentov a 61,90% kumulatívne spolu so zrážkami s objektami. Tento incident nastal pri manipulácii vo výške, pri zdvíhaní, preprave nákladu a pri ukladaní nákladu do regálu. Medzi základné príčiny patrí nesprávne naloženie nákladu, zlé nastavenie vidlíc (nastavenie v nesprávnej polohe, buď príliš úzko alebo príliš široko), následkom čoho sa náklad zosunul – 2 krát z celkového počtu 6, práca z poškodeným VZV (poškodené vidlice VZV) – 1 krát, nesprávna manipulácia s nákladom (rýchle pohyby, ktoré spôsobujú nestabilitu nákladu, nepozornosť vodiča pri zdvíhaní a spúšťaní nákladu) – 2 krát, nesprávny pohyb po nerovnomernom povrchu – prechod cez koľaje – 1 krát.

Medzi menej časté druhy incidentov patrí použitie VZV na prepravu osôb čo sa stalo 2 krát za rok, čo predstavuje 9,52% z celkového počtu incidentov a 71,43% kumulatívneho počtu. Príčinou incidentu bolo nedodržovanie bezpečnostných predpisov zamestnancami.

Preťaženie VZV bolo identifikované 2 krát za rok, čo predstavuje 9,52% z celkového počtu incidentov, a spolu z predchádzajúcimi incidentami je to 80,95%. Preťaženie VZV je prekračovanie maximálnej nosnosti vozíka. Príčiny preťaženia boli: preťaženie kvôli časovému tlaku zo strany vedenia – 1 krát, neoboznámenosť vodiča VZV s maximálnou nosnosťou vozíka (vodič si neprečítal nosnosť vozíka na identifikačnom štítku vozíka) – 1 krát.

Pád z vysokozdvížneho vozíka nastal 2 krát za rok, stanovuje 9,52% od celkového počtu a spolu z predchádzajúcimi incidentami je to 90,48%. Pád z vysokozdvížneho vozíka je nebezpečný incident následkom ktorého môžu byť zlomeniny, zranenia alebo aj smrť. Medzi príčiny patrí nedodržovanie trojbodového kontaktu pri nastupovaní alebo vystupovaní z VZV – 2 krát, Obr. 3.



Obr. 3 Trojbodový kontakt

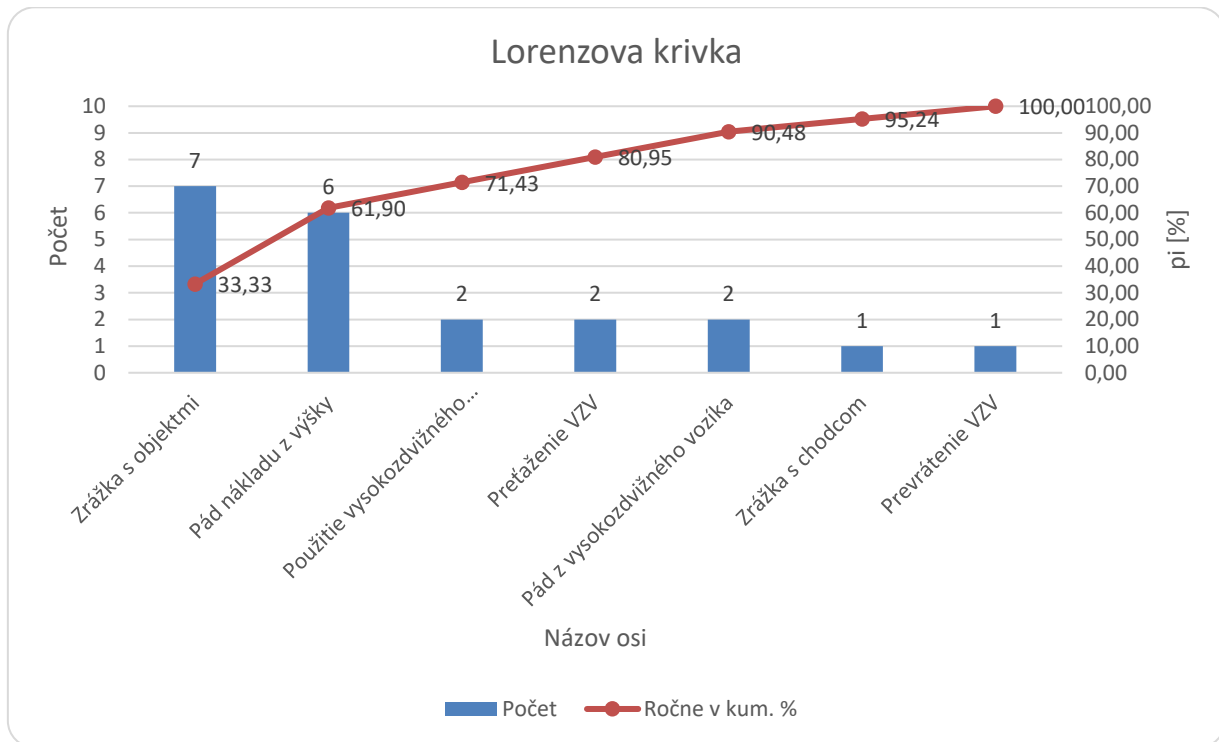
Zrážka s chodcom nastala iba raz, čo predstavuje 4,76% z celkového počtu incidentov, a 95,24% spolu s predchádzajúcimi incidentami. Príčinou zrážky bola nepozornosť chodca, ktorý sa pohyboval v priestore, v ktorom sa pohyboval aj VZV.

Prevrátenie VZV nastalo iba raz, stanovuje 4,76% od celkového počtu incidentov, a 100% spolu s predchádzajúcimi incidentami. Príčinou incidentu bolo nesprávne zaťaženie (ťažisko bolo mimo stredu), kvôli tomu vozík bol nestabilný a prevrátil sa.

Na Obr. 4 je znázornená Lorenzova krivka incidentov vo výrobnom podniku pre vysokozdvížne vozíky. Modré stĺpce ukazujú percentuálny podiel rôznych incidentov z celku, červeným je znázornený kumulatívny podiel (napríklad bod 61,90% znamená percentuálny podiel zrážky s objektmi + pád nákladu z výšky).

Z Paretovej analýzy vyplynulo, že až 4 druhy incidentov predstavujú 80,95% zo všetkých zaznamenaných incidentov. Zrážka s inými objektami je najčastejším druhom incidentu a predstavuje 33,33% z celkového počtu incidentov.





Obr. 4 Grafické zobrazenie incidentov pomocou Lorenzovej krivky

## Záver

Na základe vykonanej analýzy najviac problémovým druhom incidentov je zrážka VZV s objektami. Tomuto druhu incidentu je možné predchádzať napríklad zlepšením osvetlenia v danom podniku, vykonávaním dodatočných školení pre vodičov a dodatočnou kontrolou bezpečnostných predpisov.

V danom podniku by sa mali dodržiavať nasledujúce základné bezpečnostné pravidlá pre bezpečné používanie VZV: pred každým pohybom je nevyhnutné vykonávať kontrolu vozíka (aby sa predišlo technickým problémom), pri jazde je vždy potrebné sa pozeráť v smere pohybu (aby sa zabránilo kolíziám a nehodám), pred spustením hydrauliky vždy je nutné používať ručnú brzdu, VZV sa nesmie otáčať so zdvihnutými vidlami, každý vodič by mal pred začiatkom práce vykonať vizuálnu kontrolu stavu VZV aj nákladu, je prísne zakázané prepravovať pasažierov (VZV nemajú k dispozícii sedačku ani bezpečnostný pás), okrem toho je počas šoférovania VZV zakázané jesť a piť (odvádzanie pozornosti vodiča), chodci majú prednosť, vodiči VZV nesmú prekračovať povolenú rýchlosť a musia pravidelne kontrolovať váhu nákladu (váha musí byť v súlade s povolenou váhou uvedenou na štítku vozíka), pri nastupovaní a vystupovaní z VZV je nevyhnutné dodržiavať trojbodový kontakt (aby sa zabránilo pádom a zraneniam), vykonávanie mimopracovných aktivít je prísne zakázané v blízkosti vysokozdvížneho vozíka, vodiči by sa mali vyhýbať prechádzaniu cez neupevnené predmety alebo jamy.

## Zaradenie príspevku

Príspevok bol vypracovaný v rámci projektu APVV-23-0342: Nové konštrukčné a materiálové prvky pre udržateľnú prepravu hromadných materiálov; KEGA č. 013TUKE-4/2023: Tvorba a inovácia vysokoškolského a celoživotného vzdelávania v odbore doprava na báze rozvoja digitálnych a praktických zručností.



## Literatúra

- [1] Coelho, L. a kol. : Factors affecting the performance and safety of forklift truck drivers, 7th International Symposium on Occupational Safety and Hygiene (SHO), 2011. 205-209 s.
- [2] <https://www.vzv-skolenia.sk/mv.html>
- [3] Milanowicz, M. a kol. : Numerical analysis of passive safety systems in forklift trucks, 101 vydanie, SAFETY SCIENCE, Januar 2018, 98-107 s. ISSN 0925-7535
- [4] Lehtonen, E. kol. : Learning game for improving forklift drivers' safety awareness, 23 vydanie, 4 číslo, COGNITION TECHNOLOGY & WORK, November 2021, 743-753 s., ISSN 1435-5558
- [5] Šaderová, J. a kol. : Posúdenie úrazov aplikovaním Paretovej analýzy. In: Aktuálne otázky bezpečnosti práce. - Košice : TU, 2016 S. 1-6.

## Korešpondenčná adresa

1. Ing. Bohdana Bobinics: Technická univerzita v Košiciach, Fakulta BERG, Ústav logistiky a dopravy, Park Komenského 14, 042 00 Košice, Slovenská republika, Tel: +421 55 602 2815, email: bohdana.bobinics@tuke.sk
2. doc. Ing. Šaderová Janka, PhD.: Technická univerzita v Košiciach, Fakulta BERG, Ústav logistiky a dopravy, Park Komenského 14, 042 00 Košice, Slovenská republika, Tel: +421 55 602 3144, email: janka.saderova@tuke.sk



# INOVATÍVNE PRÍSTUPY K PREVENCI ZÁVAŽNÝCH PRIEMYSELNÝCH HAVÁRIÍ

## INNOVATIVE APPROACHES TO THE PREVENTION OF MAJOR INDUSTRIAL ACCIDENTS

BURANSKÁ, E. & KURACINA, R. & SZABOVÁ, Z.

### **Abstrakt:**

*Tento článok sa sústreďuje na preskúmanie moderných technológií a predpisov, ktoré majú zásadný význam pri predchádzaní závažným priemyselným haváriám. Hlavnou témou je inovatívny prístup k predikcii a riadeniu rizík, vrátane využitia digitálnych technológií, umelej inteligencie a systémov na včasné varovanie. Článok zároveň analyzuje legislatívny rámec, ako je smernica Seveso III, a jeho dopad na bezpečnosť priemyselných prevádzok. Základným cieľom je zhodnotiť preventívne opatrenia, ktoré znižujú environmentálne a zdravotné riziká spojené s haváriami. Pomocou prípadových štúdií priemyselných havárií sa poukazuje na úspešné riešenia a zdôrazňuje potreba ich ďalšieho rozvoja.*

### **Abstract:**

*The purpose of this article is to analyse modern technologies and regulations that play a key role in the prevention of serious industrial accidents. The article focuses on innovative approaches to risk prediction and management, including the implementation of digital tools, artificial intelligence, and early warning systems. It also examines the legislative framework, such as the Seveso III directive, and its impact on the safety of industrial facilities. A key aspect of the article is the evaluation of preventive measures that minimize the environmental and health consequences of accidents. Through case studies of industrial accidents, successful strategies are analysed, highlighting the need for continuous development in this field.*

### **Kľúčové slová:**

*priemyselná bezpečnosť, inovatívne technológie, prevencia havárií*

### **Key words:**

*industrial safety, innovative technologies, accident prevention*

## Úvod

Závažné priemyselné havárie (ZPH) predstavujú vážnu hrozbu pre ľudské zdravie, životné prostredie a ekonomiku. Ich prevencia je kľúčová, pretože následky môžu byť devastujúce. Dôsledky havárií môžu spôsobiť finančné škody, ktoré narúšajú ekonomický rast krajín. Pod smernicu SEVESO III spadá v rámci EU celkovo cca 11 776 podnikov pričom medzi krajiny s najväčším počtom týchto podnikov patrí Nemecko (cca 33%) a Francúzsko (11%) [1].



Aj napriek nárastu počtu podnikov, na ktoré sa vzťahuje smernica SEVESO III zostáva počet ZPH stabilný. Tieto údaje poukazujú na to, že napriek vysokej miere industrializácie EÚ smernica SEVESO III významne prispieva k dosiahnutiu nízkej miery frekvencie výskytu ZPH [1].

Celosvetové štatistiky však ukazujú vysokú mieru úmrtí a úrazov pri práci, pričom rizikové odvetvia ako aj zdroje nebezpečenstva sú rôznorodé. S nástupom Industry 4.0 a širokou integráciou inovatívnych prístupov sa očakáva, že zamestnávateľia dosiahnu lepšiu bezpečnosť zamestnancov najmä vďaka vývoju nových technológií [2].

Inovatívne prístupy k zlepšovaniu bezpečnosti v priemysle zohrávajú kľúčovú úlohu aj pri prevencii ZPH. Využívanie digitálnych technológií, ako sú nositeľné zariadenia, rozšírená a virtuálna realita, umelá inteligencia či navigačné systémy, výrazne prispieva k zvyšovaniu bezpečnostného povedomia a ochrany zdravia v rizikových odvetviach. Napriek mnohým výhodám je však implementácia týchto inovácií sprevádzaná technologickými, behaviorálnymi a organizačnými výzvami, ktorých riešenie je nevyhnutné pre ich efektívne využitie v praxi [3], [4], [5], [6].

### 1. Technologické inovácie v prevencii ZPH

V modernej priemyselnej ére sa technologické inovácie stávajú nevyhnutnou súčasťou snáh o prevenciu ZPH. Takéto havárie, často spojené s vážnymi následkami na ľudských životoch, životnom prostredí a ekonomike si vyžadujú nielen dôkladné plánovanie a prísne dodržiavanie bezpečnostných predpisov, ale aj využívanie najnovších technologických riešení. Inovácie ako AI, IoT a digitálne dvojčatá výrazne prispievajú k prevencii ZPH, ako aj k plneniu legislatívnych požiadaviek, akými je smernica SEVESO III. Implementácia inovatívnych technológií však so sebou prináša aj výzvy, ako je napríklad zabezpečenie kybernetickej bezpečnosti.

#### 1.1 Uplatnenie umelej inteligencie a strojového učenia na predikciu rizík

Umelá inteligencia (AI - Artificial Intelligence ) a strojové učenie (ML – Machine Learning) sa stávajú stále dôležitejšími nástrojmi v oblasti priemyselnej bezpečnosti. Tieto technológie umožňujú analýzu veľkých objemov dát, čo vedie k identifikácii vzorcov a predikcii potenciálnych rizík. AI a ML umožňujú spracovanie veľkého množstva dát z rôznych zdrojov, ako sú senzory, historické záznamy o nehodách a prevádzkové dáta. Tieto technológie sú schopné identifikovať vzory a anomálie, ktoré môžu naznačovať potenciálne riziká. Napríklad, algoritmy strojového učenia môžu analyzovať dáta o prevádzke strojov a predpovedať možné poruchy alebo havárie.

Podľa Reniersa et al. [7] AI môže zlepšiť schopnosť predvídať havárie tým, že analyzuje historické dáta o haváriách a identifikuje faktory, ktoré k nim viedli.

Jedným z hlavných prínosov AI je jej schopnosť predikovať riziká prostredníctvom kauzálnej inferencie. Táto metóda umožňuje identifikovať vzťahy medzi rôznymi faktormi a ich dopadmi na bezpečnostné incidenty. Napríklad, ak sa v prevádzke zvýši teplota určitého zariadenia, AI môže predpovedať pravdepodobnosť jeho poruchy na základe historických údajov.

#### Príklady aplikácií

1. *Prediktívna údržba* - AI sa využíva na monitorovanie výkonu zariadení a predpovedanie potreby údržby, čo pomáha zabrániť haváriám spôsobeným poruchami.
2. *Bezpečnostné systémy* - systémy založené na AI môžu analyzovať dáta z bezpečnostných senzorov v reálnom čase a okamžite identifikovať potenciálne hrozby, ako sú úniky nebezpečných látok.



3. *Simulácie a modelovanie* - AI môže byť použitá na simuláciu rôznych scenárov havárií, čo umožňuje podnikom lepšie pochopiť možné následky a pripraviť sa na ne.

### Výzvy pri implementácii

Napriek mnohým výhodám existujú aj výzvy spojené s implementáciou AI a ML v oblasti prevencie ZPH:

- *Zložitosť algoritmov* - môže viesť k ťažkostiam pri interpretácii ich rozhodnutí, čo môže byť problémom v kritických situáciách.
- *Bezpečnostné riziká* - systémy založené na AI môžu byť zraniteľné voči kybernetickým útokom, čo môže mať vážne následky pre prevádzku.

### 1.2 IoT (Internet of Things) a senzory na monitorovanie nebezpečných látok a podmienok

Internet vecí (IoT – Internet of Things) je ďalším významným prístupom, ktorý umožňuje nepretržité monitorovanie priemyselných zariadení a prostredia. Senzory môžu detekovať úniky nebezpečných látok, ako aj monitorovať podmienky v reálnom čase, čo umožňuje rýchlu reakciu na potenciálne hrozby. Heikkila et al. (2020) uvádzajú, že implementácia IoT technológií môže výrazne znížiť pravdepodobnosť havárií v priemyselných zariadeniach [3].

Tieto senzory môžu byť umiestnené v rôznych prostrediach, ako sú laboratória, priemyselné závody alebo sklady, a poskytujú nepretržité sledovanie.

#### Typy senzorov

- *Chemické senzory* - tieto senzory sú navrhnuté na detekciu toxických materiálov vrátane karcinogénnych a mutagénnych chemikálií. Mnohé z nich využívajú optické, elektrochemické alebo nanomateriálové technológie na presnú detekciu [8].
- *Senzory na detekciu plynov* - senzory ako katalytické, MEMS (mikroelektromechanické systémy) a MOX (metal-oxide) sa používajú na monitorovanie nebezpečných plynov, ako sú metán, CO<sub>2</sub> alebo VOC (Volatile Organic Compounds). Tieto senzory môžu byť integrované do mobilných detekčných systémov pre rýchlu reakciu na úniky [9], [10].
- *Senzory pre environmentálne monitorovanie* - tieto zariadenia sledujú úrovne znečistenia vzduchu a vody, vrátane ťažkých kovov a iných toxických látok. Senzory môžu byť vybavené pokročilými technológiami ako je Ramanova spektroskopia pre vysokú citlivosť detekcie [11].

#### Výhody IoT v monitorovaní nebezpečných látok

- *Real-time monitoring* - senzory IoT poskytujú údaje v reálnom čase, čo umožňuje okamžitú reakciu na potenciálne hrozby.
- *Vyššia presnosť* - moderné senzory dokážu detekovať aj nízke koncentrácie nebezpečných látok s vysokou presnosťou.
- *Automatizácia* - integrácia senzorov do automatizovaných systémov umožňuje efektívnejšie riadenie rizík a zníženie potreby manuálneho monitorovania.

#### Výzvy pri implementácii

Napriek mnohým výhodám existujú aj výzvy spojené s implementáciou IoT technológií:

- *Bezpečnostné riziká* - IoT zariadenia sú zraniteľné voči kybernetickým útokom, čo môže ohroziť integritu systému.



- *Kompatibilita* - rôzne typy senzorov a systémov nemusia byť vždy kompatibilné, čo môže sťažiť ich integráciu.
- *Náklady* - počiatočné investície do technológie a infraštruktúry môžu byť vysoké.

### 1.3 Prínosy digitálnych dvojčiat

Digitálne dvojčatá sú virtuálne repliky fyzických systémov, ktoré umožňujú simuláciu a analýzu správania zariadení v rôznych scenároch. Tieto nástroje sú užitočné pri testovaní reakcií na havarijné situácie bez rizika pre skutočné zariadenia. Podľa Pavlova et al. [12] digitálne dvojčatá môžu pomôcť pri optimalizácii procesov a znížení rizika havárií.

Využitie digitálnych dvojčiat v organizáciách spadajúcich pod smernicu SEVESO III ponúka viaceré výhody, vrátane optimalizácie rozloženia pracovného priestoru a identifikácie potenciálnych nebezpečenstiev ešte pred realizáciou projektov. Tieto technológie umožňujú simulovať rôzne scenáre a analyzovať ich dopady na bezpečnosť a efektivitu operácií [13].

## 2. Prípadové štúdie implementácií inovatívnych technológií v praxi

Analýza úspešných prípadových štúdií ukazuje, ako inovatívne technológie prispeli k prevencii havárií a zvyšovaniu bezpečnosti v rôznych odvetviach.

- **Digitálne dvojčatá v petrochemickom priemysle**

Príklad z ropného a plynárenského sektora ilustruje využitie digitálnych dvojčiat na zlepšenie bezpečnosti a efektivity. Spoločnosti ako Shell zavádzajú virtuálne repliky svojich offshore platforiem na nepretržité monitorovanie zariadení, prediktívnu údržbu a simuláciu núdzových scenárov. Týmto spôsobom možno vopred identifikovať potenciálne riziká, predchádzať haváriám a minimalizovať prestoje.[14].

- **Strojové učenie pri analýze rizík**

Technológie strojového učenia umožňujú analýzu rizík v priemyselných procesoch. Jedna zo štúdií ukazuje, ako strojové učenie pomáha pri predikcii rozptylu plynov a následkov explózií v ropnom priemysle. Tradičné simulácie založené na výpočtovej dynamike tekutín sú časovo náročné a vyžadujú veľké výpočtové prostriedky. Neurálny model vyvinutý v tejto štúdii zrýchľuje analýzu týchto scenárov, pričom poskytuje presné predikcie, čo je dôležité najmä pre veľké priemyselné zariadenia.[15].

- **AI pre posudzovanie rizika [16]**

Spoločnosť General Electric (GE) integrovala AI a strojové učenie do svojich údržbových protokolov v rôznych sektoroch, vrátane letectva a energetiky. Analyzovaním dát zo senzorov zariadení môže GE predpovedať poruchy skôr, než nastanú, čo významne znižuje riziko havárií spôsobených poruchami zariadení [17].

Aj na Slovensku začali spoločnosti ako Siemens implementovať technológiu digitálnych dvojčiat vo svojich výrobných procesoch. Táto technológia umožňuje simuláciu výrobných liniek a identifikáciu potenciálnych bezpečnostných hrozieb ešte pred ich výskytom v reálnych operáciách. Optimalizáciou pracovných tokov prostredníctvom digitálnych dvojčiat zvyšujú tieto firmy produktivitu aj bezpečnosť.

Spoločnosti čoraz častejšie zavádzajú nositeľné technológie so senzormi, ktoré monitorujú zdravotné ukazovatele pracovníkov, ako je srdcová frekvencia a expozícia škodlivým látkam. Či už je to spoločnosť Volkswagen Slovakia, Západoslovenská distribučná alebo Slovenská energetika.





Príkladom sú aj stavebné firmy, ktoré používajú inteligentné helmy, ktoré poskytujú údaje o environmentálnych podmienkach v reálnom čase, varujú pracovníkov pred potenciálnymi hrozbami ako sú úniky plynu alebo extrémne teploty.

### 3. Výzvy a budúce trendy v prevencii ZPH

V oblasti prevencie havárií sa čelí rôznym výzvam, ktoré sú rozdelené do troch hlavných kategórií: technologické, behaviorálne a organizačné. Každá z týchto oblastí si vyžaduje špecifické prístupy a riešenia, aby bolo možné efektívne implementovať nové technológie v praxi.

- **Technologické výzvy**

Integrácia nových technológií do existujúcich systémov je jedným z najväčších technologických problémov. Mnohé organizácie čelia otázkam kompatibility s existujúcimi infraštruktúrami, čo môže spôsobiť oneskorenia a zvýšené náklady na implementáciu. Autori [18] zdôrazňujú potrebu neustáleho vývoja softvérových riešení, ktoré by umožnili hladkú integráciu nových technológií do prevádzkových procesov.

- **Behaviorálne výzvy**

Motivácia zamestnancov k používaniu nových technológií a adaptácia na nové bezpečnostné kultúry sú kľúčové pre úspech týchto iniciatív. Dôležitou súčasťou je aj efektívne školenie zamestnancov, ktoré zabezpečuje, že zamestnancov rozumejú novým technológiám a ich prínosom pre prevenciu havárií. Organizácie musia investovať do vzdelávacích programov, ktoré podporujú adaptabilitu a ochotu zamestnancov experimentovať s novými prístupmi.

- **Organizačné výzvy**

Nové technológie musia byť integrované do existujúcich organizačných štruktúr a preto je potrebné prispôbiť politiku a procesy novým nástrojom a metodikám, čo môže byť náročné v tradičných organizáciách. Organizácie by mali prehodnotiť svoje interné politiky, aby podporovali inováciu a flexibilitu a vytvorili prostredie, kde sú zamestnanci motivovaní k navrhovaniu zlepšení a experimentov s novými prístupmi k prevencii havárií.

- **Budúce trendy**

V budúcnosti sa očakáva rastúci dôraz na digitálnu transformáciu, ktorá bude zahŕňať nielen technologické inovácie, ale aj zmeny v organizačnej kultúre a správaní zamestnancov. S rastom digitalizácie sa budú vyžadovať aj nové prístupy k vzdelávaniu a školeniu zamestnancov, aby boli schopní efektívne reagovať na rýchlo sa meniace technologické prostredie.

Vzhľadom na tieto výzvy je jasné, že prevencia havárií si vyžaduje komplexný prístup, ktorý integruje technologické inovácie s behaviorálnymi a organizačnými aspektmi. To umožní organizáciám lepšie reagovať na budúce hrozby a zabezpečiť bezpečnejšie pracovné prostredie.

### Záver

Technologické inovácie hrajú zásadnú úlohu v prevencii závažných priemyselných havárií. Uplatnenie umelej inteligencie, IoT technológií a digitálnych dvojčiat poskytuje nové možnosti pre efektívne riadenie rizík a ochranu pracovníkov. V budúcnosti bude dôležité pokračovať vo vývoji týchto technológií a ich integrácii do existujúcich systémov riadenia bezpečnosti.

Článok zdôrazňuje, že prevencia priemyselných havárií vyžaduje neustálu inováciu a dôslednú aplikáciu technológií v kombinácii s pevnými regulačnými opatreniami. Dôležitá je tiež



výmena osvedčených postupov na globálnej úrovni a potreba neustáleho vzdelávania pracovníkov. Výzvou však zostáva implementácia týchto technológií do tradičných organizačných štruktúr a prispôsobenie politík a procesov, čo môže byť náročné, ako naznačujú výskumy.

Trendy v tejto oblasti zahŕňajú rastúcu potrebu prepojených riešení, ktoré umožňujú neustále monitorovanie a predikciu rizík v reálnom čase, ako aj prepojenie ľudských faktorov s technológiou na optimalizáciu pracovného prostredia.

### Zaradenie príspevku

Tento príspevok bol vypracovaný s podporou projektu Agentúry na podporu výskumu a vývoja č. APVV-21-0187: „Progresívne metódy testovania prachu a prachovzduchových zmesí pre potreby výrobného priemyslu na Slovensku“.

### Literatúra

- [1] European Commission, “Report from the Commission to the European Parliament and the Council On the implementation and efficient functioning of Directive 2012/18/EU on the control of major-accident hazards involving dangerous substances for the period 2015-2018”, 2021, s. 1–17, 2021.
- [2] E. Svertoka *et al.*, “Wearables for industrial work safety: A survey”, *Sensors*, roč. 21, č. 11, s. 1–25, 2021, doi: 10.3390/s21113844.
- [3] J. E. Dodoo, H. Al-Samarraie, A. I. Alzahrani, M. Lonsdale, a N. Alalwan, “Digital Innovations for Occupational Safety: Empowering Workers in Hazardous Environments”, *Work. Heal. Saf.*, roč. 72, č. 3, s. 84–95, 2024, doi: 10.1177/21650799231215811.
- [4] A. Adriaensen, W. Decré, a L. Pintelon, “Can complexity-thinking methods contribute to improving occupational safety in industry 4.0? A review of safety analysis methods and their concepts”, *Safety*, roč. 5, č. 4, 2019, doi: 10.3390/safety5040065.
- [5] V. Adjiski, Z. Despodov, D. Mirakovski, a D. Serafimovski, “System architecture to bring smart personal protective equipment wearables and sensors to transform safety at work in the underground mining industry”, *Rud. Geol. Naft. Zb.*, roč. 34, č. 1, s. 37–44, 2019, doi: 10.17794/rgn.2019.1.4.
- [6] C. Nnaji a I. Awolusi, “Critical success factors influencing wearable sensing device implementation in AEC industry”, *Technol. Soc.*, roč. 66, č. June, s. 101636, 2021, doi: 10.1016/j.techsoc.2021.101636.
- [7] G. L. L. Reniers, K. Sörensen, F. Khan, a P. Amyotte, “Resilience of chemical industrial areas through attenuation-based security”, *Reliab. Eng. Syst. Saf.*, roč. 131, s. 94–101, 2014, doi: 10.1016/j.ress.2014.05.005.
- [8] J. Jose *et al.*, “Principle, design, strategies, and future perspectives of heavy metal ion detection using carbon nanomaterial-based electrochemical sensors: a review”, *J. Iran. Chem. Soc.*, roč. 20, č. 4, s. 775–791, 2023, doi: 10.1007/s13738-022-02730-5.
- [9] M. Akbari-Saatlu *et al.*, “Silicon nanowires for gas sensing: A review”, *Nanomaterials*, roč. 10, č. 11, s. 1–57, 2020, doi: 10.3390/nano10112215.
- [10] R. Bogue, “Detecting gases with light: A review of optical gas sensor technologies”, *Sens. Rev.*, roč. 35, č. 2, s. 133–140, 2015, doi: 10.1108/SR-09-2014-696.
- [11] G. A. Lopez-Ramirez a A. Aragon-Zavala, “Wireless Sensor Networks for Water Quality Monitoring: A Comprehensive Review”, *IEEE Access*, roč. 11, č. August, s. 95120–95142, 2023, doi: 10.1109/ACCESS.2023.3308905.
- [12] Y. Pavlova a G. Reniers, “A sequential-move game for enhancing safety and security



- cooperation within chemical clusters”, *J. Hazard. Mater.*, roč. 186, č. 1, s. 401–406, 2011, doi: 10.1016/j.jhazmat.2010.11.013.
- [13] M. Bevilacqua *et al.*, “Digital twin reference model development to prevent operators’ risk in process plants”, *Sustain.*, roč. 12, č. 3, s. 1–17, 2020, doi: 10.3390/su12031088.
- [14] A. Calabrese a W. Moussa, “Digital Twins and Safety Management”, s. 2022–2023, 2023, [Online]. Available at: files/69/Calabrese and Moussa - Digital Twins and Safety Management.pdf.
- [15] T. Bengherbia *et al.*, “Application of machine learning methods for process safety assessments”, *Process Saf. Prog.*, roč. 43, č. S1, s. S98–S107, 2024, doi: 10.1002/prs.12562.
- [16] T. Blümmel *et al.*, “Exploring the use of Artificial Intelligence (AI) for extracting and integrating data obtained through New Approach Methodologies (NAMs) for chemical risk assessment”, *EFSA Support. Publ.*, roč. 21, č. 1, 2024, doi: 10.2903/sp.efsa.2024.en-8567.
- [17] M. El-Hajj, T. Itäpelto, a T. Gebremariam, “Systematic literature review: Digital twins’ role in enhancing security for Industry 4.0 applications”, *Secur. Priv.*, roč. 7, č. 5, s. 1–49, 2024, doi: 10.1002/spy2.396.
- [18] T. Zeng, G. Chen, Y. Yang, X. Liu, G. Reniers, a Y. Zhao, “A systematic literature review on safety research related to chemical industrial parks”, *Sustain.*, roč. 12, č. 14, s. 1–27, 2020, doi: 10.3390/su12145753.

### Korešpondenčná adresa

1. Ing. Buranská Eva, PhD.: Slovenská technická univerzita v Bratislave, Materiálovotechnologická fakulta so sídlom v Trnave, Ústav integrovanej bezpečnosti, Botanická 49, 91724 Trnava, Slovenská republika, Tel: +421 918 646 023, email: eva.buranska@stuba.sk
2. doc. Ing. Kuracina Richard, PhD.: Slovenská technická univerzita v Bratislave, Materiálovotechnologická fakulta so sídlom v Trnave, Ústav integrovanej bezpečnosti, Botanická 49, 91724 Trnava, Slovenská republika, Tel: +421 918 646 023, email: richard.kuracina@stuba.sk
3. Ing. Szabová Zuzana, PhD.: Slovenská technická univerzita v Bratislave, Materiálovotechnologická fakulta so sídlom v Trnave, Ústav integrovanej bezpečnosti, Botanická 49, 91724 Trnava, Slovenská republika, Tel: +421 918 646 023, email: zuzana.szabova@stuba.sk



# KYBERNETICKÁ BEZPEČNOSŤ VO VÝROBNÝCH PROCESOCH - ĽUDSKÝ FAKTOR AKO NAJSLABŠÍ ČLÁNOK OCHRANY INFORMAČNÝCH SYSTÉMOV CYBERSECURITY IN MANUFACTURING PROCESSES – THE HUMAN FACTOR AS THE WEAKEST LINK IN INFORMATION SYSTEMS PROTECTION

DUBEC, D. & KOVALČÍKOVÁ, K. & ŠOLC, M. & MAŁYSA, T. & Kuczyńska-Chałada,  
M. & TOMAŠKOVÁ, M. & ORAVEC, M.

## **Abstrakt:**

Článok skúma kľúčovú úlohu ľudského faktoru v oblasti kybernetickej bezpečnosti vo výrobných procesoch, kde digitalizácia a automatizácia zvýšili zraniteľnosť informačných systémov voči kybernetickým hrozbám. Napriek technologickému pokroku zostáva ľudský faktor najslabším článkom, pričom štúdie ukazujú, že až 95 % kybernetických incidentov je spôsobených ľudskými chybami. Článok analyzuje reálne prípady kybernetických incidentov dokumentované na YouTube, ako sú phishingové útoky, použitie infikovaných USB zariadení a inštalácia neovereného softvéru, ktoré demonštrujú vplyv ľudského správania na bezpečnosť systémov. Na záver zdôrazňuje dôležitosť školení zamestnancov, zvyšovania povedomia a zavádzania prísnych kyberbezpečnostných politík na zníženie týchto rizík.

## **Abstract:**

The paper explores the critical role of the human factor in cybersecurity within manufacturing processes, where digitalization and automation have increased the vulnerability of information systems to cyber threats. Despite technological advancements, human error remains the weakest link, with studies showing that up to 95% of cyber incidents are caused by human mistakes. The paper analyzes real-life cyber incidents documented on YouTube, such as phishing attacks, the use of infected USB devices, and the installation of unverified software, demonstrating the impact of human behavior on system security. Finally, it emphasizes the importance of employee training, awareness, and the implementation of strict cybersecurity policies to mitigate these risks.

## **Kľúčové slová:**

Kybernetická bezpečnosť, ľudský faktor, sociálne inžinierstvo, phishing, malvér

## **Key words:**

Cybersecurity, human factor, social engineering, phishing, malware



### Úvod

Inovácie vo výrobných procesoch naprieč všetkými priemyselnými sektormi dnes vo veľkej miere zahŕňajú digitalizáciu a informatizáciu. Digitalizácia umožňuje zvyšovať efektivitu, optimalizovať výrobné procesy a znižovať náklady. Zároveň však vytvára nové riziká, keďže digitalizované systémy sú vystavené rôznym kybernetickým hrozbám. Kým technologické riešenia na ochranu systémov sú stále sofistikovanejšie, jedným z najslabších článkov kybernetickej bezpečnosti zostáva človek.

Nástup moderných informačných a komunikačných technológií (IKT) prináša nie len nové možnosti a príležitosti, ale aj množstvo rizík a hrozieb. Kybernetické hrozby a kybernetická bezpečnosť sa neustále vyvíjajú. Prienik moderných informačných a komunikačných technológií do všetkých oblastí nášho života sprevádza aj výrazný nárast kybernetických útokov, ktoré sú čoraz rozsiahlejšie, častejšie a sofistikovanejšie. Kybernetické prostredie nie je len miestom bezprecedentnej globálnej spolupráce a motorom technologického a hospodárskeho pokroku, ale aj priestorom strategickej a hodnotovej konfrontácie. Táto odráža dynamické geopolitické procesy, medzi ktorými stále viac prevláda úsilie autoritárskych režimov o zmenu súčasného medzinárodného systému a to aj prostredníctvom nelegálnych kybernetických aktivít. S týmto zámerom posilňujú svoje kybernetické spôsobilosti a zvyšujú úsilie o dosiahnutie technologickej prevahy. Komplexné kybernetické útoky organizované zo zahraničia s cieľom ovládnuť kľúčové systémy a znefunkčniť digitálne služby sú často súčasťou komplexnejších hybridných operácií, t. j. koordinovaného využitia viacerých hybridných nástrojov zameraných na presadenie záujmov voči krajine alebo zoskupeniu krajín, na ktoré sú cielené [1,2].

V rámci kybernetickej bezpečnosti sa dlhodobo ukazuje, že jedným z najväčších rizík pre organizácie je práve ľudský faktor. Podľa správy IBM Security až 95 % všetkých kybernetických útokov je spôsobených ľudskou chybou. Táto štatistika je ďalej podporená aj výskumom z Verizon 2021 Data Breach Investigations Report, kde sa zistilo, že až 82 % všetkých narušení dát je spôsobených ľudským faktorom, či už ide o chybu, omyl alebo nedostatočné povedomie. Tento článok sa zameriava na analýzu videí na platforme YouTube, ktoré dokumentujú prípady, kde sa cez ľudský faktor podarilo útočníkom dostať škodlivý softvér do informačných systémov. Okrem toho sa zameriame na techniky sociálneho inžinierstva, ktoré útočníci často využívajú na manipuláciu zamestnancov [3,4].

### 1. Metódy

V tomto článku bola použitá metóda analýzy sekundárnych zdrojov a prípadových štúdií z verejne dostupných videí na platforme YouTube.

Analýza sekundárnych zdrojov je kľúčovou metódou výskumu, ktorá zahŕňa systematické skúmanie existujúcich dát, informácií a poznatkov získaných inými výskumníkmi alebo inštitúciami. Tieto zdroje môžu byť v rôznych formátoch, ako sú články, knihy, správy, štatistické údaje, databázy a ďalšie.

Kľúčové kroky pri analýze sekundárnych zdrojov

- a) Formulácia výskumnej otázky: Jasne a konkrétne formulovaná výskumná otázka vám pomôže vymedziť relevantné sekundárne zdroje.



- b) Hľadanie a výber zdrojov: Využite rôzne databázy, knižnice, online archívy a vyhľadávače na nájdenie relevantných zdrojov. Pri výbere zdrojov zohľadnite ich relevantnosť, spoľahlivosť a aktuálnosť.
- c) Kritické hodnotenie zdrojov: Opatrne zhodnoťte kvalitu každého zdroja. Zamerajte sa na autorov, vydavateľov, metodologický postup, vzorky, výsledky a závery.
- d) Kódovanie a kategorizácia dát: Systematicky kódujte a kategorizujte získané údaje podľa relevantných tém a konceptov.
- e) Analýza dát: Analyzujte kódované údaje pomocou rôznych metód, ako je napríklad tematická analýza, porovnávacia analýza alebo meta-analýza.
- f) Interpretácia výsledkov: Na základe analýzy formulujte závery a interpretujte výsledky vo vzťahu k vašej výskumnej otázke.

Zamerali sme sa na incidenty kybernetickej bezpečnosti, kde zohral kľúčovú úlohu ľudský faktor. Konkrétne išlo o phishingové útoky, použitie infikovaných USB zariadení a inštaláciu neovereného softvéru. Tieto prípady boli analyzované s cieľom demonštrovať najčastejšie chyby zamestnancov a ich vplyv na bezpečnosť informačných systémov. Na základe týchto prípadov boli identifikované hlavné riziká a odporúčania na zlepšenie školení zamestnancov.

## 2. Digitalizácia a kybernetická bezpečnosť vo výrobných procesoch

Digitalizácia a automatizácia sa stávajú neoddeliteľnou súčasťou výrobných procesov. IoT (Internet vecí) a IIoT (Priemyselný internet vecí) umožňujú prepojenie výrobných liniek, monitorovanie v reálnom čase a optimalizáciu výkonu. Tieto technológie však zvyšujú riziko kybernetických útokov, pretože môžu predstavovať vstupné body do informačných systémov. Najohrozenejšie sú výrobné siete s nedostatočnými bezpečnostnými opatreniami a nedostatočne školenými zamestnancami.

Jedným z najzávažnejších problémov v tejto oblasti je skutočnosť, že podľa správy IBM je až 95 % kybernetických útokov spôsobených ľudskou chybou. Medzi najčastejšie chyby patria kliknutia na škodlivé odkazy, sťahovanie neznámych súborov alebo nesprávne používanie pracovných technológií. Tieto chyby môžu mať za následok preniknutie malvéru do systému, stratu citlivých údajov alebo narušenie výrobných procesov [5].

## 3. Sociálne inžinierstvo a jeho úloha v kybernetických útokoch

Sociálne inžinierstvo je technika, pri ktorej útočník manipuluje zamestnanca alebo používateľa s cieľom získať prístup k dôverným informáciám alebo narušiť bezpečnosť systému. Tento typ útoku sa často nezakladá na technických nedostatkoch, ale na zneužívaní prirodzených ľudských vlastností, ako sú dôverčivosť, zvedavosť alebo ochota pomôcť.

Medzi najznámejšie metódy sociálneho inžinierstva patria phishingové e-maily, ktoré obsahujú škodlivé odkazy alebo prílohy. Útočníci tiež môžu predstierať, že sú technická podpora a požiadať zamestnancov o zmenu hesla, prípadne o prístup k interným systémom. V rámci sociálneho inžinierstva útočníci využívajú aj psychologické triky, ako napríklad vytvorenie pocitu naliehavosti alebo časového tlaku, čím znižujú schopnosť zamestnanca správne vyhodnotiť situáciu.

Prevencia sociálneho inžinierstva si vyžaduje dôkladné vzdelávanie zamestnancov a vytváranie bezpečnostného povedomia, aby boli schopní rozpoznať podozrivé správanie a situácie, ktoré by mohli viesť k útokom [6].





#### 4. Analýza incidentov z YouTube: Ľudský faktor a malware

Bezpečnostné hrozby vychádzali zo štúdie organizácie ENISA z roku 2021 pod názvom ENISA Threat Landscape 2021. Zoznam týchto hrozieb je zobrazený na Obrázku č. 1.



Obr. 1 Bezpečnostné hrozby vychádzajúce z ENISA 2021 [7].

Už niekoľko rokov sa za najväčšiu bezpečnostnú hrozbu v rámci rôznych analýz a štúdií (napr. aj štúdie organizácie ENISA) označuje malvér. Ide o kód, ktorý slúži na vykonanie škodlivej činnosti v rámci zariadenia a výsledkom je nepriaznivý vplyv na dôvernosť, integritu alebo dostupnosť tohto systému. Malvér by sme mohli zdefinovať aj ako akýkoľvek softvér, ktorý je vo svojej činnosti nepriateľský, rušivý alebo nepríjemný, a vykonáva akúkoľvek činnosť s vedomím, alebo bez vedomia alebo súhlasu používateľa operačného systému. Útočník môže šíriť malvér pomocou jedného alebo viacerých nasledujúcich spôsobov [8]:

- fyzické médiá - sú hlavným spôsobom šírenia malvéru (napr. USB flash disky),
- e-mailové správy - predstavujú jeden z najúčinnějších spôsobov šírenia malvéru.
- chat a sociálne siete - patria k najrýchlejším spôsobom šírenia malvéru. Útočníkovi postačí poslať odkaz na škodlivú URL adresu,



- URL odkazy - tento spôsob šírenia malvéru súvisí priamo s bezpečnosťou webových serverov, a súčasne aj s bezpečným prezeraním webového obsahu. Útočník umiestni malvér priamo na konkrétnu webovú adresu

Malvér predstavuje široký pojem, ktorý v sebe zahŕňa rôzne typy (formy). Jednotlivé typy môžeme od seba rozlišovať na základe ich atribútov alebo vlastností. [9] Ide o približnú klasifikáciu, ktorá sa neustále mení a dopĺňa. Rozpoznávať jednotlivé typy malvéru je dôležité najmä pri riešení kybernetických bezpečnostných incidentov. Na základe odhadu typu malvéru, sa budú môcť určiť kroky k zamedzeniu jeho dôsledkov, resp. určení škôd. Používateľ napríklad pri ransomvéri bude vedieť, že nemá k zariadeniu zapájať externý disk, resp. pripájať sa na cloudové služby. Najčastejšie sa malvér zamieňa s pojmom vírus, ktorý predstavuje len jeden z typov malvéru. Nižšie si uvedieme niekoľko, v súčasnej dobe najčastejšie sa vyskytujúcich, typov malvéru.

Analýza verejne dostupných videí na YouTube umožňuje lepšie pochopiť, ako môže ľudský faktor viesť k prieniku malvéru do informačných systémov. Identifikovali sme tri konkrétne prípady, ktoré ukazujú najčastejšie chyby zamestnancov a ich dôsledky.

- Prípad 1: Phishingový útok cez e-mail Jeden z prípadov ukazuje, ako zamestnanec dostane e-mail zdanlivo od dôveryhodného odosielateľa, ktorý obsahuje výzvu na zmenu hesla. Zamestnanec bez overenia zadá svoje údaje a útočník tak získa prístup do interného systému. Podobné videá môžete nájsť pod názvom „phishing email examples“ a ich analýza vám poskytne detailný pohľad na zraniteľnosti zamestnancov [10].
- Prípad 2: Použitie infikovaného USB zariadenia Ďalší prípad demonštruje, ako zamestnanec našiel neznáme USB zariadenie a pripojil ho k firemnému počítaču. Toto USB obsahovalo škodlivý softvér, ktorý infikoval celú firemnú sieť. Podobné videá možno nájsť pod názvom „USB malware demonstration.“ Relatívne novou obdobou prieniku do zariadenia alebo do dátovej siete je tzv. „Juice Jacking“, kedy sa do zariadenia dostane malvér prostredníctvom podstrčeného nabíjacieho kábla alebo prostredníctvom verejnej nabíjacej stanice [11].
- Prípad 3: Nesprávne nainštalovaný softvér V tomto prípade zamestnanec stiahol neoverený softvér z neznámeho zdroja a nainštaloval ho na pracovný počítač. Softvér obsahoval malware, ktorý útočníkom umožnil vzdialený prístup do firemnej siete. Vyhľadávacie frázy ako „unverified software malware infection“ vedú k mnohým podobným ukážkam [12].

## 5. Zlepšenie vzdelávania zamestnancov v oblasti kybernetickej bezpečnosti

Prevencia kybernetických útokov, ktoré sú spôsobené ľudským faktorom, si vyžaduje neustále vzdelávanie zamestnancov. Firmy by mali pravidelne organizovať školenia zamerané na rozpoznávanie phishingových útokov, bezpečné používanie fyzických médií a správne narábanie s pracovnými technológiami [7].

Dôležitou súčasťou týchto školení je aj implementácia bezpečnostných simulácií, ktoré zamestnancom umožňujú vyskúšať si reálne scenáre kybernetických útokov a získať tak lepšie povedomie o tom, ako postupovať v prípade hrozby. Okrem toho by mali organizácie zavádzať prísne bezpečnostné politiky a pravidlá, ako napríklad overovanie všetkých externých zariadení a softvéru



pred ich použitím, prípadne znemožnenie ich používania, používanie kvalitného a aktualizovaného antivírusového softvéru.

### Záver

Kybernetická bezpečnosť je v súčasnej dobe kľúčovou výzvou pre organizácie, ktoré zavádzajú digitalizáciu svojich výrobných procesov. Ľudský faktor predstavuje jednu z najväčších slabín, ktorá môže viesť k úspešným kybernetickým útokom. Na základe analýzy videí z platformy YouTube sme identifikovali, že najčastejšie chyby zamestnancov zahŕňajú nedostatočné overovanie e-mailov, nepozornosť pri používaní fyzických médií a napájacích zdrojov a káblov a nesprávne používanie softvéru. Zvyšovanie povedomia o týchto hrozbách a pravidelné vzdelávanie zamestnancov je kľúčom k tomu, aby firmy dokázali lepšie čeliť kybernetickým hrozbám a ochrániť svoje systémy.

### Zaradenie príspevku

Príspevok bol vypracovaný v rámci projektu VEGA č. 1/0408/23 Štúdium zhodnocovania úletov vznikajúcich pri výrobe medi a KEGA 026TUKE-4/2023 Podpora rozvoja vedomostí v oblasti implementácie požiadaviek systému manažérstva kvality pre letecký, vesmírny a obranný priemysel.

### Literatúra

- [1] Kybernetická bezpečnosť, Ministerstvo zahraničných vecí a Európskych záležitostí Slovenskej republiky, 2022, Dostupné na: <https://www.mzv.sk/diplomacia/bezpecnostna-politika/kyberneticka-bezpecnost>.
- [2] Baker, W., Fisher, W., Scarfone, K., Souppaya, M.: NISTIR 8374 - Ransomware Risk Management: A Cybersecurity Framework Profile, 2022, Dostupné na: <https://csrc.nist.gov/publications/detail/nistir/8374/final>
- [3] IBM Security, Cyber Security Intelligence Index Report, 2020, Dostupné na: <https://www.ibm.com/security/data-breach>.
- [4] Verizon, Data Breach Investigations Report, 2021, Dostupné na: <https://www.verizon.com/business/resources/reports/dbir/>.
- [5] Vavra, J.: Ľudský faktor v kybernetické bezpečnosti: Rizika a prevence, Kybernetická bezpečnosť a informatizácia, 2020, 8, č. 2, s. 23-29.
- [6] Srnka, A.: Kybernetické hrozby pre priemyselné siete: Zameranie na ľudský faktor, Bezpečnosť informačných systémov, 2019, roč. 6, s. 45-52.
- [7] ENISA. Threat Landscape Report 2019, European Union Agency for Cybersecurity, 2019.
- [8] Andraško, J., Mesarčík, M., Sokol, P.: Právo kybernetickej bezpečnosti, 1., vyd., Univerzita Komenského v Bratislave, 2022, s. 186, ISBN 978-80-7160-632-1.
- [9] Elisan, CH. C.: Advanced Malware Analysis, 1<sup>st</sup> edition, McGraw-Hill Education, 544 p., 2015, ISBN 978-0071819749.
- [10] Video 1: Príklad Phishingového útoku. Dostupné online: vyhľadajte na YouTube „phishing attack example“
- [11] Video 2: Názorná ukážka USB útoku. Dostupné online: vyhľadajte na YouTube „USB malware attack demonstration“
- [12] Video 3: Inštalácia malvéru cez neoverený softvér. Dostupné online: vyhľadajte na YouTube „malware installation via unverified software“



### Korešpondenčná adresa

1. Mgr. Dubec Dominik: Technická univerzita v Košiciach, Fakulta materiálov, metalurgie a recyklácie, Ústav metalurgie, Letná 9, 042 00 Košice, Slovenská Republika, Tel: +421 55 602 2701, email: dominik.dubec@tuke.sk
2. Ing. Kovalčíková Kristína: Technická univerzita v Košiciach, Fakulta materiálov, metalurgie a recyklácie, Ústav metalurgie, Letná 9, 042 00 Košice, Slovenská Republika, Tel: +421 55 602 2701, email: kristina.kovalcikova@tuke.sk
3. doc. Ing. Šolc Marek, PhD.: Technická univerzita v Košiciach, Fakulta materiálov, metalurgie a recyklácie, Ústav materiálov a inžinierstva kvality, Letná 9, 042 00 Košice, Slovenská Republika, Tel: +421 55 602 2703, email: marek.solc@tuke.sk
4. Ing. Małysa Tomasz, PhD.: Silesian University of Technology, Faculty of Materials Engineering, Department of Production Engineering, Krasińskiego 8, 40-019 Katowice, Poland, Tel.: (32) 603 4212, tomasz.malysa@polsl.pl
5. Ing. Kuczyńska-Chałada Marzena, PhD.: Silesian University of Technology, Faculty of Materials Engineering, Department of Production Engineering, Krasińskiego 8, 40-019 Katowice, Poland, Tel.: (32) 603 4212, marzena-kuczynska-chalada@polsl.pl



# METODIKA HODNOCENÍ PŘETÍŽENÍ BEDERNÍ PÁTEŘE ERGONOMICKÝM CHECKLISTEM

## METHODOLOGY FOR EVALUATING LUMBAR SPINE OVERLOAD USING AN ERGONOMIC CHECKLIST

HERDOVÁ, S. & LIPŠOVÁ, V. & MALÝ S.

### **Abstrakt:**

Článek se zaměřuje na hodnocení přetížení bederní páteře pomocí ergonomického checklistu, zejména v kontextu uznávání onemocnění bederní páteře jako nemoci z povolání v České republice od 1. ledna 2023. Byla vypracována metodika, která identifikuje klíčové rizikové faktory přispívající k rozvoji muskuloskeletálních onemocnění prostřednictvím ergonomických hodnocení. Tato metoda nabízí preventivní a nápravná opatření s cílem zlepšit pracovní podmínky a snížit fyzickou zátěž na bederní páteř. Ergonomický checklist slouží jako nástroj pro zaměstnavatele k identifikaci rizik na pracovišti a implementaci potřebných ergonomických úprav, které přispívají ke zdravějším pracovním podmínkám.

### **Abstract:**

The article focuses on the evaluation of lumbar spine overload using an ergonomic checklist, particularly in the context of recognizing lumbar spine disease as an occupational illness in the Czech Republic from January 1, 2023. A methodology was developed to identify key risk factors contributing to the development of musculoskeletal disorders through ergonomic assessments. This method offers preventive and corrective measures aimed at improving working conditions and reducing physical strain on the lumbar spine. The ergonomic checklist serves as a tool for employers to identify workplace risks and implement necessary ergonomic adjustments, promoting healthier working environments.

### **Klíčové slova:**

Onemocnění bederní páteře, muskuloskeletální onemocnění, prevence, ergonomie, checklist, pracovní zátěž.

### **Key words:**

Lumbar spine disease, musculoskeletal disorders, prevention, ergonomics, checklist, workload, employee health.

## Úvod

V souvislosti s možností uznávat v České republice onemocnění bederní páteře jako nemoc z povolání s účinností od 1. 1. 2023, bylo nevyhnutné poskytnout zaměstnavatelům účinný screeningový nástroj. V rámci projektu „Výzkum rozhodujících faktorů MSD a problémů s bederní páteří, možnosti prevence a nápravných opatření se zaměřením na ergonomická řešení v pracovních systémech“ byla vypracovaná metodika, která poskytuje na základě analýzy faktorů, které vedou k přetěžování bederní páteře a rozvoji muskuloskeletálních onemocnění (dále jen „MSD“), návrh



opatření zaměřená na zlepšení pracovního prostředí a ergonomie. Cílem metodiky je identifikace klíčových rizikových faktorů, které ovlivňují zdraví zaměstnanců v různých pracovních systémech. Metodika se snaží přispět k pochopení, jak pracovní podmínky a pracovní zátěž, zejména v oblasti bederní páteře, přispívají k rozvoji MSD, a to především v prostředí, kde jsou tyto problémy často pozorovány.

### 1. Metodika hodnocení přetížení bederní páteře ergonomickým checklistem

Hlavním zaměřením metodiky je vytvoření preventivních a nápravných opatření s důrazem na ergonomická řešení, která pomáhají snižovat fyzickou zátěž na bederní páteř a zlepšují pracovní podmínky. Jedním z klíčových řešení pro prevenci onemocnění bederní páteře v pracovním prostředí je vytvoření ergonomického checklistu. Tento checklist je navržen tak, aby usnadnil zaměstnavatelům identifikaci možných rizik, která mohou přispět k problémům s bederní páteří. Obsahuje klíčové oblasti, které je potřeba zkontrolovat a upravit, aby se minimalizovalo riziko vzniku těchto onemocnění. Ergonomie hraje klíčovou roli v přizpůsobení pracovního prostředí a nástrojů fyzickým možnostem zaměstnanců, čímž pomáhá minimalizovat riziko vzniku těchto onemocnění.

Metodika také zahrnuje autonomní výzkum, jehož cílem bylo zkoumání a testování nových preventivních přístupů pro zlepšení ergonomie pracovního prostředí. Získané výsledky byly použity jako základ pro vývoj nové strategie prevence, která minimalizuje riziko vzniku MSD včetně problémů s bederní páteří. Cílem je implementace Checklistu pro ergonomické hodnocení pracovní činnosti a pracovního místa s ohledem na přetížení bederní páteře, který vychází z odborného materiálu Státního zdravotního ústavu, kde z celého souboru ergonomických checklistů byly vybrány ty, jejich zaměření odpovídalo potřebám vytvoření screeningového nástroje – tedy zejména manipulace s břemeny a vyhodnocení pracovních poloh trupu.

Podle EU-OSHA jsou screeningové nástroje nepostradatelným nástrojem pro zajištění bezpečných a zdravých pracovních podmínek. Pomáhají identifikovat rizika spojená s MSD a umožňují zaměstnavatelům přijmout účinná preventivní opatření, která chrání zdraví zaměstnanců a zlepšují jejich pracovní podmínky[1].

V Německu byl v rámci projektu MEGAPHYS (Mechanik-gerechte Arbeitsgestaltung zur Prävention von arbeitsbedingten physischen Belastungen) vyvinut specifický ergonomický checklist, jehož cílem je identifikovat a minimalizovat fyzickou zátěž zaměstnanců při manuálních činnostech. Tento projekt byl zaměřen na vytvoření nástroje pro hodnocení a prevenci MSD souvisejících s prací, především v průmyslových odvětvích a při fyzicky náročných činnostech. Checklist z projektu MEGAPHYS je vysoce efektivním nástrojem pro hodnocení a prevenci fyzických zátěží na pracovištích, kterého cílem je chránit zaměstnance před přetěžováním bederní páteře a jinými MSD prostřednictvím ergonomických úprav a preventivních opatření na základě podrobného hodnocení pracovních podmínek [2].

V zahraničí jsou využívány různé ergonomické checklisty jako např. RULA, KIM, OCRA, REBA a mnohé další, jako efektivní screeningový nástroj pro identifikaci a prevenci MSD souvisejících s prací. Tyto checklisty představují systematický a snadno použitelný způsob, jak analyzovat rizikové faktory spojené s fyzickou zátěží a ergonomií, což umožňuje jejich široké využití v různých průmyslových odvětvích [3][4].





Prevence MSD a onemocnění souvisejících s bederní páteří v okolních státech zahrnuje širokou škálu osvědčených postupů a řešení, která se ukázala jako účinná v různých pracovních prostředích po celém světě. Tyto přístupy se zaměřují na zlepšení ergonomie pracovního prostředí, zavedení bezpečných pracovních postupů a implementaci vhodných preventivních opatření. Vzhledem k rozmanitosti pracovních podmínek a potřeb jednotlivých zaměstnavatelů vznikla v České republice nutnost vytvořit účinný screeningový nástroj, který bude reflektovat aktuální požadavky zaměstnavatelů napříč hospodářskými sektory a bude odpovídat na nové výzvy v oblasti snižování rizik na pracovišti.

Tento nástroj by měl být schopen identifikovat rizikové faktory spojené s možným vznikem těchto onemocnění, a to zejména v souvislosti s nadměrným zatížením bederní páteře. Zároveň je nezbytné, aby poskytoval praktická doporučení pro jejich prevenci, která by zohledňovala specifika českého pracovního prostředí. Hlavním cílem je poskytnout zaměstnavatelům nástroj, který jim pomůže efektivně snižovat rizika a zlepšovat pracovní podmínky, čímž by se předešlo nejen zdravotním problémům zaměstnanců, ale také snížilo množství pracovních neschopností a s tím spojených nákladů. Tento přístup zajišťuje, že prevence MSD a problémů s bederní páteří bude efektivní, udržitelná a přizpůsobená aktuálním výzvám na trhu práce.

Do procesu aktualizace checklistu byly zahrnuty aktuální legislativní požadavky, současné vědecké poznatky z oblasti ergonomie a zároveň byla reflektována zpětná vazba uživatelů z pracovního prostředí. Tím bylo docíleno, že byl vytvořen účinný screeningový nástroj pro potřeby zaměstnavatelů zajišťující prevenci onemocnění souvisejících s poškozením bederní páteře a zlepšení pracovních podmínek.

## 2. Bederní páteř jako nemoc z povolání v ČR

V České republice může být onemocnění bederní páteře, a to buď jako chronický vertebrogenní syndrom s kořenovým syndromem, nebo bez něj, uznáno jako nemoc z povolání podle Kapitoly II položky č. 11 Seznamu nemocí z povolání. Aby bylo onemocnění uznáno jako nemoc z povolání, musí splnit specifické podmínky uvedené v seznamu. To zahrnuje, že klinický obraz nemoci musí odpovídat alespoň střednímu stupni závažnosti a musí být prokázáno, že pracovní podmínky přetěžovaly struktury páteře takovým způsobem, že podle současných lékařských poznatků jsou příčinou nemoci [5].

Vzhledem k vysoké prevalenci onemocnění bederní páteře v běžné populaci bylo nezbytné stanovit kritéria pro uznání nemoci z povolání, která zajišťují, že pouze onemocnění, kde je pracovní aktivita jasně prokázána jako příčina, budou uznána. Český systém uznávání nemocí z povolání patří mezi jedny z nejpřísnějších a vyžaduje maximální preciznost diagnostiky nemocí, jak v oblasti klinické, tak v oblasti hodnocení pracovních podmínek, za nichž nemoci z povolání vznikají, tak v oblasti aplikace posudkových kritérií. Tato důslednost je odůvodněná, protože se snaží řešit nejen rozsáhlé náklady spojené s náhradami pro postižené zaměstnance, ale také náklady na jejich léčbu a rekvalifikaci. V letech 2013 až 2015 byl realizován výzkumný projekt (IGA MZ ČR č. NT/14471), který se zaměřil na vypracování metod pro kvantitativní hodnocení vlivu rizikových faktorů práce na chronická onemocnění bederní páteře a na formulaci klinických a hygienických kritérií pro jejich uznání jako nemocí z povolání [6][7].



V rámci klinických kritérií bylo stanoveno, že střední stupeň závažnosti neurologického nálezu je splněn, pokud celkové bodové hodnocení sedmi parametrů dosáhne alespoň 3 bodů u osob do 50 let, 4 bodů u osob ve věku 50-60 let, a 5 bodů u osob nad 60 let. Tři body znamenají potvrzení minimálně palpační bolestivosti bederní páteře, omezení její hybnosti a pozitivitu napínacích manévrů, což je diagnóza lumbaga. Další body ukazují, že pacient trpí nejen bolestí páteře, ale má také kořenovou symptomatickou lézi. Pro starší osoby je hodnocení přísnější, protože degenerativní změny páteře se s věkem zhoršují. V návrhu byly zohledněny fyziologické změny spojené se stárnutím, přičemž střední stupeň neurologického a radiologického nálezu byl stratifikován podle věku. Jako hlavní zobrazovací metoda byla vybrána magnetická rezonance (MR).

Hodnocení MR nálezu probíhá pro každý ze segmentů (L3/4, L4/5, L5/S1), přičemž maximální bodové hodnocení je 15 bodů. Kritérium středního stupně závažnosti MR nálezu je splněno, pokud celkový počet bodů dosáhne u osob do 50 let alespoň 4 bodů, u osob ve věku 50-60 let alespoň 5 bodů a u osob nad 60 let alespoň 6 bodů.

Pro hodnocení pracovní expozice byla vyvinuta standardizovaná metoda, která generuje kvantitativní výsledky. Jako ukazatel zatížení bederní páteře byla zvolena kompresní síla působící na meziobratlovou ploténku L4/L5. Byly stanoveny limitní hodnoty: akční limit je 3 400 N a nejvyšší přípustný limit je 6 400 N [31]. Tyto metodiky jsou zahrnuty v podrobných metodických pokynech vydaných ve Věstníku Ministerstva zdravotnictví:

1. Metodický návod k zajištění jednotného postupu při posuzování a uznávání chronického onemocnění bederní páteře z přetěžování jako nemoci z povolání – klinická část [8].
2. Metodický návod k zajištění jednotného postupu při posuzování a uznávání chronického onemocnění bederní páteře z přetěžování jako nemoci z povolání – hygienická část [9].

### 3. Prevence MSD souvisejících s prací

MSD jsou často spojeny s opakovanými pohyby, nepřírozenými pracovními polohami, nadměrnou fyzickou zátěží nebo špatně ergonomicky přizpůsobenými pracovními podmínkami. Prevence těchto onemocnění je klíčovým prvkem ochrany zdraví zaměstnanců na pracovišti. Zákoník práce uděluje zaměstnavatelům povinnost zajišťovat bezpečné pracovní podmínky a chránit zdraví zaměstnanců při práci, včetně prevence onemocnění pohybového aparátu, které mohou vzniknout v důsledku nesprávného ergonomického uspořádání pracovního prostředí [3]. Zákon č. 309/2006 Sb., specifikuje, že zaměstnavatelé musí přijímat preventivní opatření zaměřená na ochranu zdraví zaměstnanců před nadměrnou fyzickou zátěží a opakovanými pohyby, které mohou vést k MSD [10]. Zároveň Nařízení vlády č. 361/2007 Sb., kterým se stanoví podmínky ochrany zdraví při práci, obsahuje specifické požadavky na ergonomii, manipulaci s břemeny a limitní hodnoty fyzické zátěže, které musí zaměstnavatelé dodržovat, aby minimalizovali riziko vzniku MSD u svých zaměstnanců [11].

Prevence MSD zahrnuje správnou ergonomii pracovního prostředí, kde se minimalizuje nadměrná fyzická zátěž a dlouhodobé statické polohy. Zásadní je také správná manipulace s břemeny, například pomocí zdvihacích mechanismů a školení zaměstnanců o správných technikách zvedání a nošení. Doporučuje se zavést organizační opatření, jako je rotace pracovníků,



pravidelné přestávky a školení. Kombinace pravidelných přestávek a střídání činností snižuje zátěž na svalové skupiny a riziko pracovních zranění. Zaměstnanci by měli být také pravidelně školeni a podstupovat lékařské prohlídky, které mohou odhalit rizika v raných stádiích. Podpora zdravého životního stylu a fyzické kondice je dalším preventivním faktorem.

### **3.1 Ergonomické checklisty - screeningový nástroj přetížení bederní páteře**

Ergonomické checklisty slouží jako efektivní screeningový nástroj pro hodnocení ergonomických rizik na pracovištích. Obsahují důležité parametry pracovního místa a pracoviště, které pomáhají identifikovat potenciální zdravotní rizika. V souvislosti s možností uznávat chronické onemocnění bederní páteře jako nemoc z povolání bylo naší prioritou vytvořit v rámci pro zaměstnavatele funkční screeningový a preventivní nástroj zaměřený zejména na výskyt možných profesionálních rizik, která by mohla vést k tomuto onemocnění.

Při tvorbě funkčního ergonomického checklistu jsme vycházeli z odborného materiálu Státního zdravotního ústavu, kde z celého souboru ergonomických checklistů byly vybrány ty, jejich zaměření odpovídalo potřebám vytvoření screeningového nástroje – tedy zejména manipulace s břemeny a vyhodnocení pracovních poloh trupu (3.1.6., 3.1.7., 3.1.8., 3.1.9., 3.2.5 a 3.2.9.) [12]. Dále probíhalo dvoufázové ověřování na pracovištích několika vybraných firem, kdy v první fázi byly vyhodnocovány nedostatky v původních ergonomických checklistech a ve druhé fázi již byla ověřována podoba aktualizovaných dokumentů.

#### **Studium checklistů a jejich ověření v praxi (ve výrobní firmě)**

Tato fáze byla zaměřena na studium stávajících a vybraných checklistů z dokumentu: Ergonomické checklisty a nové metody práce při hodnocení ergonomických rizik vydané Státním zdravotním ústavem v roce 2007. Z prvotní analýzy stávajících checklistů vyvstala potřeba zohlednění aktuálních potřeb praxe a zakomponování požadavků firem v souladu s platnou legislativou. S cílem získat potřebná data, proběhly v květnu a červnu 2023 audity ergonomie ve firmách ZPS FN Zlín, TON Bystřice pod Hostýnem a Greiner Assistec Březová. Každý checklist byl auditovaný mistrem a průmyslovým inženýrem pod dohledem specialisty v ergonomii. Cílem bylo zjistit, zda pracovníci v průmyslovém prostředí, zejména ve výrobních firmách, rozumí otázkám ve výše uvedených checklistech, dokáží checklisty použít pro audit pracovního místa/pracovníka a vyhodnotí závěry, které z auditování vyplynou z použití checklistu.

Mezi zásadní výsledky zjištěné v první fázi ověřování v praxi patřily zejména nedostatky ve formulaci otázek, absence názorného grafického vyjádření, chybějící definice použité terminologie a uvedení limitních hodnot dle platné legislativy. Byla zaznamenána také nesrozumitelnost a složitost pro uživatele.

#### **Ověření navržených aktualizovaných checklistů ve firemním prostředí**

Po navržení aktualizované verze checklistů opět proběhly v listopadu 2023 reaudity ve třech firmách TON, ZPS-FN a Kalina Industries. Reaudity opět probíhali ve stejném složení mistr a průmyslový inženýr. Ve firmě TON a ZPS-FN auditovali stejní mistři a průmyslový inženýři stávající i aktualizované checklisty. Pro ověření checklistů nezaspěčenými osobami do této problematiky byla



vybrána firma Kalina Industries, kde si aktualizované checklisty opäť vyzkoušel průmyslový inženýr a mistr.

### Finální podoba aktualizovaných checklistů

Na základě získaných dat z auditů došlo k další úpravě checklistů a byl vytvořen *Checklist pro ergonomické hodnocení pracovní činnosti a pracovního místa s ohledem na přetížení bederní páteře*. Tento screeningový nástroj umožňuje rychlé ergonomické hodnocení pracovní činnosti a pracovního místa s ohledem na poškození zad a hodnocení manipulace s břemeny. Checklist může identifikovat jak nevhodné pracovní podmínky, tak i nevhodné pracovní polohy v souvislosti s manipulací s břemeny, které mohou vést k poškození páteře.

Nově aktualizovaný checklist je rozdělen do několika částí, aby umožnil detailnější a efektivnější hodnocení pracovních podmínek.

První část checklistu (záhlaví) je obecná a zaměřuje se na základní údaje, které jsou klíčové pro přesné posouzení konkrétní pracovní pozice. V této části se shromažďují informace o pracovní pozici, zahrnující název a popis pracovního místa, včetně charakteru vykonávaných činností. Dále se zaznamenávají údaje o auditorovi, tedy osobě, která provádí hodnocení, konkrétně její jméno. Nedílnou součástí této části jsou také údaje o pracovní činnosti, kde se popisují hlavní úkoly a operace, které zaměstnanec při své práci vykonává. Kromě toho je v této části důležitým faktorem pohlaví zaměstnance, protože některé rizikové faktory mohou působit odlišně na muže a ženy. Tato obecná část je základem pro identifikaci specifík pracovního prostředí a vytvoření vhodného rámce pro další analýzu potenciálních rizikových faktorů.

Druhá část checklistu je zaměřena na legislativní požadavky, které jsou pro zaměstnavatele závazné. Z důvodu jejich vysoké důležitosti je tato část checklistu vyznačena červenou barvou. Otázky se soustředí na klíčové aspekty týkající se plnění zákonných povinností zaměstnavatele jako je kategorizace prací a rizikové faktory na pracovišti.

Třetí část checklistu je zaměřena na otázky týkající se manipulace s břemeny, pracovních poloh a nastavení pracovního prostředí. V této části mohou auditoři při každé otázce vybírat mezi dvěma možnostmi odpovědí. Pokud auditor zvolí odpověď ANO, která je označena zelenou barvou, znamená to, že pracovní místo je nastaveno vhodně a odpovídá stanoveným normám a standardům. Na druhé straně, pokud auditor zvolí odpověď NE, která je označena žlutou barvou, doporučuje se zvážit nápravná opatření. To naznačuje, že pracovní místo nemusí být optimálně přizpůsobeno potřebám pracovníků a je třeba prověřit a upravit podmínky, aby se zajistila jejich bezpečnost a pohodlí.

### Závěr

Problematika prevence MSD a onemocnění souvisejících s bederní páteří nabývá na důležitosti, zejména v pracovním prostředí, kde dochází k častému fyzickému zatížení. Bederní páteř je jednou z nejčastěji přetěžovaných částí těla, což vede ke vzniku chronických bolestí zad, které mohou omezovat pracovní výkon a přispívat ke zvýšené nemocnosti. Vzhledem k těmto skutečnostem je nezbytné, aby zaměstnavatelé v České republice disponovali nástroji, které jim pomohou rizika související s přetěžováním páteře identifikovat a efektivně řešit.



Metodika, ktorá bola vyvinutá, nabízí komplexný prístup k prevencii týchto problémů. Na základě analýzy pracovních podmínek a ergonomických požadavků, se metodika zaměřuje na identifikaci klíčových rizikových faktorů, které ovlivňují zdraví zaměstnanců. Jedním z hlavních výstupů metodiky je vytvoření ergonomického checklistu, který slouží jako praktický nástroj pro zaměstnavatele. Tento checklist je zaměřen na hodnocení pracovních pozic a činností z hlediska rizik souvisejících s přetěžováním bederní páteře. Obsahuje klíčové parametry pracovního prostředí, které je třeba sledovat a případně upravit, aby se minimalizovalo riziko vzniku MSD. Checklist umožňuje zaměstnavatelům rychle identifikovat potenciální problémy a přijmout nápravná opatření, která vedou ke zlepšení ergonomie pracovního prostředí.

V procesu vývoje tohoto checklistu byly zohledněny aktuální vědecké poznatky a domácí i zahraniční zkušenosti, včetně ověření v praxi

Ergonomický checklist, jako screeningový nástroj, také poskytuje zaměstnavatelům flexibilitu a jednoduchost při jeho aplikaci. Je snadno implementovatelný, nevyžaduje složité technické vybavení a je snadno použitelný i pro zaměstnance a vedoucí pracovníky, kteří nemají odborné vzdělání v oblasti ergonomie.

Závěrem lze říci, že metodika a ergonomický checklist pro hodnocení pracovních pozic s ohledem na přetěžování bederní páteře představují zásadní a účinný nástroj pro identifikaci a řešení rizik na pracovišti pro potřeby zaměstnavatelů. Tímto lze zajistit nejen zlepšení pracovních podmínek, ale také snižování výskytu nemocí z povolání a celkové zlepšení kvality pracovního života. Implementace této metodiky je důležitým krokem k ochraně zdraví zaměstnanců, zvýšení jejich produktivity a snížení ekonomických ztrát spojených s pracovní neschopností.

### Zařazení příspěvku

"Podpořeno MZ ČR - RVO (Státní zdravotní ústav - SZÚ, IČ 75010330)"

Financováno z projektu Institucionální podpory MPSV - Číslo projektu: 06-S4-2022-VUBP (9260) „Výzkum rozhodujících faktorů MSD a problémů s bederní páteří, možnosti prevence a nápravných opatření se zaměřením na ergonomická řešení v pracovních systémech (autonomní výzkum)“, 2022- 2024.

### Literatura

- [1] EU OSHA. 2021. Observation-based tools for assessment of risk for musculoskeletal disorders [online]. 2021. [cit. 2024 – 08 - 19]. Dostupní na: <Observation-based tools for assessment of risk for musculoskeletal disorders - OSHwiki | European Agency for Safety and Health at Work (europa.eu)>
- [2] BAUA (Federal institut for occupational Safety and Health). 2019. MEGAPHYS - Multilevel Risk Assessment of Physical Workload. [online]. 2019. [cit. 2024 – 09 - 06]. Dostupné z: <https://www.baua.de/EN/Research/Research-projects/f2333.html#:~:text=In%20this%20respect,%20the%20German%20Federal%20Institute%20for%20Occupational%20Safety>
- [3] Chaudhary, H., & Singh, J. 2012. A literature review on MSDs using ergonomic body assessment tools: RULA and REBA. International Journal of Scientific Research, 2, 189-192. Dostupné z: <a



literature review on msds using ergonomic body assessment tools: rula and reba - IJSR - International Journal of Scientific Research (worldwidejournals.com)>

- [4] Restuputri, D., Masudin, I., & Putri, A. 2020. The comparison of ergonomic risk assessment results using job strain index and OCRA methods. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 821. Dostupné z: <The comparison of ergonomic risk assessment results using job strain index and OCRA methods | Semantic Scholar>
- [5] NAŘÍZENÍ VLÁDY 506/2021 Sb., ze dne 13. prosince 2021, kterým se mění nařízení vlády č. 290/1995 Sb., kterým se stanoví seznam nemocí z povolání, ve znění pozdějších předpisů. [cit. 2022-10-13]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2021-506>
- [6] Laštovková A, Nakládalová M, Fenclová Z, Urban P, Gad'ourek P, Lebeda T, Ehler E, Ridzoň P, Hlávková J, Boriková, A, Kuijer PP, Batora I, Scholz-Odermatt SM, Moldovan H, Godderis L, Leijon O, Campo G, Vaněčková M, Bonnetterre V, Stikova EJ, Pelclová D. Low-back pain disorders as occupational diseases in the czech republic and 22 european countries: comparison of national systems, related diagnoses and evaluation criteria. Cent Eur J Public Health. 2015 Sep;23(3):244-51. doi: 10.21101/cejph.a4185. PMID: 26615658.
- [7] Boriková, A. 2017. Klinická kritéria pro uznání onemocnění bederní páteře z přetěžování jako nemoci z povolání, dizertační práce, Klinika pracovního lékařství LF UP Olomouc, 2017, [cit. 2022-10-13]. Dostupné z: <https://theses.cz/id/7nve4j/22101510>
- [8] Ministerstvo zdravotnictví České republiky. 2022. Metodický návod k zajištění jednotného postupu při posuzování a uznávání chronického onemocnění bederní páteře z přetěžování jako nemoci z povolání – klinická část. In: Věstník Ministerstva zdravotnictví České republiky. Vydáno 19. 12. 2022, částka 15. Dostupné z: < [https://mzd.gov.cz/wp-content/uploads/2022/12/Vestnik-MZ\\_15-2022.pdf](https://mzd.gov.cz/wp-content/uploads/2022/12/Vestnik-MZ_15-2022.pdf)>
- [9] Ministerstvo zdravotnictví České republiky. 2023. Metodický návod k zajištění jednotného postupu při posuzování a uznávání chronického onemocnění bederní páteře z přetěžování jako nemoci z povolání – hygienická část. In: Věstník Ministerstva zdravotnictví České republiky. Vydáno 10. 8. 2023, částka 11. Dostupné z: < [https://mzd.gov.cz/wp-content/uploads/2023/08/Vestnik-MZ\\_11-2023.pdf](https://mzd.gov.cz/wp-content/uploads/2023/08/Vestnik-MZ_11-2023.pdf)>
- [10] Nařízení vlády č. 361/2007 Sb., o podmínkách ochrany zdraví při práci. Sbírka zákonů ČR, částka 119, 2007.
- [11] Pešáková, L. 2018. Hygienická kritéria pro uznání onemocnění bederní páteře z přetěžování jako nemoci z povolání, dizertační práce, Klinika pracovního lékařství LF UP Olomouc, 2018, [cit. 2022-10-13]. Dostupné z: <<https://theses.cz/id/f68q0b/25971111>>
- [12] Hlávková, J. Valečková, A. 2007 Ergonomické checklisty a nové metody práce při hodnocení ergonomických rizik. SZÚ. Dostupné z: <Ergonomicke\_checklisty-tisk (szu.cz)>

### Korespondenční adresa

1. PhDr. Simona Herdová: Státní zdravotní ústav, Šrobárova 49/48, 100 00 Praha, Česká republika, tel: +420 732 890 444, email: [simona.herdova@szu.cz](mailto:simona.herdova@szu.cz)





# ČISTOTA OVZDUŠIA V SÚVISLOSTI S TECHNICKOU ČISTOTOU CLEANLINESS IN CONNECTION WITH TECHNICAL CLEANLINESS

JÁNOŠÍK, R. & TURISOVÁ, R.

## **Abstrakt:**

*Tento článok sa zameriava na vplyv kvality ovzdušia a technickej čistoty na zdravie a bezpečnosť na pracovisku. Čistota vzduchu je kľúčovým faktorom ochrany ľudského zdravia a ekosystémov, zatiaľ čo technická čistota ovplyvňuje výrobné procesy a kvalitu životného prostredia. Hlavné látky znečisťujúce ovzdušie, ako sú oxidy dusíka, prchavé organické zlúčeniny a prachové častice, predstavujú vážne zdravotné riziká. Moderné technológie filtrácie a rekuperácie tepla podporujú čistejšie pracovné prostredie a znížené emisie. Implementácia regulačných opatrení a technologických riešení je nevyhnutná pre udržateľnú priemyselnú výrobu.*

## **Abstract:**

*This article focuses on the impact of air quality and technical cleanliness on health and safety in the workplace. Air cleanliness is a key factor for protecting human health and ecosystems, while technical cleanliness affects production processes and environmental quality. Major air pollutants, such as nitrogen oxides, volatile organic compounds, and dust particles, pose serious health risks. Modern filtration and heat recovery technologies support a cleaner work environment and reduced emissions. Implementing regulatory measures and technological solutions is essential for sustainable industrial production.*

## **Kľúčové slová:**

*Životné prostredie, čistota ovzdušia, technická čistota, pracovné prostredie*

## **Key words:**

*Environment, air cleanliness, technical cleanliness, working environment*

## **Úvod**

Kvalita ovzdušia je kľúčovým faktorom pre zdravie ľudí, stav životného prostredia a udržateľnosť ekologických systémov. V posledných desaťročiach sa znečistenie ovzdušia stalo globálnym problémom, ktorý má široký dopad na každodenný život, ekonomiku a verejné zdravie. V oblasti priemyselnej výroby a technických procesov zohráva významnú úlohu technická čistota, ktorá sa môže priamo alebo nepriamo podieľať na úrovni znečistenia ovzdušia. Tento článok sa zameriava na prepojenie medzi čistotou ovzdušia a technickou čistotou, a to z pohľadu priemyselných procesov, kontroly kvality ovzdušia a technológií, ktoré pomáhajú minimalizovať negatívne dopady na životné prostredie.



## 1. Čistota ovzdušia a jej význam

Čistota ovzdušia označuje koncentráciu znečisťujúcich látok v atmosfére, pričom za znečisťujúce látky považujeme predovšetkým prach, plyny, toxické látky a chemické zlúčeniny, ktoré vznikajú ľudskou činnosťou. K hlavným znečisťujúcim látkam patria oxidy síry (SO<sub>x</sub>), oxidy dusíka (NO<sub>x</sub>), oxid uhoľnatý (CO), prchavé organické zlúčeniny (angl. Volatile organic compounds, VOC), ozón, metán, prachové častice PM<sub>10</sub> a PM<sub>2,5</sub> a ďalšie nebezpečné látky. Znečistenie ovzdušia má priamy vplyv na ľudské zdravie, pričom dlhodobá expozícia znečistenému ovzdušiu vedie k vážnym zdravotným problémom, ako sú respiračné ochorenia, kardiovaskulárne ochorenia, alergie alebo rakovina pľúc. Okrem zdravotných problémov znečistenie ovzdušia negatívne ovplyvňuje aj ekosystémy, pričom narušuje rovnováhu prírodných procesov, znižuje biodiverzitu a môže spôsobovať acidifikáciu pôdy, zmeny klímy a ďalšie environmentálne problémy. Na ochranu ovzdušia pred znečistením sa uplatňujú rôzne regulácie, technológie a opatrenia, ktoré majú za cieľ minimalizovať emisie znečisťujúcich látok a zlepšiť kvalitu vzduchu [1].

### 1.1. Technická čistota a jej definícia

Technická čistota sa vzťahuje na úroveň čistoty pracovného prostredia, materiálov a komponentov v rámci technologických procesov. V výrobných a priemyselných odvetviach, kde je kvalita vzduchu a čistota materiálov kľúčová, je dôležité zabezpečiť optimálnu úroveň technickej čistoty, aby sa predišlo kontaminácii a minimalizovalo riziko znečistenia ovzdušia. To zahŕňa čistotu vnútorného prostredia (napríklad v čistých priestoroch, kde sa vyrábajú citlivé elektronické súčiastky alebo liečivá), tak aj čistotu vonkajšieho prostredia, ktorá je ovplyvnená emisiami z priemyselných činností.

Technická čistota je často definovaná podľa konkrétnych štandardov a noriem, ktoré určujú maximálne prípustné koncentrácie prachových častíc, mikroorganizmov, chemických látok a ďalších kontaminantov. Vysoká úroveň technickej čistoty je nevyhnutná pre mnohé odvetvia, napríklad v automobilovom priemysle, výrobe polovodičov, farmaceutickom priemysle a potravinárstve, kde je kontrola čistoty rozhodujúca pre kvalitu výrobkov, efektívnosť procesov a zdravie pracovníkov.

### 1.2. Vzťah medzi čistotou ovzdušia a technickou čistotou

Prepojenie medzi čistotou ovzdušia a technickou čistotou je silné a vzájomné. Zatiaľ čo čistota ovzdušia sa zameriava na elimináciu znečisťujúcich látok, ktoré môžu mať negatívny dopad na ľudské zdravie a životné prostredie, technická čistota sa sústreďuje na minimalizáciu kontaminácie v rámci priemyselných a výrobných procesov. Znečistenie, ktoré vzniká počas technických procesov, sa môže následne prenášať do atmosféry, čo zvyšuje úroveň znečistenia ovzdušia. Napríklad v automobilovom priemysle sú pri výrobe motorov a ďalších komponentov uvoľňované rôzne typy emisií, ktoré môžu obsahovať ťažké kovy, organické zlúčeniny a prachové častice. Ak tieto procesy nie sú dostatočne kontrolované, môžu negatívne ovplyvniť nielen technickú čistotu výrobného prostredia, ale aj zhoršiť kvalitu ovzdušia v okolí. Na druhej strane aplikácia pokročilých technológií, ako sú filtrácie vzduchu, rekuperácia tepla a neutralizácia chemických látok, môže výrazne zlepšiť technickú čistotu pracovného prostredia aj čistotu ovzdušia v danej oblasti [2]. Jedným z efektívnych nástrojov regulácie limitných hodnôt kontaminácie v ovzduší je pravidelný monitoring polietavých pevných častíc prostredníctvom laserových prachometrov (Obr. 1).



Obr. 1 Meranie kontaminácie prachových častíc vo výrobnej prevádzke

### 1.3. Technologické prístupy k dosiahnutiu čistoty ovzdušia

V boji proti znečisteniu ovzdušia zohrávajú kľúčovú úlohu technologické inovácie, ktoré umožňujú monitorovanie, kontrolu a redukciu emisií škodlivých látok. Moderné filtračné technológie, ako sú elektrostatické odlučovače, katalytické a chemické čističe a zariadenia na zachytávanie CO<sub>2</sub>, môžu výrazne znížiť množstvo znečisťujúcich látok, ktoré sa uvoľňujú do ovzdušia počas priemyselných procesov.

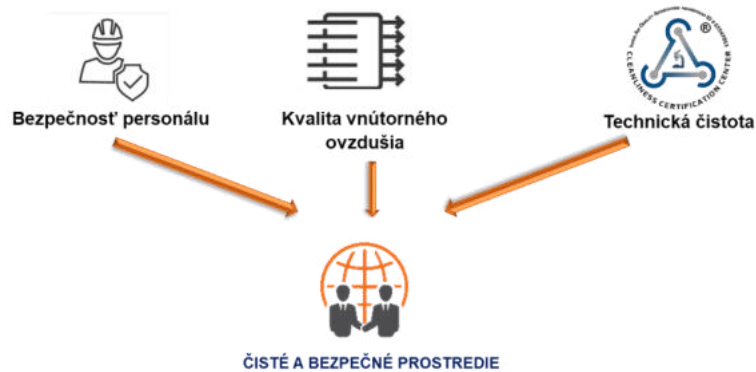
Ďalšou metódou zlepšenia kvality ovzdušia je recyklácia a opätovné využívanie odpadových materiálov, čo znižuje potrebu ťažby surovín a tým aj emisie z ťažobných a výrobných procesov. V oblasti automobilového priemyslu sa využívajú systémy na recykláciu spalín a optimalizáciu spaľovania, čo vedie k nižším emisiám oxidu uhličitého a oxidov dusíka.

Pre zabezpečenie optimálnej čistoty ovzdušia je nevyhnutné implementovať integrovaný prístup, ktorý kombinuje opatrenia na zlepšenie technickej čistoty v priemyselných procesoch s technológiami na zlepšenie kvality vzduchu. Tento prístup nielen zabezpečuje ochranu zdravia ľudí, ale aj prispieva k udržateľnosti a ochrane prírodných zdrojov [3].

## 2. Význam regulácií a štandardov

Na úroveň čistoty ovzdušia a technickej čistoty majú vplyv aj právne a environmentálne regulácie. Medzinárodné a národné normy, ako sú normy ISO (napr. ISO 14644 pre čisté priestory), smernice EÚ o kvalite ovzdušia a zákony týkajúce sa emisií, zohrávajú dôležitú úlohu pri regulácii a znižovaní znečistenia. Tieto regulácie stanovujú konkrétne limity pre koncentrácie znečisťujúcich látok v ovzduší a vyžadujú od podnikov pravidelný monitoring a reporting emisií, aby zabezpečili súlad s environmentálnymi požiadavkami [4].

Vďaka týmto reguláciám sú priemyselné podniky motivované investovať do moderných technológií a systémov, ktoré minimalizujú ich dopad na kvalitu ovzdušia a zároveň zabezpečujú vysokú úroveň technickej čistoty. Pre zabezpečenie častého a bezpečného pracovného prostredia je nevyhnutné klásť dôraz na základné faktory ovplyvňujúce čistotu pracovného prostredia a zohľadňovať vzájomné interakcie kvality ovzdušia ako aj technickej čistoty vo vzťahu k predpísanému stupňu čistého pracovného priestoru (Obr. 2).



Obr. 2 Vzájomná interakcia požiadaviek a aspektov na zabezpečenie čistého a bezpečného pracovného prostredia

### Záver

Čistota ovzdušia a technická čistota sú vzájomne prepojené faktory, ktoré zohrávajú kľúčovú úlohu v ochrane ľudského zdravia a životného prostredia. Pre priemyselné podniky je nevyhnutné, aby implementovali opatrenia na dosiahnutie vysokej úrovne technickej čistoty, čo vedie k zníženiu emisií škodlivých látok. V rámci udržateľného rozvoja je dôležité zabezpečiť súlad s platnými reguláciami a normami, ktoré stanovujú limity pre koncentrácie znečisťujúcich látok. Vysoká úroveň technickej čistoty znižuje riziko kontaminácie výrobného procesu a následné znečistenie ovzdušia. Prísne dodržiavanie environmentálnych predpisov vedie k zlepšeniu kvality vzduchu a chráni zdravie zamestnancov a miestnych obyvateľov. Rozvoj a aplikácia pokročilých technológií, ako sú filtračné systémy a neutralizácia toxických látok, prispievajú k čistejšiemu prostrediu. Investície do čistejších technológií sú nielen ekonomicky výhodné, ale aj prispievajú k ekologickej stabilite. Integrovaný prístup, ktorý zahŕňa zlepšenie technickej čistoty a ochranu ovzdušia, podporuje udržateľnosť a ochranu prírodných zdrojov.

### Zaradenie príspevku

Príspevok bol vypracovaný v rámci projektu KEGA č. 026TUKE-4/2023 Podpora rozvoja vedomostí v oblasti implementácie požiadaviek systému manažérstva kvality pre letecký, vesmírny a obranný priemysel.

### Literatúra

- [1] Oravec, M., Divoková, A., LIPOVSKY, P., Karásek, M., Jánošík, R. (2019). Technical cleanliness – a requirement of precision manufacturing. *Acta Mechanica Slovaca*, 23(4), 46-51.
- [2] Jánošík, R. (2024). Audit performance of Technical cleanliness in electrotechnical operations – Cleanliness Certification Center s.r.o.
- [3] Jánošík, R. (2024). Output from the Technical Cleanliness Audit – Cleanliness Certification Center s.r.o.
- [4] Weihrich, I. (2024). Results from the extraction of impurities – CRL Silesia, s.r.o.

### Korešpondenčná adresa

1. Ing. Róbert Jánošík: Cleanliness Certification Center, s.r.o., Ul. M. R. Štefánika 4/1376, 054 01 Levoča, Slovenská Republika, Tel: +421 95 169 1246, email: robert.janosik@student.tuke.sk
2. doc. Ing. Renáta Turisová, PhD., MBA: Technická univerzita v Košiciach, Strojnícka fakulta, Katedra kvality, bezpečnosti a environmentu, Letná 1/9, 042 00 Košice-Sever, Slovenská Republika, Tel: +421 55 602 2513, email: renata.turiso@tuke.sk



# NEBEZPEČNÉ LÁTKY S PODLIMITNÝM MNOŽSTVOM HUMAN ERROR ESTIMATION ANALYSIS FOR SELECTED ACTIVITY

KOTIANOVÁ, Z.

## **Abstrakt:**

*Priemyselná činnosť prináša s pokrokom aj možnosť vzniku závažnej priemyselnej havárie, ktorá môže byť spojená s únikom nebezpečných látok toxického, horľavého alebo výbušného charakteru. Závažné priemyselné havárie predstavujú významné udalosti predovšetkým svojimi dôsledkami na zdravie obyvateľstva, životné prostredie alebo straty na majetku. Pre podlimitné zdroje rizík, v ktorých sa nachádzajú vybrané nebezpečné látky, nie je zatiaľ vyžadované posudzovanie rizík. Napriek tomu tieto zariadenia môžu predstavovať riziko havárie vzhľadom k svojmu umiestneniu, napríklad v bezprostrednej blízkosti obytných plôch alebo miest zhromažďovania sa osôb, čo zvyšuje riziko pre okolité obyvateľstvo.*

## **Abstract:**

*Industrial activity brings with it the possibility of a serious industrial accident, which may be associated with the release of hazardous substances of a toxic, flammable or explosive nature. Serious industrial accidents represent significant events, primarily due to their consequences for public health, the environment or property losses. Risk assessments are not yet required for sub-threshold sources of risk containing selected hazardous substances. Nevertheless, these facilities may pose a risk of accident due to their location, for example in the immediate vicinity of residential areas or places where people gather, which increases the risk for the surrounding population.*

## **Kľúčové slová:**

*amoniak, havária, bezpečnosť*

## **Key words:**

*ammonia, accident, safety*

## **Úvod**

Neustály rozvoj priemyselnej výroby, digitalizácia, budovanie rozsiahlych, navzájom prepojených priemyselných a energetických komplexov, modernizácia výroby, ale aj samotný transfer nových rizikových technológií a výroby prinášajú so sebou aj špecifické individuálne a spoločenské ohrozenia. Tieto ohrozenia sú spojené s používaním čoraz väčšieho množstva rôznych nebezpečných látok, a tým aj s možnosťou potencionálneho ohrozenia nielen pre zamestnancov a podnik, ale aj pre verejnosť, životné prostredie v jeho okolí a majetok.

Mimoriadnu pozornosť je potrebné venovať predchádzaniu vzniku závažných priemyselných havárií, teda vytvoreniu technických, administratívnych a organizačných predpokladov na rozpoznanie, na pripravenosť efektívne zdolávať prípadnú závažnú haváriu a na obmedzenie jej



dôsledkov. Haváriám nie je úplne možné sa vyhnúť, je možné však znížiť ich počet, zmierniť dôsledky a poučiť sa z predchádzajúcich havárií.

### 1. Vymedzenie pojmov a legislatíva

V rámci krajín Európskej únie je prevencia závažných priemyselných havárií upravená Smernicou Rady 82/501/ES z roku 1982 o veľkých havarijných nebezpečenstvách určitých priemyselných činností, známa pod názvom SEVESO I. V marci 1992 prijala Európska hospodárska komisia OSN Dohovor o cezhraničných vplyvoch priemyselných havárií (ďalej len "Helsinský dohovor"). Rozhodnutím Rady z 23. Marca 1998 č.98/685/ES pristúpila k Helsinskému dohovoru aj Európska únia ako celok, s drobnými výhradami týkajúcimi sa zosúladenia prahových niektorých nebezpečných látok so Smernicou SEVESO II, a zároveň tak umožnila členským štátom EÚ urýchliť ich procesy, ratifikácie, pristúpenia alebo prijatia tohto dohovoru. Novelizovaná bola v roku 1996 Smernicou Rady č. 96/82/ES o kontrole nebezpečenstiev veľkých havárií s prítomnosťou nebezpečných látok, nazývanej tiež "SEVESO II". Vzhľadom na závažné priemyselné havárie vznikla požiadavka Európskej Rady na novelizáciu danej smernice a tak v roku 2003 bola schválená Smernica Rady 2003/105/ES, ktorá ju dopĺňa. Smernica SEVESO II bola zameraná na prevenciu závažných priemyselných havárií za prítomnosti vybraných nebezpečných látok a na obmedzenie ich dôsledkov pre človeka a životné prostredie, s ohľadom na zabezpečenie vysokej úrovne ochrany v rámci spoločenstva, zodpovedajúcim a účinným spôsobom. Smernica bola novelizovaná 2012/18/EU tzv. SEVESO III vzhľadom k zmenám systému Európskej Únie pre klasifikáciu nebezpečných látok, na ktoré sa smernica vzťahuje. Hlavným dôvodom revízie smernice SEVESO II bolo prispôsobenie Prílohy I Nariadeniu 1272/2008 ku klasifikácii, označovaniu a baleniu nebezpečných látok a zmesí (ďalej len nariadenie CLP).

Na Slovensku upravuje zákon č. 128/2015 Z.z. zákon o prevencii závažných priemyselných havárií a o zmene a doplnení niektorých zákonov platnú legislatívu týkajúcu sa ZPH. Ustanovuje podmienky a postupy pri prevencii ZPH v podnikoch s prítomnosťou nebezpečných látok a na pripravenosť na ich zdoľávanie a na obmedzovanie ich dôsledkov na život a zdravie ľudí, životné prostredie a majetok v prípade ich vzniku. Zákon zahŕňa kategorizáciu podnikov podľa celkového množstva nebezpečných látok, ktoré sú prítomné v podniku a taktiež zahŕňa povinnosti vyplývajúce pre podniky zaradené do kategórie A alebo B. Pre tie podlimitné zdroje, ktoré nespádajú pod účinnosť zákona už tieto zákonné povinnosti neplatia, len povinnosť kategorizácie.

Závažná priemyselná havária v zmysle zákona je udalosť, akou je závažný únik nebezpečnej látky, požiar alebo výbuch v dôsledku nekontrolovateľného vývoja počas prevádzky podniku vedúci k vážnemu bezprostrednému alebo následnému ohrozeniu zdravia ľudí, životného prostredia alebo majetku s prítomnosťou jednej alebo viacerých nebezpečných látok.

Závažné havárie nie sú doménou len veľkých podnikov, ale často sa vyskytujú aj v malých i stredných podnikoch a v zdrojoch s podlimitným množstvom nebezpečných látok. Pre tie zdroje, ktoré nespádajú pod účinnosť Zákona č. 128/2015 Z.z. v znení neskorších predpisov [1] (tzv. podlimitné zdroje) už tieto zákonné povinnosti neplatia. Napriek tomu podlimitné zdroje rizík v podnikoch môžu byť nebezpečné vzhľadom k svojmu umiestneniu, v blízkosti obytných plôch, v obytných centrách, či v blízkosti materských škôl, čo zvyšuje ohrozenie pre okolité obyvateľstvo a tiež môže dôjsť k významnému poškodeniu životného prostredia, alebo k stratám na majetku.

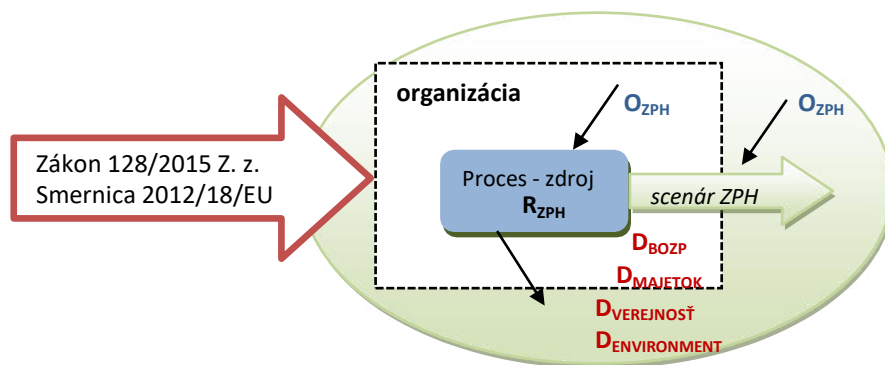




Podľa § 6, prevádzkovateľ je povinný zabezpečiť posúdenie rizika.

Posúdenie rizika zahŕňa najmä:

- identifikáciu nebezpečenstiev (zdrojov rizika) a udalostí, ktoré môžu vyvolať závažnú priemyselnú haváriu (obr. 1),
- kvantifikáciu pravdepodobnosti alebo frekvencie vzniku možných ZPH,
- odhad rozsahu a závažnosti dôsledkov možnej ZPH pre život a zdravie ľudí, pre životné prostredie a pre majetok (pričom negatívne možné dôsledky vyplývajúce z možnej ZPH sú ozn. *D<sub>BOZP</sub>*, *D<sub>VEREJNOSŤ</sub>*, *D<sub>MAJETOK</sub>*, *D<sub>ENVIRONMENT</sub>*),
- hodnotenie a posúdenie prijateľnosti rizika.

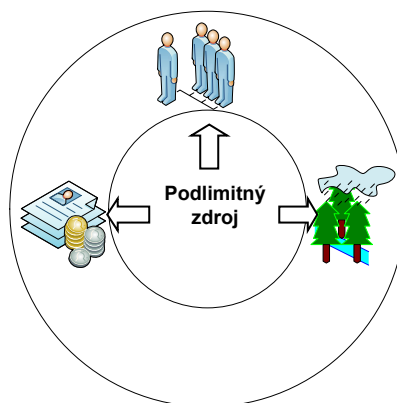


Obr. 1 Schematické znázornenie riadenia rizík na úrovni PZPH [2]

Zákon požaduje že na základe výsledku posúdenia celkového rizika a jeho spoločenskej prijateľnosti, prevádzkovateľ v závislosti odpravdepodobnosti vzniku ZPH a rozsahu jej možných dôsledkov, prijíma primerané opatrenia (*O<sub>ZPH</sub>*) na zníženie rizika a jeho následné riadenie, vrátane obmedzenia alebo zastavenia prevádzky zariadenia alebo jeho časti.

## 2. Príklady podlimitných zdrojov

Podlimitné zdroje rizík v podnikoch môžu byť nebezpečné vzhľadom k svojmu umiestneniu, v blízkosti obytných plôch, v obytných centrách, či v blízkosti materských škôl, čo zvyšuje ohrozenie pre okolité obyvateľstvo a tiež môže dôjsť k významnému poškodeniu životného prostredia, alebo k stratám na majetku, obr.2. V súčasnosti neexistuje postup, alebo metodika, ako podlimitné zdroje v týchto podnikoch posudzovať.





Obr. 2 Vplyv podlimitného zdroja

Medzi najčastejšie sa vyskytujúce VNL v podlimitných zdrojoch v podnikoch patria:

- amoniak,
- LPG,
- chlór,
- acetylén.

Podlimitné zdroje rizika sú charakterizované podľa vlastností a množstva umiestnených vybraných nebezpečných látok. V tabuľke č. 1 sú príklady zariadení a podnikov, v ktorých sa často vyskytujú VNL v podlimitných zdrojoch rizika.

Tab. 1 Príklady podlimitných zdrojov rizika

<i>NEBEZPEČNÁ LÁTKA</i>	<i>PRÍKLAD ZARIADENÍ A PODNIKOV</i>	<i>TYPIZOVANÉ MNOŽSTVÁ</i>
amoniak	zimné štadióny, pivovary, mliekarne, mäsokombináty, chladiarne	amoniak (5 – 7 t) v systémoch chladenia
LPG	čerpacie stanice, sklady fliaš	zásobníky 5 m <sup>3</sup> , fľaše 2 kg, 5 kg, 10 kg, 33 kg
chlór	úpravne vôd, bazény, kúpaliská	500 kg v sudoch, 45 kg vo fľašiach
acetylén	sklady tlakových fliaš	40-50 l fľaše s náplňou 8-10 kg acetylénu

V niektorých prípadoch môže zdroj s podlimitným množstvom nebezpečných látok umiestnený napríklad v husto osídlenom území predstavovať väčšie ohrozenie, ako zdroj s limitným množstvom (v zmysle Zákona č. 128/2015 Z.z.) umiestnený mimo obytného územia, preto vzniká potreba posudzovať a sledovať aj tieto podlimitné zdroje rizík.

Medzinárodná agentúra na ochranu pred požiarom (NFPA) ustanovuje systém na identifikáciu nebezpečenstva spojený s materiálmi so zohľadnením 4 oblastí – zdravie (modrá farba), horľavosť (červená farba), reaktivita (žltá farba) a špecifické opatrenia (biela farba). Používa číslovanie stupnice od 0 do 4. Hodnota nula znamená, že materiál predstavuje v podstate žiadne nebezpečenstvo, hodnotenie štyri ukazuje extrémne nebezpečenstvo. Oblasť so špecifickými opatreniami obsahuje symboly, ktoré charakterizujú ešte inú špecifickú vlastnosť danej látky (napríklad W znamená, že na daný materiál sa nesmie dávať voda, lebo s ňou reaguje). Pole takisto môže byť prázdne, ak žiadne osobitné ohrozenia nie sú prítomné [3]. Tab. 2 popisuje nebezpečné vlastnosti amoniaku, LPG, chlóru a acetylénu cez NFPA hodnoty za normálnych podmienok.

Tab. 3 Nebezpečné vlastnosti vybraných nebezpečných látok

VNL	NFPA hodnoty (0 - 4):			
	ZDRAVIE	HORĽAVOSŤ	REAKTIVITA	ŠPECIFICKÉ OPATRENIA
amoniak	3	1	0	COR
LPG	1	4	0	-



chlór	4	0	0	-
acetylén	0	4	2	-

Z tabuľky 2 vyplýva, že chlór, amoniak a malou mierou aj LPG predstavujú nebezpečenstvo pre ľudské zdravie pre svoje charakteristické vlastnosti. Amoniak je z hľadiska horľavosti priradená hodnota 1, čiže predstavuje malé nebezpečenstvo a značka COR znamená, že je žieravý. LPG a acetylén predstavujú z hľadiska horľavosti extrémne nebezpečenstvo a acetylén má vysokú hodnotu aj z hľadiska reaktivity.

### 3. Návrh krokov posúdenia rizika pri expozícii kontaminantov

Riziko pri expozícii kontaminantov je definované ako pravdepodobnosť výskytu násobené nepriaznivým účinkom. Kontakt kontaminantov s vonkajšou hranicou organizmu sa označuje ako expozícia. Spôsob, akým sa kontaminant dostáva do organizmu sa nazýva expozičná cesta, tá môže byť inhalačná, orálna alebo dermálna. Príjem (dávka) je množstvo kontaminantov, ktoré prijal organizmus [5].

Kontaminanty sú z hľadiska svojho účinku na organizmus rozdelené do dvoch základných skupín:

1. Kontaminanty s nekarcinogénnym účinkom, u ktorých sa negatívne účinky prejavajú až pri určitej prahovej koncentrácii. Riziko sa vypočíta [5]:

$$HI = CDI / RfD \quad (1)$$

Kde:

HI – rizikový index [-],

CDI - chronická denná dávka [ $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{deň}^{-1}$ ],

RfD – referenčná dávka [ $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{deň}^{-1}$ ].

2. Kontaminanty s karcinogénnym účinkom, u ktorých sa škodlivé účinky prejavujú už i pri nízkych dávkach a nie je u nich definovaná prahová hodnota. Riziko sa vypočíta [4]:

$$\text{Riziko} = CDI \times SF \quad (2)$$

Kde:

SF – faktor smernice [ $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{deň}^{-1}$ ]<sup>-1</sup>.

Kroky posúdenia rizika pri expozícii kontaminantov sú nasledovné [4]:

1. Určenie chemických a toxikologických vlastností látok a rozsahu a miery kontaminácie.
2. Určenie vzťahu dávka – odpoveď popisujúci druhy škodlivých zdravotných účinkov a kvantitatívny vzťah medzi dávkou a škodlivým účinkom.
3. Vyhodnotenie expozície zahrňujúce zdroje kontaminantov, ich expozičné cesty a množstvá a dobu trvania do expozície.
4. Odhad rizika.



5. Stanovenie maximálnej prijateľnej koncentrácie.
6. Prijatie opatrení.

### Záver

Potreba riešenia prevencie závažných havárií u podlimitných zdrojov rizík je veľmi dôležitá. Posudzovanie rizík predstavuje jeden z krokov celkového riadenia rizík, kde výsledky hodnotenia rizík predstavujú dôležité informácie pre návrh opatrení na znižovanie rizík, prípravu havarijného plánu a pod. Pred územným plánovaním môže prevedenie posudzovania rizík významne prispieť k prevencii závažných havárií pred samotnou výstavbou objektu. Posudzovanie podlimitných rizík je vhodné vykonať ako v prípravnej fáze výstavby nového zariadenia, tak pri vyšetrovaní závažnej havárie. Predchádza sa tak opakovaniu havárie, alebo vo fáze prevádzky zariadenia, kde posudzovanie rizík prispieva k lepšej informovanosti o zdrojoch rizika, dôsledkoch havárie a ohrozených cieľových skupinách.

### Zaradenie príspevku

Príspevok bol vypracovaný v rámci projektu APVV-19-0367 „Rámec Integrovaného prístupu riadenia procesnej bezpečnosti pre Inteligentný podnik“.

### Literatúra

- [1] Zákon č. 128/2015 Z. z. Zákon o prevencii závažných priemyselných havárií a o zmene a doplnení niektorých zákonov
- [2] Pačaiová, H. a kol.: Metódy posudzovania rizík v rozhodovacích procesoch, BEKI design, 2016, ISSN 978-80-553-3033-4.
- [3] <http://chemlabs.uoregon.edu/Safety/NFPA.html>: [cit 2024-09-15]. Dostupné na internete: <<http://chemlabs.uoregon.edu/>>.
- [4] Lagrega, M.D. - Buckingham, P.L., Evans, J.C.: Hazardous Waste, McGraw Hill Inc. 1994. 1146p
- [5] Šraček, O. – Datel, J. – MLS, J.: Kontaminační hydrogeologie. 1. vyd. Praha, Univerzita Karlova Nakladatelství Karolinum, 2000. 210 p. ISBN 80-246-0117-6.

### Korešpondenčná adresa

1. Ing. Zuzana Kotianová, PhD., MBA: Technická univerzita v Košiciach, Strojnícka fakulta, Katedra bezpečnosti a kvality produkcie, Letná 9, 042 00 Košice, Slovenská Republika, Tel: +421 55 602 2515, email: zuzana.kotianova@tuke.sk



# VPLYV PRÍTOMNOSTI VZDUCHU A JEHO POHYBU NA REZISTIVITU PRACHOVÝCH VZORIEK

## THE INFLUENCE OF THE PRESENCE AND MOVEMENT OF AIR ON THE RESISTIVITY OF DUST SAMPLES

KURACINA R. & SZABOVÁ Z. & KOSÁR L. & BURANSKÁ E.

### **Abstrakt:**

*Rezistivita je jednou z požiarnych charakteristík prachových vzoriek. Hodnota rezistivity môže mať vo výsledku vplyv na pravdepodobnosť vzniku iskry statickej elektriny. Iskra môže v praxi spôsobiť vznik požiaru či výbuchu. Vzorky prachu môžu byť vodivé a nevodivé podľa normy EN ISO/IEC 80079:20. Či je prach vodivý alebo nevodivý sa určí podľa hodnoty rezistivity 1000  $\Omega$ .m. Bežne však dosahujú vzorky prachu rezistivitu do niekoľkých desiatok T $\Omega$ . Prítomnosť a pohyb vzduchu môže vplývať na výsledok merania pri vysokých hodnotách rezistivity. Článok sa zaoberá porovnaním podmienok pri meraní rezistivity prachových vzoriek v otvorenom, uzatvorenom a evakuovanom priestore.*

### **Abstract:**

*Resistivity is one of the fire characteristics of dust samples. As a result, the resistivity value can have an effect on the probability of a static electricity spark. In practice, a spark can cause a fire or explosion. Dust samples can be conductive and non-conductive according to EN ISO/IEC 80079:20. Whether the dust is conductive or non-conductive is determined by the resistivity value of 1000  $\Omega$ .m. However, dust samples usually reach a resistivity of several tens of T $\Omega$ . The presence and movement of air can affect the measurement result at high resistivity values. The article deals with the comparison of the conditions for measuring the resistivity of dust samples in an open, closed and evacuated space.*

### **Kľúčové slová:**

*rezistivita, prach, vákuum, vzduch*

### **Key words:**

*resistivity, dust, vacuum, air*

### **Úvod**

Pri manipulácii s prachmi v priemysle je dôležitá aj charakterizácia ich elektrických vlastností. Akumulácia elektrostatického náboja je často žiadanou súčasťou priemyselných procesov, napr. pri elektrostatickej separácii. Napriek tejto výhode je však akumulácia elektrostatického náboja a jeho následné vybitie vo forme elektrostatickej iskry nežiadúcim dejom, ktorý môže veľmi často končiť požiarom či výbuchom, teda nehodou či haváriou. Takto môže prísť k veľkému ohrozeniu nielen materiálnych či environmentálnych hodnôt, ale aj ohrozeniu ľudského zdravia či života. Riziko vzniku elektrostatickej iskry je preto často obávaným dejom pri rastúcom používaní práškových materiálov. [1]



Je všeobecne známe, že odpor prachu presahujúci  $10^{11}\Omega\cdot\text{cm}$  vedie k tvorbe spätnej koróny a k zhoršeniu generovania a zhromažďovania statickej elektriny. Okrem samotnej úpravy prachu je možné na zníženie problémov s korónovými dejmi použiť pulzné korónové systémy. [2]

Elektrické vlastnosti a mechanizmy prenosu náboja v práškových a granulovaných materiáloch s extrémne vysokými odpormi sú často skúmané teóriou aj experimentmi.

Vysoko odporové prachy vykazujú výrazne neohmické vlastnosti podobne ako polovodičové a elektretové materiály. Rezistivita prachových vrstiev vykazuje extrémne silné časové efekty a je silne závislá od hrúbky prachovej vrstvy, prúdovej hustoty a tiež od experimentálneho usporiadania. K prenosu prúdu dochádza vstrekaním prebytočných nábojov oboch polarít. [3]

Samotná prachová vrstva pozostáva zo súboru jednotlivých častíc s individuálnymi dielektrickými vlastnosťami spolu s plynom vyplnenými dutinami a vlhkosťou získanou z okolitého prostredia. Zabezpečuje distribúciu nahromadeného povrchového náboja do vnútorného telesa prachovej vrstvy. Rozdielne dielektrické vlastnosti pevných látok a plynu spôsobujú nerovnomernosť elektrického poľa s vyššou intenzitou poľa v kontaktných bodoch častíc. [4]

Manipulácia s prachom s vysokým odporom môže viesť k tvorbe elektrostatických iskier alebo výbojov a môže spôsobiť výbuch či horenie prachu. Závisí to samozrejme najmä od formy prášku, či je rozvírený, usadený vo vrstve a jeho množstva [5]

Predkladaný článok sa zaoberá posúdením vybraných vonkajších podmienok a ich vplyvu na výslednú hodnotu rezistivity.

### 1. Metódy

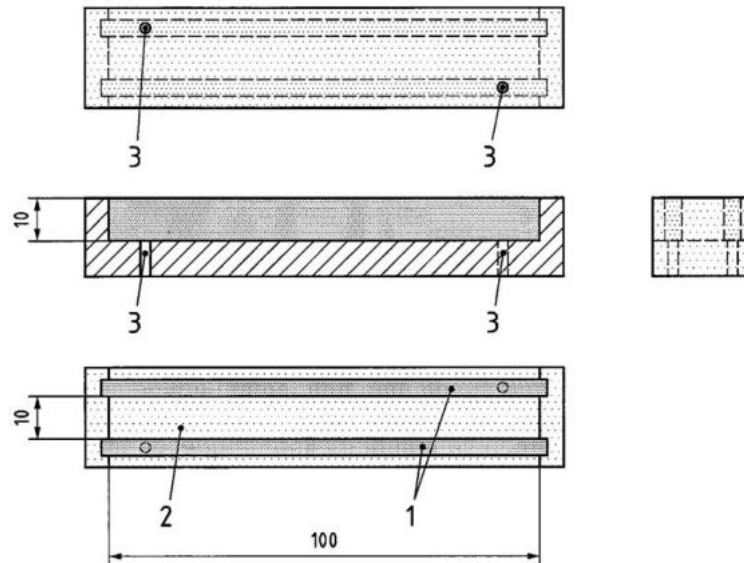
Rezistivita sa podľa normy EN ISO/IEC 80079:20 meria tzv. teraohmmetrom. Je to merač izolačného odporu, pracujúci na princípe Ohmovho zákona:

$$R = \frac{U}{I} \quad (1)$$

kde  $U$  je napätie (V) na rezistore  $R$  ( $\Omega$ ), cez ktorý preteká prúd  $I$  (A). Pri meraní tak vkladá merač na elektródy napätie 105, 200, 500 a 1000 V. Pri tomto napätí preteká cez meranú vzorku prúd a výsledná rezistivita je výsledkom výpočtu podľa Ohmovho zákona.

Rezistivita prachovej vzorky sa meria v meracej komôrke s dvomi nerezovými elektródami, Obr. 1, 2. Do nej sa vkladá konštantný objem vzorky a meria sa rezistivita medzi obidvomi elektródami. Komôrka pozostáva z dvoch leštených nerezových tyčí štvorcového prierezu s výškou 10 mm a dĺžkou 100 mm. Vzdialenosť medzi elektródami je 10 mm. Elektródy sú uložené v nevodivom podstavci vyrobenom z „prírodného“ teflónu. Hrúbka elektród je 10 mm. Rezistivita medzi elektródami je viac ako 90 T $\Omega$ . [6]





Obr. 1 Meracia komôrka podľa normy EN ISO/IEC 80079-20-2 standard [6]

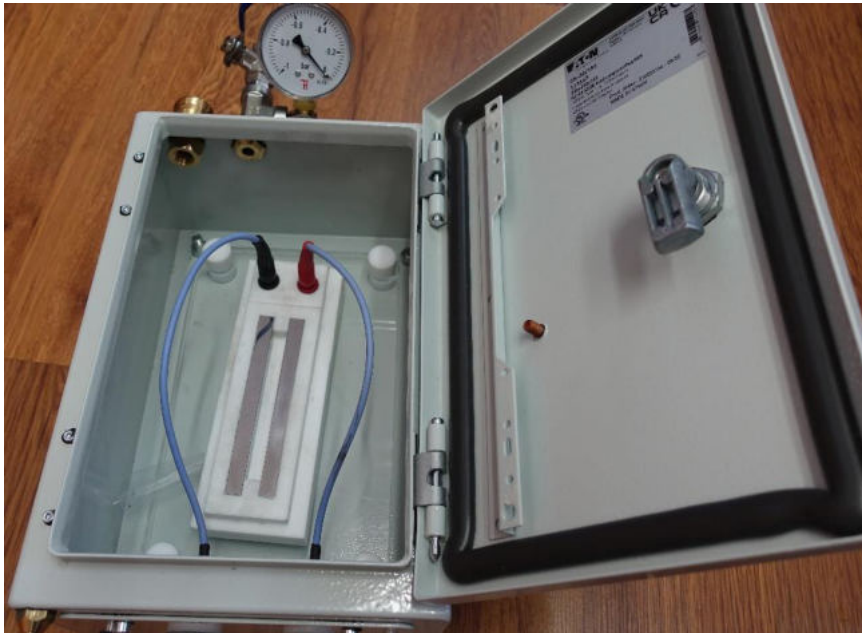
Elektrody sú pripojené k meraču a meranie prebiehalo pri napätiach 105 V, 200 V, 500 V a 1000 V.



Obr. 2 Teraohmmeter s meracou komôrkou

Pretože teraohmmeter pracuje na princípe merania napätia a prechádzajúceho prúdu vzorkou, pri vysokých hodnotách rezistivity pretekajú vzorkou veľmi malé hodnoty prúdu ( $10^{-12}$  A). Pri takýchto nízkych hodnotách prúdu môžu mať na meranie vplyv aj najmenšie rušivé efekty. Preto sme sa v článku zamerali na sledovanie vplyvu prítomnosti a prúdenia vzduchu na pretekajúci prúd, teda aj na rezistivitu.

Meranie preto prebehlo v otvorenom priestore, v otvorenej a uzatvorenej kovovej skrinke za bežného tlaku vzduchu, pri podtlaku – 0,2 bar g (0,8 bar a) a pri podtlaku -0,6 bar g (0,4 bar a). Skrinku (Obrázok 3) tvorí bežná elektroinštalačná kovová krabica, do ktorej sú vzduchotesne privedené dva meracie vodiče a podtlak je vytváraný membránovou výševou. Hodnota podtlaku sa sleduje na analógovom vákuometri.



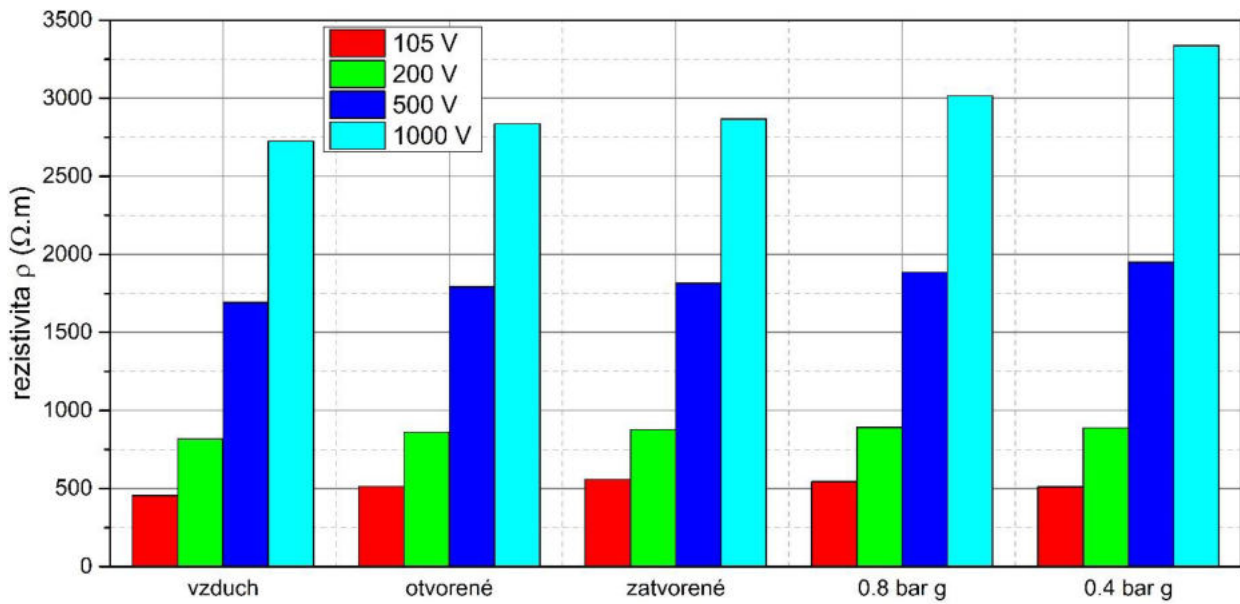
Obr. 3 Meracia skrinka na meranie rezistivity

## 2. Výsledky a diskusia

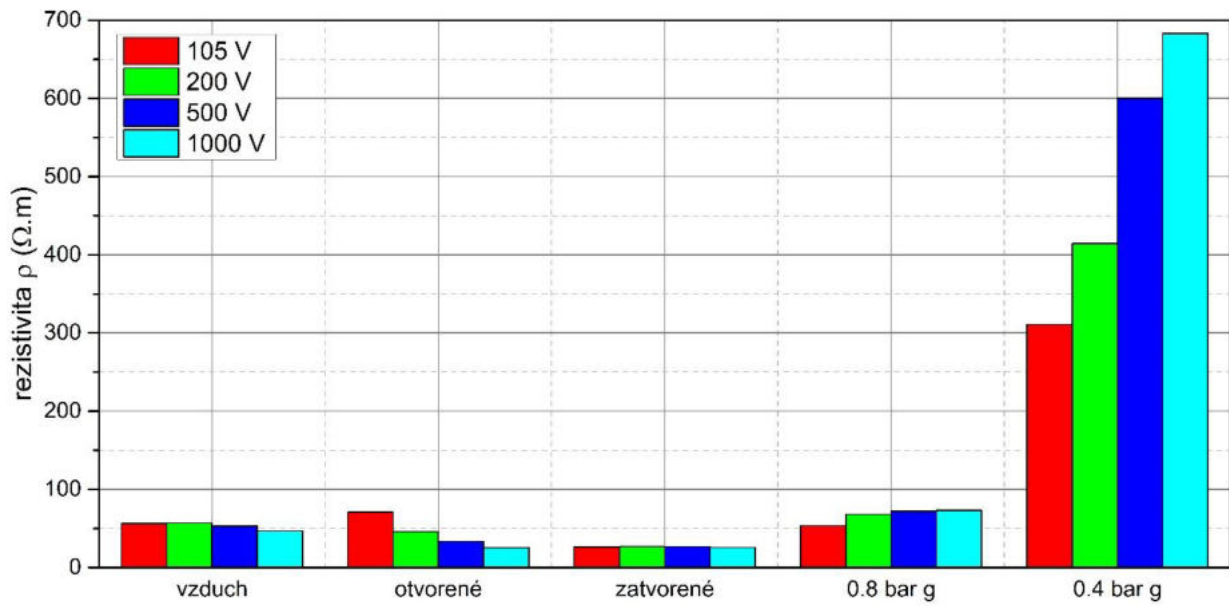
V tabuľke 1 sú uvedené namerané hodnoty rezistivity vybraných prachových vzoriek za rôznych podmienok.

Tab. 1 Rezistivita vzoriek pri rôznych podmienkach v G $\Omega$ .m

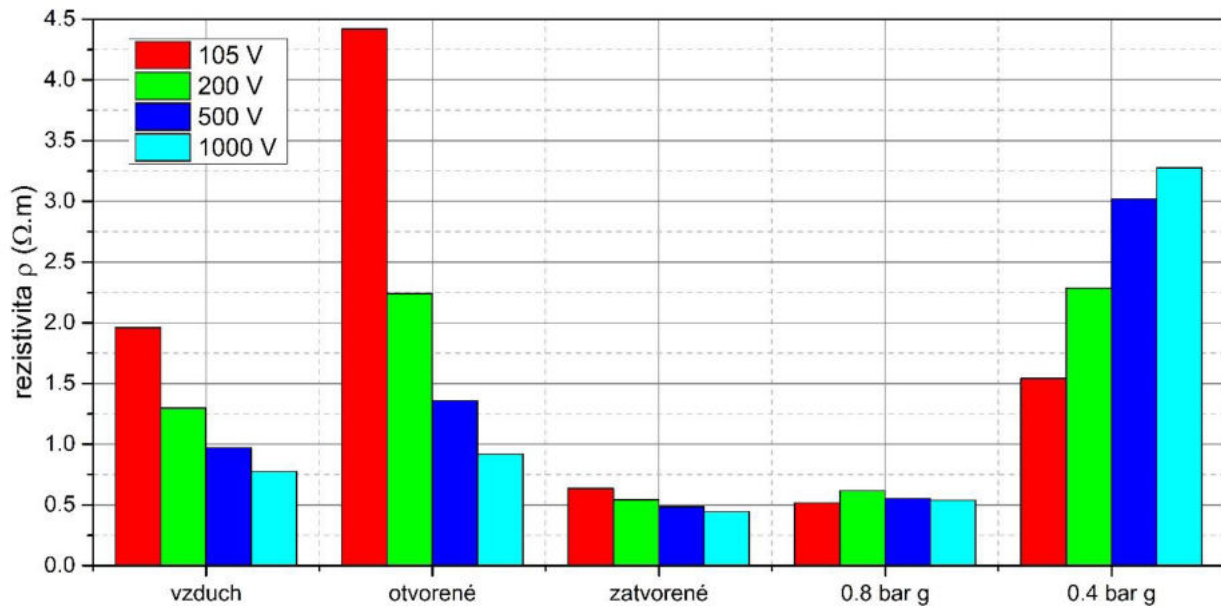
	105 V	200 V	500 V	1000 V
<i>na vzduchu</i>				
vzorka 1	454,7	816,9	1692	2725
vzorka 2	56,18	56,89	53,07	46,76
vzorka 3	1,96	1,296	0,971	0,776
<i>v otvorenom priestore</i>				
vzorka 1	513,2	859,7	1792	2836
vzorka 2	70,62	45,87	33,53	25,20
vzorka 3	4,418	2,241	1,358	0,918
<i>v uzatvorenom priestore, tlak 1 bar a</i>				
vzorka 1	558,0	877,8	1816	2866
vzorka 2	26,38	26,89	26,72	25,40
vzorka 3	0,635	0,542	0,484	0,444
<i>v uzatvorenom priestore, tlak 0,8 bar a</i>				
vzorka 1	543,0	891,6	1885	3015
vzorka 2	53,60	68,13	71,98	72,79
vzorka 3	0,517	0,617	0,551	0,537
<i>v uzatvorenom priestore, tlak 0,4 bar a</i>				
vzorka 1	510,9	888,1	1949	3336
vzorka 2	310,9	414,2	600,35	682,9
vzorka 3	1,541	2,285	3,019	3,277



Obr. 4 Zmeny rezistivity vzorky 1 pri rôznych podmienkach



Obr. 5 Zmeny rezistivity vzorky 2 pri rôznych podmienkach



Obr. 6 Zmeny rezistivity vzorky 3 pri rôznych podmienkach

Na základe nameraných hodnôt rezistivity je možné konštatovať, že na jej výslednú hodnotu má výrazný vplyv to, či je prítomný vzduch a či sa tento vzduch pri meraní aj víri.

Pri prvej vzorke (Obrázok 4) rezistivita po uzatvorení priestoru a znížení tlaku pri všetkých hodnotách meracieho napätia stúpa. Pri vzorke 2 (Obrázok 5) je rezistivita vzorky pri otvorenom priestore a pri tlaku blízkom atmosférickému relatívne nízka, oveľa vyššie hodnoty mala rezistivita v uzatvorenom priestore s najnižšou hodnotou absolútneho tlaku. Pri tretej vzorke (Obrázok 6) spôsobovala prítomnosť a vírenie vzduchu vyššie hodnoty rezistivity, pri zatvorení priestoru s meracou nádobkou sa rezistivita znížila, okrem najnižšej hodnoty tlaku (- 0,4 bar a), pri ktorom rezistivita zasa niekoľkonásobne vystúpila.

### 3. Záver

Meranie rezistivity je jedným z dôležitých parametrov horľavých prachov. Na základe posúdenia rezistivity prachu je možné určiť, či je vodivý alebo nevodivý. Nevodivý prach môže pri jeho pohybe v priemyselnom zariadení zapríčiniť vznik a hromadenie náboja statickej elektriny. Čím vyššia je rezistivita, tým je táto schopnosť vzniku náboja statickej elektriny vyššia.

Veľkú časť prachov tvoria vzorky, ktorých rezistivita je veľmi vysoká, na úrovni  $10^{12}$   $\Omega.m$ . Pri takto vysokej hodnote môže mať na pretekajúci prúd cez vzorku výrazný vplyv aj jemné vírenie a prítomnosť samotného vzduchu. Preto sme sa v článku zaoberali sledovaním tohto vplyvu, kde sme zistili, že pri nízkom tlaku vzduchu v uzatvorenom priestore dosahujú hodnoty rezistivity vyššie hodnoty. Navyše, kolísanie nameraných hodnôt je pri uzatvorenom meracom zariadení výrazne obmedzené.

### PodĎakovanie

Táto práca bola podporovaná Agentúrou na podporu výskumu a vývoja na základe zmluvy č. APVV-21-0187.



## Literatúra

- [1] Adoum Traoré Ndama, Elysée Obame Ndong, Yves Constant Mombo Boussougou, Gaston N'Tchayi Mbourou. Measurement of Electrical Resistivity of Powder; Comparison of Three Methods, International Journal of Engineering Trends and Technology, vol. 69, no. 8, pp. 41-48, 2021. Crossref, <https://doi.org/10.14445/22315381/IJETT-V69I8P206>
- [2] Schmoch, M., Riebel, U. (2023). Different Types of Dust Resistivity. In: Németh, B. (eds) Proceedings of the 16th International Conference on Electrostatic Precipitation. ICESP 2022. Lecture Notes in Electrical Engineering, vol 1052. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-031-34526-5\\_6](https://doi.org/10.1007/978-3-031-34526-5_6)
- [3] Yury Aleksin, Alpesh Vora, Ulrich Riebel, A new understanding of electric conduction in highly resistive dusts and bulk powders, Powder Technology, Volume 294, 2016, Pages 353-364, ISSN 0032-5910, <https://doi.org/10.1016/j.powtec.2016.02.031>.
- [4] M. Ghadiri, C.M. Martin, J.E.P. Morgan, R. Clift, An electromechanical valve for solids, Powder Technology, Volume 73, Issue 1, 1992, Pages 21-35, ISSN 0032-5910, [https://doi.org/10.1016/0032-5910\(92\)87003-S](https://doi.org/10.1016/0032-5910(92)87003-S).
- [5] M. Majid, H. Wiggers, and P. Walzel. Dust Resistivity Measurement and Onset of Back Corona in Electrostatic Precipitators. International Journal of Plasma Environmental Science & Technology, Vol.5, No.2, September 2011
- [6] EN ISO/IEC 80079-20-2, Explosive atmospheres. Part 20-2: Material characteristics. Combustible dusts test methods

## Korešpondenčná adresa

1. doc. Ing. Richard Kuracina, Ph.D.: Slovenská technická univerzita v Bratislave, Materiálovotechnologická fakulta so sídlom v Trnave, Ústav integrovanej bezpečnosti, Ulica Jána Bottu 2781/25, 917 24 Trnava, Slovenská republika, Tel: + 421 906 068 510, email: richard.kuracina@stuba.sk
2. Ing. Zuzana Szabová, PhD.: Slovenská technická univerzita v Bratislave, Materiálovotechnologická fakulta so sídlom v Trnave, Ústav integrovanej bezpečnosti, Ulica Jána Bottu 2781/25, 917 24 Trnava, Slovenská republika, Tel: + 421 906 068 510, email: zuzana.szabova@stuba.sk
3. Ing. Eva Buranská, PhD.: Slovenská technická univerzita v Bratislave, Materiálovotechnologická fakulta so sídlom v Trnave, Ústav integrovanej bezpečnosti, Ulica Jána Bottu 2781/25, 917 24 Trnava, Slovenská republika, Tel: + 421 906 068 512, email: eva.buranska@stuba.sk
4. Ing. László Kosár: Slovenská technická univerzita v Bratislave, Materiálovotechnologická fakulta so sídlom v Trnave, Ústav integrovanej bezpečnosti, Ulica Jána Bottu 2781/25, 917 24 Trnava, Slovenská republika, Tel: + 421 906 068 502, email: laszlo.kosar@stuba.sk



# RIZIKÁ VYPLÝVAJÚCE Z NEŠTANDARDNÝCH PREVÁDZKOVÝCH STAVOV RISKS ARISING FROM NON-STANDARD OPERATING CONDITIONS

LAMANCOVÁ, D.

## **Abstrakt:**

*Podniky musia čeliť nečakaným udalostiam, alebo sérii udalostí, ktoré môžu spôsobiť straty vo výrobe, poškodenie zariadení, životného prostredia, reputácie spoločnosti, alebo dokonca ohroziť zdravie, alebo životy zamestnancov. Medzi takéto udalosti s možnými významnými dopadmi patria aj závažné priemyselné havárie. Rozsah a riziká vyplývajúce z týchto udalostí závisia od schopnosti podnikov úspešne identifikovať, hodnotiť a riadiť riziká, a od reakcie na už vzniknuté nežiadúce udalosti.*

## **Abstract:**

*Businesses have to face unexpected events, or a series of events, that can cause loss of production, damage to equipment, the environment, the company's reputation, or even endanger the health or lives of employees. Such events with potentially significant impacts include major industrial accidents. The magnitude and risks arising from these events depend on the ability of companies to successfully identify, assess and manage risks, and to respond to adverse events that have already occurred.*

## **Kľúčové slová:**

*Závažné priemyselné havárie, podnik, riziká*

## **Key words:**

*Serious industrial accidents, enterprise, risks*

## **Úvod**

Každý podnik sa občas dostane do situácie, keď musí čeliť nečakanej udalosti alebo sérii udalostí, ktoré môžu spôsobiť straty vo výrobe, poškodenie zariadení, životného prostredia, reputácie spoločnosti alebo dokonca ohroziť zdravie alebo životy zamestnancov. Medzi takéto udalosti s možnými významnými dopadmi sa radia aj závažné priemyselné havárie [2], (ďalej len ZPH). Rozsah a riziká vyplývajúce z týchto udalostí závisia od schopnosti podnikov úspešne identifikovať, hodnotiť a riadiť riziká, a od reakcie na už vzniknuté nežiadúce udalosti.

## **1. Hodnotenie nebezpečenstiev a rizík**

Spoločnosť Slovnaft využíva rôzne metódy na hodnotenie nebezpečenstiev a rizík s cieľom znížiť pravdepodobnosť týchto nežiadúcich udalostí. Jednou z týchto metód je HAZOP (Hazard and





Operability Study), kvalitatívny prístup, ktorý sa zameriava na hodnotenie rizík s cieľom identifikovať potenciálne chyby v zariadeniach alebo procesoch. Tento prístup spočíva v hľadaní možných odchýlok od štandardných prevádzkových stavov, príčin a dôsledkov, pričom sa navrhujú opatrenia na zabránenie vzniku alebo zmiernenie dopadu udalosti. Na základe analýzy HAZOP sa vytvára LOPA (Layer of Protection Analysis) analýza, ktorá posudzuje všetky ochranné vrstvy na základe vopred definovanej akceptovateľného miery rizika. Táto analýza hodnotí, či sú ochranné vrstvy dostatočné na zníženie rizika na akceptovateľnú úroveň. Ak nie, navrhuje sa zavedenie dodatočných bariér. Súčasne sa do analýzy LOPA zapája metóda SIL (Safety Integrity Level), ktorá vedie k výpočtu frekvencie udalosti po znížení ochrannými vrstvami [3]. Pokiaľ ide o dokumentáciu, Slovnaft ako podnik kategórie B má vypracovanú Bezpečnostnú správu, ktorá predstavuje komplexnú charakteristiku podniku kategórie B podľa zákona č. 128/2015 Z.z. a opisuje nebezpečenstvá a riziká v podniku, opatrenia na ich vylúčenie alebo zníženie. Okrem toho má vypracovaný aj Vnútroštruktúrnym havarijným plán, ktorý stanovuje postupy na riadenie a koordináciu činností s cieľom minimalizovať prejavy ZPH a obmedziť ich negatívne dopady.

### 1.2. Taktické a previerkové cvičenia

V zmysle Vyhlášky 611/2006 Z.z. MV SR o hasičských jednotkách sa vykonávajú taktické a previerkové cvičenia s cieľom prehlbovať schopnosti veliteľov zásahu pri riadení síl a nasadzovaní hasičskej techniky a vecných prostriedkov pri zásahu. Úlohou taktického cvičenia je preverenie správnych postupov na:

- Prehĺbenie vedomostí o výrobnom zariadení pri odstraňovaní nežiadúcich udalostí,
- Zdokonaľovanie súčinnosti pracovníkov zmeny výrobnej jednotky a protipožiarnej hliadky so ZHÚ,
- Preskúšanie pohotovosti a potrebných profesionálnych schopností vedúcich pracovníkov v prípade vzniku nežiadúcej udalosti,
- Overenie znalostí pracovníkov obsluhy z požiaro-poplachových smerníc,
- Komplexný protihavarijný výcvik,
- Spôsob riadenia evakuácie a výber vhodného miesta na zhromaždenie.

Previerkové cvičenie slúži na preverenie pripravenosti a overenie funkčnosti systému. Úlohou previerkového cvičenia je preverenie pripravenosti hasičskej jednotky na zdolávanie:

- Prehĺbenie vedomostí o výrobnom zariadení pri odstraňovaní nežiadúcich udalostí,
- Overenie vykonávania úloh protipožiarnej hliadky pracoviska pri vzniku nežiadúcej udalosti,
- Zdokonalenie súčinnosti pracovníkov zmeny výrobnej jednotky a protipožiarnej hliadky so ZHÚ,
- Preskúšanie pohotovosti a potrebných profesionálnych schopností vedúcich pracovníkov v prípade vzniku nežiadúcich udalostí,
- Overenie znalostí pracovníkov obsluhy z požiaro-poplachových smerníc,
- Komplexný protihavarijný výcvik [1].

Účelom previerkového cvičenia nie je dopredu oznámiť termín a čas vykonania cvičenia.

Keď nastane samotná udalosť, sú pre tento prípad stanovené zásady plánu vyrozumenia a zvolania, ktoré sú rozdelené do štyroch úrovní udalostí:

- I. **Úroveň** – Nežiadúca udalosť, ktorá vyžaduje aktivovanie systému vyrozumenia a je zvládnuteľná personálom výrobnej jednotky a hasičskou jednotkou.



- II. **Úroveň** – Nežiadúca udalosť, ktorá môže presahovať hranice jednej výrobnéj jednotky a viesť k zvolaniu operatívneho štábu (OŠ) prevádzky, na základe vyhodnotenia situácie veliteľom zásahu. OŠ tvoria zástupcovia jednotlivých útvarov:
- Vedúci prevádzky
  - HSE
  - Ochrana a Obrana
  - Technik (TPO, BOZP)
- III. **Úroveň** – Nežiadúca udalosť presahujúca limit nasadených síl. Pokyn na zvolanie Havarijnej komisie (HK) Riaditeľom určeným podľa charakteru udalosti (zároveň predseda HK) prostredníctvom operatívneho riadenia výroby (dispečing výroby). Predseda a členovia HK sú zvolaní do miestnosti Centra riadenia nežiadúcich udalostí (alebo EOC), kde sú vytvorené podmienky na proces efektívneho vyhodnotenia situácie, následne stanovených rozhodnutí vďaka technickej vybavenosti priestorov EUC zabezpečujúcim aktuálny tok informácií z diania pri likvidácii nežiadúcej udalosti. Podľa charakteru udalosti môže byť zriadená komisia pre evakuáciu, pre povodňové situácie, pre snehovú kalamitu, vodohospodárska komisia, ako aj komisia na riešenie hrozby terorizmu a vnútorných či vonkajších bezpečnostných hrozieb. Členovia komisie môžu byť povolaní do EOC, odkiaľ zabezpečujú prenos informácií, monitorovanie situácie a rozhodovacie procesy.
- IV. **Úroveň** – vrcholový orgán pre riešenie nežiadúcej udalosti spojenej s úmrtím, negatívnymi prejavmi nežiadúcej udalosti za hranice areálu SN alebo ohrozenie z vonkajšieho prostredia s dopadom na ekonomickú funkčnosť a stabilitu podniku. Krízový manažment zvoláva útvar operatívneho riadenia výroby (dispečing výroby) na pokyn Výkonného riaditeľa, alebo na podnet každého jedného člena krízového manažmentu.

### Záver

Pri riadení činností v prípade nežiadúcich udalostí sa využíva aj nástroj riadenia nežiadúcej udalosti a efektívnej komunikácie známy ako Incident Command System, ktorý pozostáva z operatívnej, taktickej a strategickej časti. Je aktivovaný pod vedením veliteľa zásahu na vertikálnej a horizontálnej úrovni a zapája do akcie potrebné zložky na všetkých úrovniach pri riešení udalosti. Jednou z hlavných výhod pri zvládaní neštandardných situácií sú výpočtové techniky dopadov/dosahov na VÚRUPE, ktoré dokážu v priebehu 5-10 minút poskytnúť tepelné, tlakové a toxické rozptyly pre rôzne scenáre. Tieto informácie výrazne prispeli k efektívnemu zvládnutiu rôznych neštandardných situácií.

### Literatúra

- [1] Vyhláška č. 611/2006 Z. z. o hasičských jednotkách.
- [2] Zákon č. 128/2015 Z. z. o závažných priemyselných haváriách.
- [3] STN EN IEC 31010 Manažérstvo rizika, Techniky posudzovania rizík. 2021.

### Korešpondenčná adresa

1. Bc. Denisa Lamancová : SLOVNAFT, a.s., Vlčie hrdlo 1, 824 12 Bratislava, Slovenská Republika, email: denisa.lamancova@slovnaft.sk



# AKTUALIZACE PODKLADŮ PRO VYTVOŘENÍ PROTOTYPU DĚTSKÉHO RESPIRÁTORU

## UPDATING OF SUPPORTING DOCUMENTS FOR THE CREATION OF A PROTOTYPE OF A CHILD RESPIRATOR

LANGOVÁ, R. & KLOUDA, K. & TILHOŇ, J.

### **Abstrakt:**

*Pro ochranu dýchacích cest dětí nejsou v současné době schváleny žádné zkušební normy, dle kterých by se vyráběli nebo testovali dětské respirátory, s ohledem na potřeby dětského uživatele. V rámci výzkumu jsou proto blíže přiblíženy parametry, které je při navrhování ochranné polomasky pro děti zohlednit. Téma přibližuje navržený materiál, který je pomocí aktuálních zkušebních metod testován na dýchací odpor a záchyt aerosolů, přičemž výsledky budou uzpůsobeny dle dýchacích odporů dětí.*

### **Abstract:**

*For children's airway protection, no test standards are currently approved to produce or test child respirators, taking into account the needs of the child's user. In the framework of research, therefore, the parameters that are taken into account when designing the children's protective half-mask are closer to the approach. The topic approximates the proposed material, which is tested by the current test methods for breathing resistance and aerosols retention, with the result.*

### **Klíčové slová:**

*Dětský respirátor, testování, dýchací odpor, záchyt aerosolů, nanovláknenný materiál*

### **Key words:**

*Child respirator, testing, breathing resistance, aerosols retention, nanofiber material*

### **Úvod**

V současné době i po několika letech od pandemie koronaviru je zlepšování ochrany zdraví lidí stále více a více aktuálním tématem. Zlepšování bezpečnosti a ochrany zdraví při práci jde den od dne dopředu a při tom je potřeba nezapomínat i na ty nejmenší a nejzranitelnější, a tím jsou děti.

Téma ochrany dýchacích cest dětského uživatele je zásadním krokem, jelikož se každý rok zvyšuje počet onemocnění respiračního charakteru šířených bakteriální i virovou cestou. Také stoupá počet alergiků a astmatiků. Proto je důležité zaměřit se právě na vhodní ochranu dýchacích cest dětí – respirátory.

V rámci výzkumní práce jsou hledány a posuzovány odlišné parametry a vlastnosti, které ovlivňují dětského uživatele při používání respirátoru. Navazuje se z vitální kapacity plic na prodýchatelný odpor, který je uživatel schopný vytvořit v plicích, aby se v navržené masce neudusil a dýchání v ní mu nerobilo problémy.

Hlavním cílem bylo provést na navrženém materiálu měření a zkoušení materiálu na průnik aerosolů a tlakovou ztrátu.



Toto téma je nadále předmětem výzkumu.

## 1 SPECIFIKACE PARAMETRŮ NAVRŽENÝCH PROTOTYPŮ

Na téma návrhu prototypů byly v první fázi výzkumu zpracovány základní poznatky na téma ochrany dýchacích cest u dětí v současné době. Na základě zjišťovaných zpracovaných podkladů a zdrojů byly navrženy čtyři velikosti (A až D) pro vytvoření dětských respirátorů. Navržené velikosti byly stanoveny na základě vypočteného rozmezí vitální kapacity plic dětí rozdělených dle věkových kategorií, které byly prvně určeny.

V dalším rozsahu zkoumání způsobů vhodného návrhu nejideálnějšího variantu dětského respirátoru byly rozšířeny původně navržené velikosti masek o následující specifitější parametry, které je nutno také při navrhování zhodnotit.

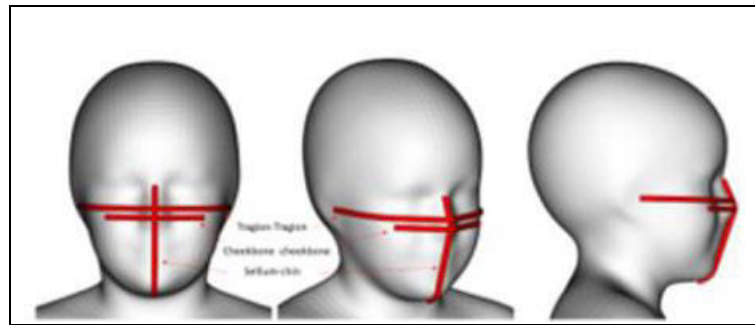
### 1.1 POPIS NÁVRHU VELIKOSTÍ VZOREK DĚTSKÝCH RESPIRÁTORŮ

Pro stanovení základních charakteristik respirátorů, pro návrh dětského respirátoru, jsou dle původně stanovených čtyřech kategorií rozpracovány jednotlivé rozměry prototypů masek, pro které slouží jako vzor technická norma ČSN CEN/TS 17553:2022, norma ISO/TS 16976-2:20015 a ČSN EN 14683+AC:2020. Normy budou sloužit nejen na přizpůsobení rozměrů pro jednotlivé dětské velikosti, ale také se inspirují použitými materiály, výrobními a zkušebními metodami, přičemž se bude dbát ohled na vitální kapacitu plic dětí, prodýchatelnost materiálu, výdechový odpor apod.

Na základě konzultací s odborníky, mezi které patří hlavně Ing. Marcela Munzarová, textilní inženýrka, podnikatelka v oboru nanotechnologií, byly rozebrány možnosti použití specifických materiálů pro výrobu řešených respirátorů. V první řadě je za potřebí zvážit inspiraci na straně již existujících norem. Jde o dvě hlavní normy, které by byly základem pro další navrhování zde uvedených velikostí. TNI SWA 17553, 80 6099: 2020 Obličejové roušky pro veřejnost – Minimální požadavky, zkušební metody a používání je technická normalizační informace, která přejímá dokument informačního charakteru, který byl vypracován v souladu s vnitřními předpisy CEN. Tato norma má i současnější vydání, které je přístupné v anglickém originálu z května 2023 a je vedeno jako předběžná česká technická norma ČSN P CEN/TS 17553, 80 6099: 2023 Textilie a textilní výrobky – Obličejové roušky pro veřejnost – Minimální požadavky, metody zkoušení a používání.

„Obličejové roušky pro veřejnost jsou také určeny pro použití dětmi. Vzhledem k širokému rozsahu morfologií, musí být rozměry obličejové roušky pro veřejnost stanoveny odborníky a musí být přizpůsobeny morfologii uživatele. Dýchatelnost musí být definována na základě dohledu nad mladým uživatelem.

Obličejová rouška pro veřejnost musí být navržena a vyrobena tak, aby splňovala požadavky určené pro používání dětmi. Rozsahy rozměrů velikosti obličejové roušky a hlavy na obrázku 4 byly použity jako návod.“ (18)



Obr. 1 Rozměry dětského obličeje a hlavy (18)

Tab. 1 Rozměry dětského obličeje a hlavy

Rozsah věku	Lící kost – lící kost	Kořen nosu – brada	Tragion – Tragion	Obvod hlavy
3-5 let	(88 až 109) mm	(93 až 127) mm	(202 až 253) mm	(477 až 549) mm
6-9 let	(94 mm až 116) mm	(105 mm až 130) mm	(220 až 279) mm	(500 až 560) mm
10-12 let	(98 až 121) mm	(114 až 133) mm	(233 až 290) mm	(515 až 570) mm
13-15 let	(104 až 132,5) mm	(123 až 135) mm	(251 až 300) mm	(525 až 580) mm

Dle výše uvedených rozměrů dětských obličejů při výrobě obličejových roušek bude inspirováno i návrhení „kopyt“, s uvedením rozměru pro čtyři skupiny velikostí dětských respirátorů (skupina A až D).

Na základě rozměrů, které jsou uvedeny v Tab.1, je níže uvedena specifikována tabulka (Tab.2) s průměrovanými hodnotami pro konkrétní velikosti.

Respirátory pro děti, podle velikostí, byly navrženy od nejmenší (A) až po největší (D) dětskou velikost dle návrhu. Jednotlivé velikosti respirátorů A až D jsou shrnuty v Tab. 2 a jejich náčrt je vidět na Obr. 2 a Obr. 3. Na základě těchto náčrtů se připraví laboratorní vzorky z vybraných materiálů schopné dalšího zkoušení vůči prodýchatelnosti a záchytu virů.

V následující tabulce (Tab. 2) jsou uvedeny rozměry šířky a délky navržených respirátorů, tzv. kopyt, přičemž se vycházelo z průměrných hodnot stanovených rozměru dětského obličeje a hlavy v Tab. 1 Rozměry dětského obličeje a hlavy.

Tab. 2 Rozměry velikostí respirátorů A-D (autor)

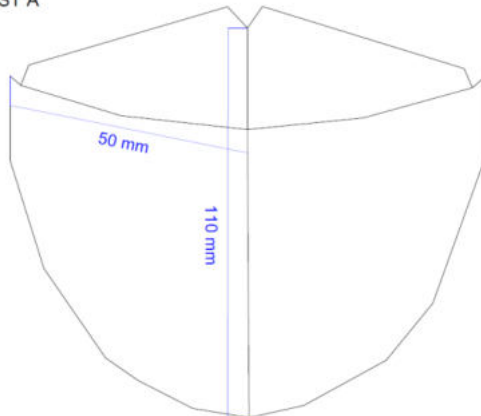
VELIKOST	ROZMĚRY RESPIRÁTORŮ	
	šířka <sup>1</sup>	délka <sup>2</sup>
A	50 mm	110 mm
B	53 mm	117 mm
C	55 mm	123 mm
D	58 mm	129 mm

<sup>1</sup> vzdálenost od lící kosti po kořen nosu

<sup>2</sup> vzdálenost od kořeně nosu po bradu

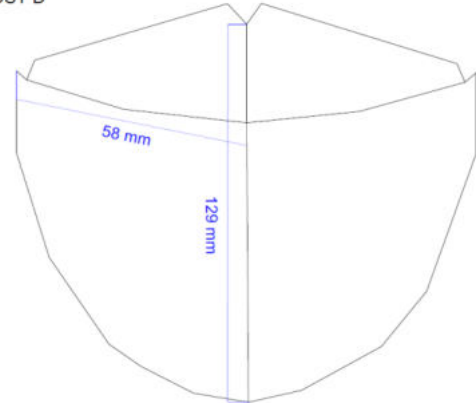


VELIKOST A



Obr. 2 Náčrt s rozměry dětského respirátoru velikosti A

VELIKOST D



Obr. 3 Náčrt s rozměry dětského respirátoru velikosti D

## 1.2 POSOUZENÍ NÁVRHU DLE VLASTNOSTI PROUDOVÉHO ODPORU

Respirátory byly navrženy podle norem, které řeší návrh respirátoru dle vitální kapacity plic. Po schůzce a konzultaci témata dizertační práce a myšlenky dále použít toto téma na navržení prototypů pro vznik normy na výrobu dětských respirátorů s Lékařskou komorou, bylo doporučeno od MUDr. Petra Konečného Ph.D. návrh dětských respirátorů propracovat a zaměřit se při navrhování na vlastnosti dýchacího odporu, a tedy prodýchatelnost materiálu.

Podrobně řešeny metody, referenční hodnoty, indikace a další vlastnosti ovlivňující návrh respirátoru pro děti řeší kniha *Funkce dýchacího ústrojí u dětí a mladistvých 1984* od autorů Zapletal Alois, Šamánek Milan a Paul Tomáš, pomocí které budou blíže rozebrány proudové odpory dýchacích cest v poloze funkční reziduální kapacity (tj. v poloze klidového výdechu), v závislosti na tělesné výšce, věku a tělesném povrchu u chlapců a děvčat.

Vykonaný průzkum a návrh, který byl původně zpracován dle vitální kapacity plic byl stanoven s ohledem na výšku a věk dětí, přičemž byly velikosti a hodnoty stanoveny pro děti od 3 do 15 let. Použité hodnoty z knihy (*Funkce dýchacího ústrojí u dětí a mladistvých 1984*) byly od 6 let a 115 cm, proto chybící hodnoty od 3-5 let byly vypočteny dle jednotlivých platných rovnic.

## 2 ZKOUŠENÍ NANOMATERIÁLŮ NA VÚBP

Pro navržení přiměřeného typu ochranné polomasky pro děti je důležité stanovení nejen vlastností, které pohlíží na fyziologii dětí a jejich potřeby, ale i případného materiálu. Takový materiál musí vyhovovat nejen na prodýchatelný odpor dýchacích cest dětí ale i dostatečný záchyt aerosolů. Pro výběr vhodného ochranného materiálu na navržení dětského respirátoru proběhla konzultace výběru materiálu s paní doc. Ing. Eva Kuželovou Košťákovou, Ph.D. z Technické univerzity v Liberci.

Na základě posouzení požadovaných parametrů a vlastností pro dětské ochranné polomasky byl poskytnutý příslušný materiál k testování.

Typ poskytnutého materiálu je elektricky zvlákněný materiál z polyvinylbutyralu (PVB). Elektrické zvláknění proběhlo jako stejnosměrné zvláknění pomocí zařízení NS 1S500U s klimatizační jednotkou NS AC150 (Nanospider™, Elmarco, CZ). Jako podkladový materiál byla použita netkaná textilie typu spunbond Pegatex 30 g/m<sup>2</sup>.





Vzorky textilného materiálu byly upraveny na kolečka (6 vzorků) o průměru 18 cm. Vzorky byly testovány na dýchací odpor a na průnik aerosolu.

### 2.1 TESTOVÁNÍ DÝCHACÍHO ODPORU

Testování dýchacího odporu materiálu proběhlo na testovacím zařízení dýchacího odporu dle ČSN EN 149+A1. (2009): Ochranné prostředky dýchacích orgánů – Filtrační polomasky k ochraně proti částicím – Požadavky, zkoušení a značení.

Tab. 3 TESTOVÁNÍ DÝCHACÍHO ODPORU (autor)

TESTOVÁNÍ DÝCHACÍHO ODPORU		
číslo vzorku	tlaková ztráta [Pa]	
	30 l/min	95 l/min
I.	96	306
II.	72	228
III.	86	262
IV.	76	242
V.	108	320

Hodnoty vzorku II. mají nejbliž k požadovaným hodnotám. Téměř splňuje normu pro třídu FFP2.

### 2.2 TESTOVÁNÍ PRŮNIKU AEROSOLU

Měření na průnik aerosolů zkoušeným materiálem byla použita metoda zkoušení dle ČSN EN 13274-7. (2020). Ochranné prostředky dýchacích orgánů – Metody zkoušení – Část 7: Stanovení průniku aerosolu filtrem proti částicím [Respiratory protective devices - Methods of test - Part 7: Determination of particle filter penetration]. Pro měření penetrace filtru se používají dva zkušební aerosoly: a) chlorid sodný b) parafinový olej. Testování vzorků proběhlo použitím obou zkušebních aerosolů. Testování na průnik aerosolu bylo provedeno na zařízení PALAS. Získané výsledky na průnik parafínu jsme porovnali s výsledkem testování na průnik NaCl. Výsledky všech vzorků budou dále vyhodnoceny a bude vybrán nejlepší hodnota vyhovující na záchyt částic aerosolu.

Tab. 4 TESTOVÁNÍ NA PRŮNIK AEROSOLU – SOLI (autor)

TESTOVÁNÍ NA PRŮNIK AEROSOLŮ (NaCl)	
číslo vzorku	[%]
IV.	0,43
V.	0,14
VI.	0,29

Nastavěná koncentrace na zařízení byla  $8 \text{ mg/m}^3$  (rozsah  $4\text{-}12 \text{ mg/m}^3$ ).



Tab. 5 TESTOVÁNÍ NA PRŮNIK AEROSOLŮ – PARAFÍNU (autor)

TESTOVÁNÍ NA PRŮNIK AEROSOLŮ (par.)	
číslo vzorku	[%]
IV.	0,62
V.	0,19
VI.	0,35

Nastavěná koncentrace na zařízení byla  $19,79 \text{ mg/m}^3$  (rozsah  $15\text{-}25 \text{ mg/m}^3$ ).

Nejlepší schopnost záchytu ze zkoušených vzorků IV. – VI. měl v obou případech testování vzorek číslo V. Tedy procento průniku nepřesáhlo u vzorku číslo V. ani dvě desetiny procenta. U testování průniku soli byla pro vzorek V. naměřena hodnota průniku aerosolu  $0,14 \%$ , což značí záchyt testovaného materiálu na  $99,86 \%$ . Rozmezí záchytu testovaných vzorků v obou případech je tedy od  $99,86 \%$  do  $99,38 \%$ .

Pro filtrační polomasky platí evropská norma EN 149+A1 Ochranné prostředky dýchacích orgánů – Filtrační polomasky k ochraně proti částicím – Požadavky, zkoušení a značení. Z hlediska účinnosti jsou respirátory rozděleny do tří tříd ochrany [7]:

FFP1 – celková účinnost ochrany  $> 78 \%$ , filtrační účinnost materiálu  $> 80 \%$  doporučené použití - proti netoxickému prachu

FFP2 – celková účinnost ochrany  $> 92 \%$ , filtrační účinnost materiálu  $> 95 \%$  doporučené použití - proti prachu s převážně dráždivým účinkem

FFP3 – celková účinnost ochrany  $> 98 \%$ , filtrační účinnost materiálu  $> 99 \%$  doporučené použití - proti toxickým částicím, virům, sporám, bakteriím [8]

Dle získaných a naměřených dat lze hodnotit, že zkoušený materiál dosahuje účinnost ochrany proti průniku aerosolů, částic a virů jako filtrační polomasky FFP2 a FFP3.

### Závěr

Dalším zkoumáním a doplňováním poznatků pro zpřesnění požadavků na vytvoření podkladů pro výrobu dětského respirátoru bylo kromě požadavku vitální kapacity plic dětí zpracován přehled požadavků na prodýchatelný odpor dýchací soustavy dětí. Dle vzoru současně využívaných norem na zkoušení a výrobu zdravotnických obličejových masek a zkoušení, výrobu ochranných prostředků dýchacích orgánů byly upřesněny rozměry navržených velikostí respirátorů (tzv. kopyt).

Kromě těchto parametrů byl po konzultaci, ve spolupráci s Technickou univerzitou v Liberci, vybrán materiál vhodný na navržené ochranné polomasky. Materiál byl zkoušen na záchyt aerosolů soli a parafínu na přístroji PALAS. Také byl materiál testován na testovacím zařízení dýchacího odporu. Tyto testy proběhly na Výzkumném ústavu bezpečnosti práce v Praze, na základě čeho bylo vyhodnoceno, že navržený, testovaný materiál vyhovuje na záchyt aerosolů a dosahuje účinnost ochrany jako filtrační polomasky FF2 a FFP3.

### Zařazení příspěvku

Příspěvek byl zpracován v rámci řešení dizertační práce autorky a projektu SGS č. SP 2024/044 Ochrana dýchacích cest na principu sorpce.



## Literatúra

- [1] Zapletal A., Šamánek M., Paul T., *Funkce dýchacího ústrojí u dětí a mladistvých*, Osveta, Martin, 1984, svazek 80, 1. vydání, 456 s.
- [2] Mao N. Nonwoven fabric filters. In: Kellie G, editor. *Advances in technical nonwovens*. Duxford: Woodhead Publishing; 2016. p. 273-310.
- [3] Sullivan GL, Delgado-Gallardo J, Watson TM, Sarp S. An investigation into the leaching of micro and nano particles and chemical pollutants from disposable face masks - linked to the COVID-19 pandemic. *Water Res.* 2021 May 15; 196:117033. doi: 10.1016/j.watres.2021.117033
- [4] Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví. (2020). *Obličejové roušky pro veřejnost – Minimální požadavky, zkušební metody a používání* (TNI CWA 17553 80 6099). Říjen 2020.
- [5] Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví. (2020). *ČSN EN 14683+AC: 2020, Zdravotnické obličejové masky – Požadavky a metody zkoušení*. Česká technická norma.
- [6] ČSN EN 13274-7. (2020). *Ochranné prostředky dýchacích orgánů – Metody zkoušení – Část 7: Stanovení průniku aerosolu filtrem proti částicím* [Respiratory protective devices - Methods of test - Part 7: Determination of particle filter penetration]. Třídící znak: 832205. Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví.
- [7] K.Škréta, *Informace o ochraně dýchadel -1. část* (2023), cit. [12.07.2024]; dostupné z: <https://www.bozpinfo.cz/informace-o-ochrane-dychadel>
- [8] MOHYLOVÁ, MUDr. Veronika, 2020. *Možnosti ochrany dýchacích cest nejen v době pandemie COVID-19*. Ostrava. Atestační práce. Lékařská fakulta Ostravské univerzity.
- [9] ČSN EN 149+A1. (2009). *Ochranné prostředky dýchacích orgánů – Filtrační polomasky k ochraně proti částicím – Požadavky, zkoušení a značení*. Třídící znak: 832225. Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví.

## Korešpondenční adresa

1. Ing. Ružena Langová: Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava, Fakulta bezpečnostního inženýrství, Katedra bezpečnosti práce a procesů, Lumírova 630/13, 700 30 Ostrava – Výškovice, Česká republika, Tel: +420 735 091 186, email: [ruzena.langova@vsb.cz](mailto:ruzena.langova@vsb.cz)
2. doc. Ing. et Ing. Karel Klouda, CSc., Ph.D., MBA: Výzkumný ústav bezpečnosti práce, v. v. i. (VÚBP, v. v. i.), Odborné pracoviště pro nanobezpečnost, Jeruzalémská 1283/9, 110 00 Praha 1 – Nové Město, Česká republika, Tel.: +420 221 015 869, e-mail: [klouda@vubp.cz](mailto:klouda@vubp.cz)



# MOŽNÁ INTERVENČNÍ OPATŘENÍ U PSYCHOSOCIÁLNÍCH RIZIK NA PRACOVÍŠTI

## POSSIBLE INTERVENTION MEASURES FOR PSYCHOSOCIAL RISKS AT WORK

LIPŠOVÁ, V.<sup>1,2</sup> & BÁTRLOVÁ, K.<sup>3</sup> & MRÁZOVÁ, K.<sup>1</sup> & MURZA, J.<sup>1</sup>

### **Abstrakt:**

Psychosociální rizika na pracovištích vyžadují pro své řešení cílený a systematický přístup. V rámci výzkumného projektu byla připravena intervenční opatření, která se zaměřují na primární, sekundární a terciární úroveň prevence tak, aby bylo možno snižovat důsledky pracovního stresu, a zároveň předcházet jeho vzniku. Cílem je na základě analýzy stavu eliminovat rizikové faktory na pracovišti, posílit psychickou odolnost zaměstnanců a nabídnout řešení pro ty, kteří již psychosociálními riziky trpí. Implementace metodiky může významně přispět ke zlepšení pracovního prostředí, snížení fluktuace a nemocnosti a zlepšení kvality poskytovaných služeb těmito pracovišti.

### **Abstract:**

Psychosocial risks at workplaces require a targeted and systematic approach for their solution. As part of the research project, intervention measures were prepared that focus on the primary, secondary and tertiary levels of prevention so that it is possible to reduce the consequences of work stress and at the same time prevent its occurrence. The goal is to eliminate risk factors in the workplace based on the analysis of the situation, strengthen the psychological resilience of employees and offer solutions for those who already suffer from psychosocial risks. The implementation of the methodology can significantly contribute to improving the working environment, reducing turnover and sickness, and improving the quality of services provided by these workplaces.

### **Klíčová slova:**

*Psychosociální rizika, intervenční opatření, duševní zdraví, pracovní podmínky*

### **Key words:**

*Psychosocial risks, intervention measures, mental health, working conditions*

## Úvod

Psychosociální rizika na pracovištích jsou komplexní problém, který vyžaduje cílený a systematický přístup. V rámci výzkumného projektu byla připravena intervenční opatření, která se zaměřují na primární, sekundární a terciární úroveň prevence tak, aby bylo možno snižovat důsledky pracovního stresu, a zároveň předcházet jeho vzniku. Výsledkem je zlepšení pracovního klimatu, zvýšení spokojenosti zaměstnanců a snížení fluktuace a nemocnosti, což přispívá k vyšší efektivitě



organizace jako celku. Postup byl ověřen na pracovištích Úřadů práce ČR, ale je použitelný i na jiných pracovištích veřejné správy, kde je přímá komunikace s veřejností klíčovou součástí pracovního výkonu. Využití metodiky v praxi může přinést významné zlepšení nejen ve vztazích na pracovišti, ale i v kvalitě poskytovaných služeb.

V současném prudce se měnícím světě práce, změně sociodemografických charakteristik pracovní populace, neustálých nových krizových situacích na evropské i světové úrovni je nutno přejít od pouhého analyzování situace v oblasti psychosociálních rizik při práci k jejímu řešení [1]. Tato řešení jsou dosud předkládána zejména pomocí příkladů dobré praxe, ovšem komplexní řešení těchto rizik na pracovišti chybí. [2,3,4,5,6,7].

Výzkumný projekt „Možnosti intervenčních opatření u zaměstnanců vystavených náročné komunikaci s klienty ve veřejné správě se zaměřením na úřady práce“ byl zaměřen na ověření funkčnosti řešení, které je postaveno na třech úrovních prevence zaměřených jednak na snižování stresorů vycházejících z pracovních charakteristik a zároveň na podporu zaměstnance a posílení jeho psychické odolnosti [8,9]. Tímto je zajištěna komplexnost celého postupu, který je zacílen zejména na zaměstnance ve veřejné správě, kteří jsou na svých pracovištích nuceni komunikovat s náročnými klienty na přepážkových pracovištích.

Výzkumný projekt, ze kterého metodika vychází, probíhal na pracovištích Úřadu práce ČR v letech 2021 – 2023. Zaměstnanci na těchto pracovištích dlouhodobě čelí psychickému tlaku, který vychází z výkonu jejich práce (vysoká odborná náročnost, neoptimální organizace, práce pod časovým tlakem, nedostatečné ohodnocení) a nutnosti komunikace s klienty, kteří jsou velmi často ve svízelné životní situaci, a tedy je můžeme považovat za náročné klienty. O náročnosti této komunikace svědčí např. počet evidovaných incidentů mezi zaměstnanci a klienty. Od roku 2017 do září 2023 došlo k více než 1400 zaznamenaným incidentům v podobě slovních výhrůzek a více než 1670 incidentů formou vulgárních slovních útoků [8,9].

## 1. Metodika

### 1.1 Analýza psychosociálních rizik

V první fázi metodického postupu je nutno nejprve analyzovat úroveň psychosociálních rizik na konkrétním pracovišti. Tato analýza se provádí prostřednictvím dotazníků, rozhovorů a pozorování na pracovišti. Tímto je možno zjistit a analyzovat konkrétní stresory a rizikové faktory, kterým zaměstnanci čelí.

V počáteční fázi analýzy potřeb je důležité se zaměřit na podrobné poznání a pochopení prostředí konkrétní organizace, které obsahuje posouzení zaměstnanců (pohlaví, věk, vzdělání, jak pečují o své zdraví, jaké mají pracovní návyky atd.) a organizace (firemní kultura, specifické problémy organizace, firemní vzdělávání). Součástí analýzy je i zmapování zdrojů (finance, lidské zdroje), které společnost může do intervence vložit.

Poté následuje příprava a výběr dotazníku. Námi použitý dotazník byl připraven s jasným cílem zjištění psychosociálních rizik s ohledem na zaměstnance ve veřejné správě a jejich nutnou komunikaci s náročnými klienty na přepážkových pracovištích. Tento dotazník umožňuje identifikaci konkrétních stresorů a dalších faktorů ovlivňujících duševní pohodu zaměstnanců. V dotazníku byly využity jak uzavřené a otevřené otázky, tak Likertova škála umožňující měřit míru souhlasu či nesouhlasu s daným tvrzením.

Dotazník je rozdělen na povinnou část, která obsahuje základní demografické údaje o respondentovi (7 otázek) a dále část mapující práci s klientem (10 otázek) a rezilienci (10 otázek). Další části dotazníku je možné mít volitelné, a to zejména z důvodu compliance respondentů a snížení časové náročnosti. Volitelné části dotazníku zahrnují oblast komunikace s nadřízeným a



týmem (9 otázek), povaha práce (8 otázek), organizace práce (9 otázek), hodnocení práce (5 otázek) a změna zaměstnání, digitalizace a neočekávané krize (4 otázky). Volitelné oblasti si mohou respondenti zvolit dle svého posouzení, od jedné volitelné oblasti až po vyplnění odpovědí na všechny oblasti.

Před samotným šířením dotazníku mezi cílovou skupinu by mělo proběhnout pilotní testování na malé skupině lidí. Cílem je zjistit, zda jsou otázky srozumitelné, zda celková doba vyplnění dotazníku není příliš vysoká a zda nejsou žádné technické či obsahové problémy.

Dotazník může být distribuován různými způsoby v závislosti na cílové skupině a pracovním prostředí. Nejvhodnější a doporučená je varianta online dotazníků (elektronická/digitální), která umožňuje optimální sběr dat. Papírové dotazníky vytvářejí nutnost jejich převádění do elektronické databáze, ale mohou být vhodnější pro situace, kdy respondenti preferují tradiční formu dotazování. Zároveň je vhodné stanovit konkrétní časový úsek pro distribuci a vyplnění dotazníků a zaměstnance odpovídajícím způsobem motivovat k jeho vyplnění.

Po ukončení sběru dotazníkových dat je potřeba výsledky analyzovat. U uzavřených otázek lze provést kvantitativní analýzu (např. procentuální rozložení odpovědí), zatímco otevřené otázky vyžadují kvalitativní přístup. Výsledky by měly být prezentovány ve formě statistik, grafů a souhrnných interpretací, které jasně ukážou hlavní zjištění.

Tato zjištění je nutno zpětně komunikovat jak zaměstnancům, tak vedení organizace. Na tato zjištění navazuje výběr intervenčních opatření. Je důležité je informovat o výsledcích a o tom, jaká opatření budou na základě jejich odpovědí přijata.

Pro analýzu psychosociálních rizik je možné využít i jiných dotazníků, kdy je ovšem nutno zohlednit získané informace z konkrétní organizace, aby bylo možno optimálně nastavit opatření. Mezi tyto dotazníky patří např. mezinárodně uznávaný COPSQQ [10].

### 1.2 Intervenční opatření

V další fázi metodiky je možno na základě zjištění z úvodní analýzy nastavit konkrétní intervenční opatření, která se zaměřují na stresory a rizikové faktory daného pracoviště. Intervenční opatření probíhají na několika úrovních – primární (eliminace rizik u zdroje), sekundární (nástroje pro zvládnutí stresových situací) a terciární intervence (podpora zaměstnanců, kteří již byli riziky postiženi).

Při vypracování plánu intervenčních opatření bereme v úvahu výsledky analýzy potřeb, zdrojů a možností dostupných intervencí a hledáme tak nejefektivnější řešení. Podobně jako při analyzování stresorů je i v této fázi velmi důležité zapojit klíčové zaměstnance. To, že se klíčoví zaměstnanci spolupodílí na tvorbě intervencí, na jejich formě i obsahu, významně přispívá k vyšší účasti na naplánovaných aktivitách a vede k požadovaným výsledkům. Participace také zlepšuje přijetí změn, které jsou často součástí zavedených opatření.

Ke vtažení klíčových zaměstnanců do tvorby návrhu opatření slouží metoda Focus group. Díky ní se vytvoří skupina zaměstnanců a profesionálů z oblasti péče o duševní zdraví. Tato skupina následně naplánuje a řídí celý proces změn, prosazuje intervence a hájí zájmy programu [22]. Protože Focus groups jsou vedeny určitým formálním způsobem, jsou zárukou strukturovanosti a pravidelnosti a zvyšují pravděpodobnost dosažení výsledků.

V této fázi se rozhodujeme o cílové skupině, na kterou intervenční opatření zaměříme, formě a obsahu intervencí. Formulujeme cíle, úkoly a předpokládané výsledky. Vypracováváme akční plán s jednotlivými iniciativami, určujeme konkrétní termíny a osoby zodpovědné za provedení [23]. V případě, že ve společnosti nejsou zaměstnanci, kteří by tímto způsobem chtěli nebo mohli pracovat, je nutné přizvat dodavatelskou společnost.





Pilotní projekt může a nemusí být součástí intervenčních opatření. Jeho výhodou jsou menší náklady a snížení rizika v případě, že jsme z různých důvodů nastavili opatření neefektivně.

### 1.2.1 Intervence na primární úrovni

Intervencí na primární úrovni máme na mysli proaktivní opatření, která vedou k redukci rizikových faktorů. Cílem je předcházet výskytu problémů v oblasti duševního zdraví. Můžeme ji rozdělit na univerzální (působící na všechny zaměstnance), selektivní (působící na vybrané náchylné jedince) a indikované (zaměřené na rizikové jedince).

Ve výchozím vědeckém projektu pro tuto metodiku byly společnými východisky navrhovaných opatření na úrovni primární prevence zejména nedostatečná digitalizace pracovních postupů, nutná fyzická přítomnost klientů při všech úkonech a neschopnost poskytování informací telefonicky. Dalším zjištěním byl jednoznačně nedostatečný počet zaměstnanců, s čímž souvisí dlouhé čekací doby pro klienty, kteří se tím stávající ještě netrpělivějšími a náročnějšími.

V rámci veřejné správy, kde zaměstnanci často čelí vysoké pracovní zátěži a náročné komunikaci s klienty, mají tato opatření klíčovou roli. Jejich cílem je vytvořit pracovní prostředí, které podporuje duševní zdraví zaměstnanců, snižuje pracovní stres a zvyšuje jejich spokojenost a výkonnost.

### 1.2.2. Intervence na sekundární úrovni

V sekundární intervenci reagujeme na vzniklý problém s cílem minimalizovat jeho následky a předejít tak ekonomickým ztrátám. Intervence na sekundární úrovni jsou intervence, které poskytují zaměstnancům strategie pro budování a posílení psychické odolnosti, podporu duševního zdraví a při vypořádávání se s riziky. V zásadě jde o posílení protektivních faktorů a omezování rizikových faktorů.

Intervence se primárně zaměřují na edukaci a přístup self care. Cílem je, aby zaměstnanci převzali za svoje zdraví odpovědnost a byli schopni a ochotni o duševní zdraví pečovat. Vzdělaný zaměstnanec, který přebírá za svoje zdraví zodpovědnost, vyžaduje a podporuje změny směrem k zdravému pracovnímu prostředí a tím přispívá k prosperitě a udržitelnosti své společnosti. Vzdělávání v oblasti budování a posílení psychické odolnosti zaměřujeme na téma chronického stresu a duševní hygienu, posilování kompetencí a dovedností v oblasti kvalitního spánku, dostatečného pohybu a sociálních kontaktů, kvalitní stravy a mimopracovních aktivit, schopnosti a dovednosti relaxovat, oddělovat pracovní a mimopracovní čas atp. Velký důraz je kladen na podporu zvyšování kontroly nad vlastním zdravím a životem a prevenci.

Pro podporu duševního zdraví a vypořádávání s riziky se edukace zaměřuje na rozšíření povědomí o duševních chorobách. Jak nemoci vznikají, jak se projevují a jaká je možnost léčby. Zaměstnanci se učí rozeznávat jednotlivé příznaky, lépe chápou souvislosti, učí se mluvit s nemocnými (rodinný příslušníci, kolegové), ví, kde mohou vyhledat profesionální pomoc a co od ní mohou očekávat. Intervence jsou zaměřené na zvyšování kompetencí v oblasti změny návyků (abusus, neschopnost dát si hranice, neschopnost si zorganizovat čas, toxické vztahy, způsoby myšlení atp.).

Intervence mohou být zaměřené obecně (zvyšování obecného povědomí o duševních poruchách a zvyšování obecných kompetencí), ale mnohem efektivnější je připravit cílené intervence pro konkrétní skupinu zaměstnanců.

Jiná témata budou zajímat a budou prospěšné mladým lidem do 30 let (například úzkost a strach, deprese, vyhoření, sebevraždy, abususe, organizace času, ADHD, práce s negativními myšlenkami), sendvičovou generaci (například péče o přestálé rodiče, demence, Alzheimerova nemoc, generační rozdíly, poruchy spánku), zaměstnancům v předdůchodovém věku (například



generační rozdíly, strach a nejistota z budoucnosti, ztráta motivace a únava), rodičům s dětmi (například jak si klást hranice, organizace času, poruchy spánku, nároky spojené s výchovou, sebepoškozování, deprese a sebevraždy mladých lidí) atd.

Formy intervencí na sekundární úrovni se přizpůsobují cílové skupině zaměstnanců. Může se jednat o přednášky, workshopy, letáky, novinové články, podcasty, tréninky atp. Při přípravě intervencí je třeba zohlednit, že zaměstnance seznamujeme s oblastí, která je ještě stále tabuizovaná a vládne v ní mnoho předsudků.

### 1.2.3. Intervence na terciální úrovni

V intervencích na terciální úrovni pracujeme s jedinci, kteří již utrpěli újmu a mají problémy s duševním zdravím. Cílem je co nejvíce přispět k překonání potíží a navrácení plné kvality života zaměstnance. Zaměstnavatel zde nesupluje odbornou lékařskou a psychoterapeutickou pomoc, přesto může zaměstnanci velmi významně pomoci. To, jakým způsobem je intervence poskytnutá (a jestli je poskytnutá) určuje kulturu společnosti a její obraz v očích zaměstnanců. Forem intervencí je celá paleta. Vyjmenujeme zde ty nejběžnější.

Psychoterapeutická intervence a psychoterapeutická podpora - jde o častou intervenci zaměstnavatele, kdy společnost poskytuje zaměstnancům možnost konzultace s odborníkem. Jde většinou o online konzultaci trvající jednu až dvě hodiny. Odborník se zaměřuje na okamžitou pomoc, překonání krize, posílení sebezáchovných mechanismů zaměstnance a případně doporučení (pomůže vyhledat) zaměstnanci následné odborné pomoci.

Úprava pracovních podmínek – pro zaměstnance, kteří procházejí duševní nemocí nebo jejími následky je velmi zásadní upravit pracovní dobu či množství a charakter práce. Častým nedorozuměním, které může mít až fatální následky je poskytnutí pracovního volna, delší dovolené na zotavenou či déle trvající pracovní neschopnosti. Tato oblast intervencí vyžaduje mimořádně citlivý přístup, který předpokládá férovou, jednoznačnou a vstřícnou komunikaci od obou zúčastněných stran.

Podpora v krizi – zaměstnancům procházejícím krizí, ať už z důvodů akutního duševního onemocnění, úmrtí v rodině, vážných zdravotních problémů rodinných příslušníků, rozvodu atp. může společnost pomoci poskytnutím finanční podpory, volna navíc, změnou organizace práce, právní pomocí atp.

Nedílnou součástí projektu intervenčních opatření je vypracování plánu udržitelnosti:

- zajištění podpory vedení organizace;
- určení finančních, personálních, časových mantinelů;
- získávání vstupů – pravidelné provádění analýz;
- stanovení vhodných indikátorů pro hodnocení;
- dokumentování informací o průběhu programu;
- vytvoření mechanismů pro identifikaci a řešení problémů.

## Závěr

Cílem intervenčních opatření je jednak snižování psychosociálních rizik vycházejících z charakteru práce a dále posílení psychické odolnosti jedince. Porozumění vlastní reakci na krizovou událost, normalizace stresové reakce a nácvik vhodných adaptačních způsobů na stres a psychickou zátěž jsou nedílnou součástí celého procesu.



V obecném návrhu postupu pro stanovení doporučení preventivních opatření na přepážkových pracovištích ve veřejné správě je nutno nejprve vybranou metodou analyzovat úroveň psychosociálních rizik na konkrétním pracovišti. Preferovanou metodou je dotazníkové šetření. Po vyhodnocení výsledků je dalším krokem vytvoření souboru doporučení. Doporučení následně navrhujeme ověřit v rámci fokusních skupin s již vybranými skupinkami pracovníků přepážkových pracovišť a získat jejich zpětnou vazbu. V rámci designu doporučení je určitě nutné myslet kromě věcné stránky i na finanční a časovou náročnost implementace.

Z dat výzkumného projektu vyplývá, že zaměstnanci, kteří měli možnost využít intervenčních nástrojů, se dokáží častěji zklidnit sami za použití relaxačních technik, využitím podpory svých přátel a rodiny a jsou ochotni častěji využít pomoc svého nadřízeného, který měl také možnost se na to odborně připravit. Zároveň tito zaměstnanci již dokáží vést dialog s klientem tak, že celková situace již nemusí vyvrcholit incidentem, ale obě strany vnímají její ukončení jako uspokojivé či pochopitelné.

V závěru je podstatné zdůraznit, že libovolné intervence pro zvyšování rezilience zaměstnanců nedokáží vykompenzovat systémové problémy způsobené externími organizačně-technickými faktory a při přesčasové práci, dlouhodobé frustraci z problematicky fungujících informačních systémů a absenci některých technicko-organizačních opatření pro zvýšení bezpečnosti pracovníků nemohou být dostatečně účinné.

### Zařazení příspěvku



„Metodika je výsledkem řešení výzkumného projektu (Možnosti intervenčních opatření u zaměstnanců vystavených náročné komunikaci s klienty ve veřejné správě se zaměřením na úřady práce) řešeného v rámci programu (institucionální podpory na dlouhodobý koncepční rozvoj výzkumné organizace na léta 2018–2022 a výzkumného úkolu 10-S4-2021-VÚBP).

### Literatura

- [1] Kloimüller, Irene. (2021). Return to work after MSD-related sick leave in the context of psychosocial risks at work: Musculoskeletal disorders and psychosocial risk factors — an introduction to the topic [online]. EU-OSHA. Dostupné z: [https://osha.europa.eu/sites/default/files/MSDs\\_Psych\\_Return\\_to\\_work.pdf](https://osha.europa.eu/sites/default/files/MSDs_Psych_Return_to_work.pdf)
- [2] Mijakoski, Dragan et al. (2022). Determinants of Burnout among Teachers: A Systematic Review of Longitudinal Studies. *International journal of environmental research and public health*, 19(9), 5776. <https://doi.org/10.3390/ijerph19095776>
- [3] Ramírez-Elvira, S., Romero-Béjar, J. L., Suleiman-Martos, N., Gómez-Urquiza, J. L., Monsalve-Reyes, C., Cañadas-De la Fuente, G. A., & Albendín-García, L. (2021). Prevalence, Risk Factors and Burnout Levels in Intensive Care Unit Nurses: A Systematic Review and Meta-Analysis. *International journal of environmental research and public health*, 18(21), 11432. <https://doi.org/10.3390/ijerph182111432>
- [4] EU-OSHA – European Agency for Safety and Health at Work, Summery – A review of good workplace practices to support individuals experiencing mental health problems, 2024, Available online at: <https://osha.europa.eu/en/publications/summary-review-good-workplace-practices-support-individuals-experiencing-mental-health-problems>



- [5] EU-OSHA – European Agency for Safety and Health at Work, Psychosocial risks and mental health, 2023. Available at: <https://osha.europa.eu/en/themes/psychosocial-risks-and-mental-health>
- [6] WHO (2022). Guidelines on mental health at work. <https://www.who.int/publications/i/item/9789240053052>
- [7] EU-OSHA – European Agency for Safety and Health at Work, OSH Pulse - Occupational safety and health in post-pandemic workplaces, 2022. Available at: <https://osha.europa.eu/en/publications/osh-pulse-occupational-safety-and-health-post-pandemic-workplaces>
- [8] Lipšová, V., Bátorlová, K. Jak chránit zaměstnance vystavené náročné komunikaci s klienty na úřadech práce – možnosti intervenčních opatření. In: BEZPEČNOST A OCHRANA ZDRAVÍ PŘI PRÁCI 2021 Recenzovaný Sborník abstraktů XXI. ročníku mezinárodní konference. 2021, s. 25-26. ISBN 978-80-7385-251-1
- [9] BÁTRLOVÁ, Kateřina; LIPŠOVÁ, Vladimíra; MRÁZOVÁ, Karolina. Intervenční opatření u zaměstnanců vystavených náročné komunikaci s klienty na úřadech práce: shrnutí projektu. Časopis výzkumu a aplikací v profesionální bezpečnosti [online]. 2023, roč. 16, č. 3-4. Dostupný z: <https://www.bozpinfo.cz/josra/intervencni-opatreni-u-zamestnancu-vystavenych-narocne-komunikaci-s-klienty-na-uradech-prace>. ISSN 1803-3687.
- [10] COPSOQ III, Guidelines and questionnaire, 2019, available at: <https://www.copsoq-network.org/licence-guidelines-and-questionnaire/>

### Korespondenční adresa

MUDr. Vladimíra Lipšová: Státní zdravotní ústav, Centrum hygieny práce a pracovního lékařství, Šrobárova 49/48, Praha 10, 100 00, Česká republika, Tel: +420 267 082 415, email: [vladimira.lipsova@szu.cz](mailto:vladimira.lipsova@szu.cz)

<sup>1</sup> Státní zdravotní ústav, Praha

<sup>2</sup> 1.LF UK a Všeobecná fakultní nemocnice, Praha

<sup>3</sup> Výzkumný ústav bezpečnosti práce, v.v.i.



# BEZ ZNALOSTÍ PRINCÍPOV A NÁSTROJOV POSUDZOVANIA RIZÍK NIE JE MOŽNÉHOVORIŤ O BEZPEČNOSTI - 2

## IT IS INAPPROPRIATE TO TALK ABOUT SAFETY WITHOUT KNOWLEDGE OF THE PRINCIPLES AND TOOLS OF RISK ASSESSMENT - 2

MAJER, I.

### **Abstrakt:**

*Zisťovanie nebezpečenstiev a ohrození, posudzovanie rizík pri práci patrí medzi základné nástroje prevencie a zlepšovania bezpečnosti, ochrany zdravia a pracovných podmienok zamestnancov. Zároveň ide o základnú povinnosť zamestnávateľov ustanovenú zákonom o BOZP. Problém s napĺňaním tejto povinnosti je hlavne v mikro a malých podnikoch, zapríčinený nízkou znalosťou zásad a postupov posudzovania rizík. Preto sa tieto podniky spoliehajú na externé služby BOZP. Aj tu sa však často stretávame len s formálnym splnením povinnosti, nerešpektujúc hlavné princípy tohto nástroja. Aké sú príčiny? Čo je možné urobiť? Množstvo rôznych príručiek a rôznych metód ponúkané verejnosti a odborníkom robia túto oblasť skôr neprehľadnou. Riešením by mohla byť určitá štandardizácia postupov posudzovania rizík*

### **Abstract:**

*Identification of hazards and hazardous situations, assessment of risks at work are considered as the basic tools for prevention and improvement of safety, health protection and working conditions of employees. At the same time, it is a basic obligation of employers established by the Health and Safety Act. The problem with implementation of this obligation is mainly in micro and small enterprises, caused by low knowledge of principles and procedures of risk assessment. Therefore, these companies rely on external OSH services. Even here, we often encounter only the formal fulfillment of duties, not respecting the main principles of this tool. What are the causes? What can be done? The number of different manuals and different methods offered to the public and professionals make this area rather confusing. A solution could be some standardization of risk assessment procedures.*

### **Kľúčové slová:**

*Posudzovanie rizík, nebezpečenstvo, ohrozenie, riziko*

### **Key words:**

*Risk assessment, hazard, hazardous situation, risk*



### Úvod

Názov tohto príspevku som zvolil identický ako pokračovanie témy, ktorú prezentovala Prof. Pačaiová na Konferencii BOZP v roku 2023. V jej vystúpení boli prezentované základné princípy posudzovania rizík, jednotlivé metódy a vhodnosť ich použitia pre špecifické oblasti posúdenia bezpečnosti činností, procesov a výrobkov. Prednáška bola určená najmä pre odborníkov na BOZP a posudzovanie rizík a poskytovala prehľad a porovnanie jednotlivých prístupov.

Môj príspevok má ambíciu ísť ešte ďalej do základných princípov a zjednodušení, aby filozofia posudzovania rizík bola prístupná a pochopiteľná každému bežnému zamestnancovi, manažérovi, technikovi, živnostníkovi, skrátka všetkým, ktorí musia svoje konanie prispôbovať v každej chvíli možným rizikám. Musia byť schopní rozlíšiť **čo** im môže ublížiť; **ako** - v akej situácii k tomu môže dôjsť a s akým následkom; **kedy** – aká je pravdepodobnosť, že sa to stane; a **kto** všetko je v ohrození. K tomu je potrebné, aby princípy a filozofia posudzovania rizík boli dostatočne jednoduché, prehľadné, aby bol každý zapojený do toho procesu a aby metódy posudzovania rizík neboli výsadou len pár špecialistov. Príspevok si kladie za cieľ zamyslieť sa aj nad chybami, ktoré sa pri bežnom posudzovaní rizík v praxi vyskytujú a navrhnúť možné riešenia.

### Najčastejšie chyby v procese posudzovania rizík

Hodnotenie procesov posudzovania rizík je dôležité z dvoch pohľadov. Na jednej strane je efektívnosť samotnej metódy - procedúry pre určenie nebezpečenstva, ohrozenia, veľkosti rizika a nápravných opatrení. Na druhej strane je spôsob akým sa proces posudzovania rizík organizuje. Spôsobom organizovania sa rozumejú zásady pre prípravu posudzovania rizík, zapojenie najvyššieho vedenia firmy, manažérov, zástupcov zamestnancov a všetkých ostatných zamestnancov. Dôležitá je aj organizácia implementácie opatrení a monitoring. Pre obe oblasti platia určité princípy. Niektoré z nich nájdeme v rôznych príručkách a odporúčaniach, iné sú obligatórne, uvedené aj v samotnom zákone o BOZP, napr.:

- vylúčenie nebezpečenstva a z neho vyplývajúceho rizika,
- uprednostňovanie kolektívnych ochranných opatrení pred individuálnymi,
- vykonávanie opatrení na odstránenie nebezpečenstiev v mieste ich vzniku,
- oboznamovať zamestnancov s existujúcim a predvídateľným nebezpečenstvom a ohrozením.... a o výsledkoch posúdenia rizík
- atď.

Stretávam sa s tým, že súčasná prax v podnikoch nenapĺňa v plnej miere tieto zásady, znižuje sa skutočný efekt prevencie, prevláda formálny prístup, riziká sa neposudzujú „na mieru,“. Nie sú ojedinelé prípady, že posúdenie rizík je vykonané „na diaľku“ podľa rôznych kontrolných zoznamov. Toto nie je problémom len u nás na Slovensku, ale v podstate vo všetkých štátoch. Európska únia na to poukazuje už roky. Už v roku 2008 vydala Európska agentúra pre BOZP publikáciu Common errors in the risk assessment process (Obecné chyby pri procese posudzovania rizík) , v rámci edície E-facts (č. 32). Podrobne komentuje jednotlivé kroky v štruktúre organizovania procesu posudzovania, aj jednotlivých krokov algoritmu. Z tohto dokumentu spomeniem len niektoré chyby:

Plánovanie posudzovania rizík:

- zamestnanci, ktorých sa riziká na pracovisku týkajú, nie sú zapájaní do posudzovania rizík,
- nie sú prizývaní odborní technickí pracovníci, alebo príslušní riadiaci pracovníci,
- posúdenie rizík vykonávajú ľudia, ktorí nepoznajú technológie a špecifiká pracovísk a zariadení.

Identifikovanie nebezpečenstiev, ohrození a ľudí, ktorých sa to týka





- nie sú brané do úvahy všetky kategórie rizík, napr. psychosociálne aspekty a pod.
- nemyslí sa na dlhodobé poškodenie zdravia
- nahliada sa len na pracovisko, bez prítomnosti zamestnancov, nepýtajú sa zamestnancov na situácie, ku ktorým môže dochádzať a na ich skúsenosti,
- striktné zameranie na kontrolne zoznamy, neriešia sa možné scenáre
- nezohľadňujú sa špecifické situácie na pracovisku – napr. údržba, opravy, havárie, úrazy,
- nezohľadňujú sa zraniteľné skupiny zamestnancov, ako aj prítomnosť cudzích osôb na pracovisku (dodávatelia, exkurzie).

### Hodnotenie, výpočet rizika

- nevhodný odhad možných dôsledkov a ich závažnosti a pravdepodobnosti vzniku,
- neschopnosť posúdiť súčasné pôsobenie viacerých nebezpečenstiev (synergický efekt),
- nejasné kritériá pre akceptovateľnosť rizika.

### Návrh preventívnych a nápravných opatrení

- Neberie sa do úvahy hierarchia prevencie (napr. odstránenie rizika pri zdroji, uprednostňovať kolektívne opatrenia, substitúcia, atď.),
- Navrhovanými opatreniami nesmú vznikáť ďalšie riziká,
- Navrhované opatrenia nie sú konzultované s príslušnými špecialistami.

### Realizácia opatrení

- Nie sú uprednostňované opatrenia s vyšším rizikom,
- Nie je zabezpečené informovanie a školenie všetkých zainteresovaných zamestnancov a riadiacich pracovníkov.

### Dokumentovanie, kontrola, a monitoring

- Nedostatočné spracovanie dokumentácie z posudzovania rizík,
- Posudzovanie rizík sa považuje za jednorazovú aktivitu,
- Nedostatočný dohľad nad účinnosťou opatrení.

Ubehlo ďalších 15 rokov a zdá sa, že väčšina týchto chýb v praxi pretrváva, dokonca niektoré prístupy v praxi sa ešte viac vzdávajú od zásad a základných princípov posudzovania rizík. Zaráža ma, že mnohí manažéri sa vyjadrujú, že nevedia presne čo u nich posúdenie rizík odhalilo (ak bolo vykonané); niektorých to ani nezaujíma a považujú to za vec „bezpečáka“, alebo dodávateľskej organizácie BTS. Podľa jedného prieskumu Žilinskej univerzity z roku 2023 medzi 500 oýtamými respondentami odpovedalo 46%, že posudzovanie rizík pre nich robí externá služba BTS. Avšak aj postupy posudzovania rizík, ktoré realizujú špecialisti a špecializované oprávnené organizácie skĺzavajú do rutiny, formálnosti a všeobecnosti, a aplikáciou programov postavených na všeobecných kontrolných zoznamoch. Väčšina identifikovaných rizík a opatrení je jednoducho prevzatá z bezpečnostných predpisov, a neakcentujú, že tie opatrenia mali byť splnené aj bez posúdenia rizík. Akosi sa vytráca hlavný zmysel tohto nástroja – odhaľovať špecifiká a situácie na pracovisku, ktoré nie sú pokryté predpismi. Mám týmto na mysli jednoduché posudzovanie pracovísk, ktoré sa prezentujú ako vhodné pre malé podniky. Každá bežná prevádzka, dielňa aj vo veľkom podniku môže však byť bázou pre hodnotenie rizík ako pre malý podnik.

Chcel by som preto pripomenúť nielen pre všetkých dotknutých pracovníkov, zamestnancov a manažérov, ale aj pre tých rutinných špecialistov BOZP základné princípy posudzovania rizík, odlišnosti od praxe, ako ich vidím ja a poskytnúť námet na zamyslenie, ako zefektívniť jednoduché posudzovanie rizík.



### Základné princípy posudzovania rizík

Na úvod je potrebné spomenúť že pojem „posudzovanie rizík“ sme tu nemali odjakživa. Ten princíp bol prijatý rekonštruovanou európskou legislatívou BOZP v roku 1989 (Rámcová smernica 89/391/EEC) a do našej legislatívy bol zakotvený v roku 1996 (zákonom o BOZP č. 330/1996 Z.z.) Predtým bola bezpečnosť práce postavená na bezpečnostných predpisoch a závažných technických normách. Filozofia novej legislatívy vychádzala z toho, že bezpečnostné predpisy nemôžu pokryť všetky reálne špecifiká na pracovisku, a preto je potrebné posudzovať nad rámec predpisov, to čo môže ohrozovať človeka pri práci a prijať preventívne a nápravné opatrenia. Vtedy sme pochopili, že vlastne bezpečnostný predpis nie je nič iné ako súbor optimálnych opatrení na všeobecne známe riziká. O bezpečnostných predpisoch sa však nediskutuje, neposudzuje sa ich vhodnosť, ale je ich nutné bezpodmienečne prijať. Veď doteraz je hlavná pozornosť inšpekcie práce zameraná predovšetkým na kontrolu správneho zavedenia a dodržiavania „príslušných právnych predpisov a ostatných predpisov na zaistenie BOZP“.

Samozrejme, základným princípom prevencie aj podľa zákona o BOZP je, okrem iného, aj „zistiť nebezpečenstvá a ohrozenia, posudzovať riziko a vypracovať písomný dokument o posúdení rizika u všetkých zamestnancov“. Zákon v tomto smere stanovuje **čo** je nutné urobiť, ale neuvádza **ako** sa to má naplniť. Sú oblasti práce, pri ktorých je právne stanovený záväzný postup posudzovania rizík – napríklad v oblasti prevencie závažných priemyselných havárií (Zákon o prevencii ZPH č. 128/2015 Z. z.), alebo pri práci vo výbušnom prostredí (Nariadenie vlády č. 393/2006 Z.z., a pre zariadenia: Nariadenie vlády č. 149/2016 Z. z.). Svoje špecifiká má aj posudzovanie rizík pri konštruovaní strojov a zariadení, ktoré sú štandardizované technickými normami (napríklad EN ISO 12100).

Postup pre bežné posúdenie rizika nie je u nás záväzne stanovený a vychádza zo základnej definície, že RIZIKO je funkciou PRAVDEPODOBNOTI a DÔSLEDKU nežiadúcej udalosti, vyjadrené vzorcom:

$$R = P \times D$$

Prípadne rozšírenej definície s ďalšími premennými. Od 90. rokov bolo u nás zverejnených množstvo príručiek a návodov pre jednoduché posudzovanie rizík, spravidla preberajúce zahraničné zdroje. Snáď najviac sa uchytila metóda s algoritmom 5. krokov (Five steps to risk assessment), ktorá je použitá vo viacerých príručkách a vychádzala z britského návodu HSE (exekutívny orgán BOZP).

1. krok: Identifikácia nebezpečenstva,
2. krok: určenie ohrozenia vyplývajúceho z nebezpečenstva a osôb, ktoré sú ohrozené,
3. krok: určenie pravdepodobnosti a dôsledku, výpočet rizika,
4. krok: posúdenie akceptovateľnosti rizika a návrh opatrení na jeho elimináciu,
5. krok: spracovanie plánu opatrení a dokumentácie, implementácia a revízia

Takýto postup je viac menej univerzálny a je úplne jedno, či je rozpracovaný do troch alebo do siedmich, či desiatich krokov. Považujem za dôležité, aby na jednej prevádzke, v jednej firme bola použitá tá istá metóda, s rovnakou stupnicou rizika a kritériami závažnosti a akceptovateľnosti. Množstvo návodov, ktoré ku nám prenikali aj v rámci pravidelných kampaní organizovaných Európskou úniou podsúvajú pre každý druh zariadenia, činností a technológie úplne rozdielne postupy. Tie samy o sebe majú zmysel, ale je nemožné používať v praxi všetky naraz a paralelne. Asi sa mnohí pamätáte na zaujímavé formuláre čeklistových metód pre posudzovanie rizík pri manipulácii s materiálom – napr.: ManTRA – Manual Tasks Risk Assessment Tool, MAC – Manual



Handling Assessment Charts, KIM – Key Indicator Method, MMH – Manual Material Handling. Je to pekná zábavka pre špecializované bádanie, ale pre bežnú prax nezmysel – nepoužiteľné.

Load is handled with both hands and symmetrically						0
Load is handled temporarily with one hand and/or asymmetrically, uneven load distribution between the two hands						2
Load is handled predominantly with one hand or unstable load centre						4
<b>Body posture<sup>1)</sup></b>						
The movement may take place in both directions. i.e. the diagrams shown can represent both start and finish of the load handling operation. If there are several diagrams in one field they are to be considered to be equal. In addition to this, twisting/lateral inclination of the trunk, the load position / gripping at a distance from the body, working with raised hands and gripping above shoulder level must be taken into consideration (Additional points).						
Start / finish	Finish / start	Rating points	Start / finish	Finish / start	Rating points	Additional points (max. 6 points) Only relevant where applicable
		0			10 <sup>1)</sup>	Occasional twisting and/or lateral inclination of the trunk identifiable +1
		3			13 <sup>1)</sup>	Frequent / constant twisting and/or lateral inclination of the trunk identifiable +3 Load centre and/or hands occasionally at a distance from the body +1
		5			15 <sup>1)</sup>	Load centre and/or hands frequently / constantly at a distance from the body +3 <sup>1)</sup> Arms raised occasionally, hands between elbow and shoulder level +0.5
		7			18 <sup>1)</sup>	Arms raised frequently / constantly, hands between elbow and shoulder level +1 Hands occasionally above shoulder height +1
		9 <sup>1)</sup>			20 <sup>1)</sup>	Hands frequently / constantly above shoulder height +2 <sup>1)</sup>
						BIP rating points + Additional points = Total

Obr. 1: Príklad checklistu metódy KIM

Ďalším príkladom je Medzinárodná asociácia pre sociálnu bezpečnosť ISSA, ktorá dala okolo roku 2010 dokopy viacero expertov z celej Európy pre spracovanie príručiek posudzovania rizík. Hojne sme boli zastúpení aj zo Slovenska a každý tím vypracoval príručku pre rôznu špecifickú oblasť (používanie strojných zariadení, hluk, chemické látky, ručná manipulácia, stavebníctvo a pod.) a výsledkom bolo, že každá príručka predstavovala iný postup a úplne odlišné škály hodnotenia rizík. Znovu nepoužiteľné pre praktické použitie na pracovisku. A na stránke NIP sú tieto príručky dokonca propagované. Podobných príkladov je veľa.

Myslím, že jedným z problémov, čo ľudí odrádza od aktívneho záujmu o posudzovanie rizík je trochu zmätočná **terminológia**. Aj keď je v zákone o BOZP jasne definované, čo je to nebezpečenstvo, čo je ohrozenie a že riziko je „pravdepodobnosť vzniku poškodenia zdravia zamestnanca pri práci a stupeň možných následkov“, tieto pojmy „terminus technicus“ nie sú v súlade s tým, ako sa tie isté slová používajú v bežnej reči. Preto stále počujeme vyjadrenia ako: „riziko porezania, riziko poškodenia chrbtice, riziko pádu z výšky...“, alebo „nebezpečenstvo výbuchu, nebezpečenstvo infekcie...“. To všetko sú pre účely posúdenia rizík „ohrozenia“. Riziko je číslo – malé, stredné veľké. Nebezpečenstvom sú, rotačné časti, manipulácia s ťažkým bremenom, práca vo výške, uholný prach, vírusy, atď. Často myslím na to, že by bolo bývalo jednoduchšie, keby bol vtedy pred rokmi zavedený len jeden pojem, napr. „ohrozenie“ a to čo nazývame nebezpečenstvom by sa volalo „zdroj ohrozenia“, a riziko by sa nazývalo „veľkosť (závažnosť) ohrozenia“. Vtedy by bol oveľa jasnejší a pochopiteľnejší vzťah medzi týmito tromi pojmami. Nie je to len problém slovenčiny. V anglickom jazyku je pojem hazard, risk a hazardous situation a tiež sa v hovorovej angličtine používajú tieto slová inak ako sú ich definície v návodoch na posudzovanie rizík, (okrem toho používajú aj ďalšie pojmy - danger, jeopardy). A podobný problém majú aj o ostatných jazykoch.

Dost slabým miestom v algoritme posudzovania rizík, ktoré spôsobuje nedorozumenia, je aj odhad pravdepodobnosti a dôsledku a následne výpočet rizika. Najčastejšie sa používa tzv. bodová metóda, kde vzťah medzi pravdepodobnosťou a dôsledkom určuje matica – tabuľka 3x3, alebo 4x4, alebo 5x4, alebo trebárs aj 10x10. Ak chceme byť ku sebe úprimní, tak ani odborne tváriaca sa matica, či už s kartézskym súčinom, alebo akoukoľvek stupnicou, nám neposkytne skutočne objektívne hodnotenie. Nikto spravidla neberie do úvahy, že pri tej istej situácii môže nastať rôzny nežiadúci dôsledok - od málo významného po závažný a ku každému treba priradiť zodpovedajúcu



pravdepodobnosť. A zakaždým je to iné číslo a potom by sa malo použiť to najväčšie. Možno to vyznie kacírsky, ale rovno priamy kvalifikovaný odhad rizika môže byť objektívnejší ako mechanické priradovanie jeho premenných...

Dôsledok Početnosť	Katastrofický I.	Kritický II.	Málo významný III.	Zanedbateľný IV.
A veľmi vysoká	1	3	7	13
B - vysoká	2	5	9	16
C - stredná	4	6	11	18
D - nízka	8	10	14	19
E - veľmi nízka	12	15	17	20

Obr. 2: Matica pre výpočet rizika

Rovnako diskutabilné je aj hodnotenie akceptovateľnosti rizika a návrh nápravných opatrení. Podľa mojich skúseností 80% navrhovaných opatrení na zníženie alebo elimináciu rizika vyplýva z bezpečnostných predpisov a sú teda obligatórne, povinné - aby boli zavedené. Ale načo sme sa potom trápili a strácali čas s predchádzajúcimi krokmi algoritmu posudzovania rizík, načo sme vymýšľali vplyv pravdepodobnosti a nežiadúceho dôsledku na výslednú veľkosť rizika a jeho akceptovateľnosť, keď navrhované opatrenie musí byť tak či tak zavedené? Možno by bolo dobré najprv urobiť to, čo sa podľa bezpečnostných predpisov tak či tak musí a potom analyzovať čo špecifické, čo nie je pokryté predpismi, môže ešte naviac spôsobiť nežiadúcu udalosť. Nechcem touto úvahou samoučelne nabúravať zažitú postupu, ale zamýšľam sa nad tým, čo by sme tým získali: Zníženie rozsahu dokumentu o posudzovaní rizík, väčšiu prehľadnosť o rizikách a lepšiu dostupnosť byť o nich informovaný. Podľa súčasnej praxe, väčšina dokumentácie z posudzovania rizík sú objemné a neprehľadné zošity, v ktorých sa nikomu nechce listovať, ťažko je ich pretaviť do školenia – oboznámenia zamestnancov, či manažérov s výsledkami posudzovania rizík a ani inšpekčné orgány nie sú často schopné vyhodnotiť ako efektívne boli riziká posúdené. V množstve zbytočných analýz sa potom strácajú tie podstatné. Pritom väčšina opatrení je len súpisom povinností vyplývajúcich tak či tak z bezpečnostných predpisov. Ak by sa počet rizík (obrození), ktoré je treba analyzovať znížil, bolo by možné venovať viac času ich efektívnej analýze, navrhnuté opatrenia a informácie pre zamestnancov by boli prehľadnejšie a efektívnejšie na implementáciu.

Na druhej strane si uvedomujem, že nie je možné zavádzať nejaké radikálne zmeny ani v terminológii, ani v algoritme posudzovania rizík, či pri vyhodnocovaní rizika. Uvedomením si podstaty a princípov posudzovania rizík by snáď bolo možné zefektívniť tento nástroj a zvýšiť jeho efekt pri prevencii a zlepšovaní BOZP. Dalo by sa to dosiahnuť určitým štandardizovaním návodu na posudzovanie rizík.

### OiRA

Jedným z nádejných počínov bolo vyvinutie nástroja OiRA pre online interaktívne hodnotenie rizík Európskou agentúrou pre bezpečnosť a ochranu zdravia pri práci. OiRA sa prezentuje ako nástroj pre mikro, malé a stredné podniky navrhnutý tak, aby bol jednoduchý na použitie a prístupný aj pre tých, ktorí nemajú odborné znalosti v oblasti BOZP. A to je trochu problém, pretože posudzovanie rizík by nemalo nahrádzať dokonalú znalosť predpisov, ktoré sa týkajú konkrétnych pracovníkov, či prevádzok. OiRA má veľkú prednosť, že navádza používateľa na systémový postup pri posudzovaní rizík a dodržiavanie základných princípov – napríklad zapájanie zamestnancov. V slovenskej verzii časti „Systém BOZP“ program vedie hodnotiteľa cez jednotlivé povinnosti podľa Zákona o BOZP, je však diskutabilné, či je to možné nazývať posudzovanie rizík. Aj v ďalších krokoch,



(identifikácia nebezpečenstiev a ohrození) je hodnotiteľ vedený cez kontrolne zoznamy, ktoré sú založené na vybraných bezpečnostných predpisoch. Otázky sú všeobecné, nepokrývajú všetky predpisy, ktoré musia byť brané do úvahy pri danej profesii, zariadení, alebo prostredí. Ak hodnotiteľ zaškrtné v kontrolnom zozname, že niektorá požiadavka nie je splnená, ponúkne mu program hodnotenie rizika – aká je pravdepodobnosť, častosť a závažnosť takej situácie. Potom mu ponúkne riešenie – opatrenie, ktoré je povinnosťou uvedenou v bezpečnostnom predpise. Znovu sa vynára otázka, načo potrebujeme hodnotiť pravdepodobnosť, častosť a závažnosť, keď splnenie toho opatrenia je povinné bez ohľadu na veľkosť rizika?

Ďalšou pochybnosťou je - aká je použiteľnosť nástroja OiRA, keď na Slovensku máme zatiaľ len 5 takých kontrolných zoznamov? V rámci celej EU je vraj vypracovaných vyše 300 kontrolných zoznamov, ale tie tiež vychádzajú z národných predpisov jednotlivých krajín a nie sú priamo použiteľné pre naše firmy. Nástroj OiRA bol v rámci EU spustený v roku 2011 a povedzme si úprimne, že nejakých 350 kontrolných zoznamoch nie je veľmi úspešná bilancia za 13 rokov a pokrýva len malé percento potrebných oblastí. Niektoré organizácie BTS na Slovensku majú podobné vlastné programy na online posudzovanie rizík už od 90. rokov a ich databázy kontrolných zoznamov sa počítajú na tisíce. Podľa už spomínaného prieskumu Žilinskej univerzity OiRA nástroj použilo 1% opýtaných.

Na každý pád budeme OiRE držať palce, aby sa stala významnejším nástrojom, ktorý bude popularizovať a štandardizovať procesy posudzovania rizík, s cieľom zlepšiť prevenciu rizík a celkovú bezpečnosť a ochranu zdravia na pracoviskách

### Záver

V tomto príspevku boli prezentované len niektoré z problémov, ktoré určitým spôsobom obmedzujú efektívne vykonávanie posudzovania rizík, najmä v malých a stredných podnikoch. Väčšina súčasných metód je založená na kontrolných zoznamoch, tie sú založené na jednotlivých ustanoveniach bezpečnostných predpisoch, čo vedie k formálnemu postupu odšktávania okienok, opomínaniu špecifik, ktoré nie sú pokryté predpismi a k nedostatočnému zapájaniu dotknutých osôb. Zamestnávateľia sa často neorientujú dostatočne v rozsiahlej dokumentácii posudzovania rizík a opatrenia sú len súpisom povinností vyplývajúcich tak či tak z bezpečnostných predpisov. Posudzovanie rizík by mal byť cesta, akou sa zvýši povedomie zamestnancov o prevencii a BOZP, zmení ich bezpečné správanie pri práci.

Jedným z riešení, ktoré tento príspevok navrhuje, je - aby boli zásady a postup pri posudzovaní rizík vhodným spôsobom štandardizované, aby tak bolo zamestnávateľom a ďalším osobám jasné, nielen to, čo je potrebné urobiť, ale aj ako to efektívne dosiahnuť. Samozrejme sa to má dotýkať jednoduchšej metódy pre malé a stredné podniky. Vo viacerých krajinách existujú určité formy právnych predpisov, zozáväzňujúce postupy posudzovania rizík (napr. Slovinsko, Chorvátsko, ale aj Veľká Británia či Austrália). V našich podmienkach sú prijaté tiež niektoré predpisy (vyhlášky) v oblasti bezpečnosti a ochrany zdravia nad rámec transponovaných Smerníc EU (napr. pri stavebných prácach, pri poľnohospodárskej práci a pod.) Vyhláška o zásadách a postupoch posudzovania rizík pri práci môže byť vhodnou podporou pre jasné pokyny ako treba posudzovať riziká, môžu byť podporou pre popularizovanie tejto oblasti, transparentnejšieho preukazovania efektívnosti a prínosu pre zlepšovanie bezpečnosti a ochrany zdravia pri práci.



## Literatúra

- [1] Zákon č. 124/2006 Z. z., Zákon o bezpečnosti a ochrane zdravia pri práci a o zmene a doplnení niektorých zákonov.
- [2] Majer I., Sinay J., Oravec M.: Posudzovanie rizík. VVUBP Bratislava 1997., Press, Praha, 2005, ISBN 80-251-0461-3.
- [3] Common errors in the risk assessment proces, E -FACTS No 32, European Agency for Safety and Health at Work, 2008
- [4] Guideline for the Key Indicator Method for assessing and designing physical workloads with respect to manual Lifting, Holding and Carrying of loads  $\geq 3$  kg KIM-LHC, Version 12.5 © BAuA/ASER/ArbMedErgo/ebus, 04.2019
- [5] <https://oira.osha.europa.eu>

## Korešpondenčná adresa

Ing. Majer Ivan, PhD.: Regionálna rozvojová agentúra Senec - Pezinok, Pražská 27, 811 04 Bratislava, Slovenská Republika, Tel: +421 905 461 750, email: [ivan.majer.kosice@gmail.com](mailto:ivan.majer.kosice@gmail.com)





# OVĚŘENÍ CHOVÁNÍ OBLAKU TĚŽKÉHO PLYNU PŘI MASÍVNÍM ÚNIKU Z PRŮMYSLOVÉHO ZÁSOBNÍKU ZA VYUŽITÍ LABORATORNÍHO EXPERIMENTU

## VERIFICATION OF THE BEHAVIOR OF THE DENSE GAS CLOUD DURING A MASSIVE LEAK FROM AN INDUSTRIAL STORAGE TANK USING A LABORATORY EXPERIMENT

MAREK, J. & SKŘEHOT, P.A. & HON. Z.

### **Abstrakt:**

*Při provozu průmyslových instalací nebo při přepravě nebezpečných chemických látek může docházet k nehodám spojených s masívními úniky. Tyto události představují vážnou hrozbu jak pro lidi, tak pro životní prostředí. Zvláště nebezpečné jsou pak situace, kdy po úniku dané látky vznikají oblaky těžkého plynu. Ty se šíří velmi rychle, přičemž mají tendenci relativně dlouho setrvávat při zemském povrchu a zatékat do nejrůznějších prohlubní. Za několik minut tak může toxický plyn zasáhnout rozsáhlé území, jak to ostatně potvrzují i závěry z provedených terénních testů Jack Rabbit z USA. Poznatky o chování těžkého plynu, jakož i znalost dějů ovlivňujících jeho rozptyl v reálných podmínkách, tak poskytují důležité informace potřebné pro efektivní zvládnutí vzniklé havárie. Klíčovým údajem je přitom dosah zraňujících koncentrací dané nebezpečné látky, který lze získat za využití simulace předpokládané havarijní situace pomocí modelovacích software (např. ALOHA). Častou otázkou ale je, nakolik jsou takto generované výsledky validní. Zkušenosti z proběhlých událostí totiž naznačují, že reálné dosahy zraňujících koncentrací jsou významně menší, než bývá predikováno. Pro potřeby havarijního plánování nicméně potřebujeme mít k dispozici data co nejpřesnější, aby bylo možné přijmout vhodná a účinná opatření pro záchranu ohrožených osob.*

*Tímto zásadním praktickým problémem se autoři tohoto příspěvku dlouhodobě zabírají. Taktéž je předmětem disertační práce s názvem „Modelování úniku chlóru za použití modelu virtuálního zdroje“, kterou řeší hlavní autor v rámci svého doktorského studia na Fakultě biomedicínského inženýrství ČVUT v Praze. Nedílnou součástí této disertační práce bylo také provedení praktického ověření předpokládaného chování oblaku těžkého plynu v zájmové lokalitě vybraného průmyslového závodu. Pro tento účel byl navržen a proveden laboratorní experiment, při kterém byl simulován havarijní únik chlóru a jeho následné šíření vysoce urbanizovaným prostředím. Experiment byl založen na použití fyzického modelu, jež byl věrnou kopií zájmové lokality ve zmenšeném měřítku, a simulantu předpokládaného emisního zdroje, tj. reálného průmyslového zásobníku.*

*V tomto příspěvku autoři seznámí účastníky konference s provedením uvedeného experimentu a s dosaženými výsledky. Nedílnou součástí bude také prezentace videozáznamu zachycujícího průběh šíření použitého stopovače.*



### **Abstract:**

*During the operation of industrial installations or the transport of dangerous chemical substances, accidents associated with massive leaks can occur. These events pose a serious threat to both people and the environment. Particularly dangerous are situations where dense gas clouds are formed after the release of the given substance. These spread very quickly, while they tend to remain at the earth's surface for a relatively long time and flow into various depressions. In a few minutes, the toxic gas can reach a large area, as confirmed by the conclusions from the field tests carried out by Jack Rabbit from the USA. Knowledge of the behavior of dense gas, as well as knowledge of events affecting its dispersion in real conditions, thus provide important information needed for effective management of the resulting accident. The key data is the range of injurious concentrations of the given dangerous substance, which can be obtained by using the simulation of the predicted emergency situation using modeling software (e.g. ALOHA). However, a frequent question is how valid the results generated in this way are. Experience from past events indicates that the real ranges of harmful concentrations are significantly smaller than is usually predicted. However, for the needs of emergency planning, we need to have the most accurate data available so that appropriate and effective measures can be taken to rescue people at risk.*

*The authors of this paper have been dealing with this fundamental practical problem for a long time. It is also the subject of a dissertation entitled "Chlorine leakage modeling using a virtual source model", which the main author is solving as part of his doctoral studies at the Faculty of Biomedical Engineering of the Czech Technical University in Prague. An integral part of this dissertation was also the practical verification of the predicted behavior of the heavy gas cloud in the location of interest of the selected industrial plant. For this purpose, a laboratory experiment was designed and carried out, during which an accidental release of chlorine and its subsequent spread through a highly urbanized environment was simulated. The experiment was based on the use of a physical model, which was a faithful copy of the site of interest on a reduced scale, and a simulant of the assumed emission source, i.e. a real industrial reservoir.*

*In this contribution, the authors will introduce the conference participants to the implementation of the mentioned experiment and the results achieved. An integral part will also be the presentation of a video recording the progress of the spread of the used tracer.*

### **Klíčová slova:**

*Laboratorní experiment; chlór; těžký plyn; počítačové modelování.*

### **Poděkování**

Tento článek byl podpořen grantem Studentské grantové soutěže ČVUT č. SGS22/205/OHK5/3T/17 s názvem "Simulace vlivu místních externalit na dosah zraňujících koncentrací těžkého plynu při chemických haváriích".

### **Literatura**

- [1] MAREK J. SKŘEHOT P.A., HON Z. Možnosti využití modelu virtuálního zdroje pro zpřesnění predikce dosahu zraňujících účinků při masívních únicích toxických plynů, Chem. Listy, 118, 491–498 (2024). – v tisku.

### **Korespondenční adresa**

1. Ing. Jakub Marek, MSc.: České vysoké učení technické v Praze, Fakulta biomedicínského inženýrství, Náměstí Sítná 3105, 272 01 Kladno 2, Česká republika, e-mail: marekj46@fbmi.cvut.cz
2. Doc. RNDr. Mgr. Petr Adolf Skřehot, Ph.D., MSc., dr.h.c.: Znalecký ústav bezpečnosti a ochrany zdraví, z.ú., Ostrovského 253/3, 150 00 Praha 5, Česká republika, e-mail: skrehot@zuboz.cz



# STANOVENIE SORPČNEJ KAPACITY CHEMICKÝCH TEXTILNÝCH SORBENTOV POUŽÍVANÝCH PRI ÚNIKU NEBEZPEČNÝCH LÁTKOK V PODNIKOKH

## DETERMINATION OF THE ABSORPTION CAPACITY OF CHEMICAL TEXTILE SORBENTS USED IN THE EVENT OF LEAKAGE OF DANGEROUS SUBSTANCES IN ENTERPRISES

MARKOVÁ, I. & KUBAS, J. & MARCINEK, M. & TUREKOVÁ, I.

### **Abstrakt:**

Článok sa zaoberá prezentáciou textilných sorbentov používaných pre účely zachytenia uniknutej nebezpečnej látky. Zároveň, prezentuje sorpčnú kapacitu. Sorpčná kapacita bola stanovená experimentálne pre vybrané polárne (voda a lieh) a nepolárne (olej a benzín) kvapaliny. Experimenty sa realizovali podľa ASTM F726-17, typ I. a EN ISO 9073-6:2004. Cieľom príspevku je experimentálne stanovenie sorpčnej kapacity chemických textilných sorpčných rohoží dvoma odlišnými spôsobmi, porovnanie získaných výsledkov s údajmi od výrobcu. Textilné sorpčné rohože majú maximálny sorpčný výkon do 60 s, následne sa hodnoty sorpčnej kapacity nemenia

### **Abstract:**

The article deals with the presentation of textile sorbents used for the purpose of capturing the leaked dangerous substance. At the same time, it presents a sorption capacity. The sorption capacity was determined experimentally for selected polar (water and alcohol) and non-polar (oil and gasoline) liquids. The experiments were carried out according to ASTM F726-17, type I. and EN ISO 9073-6:2004. The aim of the paper is to experimentally determine the sorption capacity of chemical textile sorption mats in two different ways, to compare the obtained results with the data from the manufacturer. Textile sorption mats have a maximum sorption capacity of up to 60 seconds, subsequently the values of the sorption capacity do not change

### **Kľúčové slová:**

chemická textilné sorpčná rohož, nebezpečná látka, sorpčná kapacita

### **Key words:**

chemical textile sorption mat, hazardous substance, sorption capacity

### **Úvod**

Napriek výraznému pokroku v bezpečnosti procesov stále existuje priestor na zlepšenie v otázke eliminácie výskytu potenciálnej havárie s neočakávanými následkami v zariadeniach a ľudskej populácii [5, 22, 24]. Priemyselné odvetvia sú zložité kvôli počtu prvkov/komponentov, stupňu



neistoty a vysokému stupňu interakcie medzi komponentmi [1]. Vzhľadom na to, že potenciálne riziko úniku nebezpečných látok je trvalé, vzniku kríz sa nedá vyhnúť, spoločnosti s operáciami zahŕňajúcimi vysokú úroveň rizika musia nájsť spôsoby, ako zvládnuť krízy spôsobené ich činnosťou [9, 25, 26]. Krízový manažment má preto v týchto zložitých systémoch veľký význam, pretože pomáha zmierniť dôsledky takýchto veľkých nehôd a katastrof [6]. Ako niektorí autori uvádzajú [20], je potrebné predpokladať dosah prípadnej negatívnej udalosti a následne k tomu prispôbiť adekvátny materiál, ktorý zabezpečí absorbovanie prípadnej uniknutej latky [11]. V prípade kvapalného úniku je jedným z riešení práve využitie textilných sorbentov.

Textilné sorbenty sú materiály používané v priemyselných oblastiach v prípade úniku/výronu nebezpečných látok. Pracujú na princípe príľnutia rozliatej kvapaliny k povrchu sorpčného materiálu. Vyznačujú sa schopnosťou nasiaknutia uniknutej kvapaliny v množstvách [18, 28], ktoré sú mnohonásobkami vlastnej hmotnosti. Sú vyrobené z polypropylénových (PP) mikrovlákien so špeciálnou úpravou vzhľadom na druh textilného sorbentu. Vďaka PP zloženiu sú ľahké, a aj po úplnom zmáčaní neklesnú na dno nádoby [18]. Delíme ich z hľadiska schopnosti viazať chemické látky na chemické, hydrofóbne a univerzálne. Všetky sú na báze polypropylénových (PP) mikrovlákien, Každá z týchto troch skupín má typickú farbu pre jednoduché rozoznanie sorbentu.

Hydrofóbne sorbenty, ako z názvu vyplýva, odpudzujú vodu. Sú prednostne využívané pri únikoch látok na vodnej hladine. Vďaka ich hydrofóbnosti dokážu plávať na povrchu vodnej hladiny a prednostne sorbujú uniknuté látky (pokiaľ má uniknutá látka menšiu hustotu ako voda, a teda pokrýva hladinu vody) [28]. Hydrofóbny sorbent dokáže naviazať/sorbovať nepolárne kvapaliny – oleje. Hydrofóbny sorbent neviaže vodu do svojej štruktúry a teda dokáže plávať na hladine, väčšinou sa používa ako rohož, norná stena a sorpčný had [1, 14, 15, 28].

Chemické sorbenty sú používané prevažne na sorpciu agresívnych chemických kvapalných látok, ako sú hydroxidy a koncentrované kyseliny. Chemické textilné rohože bývajú často ružovej prípadne žltej farby. Výroba chemických textilných rohoží je doplnená špeciálnou hydrofilnou úpravou polypropylénových (ďalej len PP) mikrovlákien [23]. Táto úprava ovplyvňuje ich vysokú odolnosť k agresívnym chemickým látkam. Vďaka polypropylénu sú vysoko odolné voči odreniu, čo umožňuje jednoduchú manipuláciu po skončení sorpcie [8] (Tabuľka 1).

Univerzálne sorbenty, ako už pomenovanie prezrádza, sa dajú využívať univerzálne, avšak nie sú hydrofóbne. Viažu slabé kyseliny a vodné roztoky, emulzie tukov, olejov, aj ropných látok. Univerzálnu sorpciu látok im umožňuje ich zloženie. Využívajú sa v prevádzkach, kde sa pracuje s rôznymi druhmi kvapalných látok. Univerzálne sorpčné rohože bývajú šedej farby.

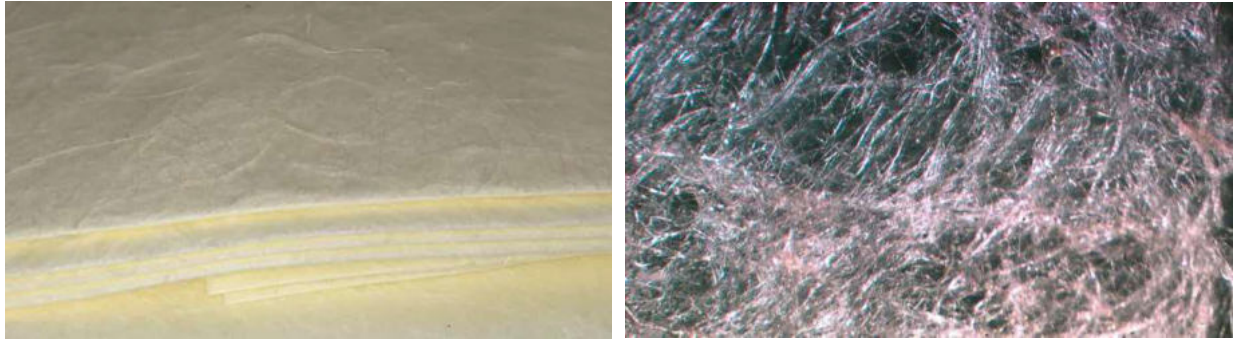
Chemické a univerzálne sorbenty sú hydrofilné sorbenty – materiály, ktoré dokážu na svoj tuhý povrch naviazať vodu, teda polárne aj nepolárne kvapaliny. Používajú sa na zachytenie nebezpečných látok – kvapalín na pevnom povrchu sorpcie [6, 8, 16, 17, 23, 25].

Cieľom článku je stanovenie sorpčnej kapacity chemických textilných sorpčných materiálov dvoma rôznymi metodickými postupmi a porovnanie získaných dát z hodnotami poskytnutými výrobcom.

## 1. Experimentálna časť

### 1.1 Experimentálne vzorky

Na výskum boli použité vzorky sorbentov Typ I., podľa ASTM F726 [3], čiže, vzorky sorbentov, ktoré svojou dĺžkou a šírkou mnohonásobne prevyšujú svoju hrúbku, zároveň však s lineárnym charakterom a dostatočnou hrúbkou, napr. pásky, rohože. Pre účely výskumu boli použité vzorky ChSR (Obrázok 1).



Obr. 1 Ukážka testovanej vzorky a mikroskopický pohľad na štruktúru chemickej rohože ChSR

Výskum sorpčných prostriedkov je realizovaný podľa platných štandardov. Olej, ako nepolárna kvapalina, je súčasťou testovacích štandardov (napr. ASTM F716 – 18 [3]). Voda a benzín boli zvolené ako polárne kvapaliny, bežne používané a zároveň, benzín je u nás najčastejšie prepravovaná nebezpečná látka [2]. Všetky experimenty boli realizované za rovnakých atmosférických podmienok. Všetky substráty boli použité pre testovanie sorbcie sledovaných adsorpčných sytkých materiálov.

### 1.1 Experimentálne metódy

Spôsob a podmienky testovania sú uvedené v [19]. Rôznorodosť podmienok bola využitá na získanie relevantných výsledkov.

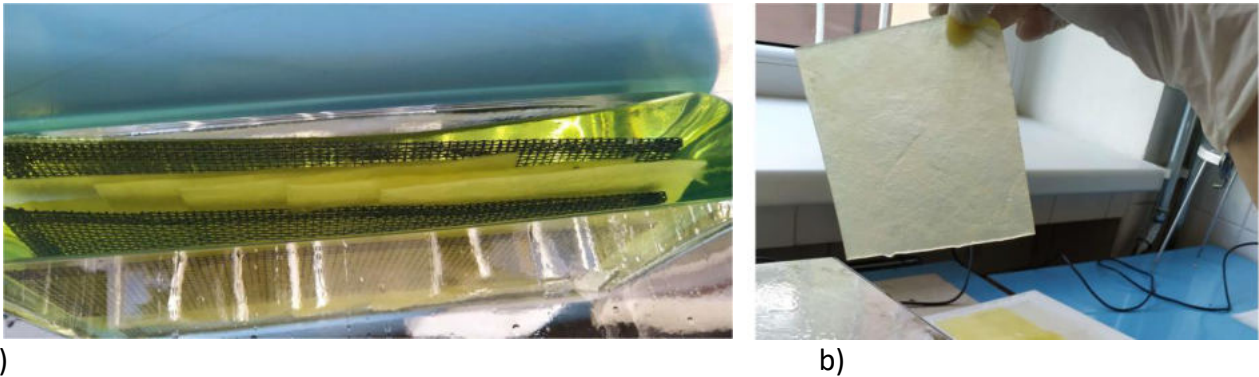
#### Stanovenie sorpčnej kapacity textilných sorbentov podľa EN ISO 9073-6:2004

Norma EN ISO 9073-6 [20] opisuje metódy na hodnotenie vybraných vlastností správania netkaných textílií pri vystavení pôsobeniu kvapalín, vrátane absorpčnej kapacity LAC sorpčného materiálu. Všetky látky a sorpčné materiály boli 24 hodín kondicionované pri teplote 21°C a vlhkosti vzduchu 65%. Textilné rohože (rozmerov 100 x 100 mm, čiže ploche 100 cm<sup>2</sup>) a minimálnej hmotnosti 1 g boli umiestnené na drôtené pletivo a vložené do sklenenej nádoby s vybranou kvapalinou (Obrázok 2). Vzorky boli ponorené približne 20 mm pod hladinu nami zvolenej kvapaliny počas 60 s ± 1 s. Následne vzorky vertikálne odkvapkali počas 120 s ± 3 s a boli zvážené. Experiment sa opakoval 5x. Sorpčná kapacita LAC je vypočítaná podľa rovnice (1)

$$LAC = \frac{m_n - m_k}{m_k} \quad (1)$$

Kde LAC je absorpčná kapacita (%),  $m_k$  hmotnosť suchej skúšobnej vzorky (g),  $m_n$  hmotnosť zmáčanej vzorky na konci skúšky (g).





Obr. 2 Zmáčanie vzoriek chemických textilných rohoží v benzíne podľa EN ISO 9073-6 [20].  
Legenda: a) zmáčanie vzoriek, b) odkvapkávanie vzoriek

### Stanovenie sorpčnej kapacity textilných sorbentov podľa ASTM F726

Pripravené vzorky tvaru štvorca (1300 x 1300 mm) musia mať potrebný počet, ktorý je určovaný na základe hrúbky a hmotnosti vzorky. Hrúbka vzorky musí byť minimálne 2,5 cm. Ak vzorka nie je dostatočne hrubá, jednotlivé vzorky sú na seba navrstvené. Ďalší limitujúci parameter je hmotnosť, ktorá musí byť aspoň 4 g. Postup sa opakuje 3x. Pripravené vzorky s sú vložené do nádoby s vybranou nebezpečnou látkou. Proces sorpcie sa realizuje 24 h ± 30 min. Po 30 ± 3 s (prípadne 120 ± 3 s pri veľmi hustom oleji) je zaznamenaná hmotnosť zmáčanej vzorky. Adsorbované množstvo látky sa vypočíta podľa nasledujúceho vzorca (2)

$$m_1 = m_2 - m_3 - m_4 \quad (2)$$

kde:  $m_1$  je hmotnosť sorbentu (g),  $m_2$  je hmotnosť držiaka mokrej skúšobnej vzorky, kryštalizačnej misky a vlhkého sorbentu (g),  $m_3$  je hmotnosť držiaka mokrej vzorky a misky [g],  $m_4$  je hmotnosť suchého sorbentu (g). Sorpčnú kapacitu LAC je vypočítaná podľa rovnice (3)

$$AC = \frac{m_1}{m_4} \quad (3)$$

kde: LAC-maximálna sorpčná kapacita [g],  $m_1$ -hmotnosť sorbentu [g],  $m_4$ -je hmotnosť suchého sorbentu [g].

### 3. Výsledky a diskusia

Výskum textilných sorpčných materiálov je zameraný na sledovanie: času sorpcie pre danú kvapalinu a kapacita sorpčného materiálu. Zvolený experiment mal v metodike určený čas sorpcie. Účelom bolo sledovanie sorpčnej kapacity. Experimentálne výsledky z jednotlivých metodických postupov sú výrazne porovnateľné.





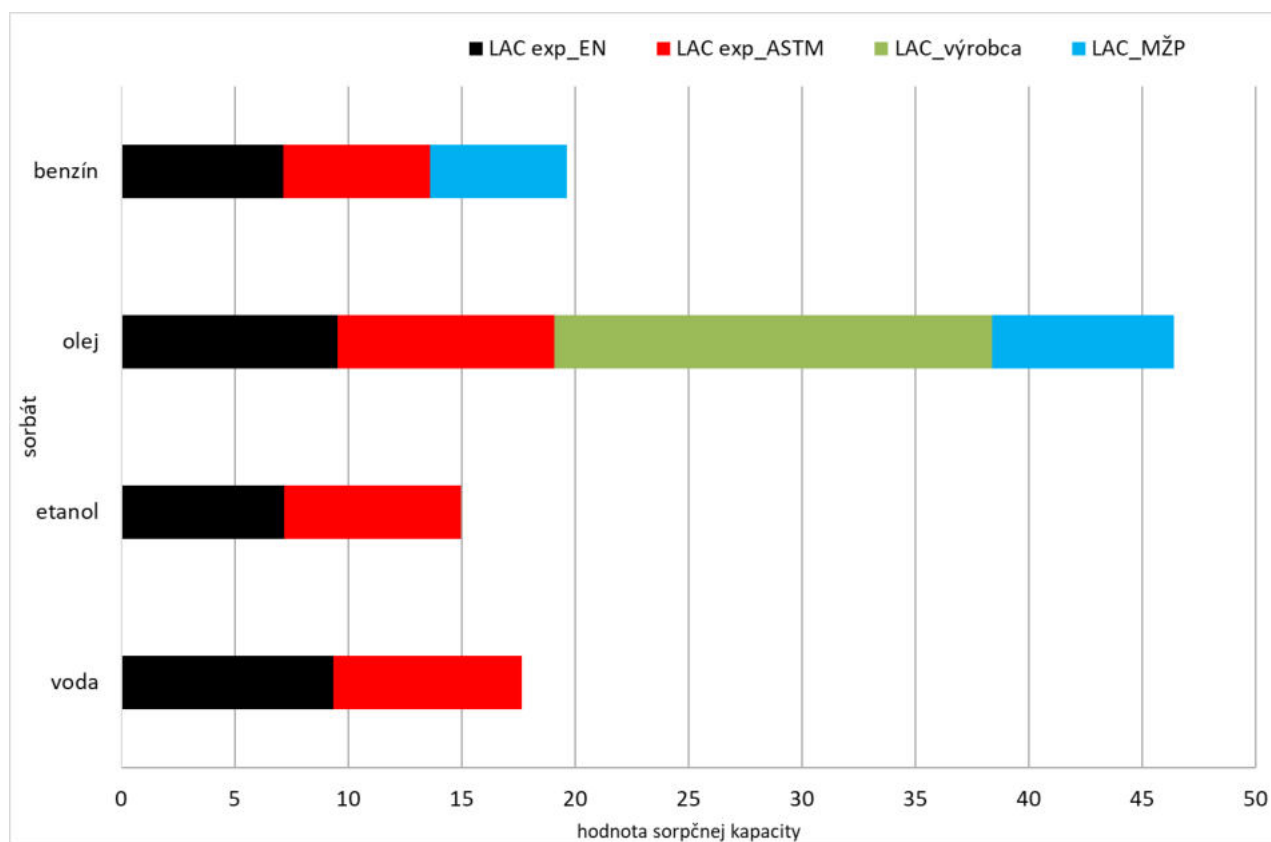
Tab. 1 Prezentácia sorpčnej kapacity chemických textilných rohoží pre vybrané sorbáty

Sorbát	LAC podľa EN ISO 9073-6 [18]			AC podľa ASTM F 726 [15]
	Experiment	Výrobca (Tech list [19])	MŽP legislatíva [20]	Experiment
voda	9,34 ± 0,95	10	X	8,33 ± 0,29
Lieh	7,18 ± 0,25	X	X	9,54 ± 0,16
olej	9,55 ± 0,44	19,30	8	7,78 ± 0,25
benzín	7,14 ± 0,25	X*	6	6,48 ± 0,13

\*Hodnota nebola stanovená

Sorpčná kapacita stanovovaná podľa EN ISO 9073-6 [18] sa riešila v časovom horizonte 60 s. Výsledky boli porovnávané s údajmi od výrobcu (Tabuľka 3). Výrobca udáva sorpčnú kapacitu len pre vodu a olej.

Výsledky zadané výrobcom pôsobia zavádzajúco, pretože sú uvádzané v litroch. Výklad sorpčnej kapacity musí byť vysvetľovaný ako množstvo (objem) prijatého sorbátu (kvapaliny) na jednotkovú hmotnosť. Daný spôsob neprezentuje hodnotu adsorpčnej kapacity ale množstvo nasatého objemu kvapaliny označené ako ( $m_n - m_k$ ). Uvedený parameter môže byť udávaný aj v mililitroch, pretože ide o vodu, ktorej hustota je rovná 1 g.cm<sup>-3</sup>. Následne boli vypočítané sorpčné kapacity LAC. Získaný výsledok u vody je dôsledkom zaťaženia hydrofóbného sorbentu počas 24 hodín.



Obr. 3 Porovnanie získaných experimentálnych údajov sorpčnej kapacity oboch metód s údajmi výrobcu a platnej slovenskej legislatívy pre chemickú sorpčnú rohož



Sumarizácia výsledkov oboch postupov poukazuje na porovnateľné výsledky (Obrázok 3). Pre porovnanie získaných výsledkov AC a LAC boli vypracované grafické porovnania prostredníctvom Excelu. Z výsledkov vyplýva, že čas sorpcie nezohráva rolu alebo len veľmi nepodstatne. Pretože výsledky adsorpčnej kapacity počas času sorpcie 24 hod a 60 sekúnd sú výrazne porovnateľné. Výsledok je dobrý, pretože v praxi je potrebné realizovať okamžitú, maximálne efektívnu likvidáciu unikajúcich chemikálií. Tabuľky a obrázky by mali byť vo vyhovujúcej kvalite s patričným rozlíšením.

V súčasnosti sa v manažérskych kruhoch čoraz viac udomácňuje poznatok, že výkonnosť a prosperita organizácií v značnej miere závisí od zaužívaných hodnôt, presvedčení, noriem, pravidiel, vzorcov konania a rituálov, to znamená od organizačnej kultúry. Je všeobecne známe, že nositeľmi organizačnej kultúry sú ľudia [29].

Krízový manažment sa zameriava na pripravenosť, prevenciu, reakciu a návrt do pôvodného stavu po kríze [1, 13, 15, 16]. Pripravenosť znižuje negatívny dopad na životné prostredie, znižujú negatívne dopady udalosti a zjednoduší sa návrat do predkrízového obdobia. Aj napriek tomu nie je možné zamedziť úplne eliminovať nehody v podnikoch. V podnikoch manipulujúcich s nebezpečnými látkami môže dojsť v dôsledku poškodenia alebo havárie k úniku látok do prostredia.

### Záver

Pre úspešnú aplikáciu sorbentov je nutné testovať rôzne produkty a porovnávať reálne zistenia s technickými listami a normami. Problematika vhodného implementovania sorbentov je súčasťou množstva výskumov, ktoré sa snažia určiť správne sorbenty prípadne látky na elimináciu negatívneho dopadu unikajúcich látok na životné prostredie. Výsledky a porovnanie testovania umožní podnikom výber sorbentu a tiež pokračovať v reakcii potom ako sorbent už nedokáže viac látky absorbovať. Práve to umožní efektívnejšiu reakciu a nižším negatívnym dopadom na životné prostredie a život obyvateľov nachádzajúcich sa v okolí nehody. Dôležité je experimentálne zistenie, že maximálny sorpčný výkon rohoží, ktorý bol do 60 s, následne sa hodnoty sorpčnej kapacity nemenia. Na základe zistenia je potrebné aby v prípade úniku nebezpečnej látky, ktorá trvá dlhšie ako uvádzaný čas boli prijaté ďalšie opatrenia na elimináciu negatívneho dopadu.

### Zaradenie príspevku

Príspevok bol vypracovaný v rámci projektu VEGA č. 1/0628/22 Výskum bezpečnosti v obciach s ohľadom na kvalitu života obyvateľov.

### Literatúra

- [1] Acheampong, T.; Kemp, A.G.: Health, safety and environmental (HSE) regulation and outcomes in the offshore oil and gas industry: Performance review of trends in the United Kingdom Continental Shelf. SAFETY SCIENCE, 2022. Volume 148, Article Number 105634, DOI10.1016/j.ssci.2021.105634
- [2] Apolen, P.: Ako ušetriť na tankovaní? Available online: <https://www.forbes.sk/ako-usetrit-na-tankovani-z-banskej-bystrice-do-madarska-len-za-usporu-na-plnej-nadrzi/> [cit. 22.3.2022]
- [3] ASTM F726-17 Standard Test Method for Sorbent Performance of Adsorbents for use on Crude Oil and Related Spills. ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, PO Box C700, West Conshohocken, PA 19428-2959, United States. Elektronický portál Der Standard.
- [4] ASTM F716 -18 Standard Test Methods for Sorbent Performance of Absorbents for Use on Chemical and Light Hydrocarbon Spills. ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, PO Box C700, West Conshohocken, PA 19428-2959, United States. Elektronický portál Der Standard.



- [5] Bernatík, A. Hazard and Risk Analysis. Dostupné na: [https://www.fbi.vsb.cz/export/sites/fbi/U3V/cs/materialy/U3V\\_AnalyzaRizik.pdf](https://www.fbi.vsb.cz/export/sites/fbi/U3V/cs/materialy/U3V_AnalyzaRizik.pdf) [15.3 2022].
- [6] Bugánová, K., Šimičková, J., Brutovský, M.: Krízový manažment a jeho uplatnenie v podniku s prvkami industry 4.0. In: Vplyv industry 4.0 na tvorbu pracovných miest 2020 [electronic] = The impact of industry 4.0 on job creation 2020: zborník vedeckých príspevkov z medzinárodnej vedeckej konferencie. Trenčín: Fakulta sociálno-ekonomických vzťahov. ISBN 978-80-8075-940-7, s. 98-105.
- [7] EN ISO 9073-6 (806201). Textilie. Skúšobné metódy na netkané textílie. Časť 6: Absorpcia (ISO 9073-6: 2004).
- [8] Hossa M., Scholtes M., Eckstein L.: A review of testing object-based environment perception for safe automated driving. Automot Innov.2022, 5, 223. doi:10.1007/s42154-021-00172-y.
- [9] Kwok, M. Yan, B.K.P. Chan, H.Y.K. Lau: Crisis management training using discrete-event simulation and virtual reality techniques. Comput. Ind. Eng. 2019, 135, s. 711-722
- [10] Lee J. Y., Huang H. L., Wang J. Q., Quddus M.: Accident Anal Prev. 2022, 170, 106645. Road safety under the environment of intelligent connected vehicle. doi: 10.1016/j.aap.2022.106645.
- [11] Makka, K. at. all.: Prevention and mitigation of injuries and damages arising from the activity of subliminal enterprises: A case study in Slovakia. J. Loss Prev. Process. Ind. 2021, 70, 104410.
- [12] Marcinek, M. Postavenie Policajného zboru v Integrovanom záchrannom systéme Slovenskej republiky. In: Európsky rozmer ochrany ľudských práv v činnosti polície: zborník príspevkov z vedeckej konferencie: medzinárodná vedecká konferencia organizovaná Katedrou verejnoprávných vied Akadémie Policajného zboru v Bratislave 27. novembra 2014. Bratislava: Akadémia Policajného zboru v Bratislave, 2015. ISBN 978-80-8054-631-1. s. 76-85.
- [13] Marcinek, M.: Vybrané aspekty prepravy nebezpečných látok v kontexte s novou právnou úpravou o trestnej zodpovednosti právnických osôb = Selected aspects of the transport of dangerous substances in new legislation context on criminal liability of legal persons. In: Advances in Fire and Safety Engineering 2017 [elektronický zdroj]: recenzovaný zborník pôvodných vedeckých prác zo VI. ročníka medzinárodnej vedeckej konferencie Advances in Fire and Safety Engineering 2017 a sprievodných medzinárodných vedeckých konferencií: Trnava, 19. - 20. október 2017. Bratislava: Slovenská technická univerzita v Bratislave, Materiálovotechnologická fakulta so sídlom v Trnave, 2017. ISBN 978-80-8096-245-6. CD-ROM, s. 317-336.
- [14] Marcinek, M.: Aktuálna právna úprava o nebezpečných chemických látkach a jej aplikácia prostredníctvom typového krízového scenára pri úniku nebezpečnej látky počas dopravnej nehody v podmienkach Integrovaného záchranného systému SR In: Zborník z 13. medzinárodného sympózia konaného dňa 8. 9. 2016 v rámci medzinárodného veľtrhu SECURITY BRATISLAVA 2016 [elektronický zdroj]. Bratislava: Akadémia Policajného zboru v Bratislave, 2016. ISBN 978-80-8054-691-5. CD-ROM. s. 149-165.
- [15] Marcinek, M.: Nebezpečné chemické látky a možnosti ich včasnej identifikácie = Dangerous chemical substances and possibilities of their early identification. In: Farmaceutická kriminalita - hrozba pre Európu [print]: Zborník príspevkov z vedeckej konferencie s medzinárodnou účasťou. Bratislava: Akadémia Policajného zboru v Bratislave, 2018. ISBN 978-80-8054-777-6. s. 74-81.
- [16] Marcinek, M.: Pripravenosť zásahovej činnosti hasičských jednotiek pri dopravných nehodách na území Slovenskej republiky. In: Vedecké skúmanie vybraných segmentov bezpečnostnej praxe a jeho odraz v tvorbe obsahového kurikula študijného odboru Bezpečnostné verejnosprávne služby [electronic]: Zborník z medzinárodnej vedeckej konferencie, ktorá je súčasťou



- plnenia integrovanej vedeckovýskumnej úlohy APZ v Bratislave. Bratislava: Akadémia Policajného zboru v Bratislave, 2018. ISBN 978-80-8054-753-0. s. 148-161.
- [17] Marcinek, M. Štatistická analýza zásahovej činnosti jednotiek HaZZ s výskytom nebezpečných látok = Statistical Analysis of Fire and Rescue Corpus Intervention Involving Dangerous Substances. In: Ochrana obyvateľstva - nebezpečné látky 2015 [elektronický zdroj] : zborník prednášok XIV. ročníku mezinárodnej konferencie : VŠB - TU Ostrava: 4. - 5. únor 2015 . Ostrava: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2015. - ISBN 978-80-7385-158-3. CD-ROM. s. 86-90.
- [18] Marková, I., Mráčková, E.: Fixation of leaked dangerous substances by sorbents = Skručivanje propuštěnih opasnih tvari sorbentima. In 3. Međunarodni stručno-znanstveni skup "Zaštita na radu i zaštita zdravlja" = 3rd International professional and scientific conference "Occupational safety and health": Zbornik radova, 22.-25. rujan 2010,. s. 343-349. ISBN 978-953-7343-40-8.
- [19] Marková, I.; Kubás, J.; Stofková, Z.; Petřlová, K.: Reducing the negative impact of accidents associated with the release of dangerous substances to environment. FRONTIERS IN PUBLIC HEALTH 2023, 11, 1270427. DOI10.3389/fpubh.2023.1270427
- [20] Marková, I.: Ekologické prostriedky na zachytávanie nebezpečných látok uniknutých v dôsledku dopravnej nehody. In: Súčinnosť záchranných zložiek integrovaného záchranného systému pri dopravných nehodách na pozemných komunikáciách [CD-ROM]. Žilina: Wettrans. 2009. ISBN 978-80-85418-67-5.
- [21] MŽP, 2018. Oznamenie o osobitých podmienkach na udelenie národnej environmentálnej značky skupina produktov sorpčné materiály (on-line). Dostupné na internete: <https://www.minzpz.sk/files/eu/oznamenia-mzpz-sr-osobitnych-podmienkach-sorpčne-materialy.pdf> [15.10.2018]
- [22] OECD, 2015. The Changing Face of Strategic Crisis Management. OECD Reviews of Risk Management Policies. OECD Publishing, Paris, FR, <https://doi.org/10.1787/9789264249127-en>.
- [23] Podstawka, V.: Pomohou norné stěny. In: Nebezpečný náklad., 2009, 3, 1, s. 12-13. ISSN 1803-1579.
- [24] Rademaeker, E. De., Suter, G., Pasman, H.J., Fabiano, B.: A review of the past, present and future of the European loss prevention and safety promotion in the process industries Process Saf. Environ. Prot. 2014, 92, s. 280-291.
- [25] Ristvej, J.; Sokolova, L.; Starackova, J.; Ondrejka, R.; Lacinak, M.: Experiences with Implementation of Information Systems within Preparation to Deal with Crisis Situations in Terms of Crisis Management and Building Resilience in the Slovak Republic. In Proceedings of the 2017 International Carnahan Conference on Security Technology (ICCST), Madrid, Spain, 23–26 October 2017.
- [26] Salvador, A. B., & Ikeda, A. A. Brand: Crisis management: The use of information for prevention, identification and management. Rbgn-revista Brasileira de Gestao de Negocios. 2018, 20, 1, s. 74-91.
- [27] Technický list – Chemická sorpčná rohož PC1200. <info@akraclean.sk>. [04-12-2022]. Chemická sorpčná rohož PC1200 Technický list. [e-mail to: info@akraclean.sk].
- [28] Yang, R. T. Adsorbents: fundamentals and applications. A JOHN WILEY & SONS, INC., PUBLICATION 1987. 410 s.
- [29] Forgon, T. Zvyšovanie organizačnej kultúry a etiky v zdravotníckych zariadeniach. Dizertačná práca. UMB Banská Bystrica, 2019, 93 s. (7a3f927b-6d9b-4b2e-9585-3a66a505521a).



### **Korešpondenčná adresa**

1. prof. RNDr. Iveta Marková, PhD., Katedra požiarneho inžinierstva, Fakulta bezpečnostného inžinierstva Žilinskej univerzity v Žiline, Univerzitná 8215/1, 010 26 Žilina, Slovensko, e-mail: [iveta.markova@uniza.sk](mailto:iveta.markova@uniza.sk)
2. doc. Ing. Jozef Kubas, PhD., Katedra krízového manažmentu, Fakulta bezpečnostného inžinierstva Žilinskej univerzity v Žiline, Univerzitná 8215/1, 010 26 Žilina, Slovensko, e-mail: [jozef.kubas@uniza.sk](mailto:jozef.kubas@uniza.sk)
3. Ing. Milan Marcinek, PhD., LL.M, MBA, súdny znalec vo odbore ochrana pred požiarmi, email: [ing.marcinek@gmail.com](mailto:ing.marcinek@gmail.com).
4. doc. Ing. Ivana Tureková, PhD. Katedra techniky a informačných technológií, Pedagogická fakulta, Univerzita Konštantína Filozofa v Nitre, Dražovská cesta 4, 949 74 Nitra, Slovensko, e-mail: [iturekova@ukf.sk](mailto:iturekova@ukf.sk)



# KVALITA A BEZPEČNOSŤ AKO ZÁKLADNÝ RÁMEC KULTÚRY ORGANIZÁCIE

## QUALITY AND SAFETY AS THE BASIC FRAMEWORK OF THE CORPORATE CULTURE

MARKULIK, Š. & VRABEL'OVÁ, A. & BALÁŽIKOVÁ, M.

### **Abstrakt:**

*Kultúra organizácie je súbor hodnôt, presvedčení, noriem a spôsobov správania, ktoré sú zdieľané medzi členmi organizácie. Vytvára rámec pre každodenné interakcie a rozhodnutia, a ovplyvňuje, ako sa ľudia cítia v pracovnom prostredí. Silná kultúra organizácie môže podporovať spoluprácu, inovácie a motiváciu zamestnancov, zatiaľ čo slabá alebo negatívna kultúra môže viesť k nízkej morálke a vysokej fluktuácii zamestnancov. Kultúru formujú lídri organizácie, ale postupne ju ovplyvňujú aj jednotlivci, procesy ako aj (vonkajšie) prostredie.*

### **Abstract:**

*An organization's culture is a set of values, beliefs, norms, and behaviors that are shared among organizational members. It creates a framework for everyday interactions and decisions and influences how people feel in the work environment. A strong organizational culture can foster collaboration, innovation, and employee motivation, while a weak or negative culture can lead to low morale and high employee turnover. The culture is shaped by the leaders of the organization, but it is gradually influenced by individuals, processes as well as the (external) environment*

### **Kľúčové slová:**

*Kultúra, organizácia, správanie, kvalita, bezpečnosť*

### **Key words:**

*Culture, organization, behavior, quality, safety*

## Úvod

Kultúra organizácie je komplexný a dôležitý prvok, ktorý určuje, ako organizácia funguje a akým spôsobom dosahuje svoje ciele. Ide o neformálny súbor pravidiel, hodnôt, zvykov a presvedčení, ktoré členovia organizácie zdieľajú a ktoré formujú ich správanie, rozhodovanie a vzájomnú interakciu. Kultúra sa neodráža len v oficiálnych dokumentoch, ale aj v každodennej pracovnej praxi v tom, ako sa ľudia navzájom oslovujú, ako riešia problémy, aké vzťahy udržiavajú s kolegami či nadriadenými a ako pristupujú k zákazníkom alebo partnerom.

Silná kultúra organizácie môže vytvoriť prostredie, v ktorom sa zamestnanci cítia motivovaní, angažovaní a lojálni, pretože ich hodnoty a ciele sú zosúladené s hodnotami a cieľmi spoločnosti. V takom prostredí sa podporuje otvorená komunikácia, zdieľanie vedomostí a tímová práca, čo vedie k lepším výsledkom a inováciám. Na druhej strane, slabá alebo toxická kultúra, v ktorej prevláda





nedôvera, stres a nedostatok rešpektu, môže spôsobiť vysokú fluktuáciu zamestnancov, zníženú produktivitu a problémy so spokojnosťou zákazníkov.

Kultúru organizácie výrazne ovplyvňuje vedenie – spôsob, akým manažéri komunikujú, ako pristupujú k rozhodnutiam a ako sa správajú voči zamestnancom. Okrem toho sú dôležité aj formálne politiky, ako je spôsob odmeňovania, systém hodnotenia výkonu alebo prístup k rozvoju kariéry. Avšak kultúra nie je statická; mení sa spolu s vývojom organizácie, zmenami v jej vedení, trhovým prostredím a zložením pracovnej sily. Preto je dôležité pravidelne kultúru analyzovať a cielene na nej pracovať, aby sa zachovali pozitívne hodnoty a odstránili prípadné negatívne prvky.

### 1. Vzťah medzi kultúrou, kvalitou a bezpečnosťou

Kultúra organizácie úzko súvisí s kvalitou a bezpečnosťou, pretože tieto hodnoty sú často kľúčovými prvkami, ktoré definujú úspešné a udržateľné firmy. Kvalita v organizácii znamená nielen poskytovanie produktov a služieb vysokej úrovne, ale aj vytváranie procesov, ktoré zabezpečujú neustále zlepšovanie. Kultúra zameraná na kvalitu podporuje presnosť, dôslednosť a inováciu, pričom každý zamestnanec cíti zodpovednosť za výsledky a je ochotný prispievať svojím podielom k úspechu spoločnosti. Takáto kultúra tiež motivuje ľudí aktívne hľadať riešenia na problémy, neustále zlepšovať svoje postupy a zameriavať sa na potreby zákazníkov.

Rovnakú dôležitosť má aj bezpečnosť, najmä v priemysle, ale aj v tam, kde sa zameriavajú na ochranu dát a citlivých informácií. Kultúra bezpečnosti znamená, že všetci členovia organizácie sú si vedomí dôležitosti bezpečných pracovných postupov a dodržiavajú ich. Manažment vytvára prostredie, v ktorom sú bezpečnostné normy jasne definované, komunikované a pravidelne monitorované. Zároveň podporuje otvorenú diskusiu o rizikách a problémoch, čo umožňuje včasné odhalenie a odstránenie potenciálnych nebezpečenstiev.

Keď sú kvalita a bezpečnosť integrované do kultúry organizácie, vzniká prostredie, ktoré kladie dôraz na dlhodobú udržateľnosť a spokojnosť zamestnancov aj zákazníkov. Kultúra, v ktorej sa kvalita považuje za prioritu a bezpečnosť za základ, je menej náchylná na chyby, nehody či škody na reputácii. Zamestnanci sa v takomto prostredí cítia podporovaní, pretože vedia, že ich bezpečnosť a schopnosť dodávať kvalitné výsledky je pre firmu dôležitá, čo zvyšuje ich lojalitu a motiváciu. Spojenie kvality, bezpečnosti a kultúry organizácie vytvára pevný základ, ktorý podporuje nielen rast, ale aj dlhodobú dôveryhodnosť a úspech na trhu..

### 2. Kultúra organizácie

Predpokladom pre zavádzanie kultúry bezpečnosti alebo kvality je vytváranie takých podmienok, ktoré sa chápu ako spoločná úloha zamestnávateľov a zamestnancov na všetkých stupňoch riadenia organizácie. Akceptovanie tejto zásady musí byť podmienené aj tým, že ochrana zdravia pri zabezpečení kvality produkcie je prioritný cieľ v každej organizácii. Mnohé organizácie sa snažia svoju kultúru popísať jednoduchými heslami, ktoré ju vystihujú a zároveň sú pre širokú spoločnosť ľahko zapamätateľné. V praxi sa možno stretnúť napr. *Safety First* (bezpečnosť na prvom mieste), *Focus on Quality* (zameraný na kvalitu), *Think Safety* (mysli bezpečne), *Quality is Our Passion* (kvalita je naša vášeň).

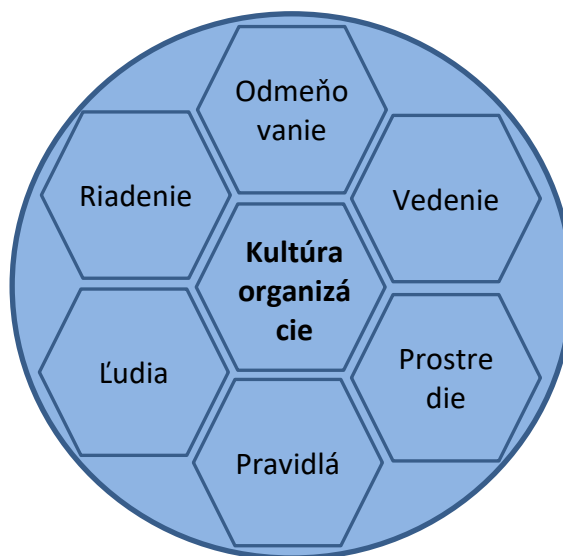
Kultúra organizácie je často považovaná za kľúčový faktor, ktorý ovplyvňuje výkonnosť, efektivitu a inovácie v organizáciách. Je to komplexný koncept, ktorý zahŕňa zdieľané hodnoty, normy, vieru a správanie, ktoré definujú, ako členovia organizácie spolupracujú a reagujú na vonkajšie a vnútorné výzvy. Edgar Schein, jeden z hlavných teoretikov organizácie, definuje kultúru organizácie ako „vzorec základných predpokladov, ktoré si skupina osvojila, pretože sa osvedčili pri



riešení problémov adaptácie na vonkajšie prostredie a integrácie vo vnútri organizácie“ (Schein, 2010).

Výskum ukazuje, že kultúra organizácie má priamy vplyv na výkonnosť zamestnancov, ich spokojnosť a motiváciu. Podľa štúdie Denisona a Mishru (1995), organizácie s „misijnou kultúrou“, teda s jasnými cieľmi a víziami, ktoré sú zdieľané medzi zamestnancami, vykazujú vyššiu efektivitu a produktivitu. Okrem toho, kultúra podporujúca otvorenú komunikáciu a spoluprácu prispieva k zlepšeniu tímovej práce a inovačných schopností

Štúdia od Vogusa a Sutcliffea (2007) poukazuje na to, že organizácie s „vysoko spoľahlivými kultúrami“ majú vynikajúce výsledky v oblasti bezpečnosti. Tieto firmy aktívne pracujú na identifikácii a eliminácii rizík, čo vedie k zníženiu počtu pracovných úrazov a k vyššej kvalite produkcie. Tento prístup je tiež podporený teóriou „psychologického bezpečia“, ktorú rozpracovali Edmondson a Lei (2014). Táto teória tvrdí, že keď sa zamestnanci cítia v bezpečí pri zdieľaní svojich názorov a nápadov, dochádza k zlepšeniu kvality rozhodovacích procesov a zníženiu chýb.



Obr. 1 Hlavné prvky kultúry organizácie

Medzi základné prvky kultúry organizácie patria (Obr.1):

- prostredie (celková atmosféra v organizácii v ktorej dochádza k interakcii medzi jej pracovníkmi),
- odmeňovanie (finančné aj nefinančné oceňovanie pracovníkov),
- pravidlá (uplatňovanie štandardov, postupov či kódexov pri práci),
- ľudia (človek je jeden z najlimitujúcejších faktorov kultúry organizácie),
- vedenie (vplyv lídrov na svojich spolupracovníkov je významný, pretože oni sami by mali pôsobiť ako pozitívne vzory ostatným),
- riadenie (vhodne zvolená organizačná štruktúra s jasne definovanými zodpovednosťami môže kultúru organizácie len posilniť).

Organizačná kultúra však nie je statická. Zmeny v externom prostredí alebo vo vedení organizácie môžu viesť k transformácii kultúry. Zmena kultúry môže byť komplexným a dlhodobým procesom, ktorý vyžaduje konzistentné vedenie a zapojenie zamestnancov na všetkých úrovniach. Kotter (1996) vo svojej práci o vedení zmien zdôrazňuje, že pre úspešnú transformáciu je nevyhnutné, aby manažment vytvoril pocit naliehavosti a jasnú víziu pre budúcnosť.



Jedna z významných vedeckých štúdií zameraných na kultúru organizácie bola uskutočnená Cameronom a Quinnom (2006) v rámci ich modelu "Competing Values Framework" (CVF). Tento model identifikuje štyri rôzne typy organizačných kultúr: klanová, adhokratická, trhovú a hierarchickú. Štúdia skúmala, ako tieto typy kultúr ovplyvňujú výkonnosť organizácií.

*Klanová kultúra* (zameraná na spoluprácu, rodinnú atmosféru a zdieľané hodnoty). Organizácie s touto kultúrou dosahujú vysokú úroveň spokojnosti zamestnancov, lojality a nízku fluktuáciu. Zamestnanci sa cítia viac zapojení do rozhodovacích procesov a pracujú efektívnejšie ako tí v organizáciách s inými kultúrami. Výsledky tiež ukázali, že klanová kultúra podporuje dlhodobé inovácie a zlepšovanie kvality, pretože zamestnanci cítia väčšiu zodpovednosť za svoje úlohy a lepšiu tímovú spoluprácu.

*Adhokratická kultúra* (inovácie, flexibilita, rizikové správanie): V adhokratických kultúrach štúdia zistila vysoký stupeň kreativity a schopnosť rýchlo reagovať na zmeny trhu. Tieto organizácie majú úspech pri zavádzaní nových produktov a služieb a ukazujú výrazné inovačné schopnosti. Negatívnu stránkou adhokratickej kultúry je však riziko vyhorenia zamestnancov, pretože dynamické prostredie môže byť náročné na pracovné tempo a psychickú pohodu.

*Trhová kultúra* (výkonnosť, konkurenčná orientácia, dosahovanie cieľov): Organizácie s trhovou kultúrou preukazujú výborné výsledky v oblasti krátkodobých finančných ukazovateľov, produktivity a dosahovania obchodných cieľov. Táto kultúra sa ukazuje ako veľmi efektívna pri zvyšovaní ziskov a zameraní na výsledky. Avšak zamestnanci v trhových kultúrach často vykazujú nižšiu úroveň spokojnosti a vysokú úroveň stresu, pretože tlak na výkonnosť je intenzívny.

*Hierarchická kultúra* (formálne štruktúry, kontrola, stabilita): Hierarchické organizácie dosahujú vysokú mieru stability a konzistentnosti v procesoch. Tieto organizácie sú vhodné pre prostredia, kde je dôležitá presnosť a konzervatívny prístup, napríklad vo verejnej správe alebo vo veľkých korporáciách. Avšak, hierarchická kultúra vykazuje nižšiu schopnosť prispôbiť sa zmenám na trhu a je menej inovatívna v porovnaní s adhokratickou alebo trhovou kultúrou.

Štúdia ukázala, že úspech organizácie je úzko spojený s tým, ako dobre jej kultúra zodpovedá vonkajšiemu prostrediu a vnútorným potrebám. Organizácie, ktoré dokázali vytvoriť flexibilnú a dynamickú kultúru (napríklad adhokratickú), mali výhodu v inovačných odvetviach. Naopak, stabilné a kontrolované kultúry (hierarchické) boli lepšie prispôbolené pre prostredia s dôrazom na efektívnosť a presnosť.

Kultúra ovplyvňuje nielen spokojnosť zamestnancov, ale aj obchodné výsledky. Klanová kultúra je spojená s vyššou lojalitou a nižšou fluktuáciou, zatiaľ čo adhokratická kultúra vedie k inováciám a prispôbivosti. Trhová kultúra sa ukázala ako najlepšia pri zameraní na krátkodobé výsledky, ale s určitými rizikami pre pracovnú spokojnosť. Hierarchická kultúra poskytuje stabilitu, no môže brzdiť inovácie a zmeny.

## Záver

Kultúra organizácie zohráva zásadnú úlohu v jej dlhodobom úspechu a udržateľnosti. Keď je kvalita a bezpečnosť integrálnou súčasťou tejto kultúry, organizácia dosahuje lepšie výsledky v oblasti produktivity, inovácie a spokojnosti zamestnancov. Výskumy jednoznačne podporujú tézu, že organizačná kultúra je kľúčovým faktorom, ktorý formuje všetky aspekty podnikania.



## Zaradenie príspevku

Príspevok bol vypracovaný v rámci projektu KEGA 026TUKE-4/2023 Podpora rozvoja vedomostí v oblasti implementácie požiadaviek systému manažérstva kvality pre letecký, vesmírny a obranný priemysel.

## Literatúra

- [1] Schein, E. H. (2010). *Organizational Culture and Leadership* (4th ed.).
- [2] Jossey-Bass. Denison, D. R., & Mishra, A. K. (1995). Toward a theory of organizational culture and effectiveness. *Organization Science*, 6(2), 204-223.
- [3] Vogus, T. J., & Sutcliffe, K. M. (2007). The safety organizing scale: Development and validation of a behavioral measure of safety culture in hospital nursing units. *Medical Care*, 45(1), 46-54.
- [4] Edmondson, A. C., & Lei, Z. (2014). Psychological safety: The history, renaissance, and future of an interpersonal construct. *Annual Review of Organizational Psychology and Organizational Behavior*, 1, 23-43.
- [5] Kotter, J. P. (1996). *Leading Change*. Harvard Business Review Press.
- [6] Cameron, K. S., & Quinn, R. E. (2006). *Diagnosing and Changing Organizational Culture: Based on the Competing Values Framework*. John Wiley & Sons.

## Korešpondenčná adresa

1. doc. Ing. Štefan Markulík, PhD.: Technická univerzita v Košiciach, Strojnícka fakulta, Katedra bezpečnosti a kvality produkcie, Letná 9, 042 00 Košice, Slovenská Republika, Tel: +421 55 602 2600 email: stefan.markulik@tuke.sk
2. Ing. Anna Vrabelová, PhD.: Technická univerzita v Košiciach, Strojnícka fakulta, Katedra bezpečnosti a kvality produkcie, Letná 9, 042 00 Košice, Slovenská Republika, Tel: +421 55 602 2600, email: anna.vrabelova@tuke.sk
3. doc. Ing. Michaela Balážiková, PhD.: Technická univerzita v Košiciach, Strojnícka fakulta, Katedra bezpečnosti a kvality produkcie, Letná 9, 042 00 Košice, Slovenská Republika, Tel: +421 55 602 2530, email: michaela.balazikova@tuke.sk



# ROZDIELY VO VÝSLEDKOVÝCH HODNOTENIA ERGONOMICKÝCH RIZÍK NA ZÁKLADE SLOVENSKÝCH NORIEM A NORIEM EÚ

## DIVERGENCE IN ERGONOMIC RISK ASSESSMENT RESULTS USING SLOVAK AND EU STANDARDS

ONOFREJOVÁ, D. & ANDREIJOVÁ M.

### **Abstrakt:**

*Kvantifikácia úrovne rizika pri hodnotení muskuloskeletálnych porúch súvisiacich s prácou (WMSD) zahŕňa vhodné technické nástroje a štatistické prístupy. Nové metódy sa spoliehajú na priame snímanie vybraných parametrov, výsledkom čoho je presnejšia kvantifikácia. Cieľom tohto príspevku je porovnať dve metódy používané na Slovensku na hodnotenie ergonomických rizík (ERA) s francúzskymi legislatívnymi predpismi, zabudovanými v systéme Captiv používanom na meranie a vyhodnocovanie údajov. Pri hodnotení pracovných polôh s bezdrôtovým senzorickým systémom Captiv sme zistili rozdiely v platných normách: Vyhláška 542/2007 Z. z. (Slovenská legislatíva), STN EN 1005-4+A1 a francúzske normy štandardne v systéme Captiv. Neprimeranosť limitov noriem môže mať vplyv na zdravie slovenských priemyselných pracovísk.*

### **Abstract:**

*Quantification of the risk level while assessing the work-related musculoskeletal disorders (WMSDs) involves proper technical tools and statistical approaches. New methods rely on the direct sensing of selected parameters, resulting in more accurate quantification. The aim of this paper is to compare two used methods in Slovakia for the ergonomic risk assessment (ERA) with French legislative regulations, embedded in the Captiv system used for measurement and data evaluation. Throughout the evaluation of working postures with Captiv wireless sensory system, we discovered differences in the applicable standards: Decree 542/2007 Coll. (Slovak Legislation), the STN EN 1005-4+A1, and the French standards default in the Captiv system. Inadequacy in standards' thresholds may have an impact on health of Slovak industrial workplaces.*

### **Kľúčové slová:**

*Prevencia porúch pohybového aparátu; legislatíva; ergonomické metódy hodnotenia*

### **Key words:**

*Prevention of musculoskeletal disorders; legislation; ergonomic assessment methods*

## Úvod

Medzi známe a predpokladané príčiny muskuloskeletálnych ochorení súvisiacich s prácou (WMSD) patria špecifické aspekty pracovného prostredia, typ vykonávanej úlohy a pracovné polohy ľudského tela [1]. Ergonomické zásahy sa zameriavajú na zisťovanie a posudzovanie nerovnováhy medzi požiadavkami pracovného miesta a fyzickými schopnosťami pracovníkov s cieľom



predchádzať WMSD [1]. Medzi najčastejšie WMSD patria bolesti krku, horných končatín a dolnej časti chrbta [2, 3]. Muskuloskeletálne poruchy (MSD) sú hlavnou príčinou pracovnej neschopnosti, práceneschopnosti, „prezenčnej práce - absentizmu“ a straty produktivity vo všetkých členských štátoch Európskej únie (EÚ). Odhaduje sa, že celkové náklady na stratu produktivity spôsobenú MSD u ľudí v produktívnom veku v EÚ by mohli predstavovať až 2 % hrubého domáceho produktu (HDP) [4].

Dostupné metódy sa zvyčajne zameriavajú na hodnotenie zaťaženia v rôznych pracovných polohách, zatiaľ čo iné faktory, ako je opakovanie a trvanie polôh alebo svalová sila, sa zohľadňujú menej často [3, 5]. Pri ergonomických zásahoch sa na hodnotenie pracovnej záťaže používa viacero metód, ktoré sa vyberajú podľa charakteru vykonávanej činnosti a príslušnej časti tela.

Ergonomické programy na pracovisku sú zamerané na identifikáciu ergonomických rizikových faktorov a prípravu účinného preventívneho plánu v súlade so zásadami bezpečnosti a ochrany zdravia pri práci.

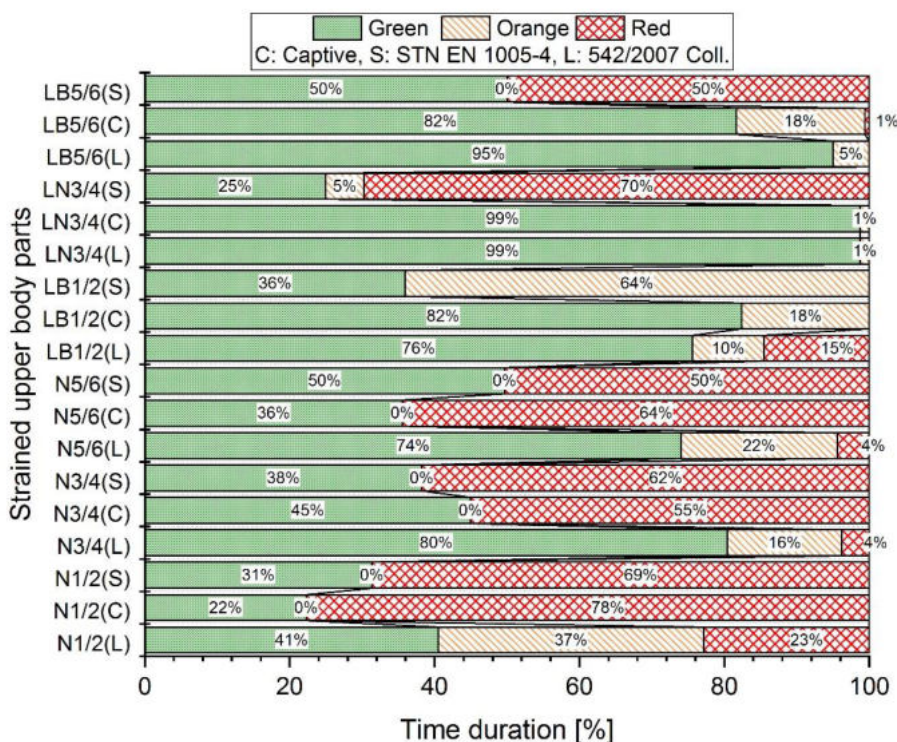
### 1. Štandardy používané na posudzovanie fyzickej záťaže na Slovensku

Na Slovensku je platná legislatíva Vyhláška 542/2007 Z. z. [7, 8] (L - SK Legislation) s podrobnosťami o ochrane zdravia pred fyzickou záťažou pri práci a psychickou a senzorickou záťažou. Nedávno bola do prekladu normy EÚ doplnená aj norma STN EN 1005-4+A1 [9] (S - STN EN). V oboch štandardoch sa posudzuje fyzická záťaž pri práci na základe pracovných polôh jednotlivých segmentov tela. Porovnaním jednotlivých štandardov sme však dospeli k záveru, že mnohé hraničné hodnoty pracovných polôh v týchto normách sa nezhodujú, čo v praxi znamená, že konečné hodnotenie pracovnej záťaže sa môže líšiť v závislosti od použitého štandardu. Počas nášho výskumu sme sa zamerali na vyhodnotenie odchýlok získaných vyhodnotením rovnakých parametrov meraných systémom Captiv [6] podľa SK legislatívy [7] a STN EN [9]. Samotný systém Captiv má prednastavené prahové hodnoty [6,8] pre prijateľné, podmienne prijateľné a neprijateľné polohy, ktoré však vychádzajú z francúzskych noriem INRIS (C), ktoré sa tiež líšia od štandardov platných v Slovenskej republike. Vzájomné porovnanie týchto noriem je zhrnuté v [3].

### 2. Popis experimentálneho pracoviska a výsledky meraní

Merania sa vykonali na montážnom pracovisku kontroly kvality v automobilovej prevádzke pre každého z 5 pracovníkov trikrát, aby sa získali spoľahlivejšie výsledky pre štatistické hodnotenie. Merania sa vykonali pre každého pracovníka trikrát a údaje o priemerných uhlových hodnotách jednotlivých segmentov tela, získané systémom Captiv sa použili pri hodnotení podľa troch rôznych noriem (L, S, C). Na ilustráciu sme uviedli grafické znázornenie nameraných hodnôt pre vyhodnotenia podľa hraničných hodnôt štandardov Captiv, SK legislatíva a STN EN v prípade pracovníka 1. Graf na Obr. 1 znázorňuje percentuálny podiel času stráveného v prijateľných (G - zelená oblasť), podmienne prijateľných (O - oranžová oblasť) a neprijateľných pracovných polohách (R - červená oblasť) v prípade pracovníka 1.





Obr. 1 Percentuálny podiel segmentov tela v rovinách pohybu: krk, dolná časť chrbta - zaťažené časti tela I (Resp1). Hodnotenie spracované tromi metódami: Príklad ukazuje spracovaný výsledok jedného respondenta.

Z analýzy výsledkov vyplýva, že získané hodnoty percentuálneho podielu času stráveného v prijateľných, podmienene prijateľných a neprijateľných pracovných polohách sa líšia v závislosti od hraničných hodnôt alebo použitých metód hodnotenia. Pre každého pracovníka, pre každý segment tela a v každej pracovnej polohe (prijateľná - zelená oblasť, podmienene prijateľná - oranžová oblasť, neprijateľná - červená oblasť) sme vypočítali rozdiely v nameraných hodnotách, ktoré boli získané pomocou metód hodnotenia S, C a L.

V ďalšom kroku testujeme rovnosť stredných hodnôt percentuálneho podielu času, ktorý segmenty strávia na jednotlivých pozíciách z celkovej pracovnej činnosti, pomocou párového t-testu. Nulová hypotéza znie: „Priemery jednotlivých skupín sú rovnaké“ a alternatívna hypotéza znie: „Aspoň jeden priemer vzorky sa nerovná ostatným“.

Predpokladom použitia párového t-testu je overenie normality. Overenie normality nameraných hodnôt sa realizuje Shapirovým-Wilkovým testom normality. Pre každý typ panelu testujeme „Nulová hypotéza je, že rozdelenie vzorky je normálne“. Ak je p-hodnota menšia ako hladina významnosti  $\alpha$ , nulová hypotéza sa zamietá a rozdelenie nie je normálne. Keďže pre každý výberový súbor je p-hodnota  $> \alpha$ , nezamietame nulovú hypotézu o normalite pre každý základný súbor. V našom prípade sa všetky vzorky riadia normálnym rozdelením. Výsledná tabuľka párového t-testu pre Resp1 v zelenej oblasti pre Legislatíva vs. Captiv (L vs. C), Captiv vs. STN EN (C vs. S) a Legislatíva vs. STN EN (L vs. S) je uvedená v Tab. 1.

Keďže p-hodnota je nižšia ako hladina významnosti ( $p\text{-hodnota} < \alpha$ ), zamietame nulovú hypotézu o rovnosti prostriedkov. Výsledky ukazujú, že medzi hodnotami existujú štatisticky významné rozdiely.



Tab. 1 Tabuľka párového t-testu pre Resp1 v doméne Green work pre legislatívu vs. Captiv (L vs. C), Captiv vs. STN EN (C vs. S) a legislatíva vs. STN EN (L vs. S)

<b>Výsledky</b>	<b>Legislatíva /Captiv</b>	<b>Captiv/STN EN</b>	<b>Legislatíva/STN EN</b>
t-stat	4.160	6.847	3.371
p-value	0.0008	0.000005	0.0042
Záver	H0 sa zamietá	H0 sa zamietá	H0 sa zamietá

## Záver

Výsledné hodnoty rozdielov v prijateľnej polohe ukazujú, že pri porovnaní metód SK Legislatíva a Captiv (L vs. C) metóda Captiv výrazne znižuje percento v prijateľnej polohe vo väčšine zaťažených častí tela (rozdiely sú záporné). Podobne je to aj pri porovnaní metód SK Legislatíva a STN (L vs. S) alebo Captiv a STN (C vs. S). Výsledné hodnoty diferencií pre neprijateľnú polohu ukazujú, že pri porovnaní metód SK Legislatíva a Captiv (L vs. C) metóda Captiv výrazne zvyšuje percento v neprijateľnej polohe vo väčšine namáhaných častí tela (diferencie sú kladné). Podobné výsledky sa dosiahli pri porovnaní metód SK Legislatíva a STN (L vs. S) alebo Captiv a STN (C vs. S). Z toho vyplýva, že pri porovnaní metód SK Legislatíva a Captiv metóda Captiv výrazne znižuje percento v prijateľnej polohe vo väčšine zaťažených častí tela ( $\Delta k1 < 0$ ). Na druhej strane výrazne zvyšuje percento času stráveného v neprijateľnej polohe vo väčšine namáhaných častí tela pre každého pracovníka ( $\Delta k1 > 0$ ). Porovnanie medzi metódami SK Legislatíva a STN EN alebo medzi metódami Captiv a STN EN je analogické.

Je potrebné zaviesť jednotné štandardy pre ergonomické hodnotenie rizika držania tela – pracovnej polohy. V našom ďalšom výskume bude dôležité analyzovať a zjednotiť hraničné hodnoty parametrov na výpočet úrovne ergonomického rizika jednotlivých segmentov tela vrátane hraníc tolerancie, aby sa zaručilo dôveryhodné hodnotenie fyzickej záťaže pracovníkov.

## Zaradenie príspevku

Príspevok bol vypracovaný v rámci projektu KEGA 026TUKE-4/2023 Podpora rozvoja vedomostí v oblasti implementácie požiadaviek systému manažérstva kvality pre letecký, vesmírny a obranný priemysel.

## Literatúra

- [1] Fernández, M. M., Fernández, J. Á., Bajo, J. M., Delrieux, C. A.: Ergonomic risk assessment based on computer vision and machine learning. *Computers & Industrial Engineering* (149), 106816 (2020).
- [2] Grooten, J.W.A.; Elin, J. Observational Methods for Assessing Ergonomic Risks for Work-Related Musculoskeletal Disorders. *J. Rev. Cienc. Salud*, (18), 8–38 (2018).
- [3] Onofrejova, D.; Andrejiova, M.; Porubcanova, D.; Pacaiova, H.; Sobotova, L. A Case Study of Ergonomic Risk Assessment in Slovakia with Respect to EU Standard. *Int. J. Environ. Res. Public Health* (21)666, 1-22 (2024).
- [4] Bevan S. Economic impact of musculoskeletal disorders (MSDs) on work in Europe Best Practice & Research Clinical Rheumatology, 29 (3), 356-373 (2015).
- [5] Makovicka Osvaldova, L.; Sventekova, E.; Maly, S.; Dlugos, I. A Review of Relevant Regulations, Requirements and Assessment Methods Concerning Physical Load in Workplaces in the Slovak Republic. *J. Saf.* 7(1), 1-23 (2021).



- [6] Monod, H.; Kapitaniak, B. Ergonomie. In Collections des Abrégés de Médecine, 2nd ed.; Elsevier Masson: Issy-les-Moulineaux, Paris, 2003.
- [7] Government Regulation No. 542/2007 of 16 August 2007 on the Details of Health Protection against Physical Strain at Work, Psychological Workload and Sensory Strain at Work. Available online: <https://www.epi.sk/zz/2007-542> (accessed on 18 May 2022).
- [8] Onofrejova, D.; Balazikova, M.; Porubcanova, D. Legislative support for prevention and evaluation of ergonomic risks. In: XXXV.international conference: Actual Issues Of Working Safety 2022, vol. 35, pp. 111–117 (2022). Technical university of Kosice, Slovakia.
- [9] Standard STN EN 1005-4+A1; Safety of Machinery. Human physical Performance. Part 4: Evaluation of Working Postures and Movements in Relation to Machinery. CEN-CENELEC Management-Zentrum: Brüssel, Belgium, 2009.

### **Korešpondenčná adresa**

1. doc. Ing. Daniela Onofrejová, PhD., odborná asistentka na Katedre Kvality, bezpečnosti a environmentu, SjF TUKE, Letná 1/9, 04200 Košice-Sever, e-mail: [daniela.onofrejova@tuke.sk](mailto:daniela.onofrejova@tuke.sk), tel.: +421 55 602 2513.



# MANAŽÉRSTVO RIZÍK V PREVENCIÍ ZPH

## RISK MANAGEMENT IN PREVENTION OF MAJOR ACCIDENT

PAČAIOVÁ, H. & VARGOVÁ, S. & JÁNOŠÍK, M.

### **Abstrakt:**

*Prevenia závažných havárií v priemyselných podnikoch je spojená so snahou manažmentu prevádzkovať chemické, petrochemické, oceliarské a iné organizácie podobného typu tak, aby nebol ohrozený, život a zdravie zamestnancov a obyvateľov, majetok a environment. Tieto organizácie sa vyznačujú skladovaním, výrobou a distribúciou nebezpečných látok, zvyčajne v množstvách, ktorých nekontrolovateľný únik môže spôsobiť rozsiahly výbuch, požiar alebo toxické ohrozenie. Základom správneho rozhodovania o rozsahu, účinnosti a efektívnosti aplikovaný opatrení, je posudzovanie rizík. Vzhľadom na možné následky havárie pri úniku identifikovaných zdrojov (nebezpečných látok) sa kladie dôraz na dôsledné skúmanie prevádzkových stavov, odhad pravdepodobnosti úniku a popis havarijných scenárov, tak aby hodnoty spoločenského a individuálneho rizika, čo najpresnejšie odrážali reálne nebezpečenstvá spojené s prevádzkovanou technológiou. Metódy kvantitatívnej analýzy v posudzovaní rizík, však vyžadujú skúsený tím odborníkov a dostatok času na identifikáciu a posúdenie všetkých aspektov, ktorých dopad môže spôsobiť závažnú haváriu. Cieľom tohto príspevku je zvýrazniť dôležitosť manažérstva rizík, jeho krokov, nevyhnutného pre správne rozhodovanie manažmentu pri výbere a riadení nástrojov prevencie ale aj možnej represie pri vzniku závažnej priemyselnej havárie.*

### **Abstract:**

*The prevention of serious accidents in industrial enterprises relates to the efforts of the management to operate chemical, petrochemical, steel and other organizations of a similar type in such a way that the health and life of employees and residents, property and the environment are not endangered. These organizations are characterized by the storage, production and distribution of hazardous substances, usually in quantities whose uncontrolled release could cause a large-scale explosion, fire or toxic hazard. The basis of correct decision-making on the scope, effectiveness and efficiency of applied measures is risk assessment. Due to the possible consequences of an accident in the event of a leak of identified sources (hazardous substances), the emphasis is placed on rigorous investigation of operating conditions, estimation of the probability of a leak and description of accident scenarios, so that the values of social and individual risk reflect as accurately as possible the real hazards associated with the technology in use. Quantitative analysis methods in risk assessment, however, require an experienced team of experts and enough time to identify and assess all aspects whose impact can cause a serious accident. The aim of this contribution is to highlight the importance of risk management, its steps, necessary for correct management decision-making in the selection and management of prevention tools, but also possible repression in the event of a serious industrial accident.*

### **Kľúčové slová:**

*Riziko, Prevencia, Závažná havária, Rozhodovanie na báze rizík, Kvantitatívna analýza*

### **Key words:**

*Risk, Prevention, Major accident, Risk-based decision-making, Quantitative analysis.*

### **Úvod**

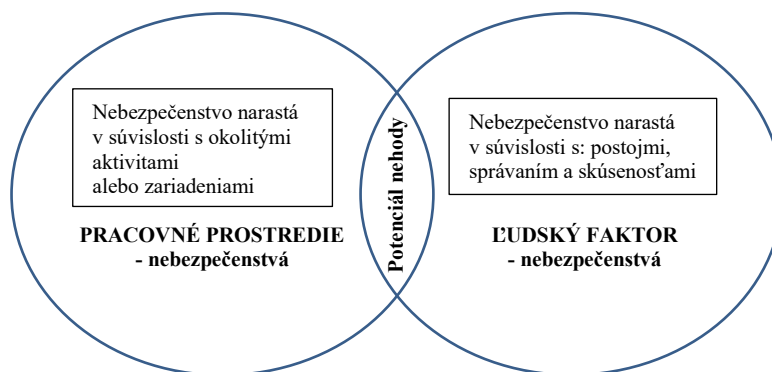


Manažérstvo rizík je v súčasnosti chápané ako rámec riadenia externých a interných rizík v organizácii. Podľa ISO 31000 [1] jeho účelom je pomáhať pri integrácii manažérstva rizík do významných činností a funkcií organizácie. Účinnosť tohto manažérstva závisí od jeho zakomponovania do celkového riadenia organizácie vrátane rozhodovania. Podľa [2], zmena v prístupe k riadeniu rizík vyžaduje zamerať sa na šesť základných problémov súvisiacich s jeho pochopením a podporou, a to:

1. Predpovedanie extrémnych udalostí sa pokladá za dostatočné na zvládnutie rizika.
2. Prevláda názor, že štúdium minulosti je postačujúce na výber a aplikovanie nástrojov v prevencii a riadení rizík.
3. Konzultácia alebo diskusia o to, čomu sa je potrebné vyhnúť sa nepokladajú za dôležité.
4. Predpokladá sa, že riziko je možné merať štandardnou odchýlkou.
5. To čo je matematicky vyjadrené, nie je aj automaticky psychologické ekvivalentné.
6. Efektívnosť a maximalizácia hodnoty pre akcionárov vychádzajúca z požiadaviek eliminácie nadbytočnosti, môže byť v riadení rizík zavádzajúca.

Podľa autorov [2] vychádzať len z predpokladov predikcie môže viesť k mylným záverom. Môže narastať neistota vyplývajúca z informácií. Je vhodnejšie sa zamerať na závažnosť následkov posudzovaných scenárov a pripravenosť na ich zvládanie. Analýza minulosti nie je vždy dobrým nástrojom na zvládanie rizík, svet sa vyvíja a niekedy sa zmeny nedajú predpovedať (napr. I4.0, AI a podobne). Najmä v sociálnoekonomické oblasti sa vyskytuje náhodnosť, s ktorou sa ťažko ráta pri predikcii scenárov. Manažment si neuvedomuje výhodu manažérstva rizík pri rozhodovaní a nevníma túto „položku“ ako príležitosť na udržanie a vytváranie zisku. Predpovedať rizikové scenáre vyžaduje vhodnú formuláciu, prijateľnú pre pochopenie jeho následkov a ochotu investovať do opatrení. Aplikácia štandardnej odchýlky na prezentovanie výsledkov môže viesť k nepochopeniu a odkloneniu sa od reality. Psychológia u každého človeka je iná, ak sa hovorí rečou štatistiky, napr. havária lietadla raz za 1000 rokov vyznie ináč ako jeden let z 1000 havaroval. Čo sa týka snáh o tzv. „core biznis“ a znižovanie všetkých „záťaží“, napr. v podobe tzv. podporných procesov, môže viesť k významným stratám. Smerovanie podnikania len na súčasné trendy spoločnosti nesie potenciál vážnej straty pri náhlej zmene – nadmerná špecializácia môže brániť rozvoju organizácie.

Zavádzanie tzv. „near miss“ sledovanie skoro nehôd umožňuje zvyšovať pripravenosť na riziká [3]. Tento princíp sa využíva najmä v oblasti manažérstva bezpečnosti a ochrany zdravia pri práci. Avšak kto a ako hodnotí získané informácie o nebezpečných situáciách a ich zdrojoch? Aká je motivácia zamestnancov na získavanie údajov o potenciálnych nebezpečných situáciách (obr. 1)?



Obr. 1 Model nebezpečenstiev ako potenciál vzniku nehody [3]

Obdobne podľa autorov [4] v priemyselnej bezpečnosti manažérstvo rizík obsahuje určité všeobecné znaky:





1. Dôraz sa zvyčajne kladie na priame a bezprostredné príčiny priemyselných havárií, najmä technologického charakteru.
2. Hodnotia sa krátkodobé dopady havárie (napr. ekonomické, sociálne, ekologické) pomocou najnovších analytických a modelovacích techník s dostatočnou mierou spoľahlivosti. Avšak hodnotenie dlhodobých následkov, vrátane širokého spektra trvalých škodlivých vplyvov na zdravie a blahobyt obyvateľstva a priemyselných podnikov je problém.
3. Komplexné riešenie vyžaduje znalosť zložitých technologických systémov. Závažné havárie závisia od zložitých reťazcov udalostí a sú konečným výsledkom ťažko predvídateľných zhôd technologických a sociálnych faktorov (napr. poruchy zariadení, chyby manažérov, chyby operátora, chybné konštrukcie, absencia spätnej väzby prevádzkových skúseností – starnúci personál, problémy s výberom odborného personálu a pod.). V reálnej praxi zvyčajne nie je možné odhaliť celú škálu príčin, pretože mnohé dôležité údaje môžu byť nenávratne stratené, ignorované alebo dokonca skryté – tzv. spoľahlivosť a história zberu a spracovania údajov, najmä u starších technológií.
4. K závažným nehodám často dochádza v dôsledku menších nehôd („skoro nehôd“) v dôsledku netechnologických faktorov, väčšinou sociálnych.

Teda ak hovoríme o závažných priemyselných haváriách (ZPH) s apriórne nepredvídateľnými príčinami a následkami musia mať tieto nepriame alebo tzv. skryté a hlbšie zakorenené príčiny ako len priame technologické, inžinierske či manažérske chyby. Žiaľ, nepriame príčiny veľkých technologických havárií, ktoré sa zbežnému pozorovateľovi javia ako nesúvisiace s priemyselnou bezpečnosťou (v užšom technickom zmysle tohto pojmu), zostávajú často neidentifikované.

Je možné konštatovať [4], že práve silné faktory spoločenskej povahy, najmä v spojení s inými, vytvárajú všeobecné predpoklady pre technologické katastrofy spôsobené človekom. V skutočnosti by sa každá závažná nehoda mala analyzovať ako komplikovaná sociálno-technologická udalosť. To znamená, že priemyselné havárie by sa mali považovať za konečný výsledok súhry mnohých technologických a spoločenských faktorov, najmä postojov, motivácií a konania ľudí zúčastňujúcich sa na priemyselných činnostiach, aj keď naoko priamo nesúvisia s priemyselnou bezpečnosťou.

Informácie o závažných haváriách majú však vplyv aj na spôsoby manažérstva [5], snaha predchádzať podobným nehodám zlepšuje manažérstvo BOZP, viac sa orientuje organizácia na zaangažovanie zamestnancov do prevencie. Samotné procesy manažérstva rizík, vyžadujú znalosti, zavedené zručnosti a vhodné nástroje riadenia. Preukázateľne vysoký stupeň zapojenia a zainteresovania zamestnancov do procesov manažérstva rizík, s dôrazom na identifikáciu zdrojov a nebezpečných situácií, podporuje a zlepšuje prevenciu nehôd.

Neidentifikované scenáre nehôd predstavujú latentné riziko a jeho následky môžu byť neočakávaných rozmerov pre spoločnosť.

V štúdií [6] autori identifikovali desať štandardných chýb v riadení rizík projektov:

1. Príležitosti sa nezohľadňujú, neberú do úvahy.
2. Mätúca je identifikácia príčin, udalostí a ich dopadov.
3. Zber informácií na základe kontrolných zoznamov, bez využitia iných techník na identifikáciu a popis možných rizikových udalostí (scenárov).
4. Podceňovanie interných a externých vplyvov.
5. Nevhodné používanie 100% pravdepodobnosti pri plánovaní projektu, prílišný dôraz.
6. Nezohľadňovanie vplyvu citlivosti pri odhade pravdepodobnosti a následku (možnosti a ich rozpätie).
7. Nesprávny prístup pri hodnotení reakcie na riziko, jeho dopadov na plánovanie, keďže riziko je súčasťou procesu plánovania.
8. Nezohľadňovanie potreby vytvárania pohotovostných plánov spolu s plánmi reakcie na riziko.





9. Mylný prístup k členom tímu, prenášanie zodpovednosti za špecifické rizikové udalosti.
10. Nedostáty pri vnímaní zmien ovplyvňujúcich riadenia rizík.

Predchádzajúce úvahy poukazujú nie len na problémy vhodného využívania techník na posudzovanie a riadenie rizík ale hlavne na nedostatky v správnych postupoch – procesoch ako ho aplikovať v praxi.

Podľa prednášky pána Demčáka, riaditeľa útvaru HSE SLOVNAFT, a.s. [7], existuje niekoľko meniacich sa aspektov pri manažerstve rizík v súvislosti s dynamicky meniacim sa digitálnym prostredím v spoločnosti:

- Precízne poznanie technológie vyžaduje iný prístup v posudzovaní rizík.
- „Masa rizík“ vyžaduje robustné stratégie pre ich riadenie.
- Riadenie rizík je možné v reálnom čase.
- Novovznikajúce riziká súvisia s novým digitálnym prostredím a prístupmi jeho zavádzania.
- Digitálne terminály posúvajúce riadenie rizík do iných možností a požiadaviek na ich riadenie.
- Priestorové riadenie rizík predstavuje nekonečné možnosti.

### 1. Manažérstvo rizík a jeho procesy

Manažérstvo rizík je neoddeliteľnou súčasťou systému manažerstva organizácie, teda aj organizácií, ktoré spadajú pod požiadavky prevencie závažných priemyselných havárií (tzv. Seveso podniky) [8]. Štandard popisujúci problematiku manažerstva rizík bol publikovaný v norme s názvom „Manažérstvo rizika“ (MR), prvý krát v roku 1995, ako AS/NZS 4360 norma Austrálie a Nového Zélandu. Na Slovensku bola táto norma vydaná v roku 1999 ako STN. Po revízii z roku 2004 sa výbor zodpovedný za vývoj normy AZ/NZS rozhodol presadiť vytvorenie medzinárodnej štandardu, ktorý by bol použiteľný pre širokú škálu organizácií bez ohľadu na priemysel, odvetvie, miestny jazyk a kultúru. Krátko nato Medzinárodná organizácia pre normalizáciu (ISO) zhromaždila pracovnú skupinu z 25 rôznych krajín, aby preskúmala existujúce normy a najlepšie postupy [9].

Štandard ozn. aj ako angl. Enterprise risk management (ERM), ako prvá medzinárodná norma pre manažérstvo rizík bola publikovaná pod označením ISO 31000 v roku 2009. Avšak postupy v oblasti manažerstva rizík sa naďalej vyvíjali a bolo zaznamenaných mnoho pripomienok od odborníkov z celého sveta. Po zvážení sa pripustilo, že štandard z roku 2009 nebol dostatočne komplexný. Napríklad neobsahoval uspokojivé vysvetlenie pojmov ako „ochota riskovať“ a „integrácia manažerstva rizík s inými procesmi“, okrem iného neobsahoval postupy na jeho implementáciu. Výsledkom bola nová verzia normy ISO 31000, vydaná vo februári 2018, ktorá sa zásadne líšila od svojich predchodcov. V tejto norme sa kladie väčší dôraz na vytváranie a ochranu hodnoty ako kľúčového faktora manažerstva rizík. Základným účelom manažerstva podnikových rizík nie je iba chrániť, ale najmä zlepšovať a vytvárať hodnotu pre organizáciu. Technická komisia ISO, pochopením potreby vývoja postupov manažerstva rizík, tak aby tieto boli vhodným nástrojom na vyrovnanie sa s dnešnými nebezpečenstvami a hrozbami v organizácii, sa snažila poskytnúť jasnejšiu, kratšiu a stručnejšiu verziu ako bola verzia z roku 2009.

Pán Brown [9], predseda technickej komisie, konštatoval, že „ISO 31000 sa zameriava na integráciu činností organizácie a na úlohy vodcov a ich zodpovednosť“. Podľa neho, odborníci na riziká nie sú dostatočne významní, resp. ich činnosti pre riadenie organizácie. Dôraz na integráciu MR do organizácie im pomôže pri presadzovaní riadenia rizík ako neoddeliteľnej súčasti podnikania.

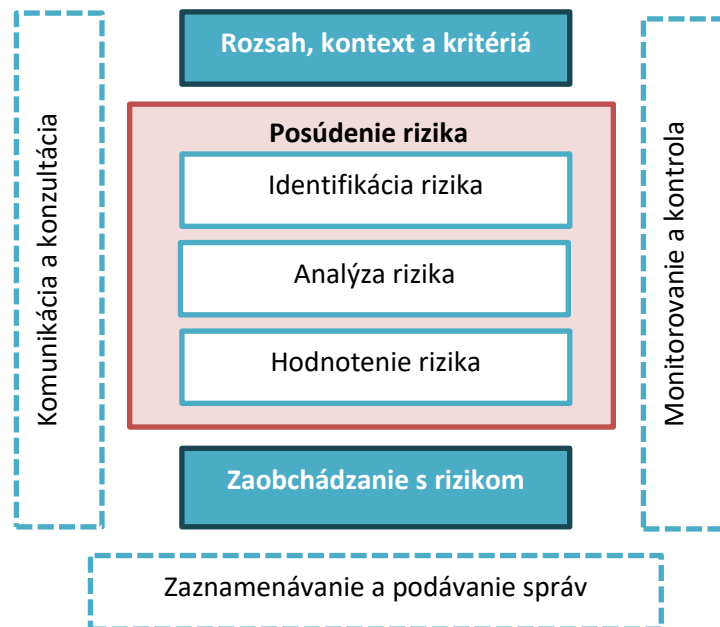
Základná definícia rizika je vyjadrená ako „vplyv neistoty na ciele“ (angl. effect of uncertainty on objectives). Pričom pod cieľmi sa chápu podnikateľské (biznis) ciele organizácie. Dá sa povedať,



že sa jedná sa o komplexný holistický pohľad na fungovanie organizácie. Neistota v tejto norme je chápaná ako možnosť, ktorá vedie k pozitívnym alebo negatívnym výsledkom alebo k obojm (aj-aj). Z toho dôvodu manažerstvo rizík obsahuje „negatívne“ riziká ale aj príležitosti, t. j. chápané ako pozitívne riziká.

Proces manažerstva rizika by mal byť neoddeliteľnou súčasťou riadenia a rozhodovania a mal by byť integrovaný do štruktúry, prevádzky a procesov organizácie. Môže sa aplikovať na strategickej, prevádzkovej, programovej alebo projektovej úrovni. V rámci organizácie môže existovať veľa aplikácií procesov manažerstva rizík, prispôbených tak, aby dosahovali ciele a vyhovovali vonkajšiemu a vnútornému kontextu, v ktorom sa uplatňujú. Dynamická a variabilná povaha ľudského správania a kultúry by sa mala brať do úvahy počas celého procesu manažerstva rizika. Aj keď proces manažerstva rizika sa popisuje ako sekvenčný, je dôležité si uvedomiť, že v praxi sa jedná o iteratívny proces [2].

Štruktúra procesu manažerstva rizík je popísaná na nasledujúcom obrázku (obr. 2).



Obr. 2 Proces manažerstva rizika [2]

Proces MR zahŕňa systematické uplatňovanie zásad, postupov a praktík na činnosti súvisiace s rizikom, t. j. komunikáciou a konzultáciou, stanovením kontextu (rámca), posúdením rizika, jeho znižovaním (ošetrovaním), monitorovaním, skúmaním, zaznamenávaním ako aj oznamovaním dosiahnutých výsledkov.

### Komunikácia a konzultácia

Účelom komunikácie a konzultácií je pomôcť príslušným zainteresovaným stranám pochopiť identifikované a posúdené riziká, t. j. základ, na ktorom sa prijímajú rozhodnutia a dôvody, prečo je potrebné aplikovať konkrétne opatrenia.

### Rozsah, kontext a kritériá



Účelom stanovenia rozsahu, kontextu a kritérií je prispôbiť proces manažérstva rizík, vnútorným a vonkajším súvislostiam prevádzkovania organizácie, čo umožní efektívne posúdiť riziká (vonkajšie a vnútorné) a vhodne s nimi zaobchádzať.

### Posudzovanie rizika

Posudzovanie rizika je celkový proces od identifikácie rizika, jeho analýzy a hodnotenia rizika. Toto posudzovanie by sa malo vykonávať systematicky, opakovane a v spolupráci, pričom by sa malo čerpať zo znalostí a názorov zainteresovaných strán. Mali by využívať najlepšie dostupné informácie, nástroje a metódy doplnené podľa potreby o ďalšie zisťovanie (identifikáciu).

### Zaobchádzanie (ošetrovanie) rizika

Cieľom zaobchádzania s rizikom je vybrať a implementovať také možnosti – opatrenia, aby sa adresne týkali rizika. Platí zásada, že znižovanie rizika je možné preukázať len ako iteratívny proces, pričom sa zohľadňuje ich efektívnosť a účinnosť.

### Monitorovanie a kontrola

Účelom monitorovania a kontroly je zabezpečiť a zlepšiť kvalitu a efektívnosť návrhu procesu, implementácie a výsledkov MR. Priebežné monitorovanie a pravidelné preskúmanie procesu manažérstva rizika a jeho výsledkov by malo byť plánovanou súčasťou procesov manažérstva rizík s jasne vymedzenými zodpovednosťami. Monitorovanie a preskúmanie by malo prebiehať vo všetkých fázach procesu MR. Monitorovanie a kontrola zahŕňa plánovanie, zhromažďovanie a analýzu informácií, zaznamenávanie výsledkov a poskytovanie spätnej väzby. Výsledky monitorovania a kontroly by sa mali začleniť do všetkých činností organizácie, riadenia jej výkonnosti, merania a podávania správ.

### Zaznamenávanie a podávanie správ

Proces MR a jeho výsledky by sa mali zdokumentovať a oznámiť prostredníctvom vhodných mechanizmov. Cieľom zaznamenávania a podávania správ je komunikovať aktivity a výsledky MR v rámci organizácie, poskytovať informácie pre rozhodovanie, zlepšovanie činnosti MR a podporovať interakciu so zainteresovanými stranami, vrátane tých, ktorí sú zodpovední za činnosti manažérstva rizík.

## 2. Manažérstvo rizík a ZPH

Čím je závažnejší dopad priemyselných aktivít (ZPH) pre spoločnosť, tým sú požiadavky na techniky analýzy a hodnotenia rizík náročnejšie.

Subjektivita a miera neistoty v posudzovaní rizík sa minimalizuje aplikáciou kvantitatívnych metód (angl. Quantitative Risk Analysis, QRA) [10].

Stručný popis aplikácie procesu MR ako integrovanej súčasti manažérstva rizík ZPH [11] je nasledovný:

- Rozsah, kontext a kritériá – tento krok vyžaduje identifikáciu nebezpečných látok a ich zdrojov, možné vonkajšie vplyvy, napr. susediace podniky, okolie – environment, vnútorné procesy a spôsoby prevádzkovania, prenajaté priestory a s tým súvisiace činnosti, ktorých dopad môže mať vplyv na ZPH a pod.
- Posudzovanie rizika – vyžaduje v prvom kroku aplikácie metód výberu, tzv. prvý filter umožňujúci prejsť z kvalitatívneho odhadu rizika do kvantitatívnej analýzy (QRA), avšak s ohľadom na závažnosť identifikovaných scenárov (napr. selektívna metóda, FMEA, HAZOP



a pod.). V QRA sa využívajú metódy ako je HRA, FTA a ETA. Samotné hodnotenie rizika vyžaduje hodnotenie spoločenského a individuálneho rizika, hodnotenie dopadov na environment a majetok.

- Zaobchádzanie (ošetrovanie) rizika vzniká z akceptovateľnosti rizika, resp. v prípade požiadaviek na jeho zníženie technických a organizačných opatrení (napr. v riadení údržby implementácia RCM, RBI a pod.). V prípade prijatia konkrétnych opatrení je potrebné preukázať ich vplyv na individuálne a spoločenské riziko.
- Zaznamenávanie a podávanie správ je v prevencii ZPH stanovené v priebežných krokoch (súvisí aj s krokom komunikácia a konzultácia v úvode MR) od oznamovacej povinnosti až po vypracovanie bezpečnostnej správy (podniky kategórie B), ako aj oznámenia v prípade vzniku ZPH.
- Monitorovanie a kontrola je aplikovaná v povinnosti hodnotenia dosiahnutých výsledkov manažmentom a kontrolou autorít v súvislosti s požiadavkami zákona o prevencii ZPH [11].

Problémom v praxi je oddeľovanie jednotlivých procesov riadenia rizík (napr. BOZP, environmentálnych, procesov riadenia kybernetickej bezpečnosti, správy majetku a pod.) od procesov MR, t. j. aj od procesov manažérstva rizík ZPH. Znalosť vhodných metód (techník) a ich využitie v procese MR pre scenáre ZPH tak, aby ich bolo možné čo najpresnejšie kvantifikovať je kľúčové pre hodnotenie rizika a jeho riadenie.

### Záver

Manažérstvo rizík pomáha vytvárať bezpečnejšie pracovné prostredie, podporuje udržateľnú prevádzku, znižuje náklady spojené s haváriami a zlepšuje reputáciu organizácie v spoločnosti. Je dôležité, riadenie rizík závažných priemyselných havárií chápať ako integrálnu súčasť aktivít organizácie a prepojiť všetky činnosti týkajúce sa konkrétneho rizika so súvisiacimi procesmi a ich vplyvmi. Aplikované metódy síce vyžadujú personálne zabezpečenie a náklady spojené s analýzou rizík, avšak nielen ich výsledok je prínosom v rozhodovaní manažmentu ale aj samotný proces identifikácie zdrojov umožňuje vykonať preverenie stavu prevádzky, jej riadenia a dokumentácie, t. j. určitou formu „bezpečnostný audit“.

### Zaradenie príspevku

Príspevok bol vypracovaný v rámci projektu KEGA č. 026TUKE-4/2023 - Podpora rozvoja vedomostí v oblasti implementácie požiadaviek systému manažérstva kvality pre letecký, vesmírny a obranný priemysel.

### Literatúra

- [1] ISO 31000:2018 Risk management – Guidelines. Dostupné na internete: [https://en.wikipedia.org/wiki/ISO\\_31000](https://en.wikipedia.org/wiki/ISO_31000).
- [2] Nassim N. Taleb, Daniel G. Goldstein, Mark W.: Spitznage The Six Mistakes Executives Make in Risk Management. Harvard Business Review. October 2009. Dostupné na internete: [https://www.researchgate.net/profile/Daniel-Goldstein-7/publication/236302921\\_The\\_Six\\_Mistakes\\_Executives\\_Make\\_in\\_Risk\\_Management\\_October\\_pg\\_81\\_2009/links/56f1d17208ae4744a91efad0/The-Six-Mistakes-Executives-Make-in-Risk-Management-October-pg-81-2009.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Daniel-Goldstein-7/publication/236302921_The_Six_Mistakes_Executives_Make_in_Risk_Management_October_pg_81_2009/links/56f1d17208ae4744a91efad0/The-Six-Mistakes-Executives-Make-in-Risk-Management-October-pg-81-2009.pdf)



- [3] Brackenreg, M.: Learning from Our Mistakes — Before It's Too Late, Volume 3, pages 27–33, (1998). Dostupné na internete: <https://link.springer.com/article/10.1007/BF03400693>
- [4] Britkov, V., Sergeev G.: Risk management: role of social factors in major industrial accidents. Safety Science. Volume 30, Issues 1–2, October–December 1998, Pages 173–181. Dostupné na internete: [https://doi.org/10.1016/S0925-7535\(98\)00046-0](https://doi.org/10.1016/S0925-7535(98)00046-0)
- [5] Dahle, I.B. and al. Major accidents and their consequences for risk regulation. Advances in Safety, Reliability and Risk Management: ESREL 2011. Dostupné na internete: [https://books.google.sk/books?hl=sk&lr=&id=tKu2K7nXx\\_EC&oi=fnd&pg=PA7&dq=risk+management+mistakes+and+major+accidents&ots=t3mYpZN9nA&sig=6-P\\_5-g64hkT2d8Lcbxd-8avfeo&redir\\_esc=y#v=onepage&q=risk%20management%20mistakes%20and%20major%20accidents&f=false](https://books.google.sk/books?hl=sk&lr=&id=tKu2K7nXx_EC&oi=fnd&pg=PA7&dq=risk+management+mistakes+and+major+accidents&ots=t3mYpZN9nA&sig=6-P_5-g64hkT2d8Lcbxd-8avfeo&redir_esc=y#v=onepage&q=risk%20management%20mistakes%20and%20major%20accidents&f=false)
- [6] Lukas, J.A.: Top Ten Mistakes Made in Managing Project Risks. Project Management Workshop, March 21, 2017. CRC Press.
- [7] Demčák, M.: Výhody digitalizácie pri riadení rizika, konf. ABOZP, Vysoké Tatry, Patria, 2024.
- [8] Pačaiová, H., Oravec, M., Čáky, L.: Posúdenie rizika závažných priemyselných havárií v rámci smernice SEVESO III - základné princípy manažérstva rizika. Odborná publikácia SAŽP, 2023.
- [9] The ISO 31000 ERM Standard – Background & Overview. [on line]: 10.9.2023, Dostupné na internete: <https://www.erm insightsbycarol.com/iso-31000-erm-standard/>.
- [10] IEC 31010:2019 Risk management – Risk assessment techniques.
- [11] Smernica Európskeho parlamentu a Rady 2012/18/EÚ o kontrole nebezpečenstiev závažných havárií s prítomnosťou nebezpečných látok. Dostupné na internete: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/SK/TXT/PDF/?uri=CELEX:32012L0018>.

### Korešpondenčná adresa

1. prof. Ing. Hana Pačaiová, PhD.: Technická univerzita v Košiciach, Strojnícka fakulta, Katedra kvality, bezpečnosti a environmentu, Letná 1/9, 042 00 Košice, Slovenská Republika, Tel: +421 903719474, email: [hana.pacaiova@tuke.sk](mailto:hana.pacaiova@tuke.sk)
2. Ing. Slavomíra Vargová, PhD.: Ústav krízového řízení, Fakulta logistiky a krízového řízení UTB ve Zlíně, Tel: +420576032084, email: [vargova@utb.cz](mailto:vargova@utb.cz)



# VPLYV HLUČNOSTI PRACOVNÉHO PROSTREDIA NA PSYCHIKU ZAMESTNANCA

## THE EFFECT OF THE NOISE LEVEL OF THE WORKING ENVIRONMENT ON THE EMPLOYEE'S PSYCHE

PORUBČANOVÁ, D. & BALÁŽIKOVÁ, M. & TOMAŠKOVÁ, M.

### **Abstrakt:**

*Hlučnosť pracovného prostredia je problematika, ktorá je vždy aktuálna a je potrebné venovať jej pozornosť. Aplikáciou vhodných preventívnych, prípadne nápravných opatrení je možná minimalizácia hlučnosti tak, aby spĺňala legislatívne stanovené požiadavky. V prípade, že úprava hladiny hluku nie je pomocou opatrení možná, je zamestnávateľ povinný poskytnúť zamestnancom vhodné osobné ochranné pracovné prostriedky (OOPP). Prípustná hladina hluku na pracovisku, ako aj potrebné osobné ochranné prostriedky sú definované v príslušných právnych predpisoch. Je všeobecne známe, že hluk nielen na pracovisku môže spôsobiť poškodenie sluchu, ale má aj mimo sluchové účinky a má vplyv na pohodu a psychické zdravie zamestnancov. Dlhodobé vystavenie hluku môže okrem iného spôsobiť zvýšený stres, ktorý je spúšťačom mnohých somatických a psychických ochorení.*

### **Abstract:**

*Noise in the working environment is an issue that is always topical and needs to be addressed. By applying appropriate preventive or corrective measures, it is possible to minimise the noise level so that it meets the requirements set by legislation. Where noise level adjustment is not possible by means of measures, the employer is obliged to provide employees with suitable personal protective equipment (PPE). The permissible noise level in the workplace as well as the necessary PPE are defined in the relevant legislation. It is well known that noise not only in the workplace can cause hearing damage, but also has extra-auditory effects and has an impact on the well-being and psychological health of employees. Prolonged exposure to noise can, among other things, cause increased stress, which is a trigger for a number of somatic and psychological illnesses.*

### **Kľúčové slová:**

*Pracovné prostredie, hluk, psychika, zdravie*

### **Key words:**

*Work environment, noise, psyche, health*

## Úvod

Rizikové faktory pracovného prostredia, ktoré môžu poškodiť zdravie zamestnancov, sú prítomné v každej výrobnej organizácii. Preto je dôležité venovať pozornosť aktívnemu prístupu





k bezpečnosti, dodržiavaniu nariadených opatrení ako aj využívaní osobných ochranných pracovných prostriedkov. Jedným z rizikových faktorov je aj hlučnosť, ktorá má nepopierateľné nepriaznivé účinky na zdravie zamestnancov. Dopad hlučnosti na zdravie zamestnanca a jeho výkonnosť pri práci, je individuálny, v závislosti od mnohých faktorov, ako je doba expozície, intenzita hluku, genetické predispozície, odolnosť organizmu a podobne. Zamestnanci, ktorí sú dlhodobo vystavovaní hlučnosti, môžu mať zdravotné následky v podobe postupnému poškodeniu sluchových orgánov, prípadne môže dôjsť až k strate sluchu a taktiež môže zvýšená hlučnosť zapríčiniť nehody počas výkonu pracovnej činnosti. Hlučnosť môže mať dopad aj na psychickú pohodu pri práci a následné psychické ochorenia.

### 1. Legislatívny rámec v oblasti ochrany zdravia v SR

V SR je za dodržiavanie bezpečnosti a ochrany zdravia pri práci (BOZP) primárne zodpovedný zamestnávateľ. Štát usmerňuje zamestnávateľov prostredníctvom právnych požiadaviek, opatrení a inšpekčných inštitúcií. Medzinárodné zmluvy a dohody, ako aj účasť v medzinárodných organizáciách, majú veľký význam pre BOZP na Slovensku. Okruh právnych predpisov upravujúcich požiadavky na BOZP je rozsiahly [1].

Konkrétna legislatíva je uvedená v tabuľke 1 [2-6].

Tab. 1 Legislatívny rámec v oblasti ochrany zdravia v SR

Zákon/ nariadenie	Obsah
Zákon č. 124/2006 Z. z.	Bezpečnosť a ochrana zdravia pri práci
Zákon č. 355/2007 Z. z.	Prevencia ochorení a iných porúch zdravia, zdravé životné a pracovné podmienky.
Nariadenie vlády SR č. 395/2006 Z. z.	Minimálne požiadavky na poskytovanie a používanie osobných ochranných pracovných prostriedkov (Nariadenie o požiadavkách na OOPP)
Nariadenia vlády SR č. 115/2006 Z. z.	Základné zdravotné a bezpečnostné požiadavky pre ochranu zamestnancov pred rizikami vyplývajúcimi z expozície hluku
Nariadenie vlády SR č. 416/2005 Z. z.	Základné zdravotné a bezpečnostné štandardy na ochranu zamestnancov proti rizikám vznikajúcim z expozície vibráciám.

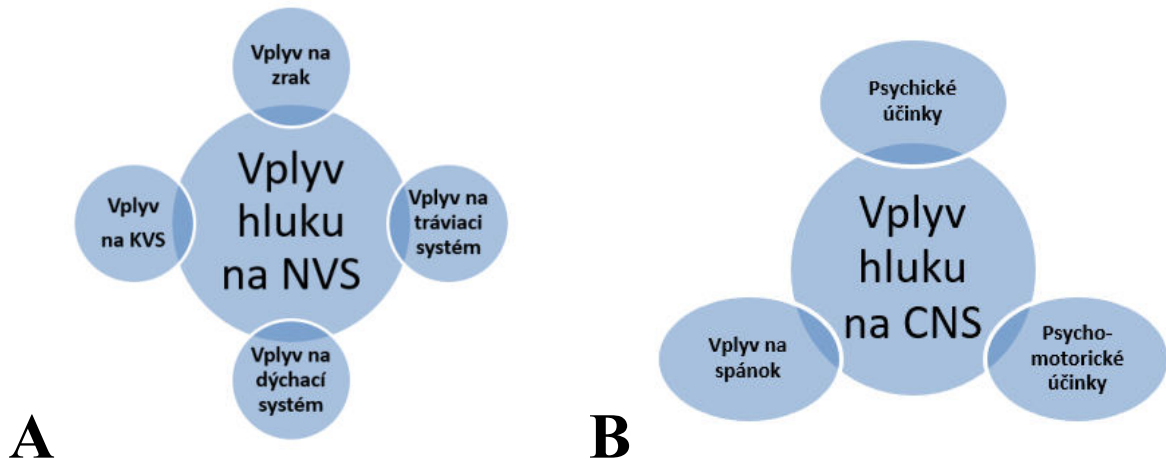
### 2. Účinky nadmerného hluku na ľudský organizmus

Nadmerný hluk má negatívny dopad na zdravie človeka, a to nielen na sluchový orgán. V dôsledku vystavenia sa nadmernému hluku dochádza k poškodeniam sluchového orgánu v rôznom rozsahu, od ľahkého poškodenia až po úplnú stratu sluchu, pričom do istej miery úlohu zohráva aj genetická predispozícia [7].

Dopady hluku môžu byť aj mimosluchové, a teda jedná sa o dopad na neurovegetatívny systém (NVS), z čoho vyplývajú účinky na kardiovaskulárny systém (KVS), endokrinný systém, tráviaci systém, dýchanie a metabolizmus (Obr. 1A). Taktiež dochádza k zníženiu kvality spánku až k poruchám spánku, čo sa v konečnom dôsledku môže odzrkadliť aj na správaní v podobe zvýšenej agresivity, zníženej tolerancie voči iným ľuďom, nechuti do práce či pasivity. Apatia, podráždenie



a nervozita vyplývajú z dopadu hluku na psychiku človeka. Tieto poruchy sa objavujú ako dôsledok ovplyvnenia centrálného nervového systému (CNS) – obr. 1B. Platí, že dlhodobá expozícia môže aj pri nižších hladinách hluku, napr. 40 dB, vzbudzovať pocit nekomfortu. Keďže v prípade hluku ide o bezprahový škodlivý faktor, jeho účinky sa prejavujú prakticky v celom rozsahu intenzity, pričom dôležitú úlohu zohráva aj doba expozície [8, 9, 10].



Obr. 1 Dopad vplyvu hluku na neurovegetatívny systém (NVS) – A; a centrálny nervový systém (CNS) – B.

Vplyvom hluku dochádza k zúženiu drobných ciev, čím sa znižuje prekrvenie a zvyšuje sa krvný tlak. Výskumy dokazujú, že ľudia pracujúci v hlučnom prostredí, častejšie trpia kardiovaskulárnymi ochoreniami. Taktiež sú náchylnejší na vznik vredových ochorení žalúdka a dvanástnika v dôsledku narušenia činnosti tráviaceho traktu. Dlhodobá expozícia nadmernému hluku môže vyvolávať aj zrýchlenie dýchania či zhoršenie farbocitu a zníženie zorného poľa v dôsledku rozšírenia zreničiek [8, 9, 11].

Nadmerný hluk je pre organizmus určitou formou nebezpečenstva. Ľudský organizmus pri expozícii hluku spúšťa obranné mechanizmy, čo spôsobuje endokrinné, biomechanické a metabolické zmeny [11].

Okrem spomínaných účinkov boli skúmané aj dopady nadmerného hluku na psychiku a duševné zdravie človeka. Hegewald a kolektív v roku 2020 vykonali systematický prehľad, kde zhrnuli dôkazy o rizikách depresie, úzkosti, kognitívneho poklesu a demencie u dospelých. Do prehľadu bolo zahrnutých 31 štúdií, z ktorých 26 bolo o depresii a/ alebo úzkostných poruchách a 5 o demencii. Tieto výskumy preukázali, že prítomnosť nadmerného hluku zvyšuje riziko psychických a kognitívnych porúch, čo potvrdzuje hypotézy o vzájomnom prepojení psychiky a vplyvu okolitého hluku [12].

Keďže psychika každého jedinca je iná, prejavuje sa to aj na vnímaní hluku. Približne 25 % vplyvu hluku je skutočnosť, zatiaľ čo zvyšných 75 % je otázka subjektívneho vnímania. Z výskumov vyplýva, že približne 10 % populácie má zvýšenú mieru tolerancie hluku, a teda psychické účinky nadmerného hluku nepociťujú. Naproti tomu, približne 10 % populácie tvoria nadpriemerne senzitivní jedinci, ktorí majú nižší prah tolerancie a intenzívnejšie vnímajú psychické dopady hluku. Rozdiely medzi jedincami sú individuálne, no najviac sa cítia hlukom obťažované ženy v strednom veku. Psychické účinky hluku sa prejavujú pocitmi mrzutosti, nepohodlia, úzkosti, zmätku, únavy, strachu, duševnej depresie, neuróze, zmene charakteru, dochádza k narušeniu medziľudských vzťahov na pracovisku a v rodine [11,13].



Mrzutosť je primárna emocionálna reakcia, ktorá môže vznikáť nielen priamym vnímaním hluku, ale aj v dôsledku toho, že hluk interferuje s prevádzanou alebo zamýšľanou činnosťou alebo v dôsledku vyvolania nepríjemných telesných pocitov. Medzi odborníkmi je mrzutosť považovaná za najvýznamnejší nepriaznivý účinok hluku. Často sa spája s rušením, zlosťou, obmedzením pohody a so stresom. Citliví jedinci pociťujú okrem mrzutosti aj symptómy hnevu, napätia, nervozity, menejcennosti a úzkosti. Reagujú na hluk väčším vzrušením, silnejšou vazokonstrikciou, častejšie udávajú zdravotné problémy a depresiu, vykazujú vyššiu subjektívnu stresovú reakciu. Taktiež sú náchylnejší na vznik a rozvoj migrény, depresie a ďalších psychických porúch a ochorení [7, 9, 11].

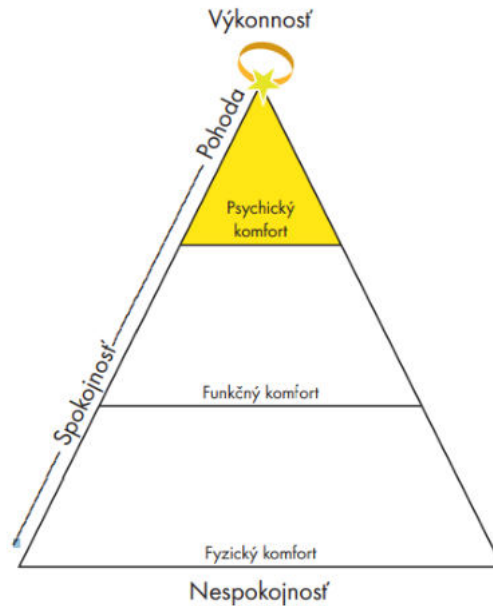
Zvýšená hlučnosť prostredia sa prejavuje aj ovplyvnením kognitívnych funkcií, čo má dopad aj na celkovú výkonnosť pri práci. Kognitívne funkcie umožňujú vnímanie okolitého sveta, konanie a reakcie na podnety a situácie. Patrí k nim pamäť, koncentrácia, pozornosť, jazykové funkcie, myslenie alebo schopnosť porozumieť informáciám. Hluk môže spôsobiť aj poruchy pozornosti a zníženú kapacitu pracovnej pamäte. To môže mať za následok slabý výkon, zhoršené výsledky úloh, chyby pri práci alebo nehody a úrazy. V laboratórnych podmienkach sa opakovane zistilo, že pokusné osoby dosahujú horšie výsledky pri riešení úloh v hlučnom prostredí [7, 9, 14].

Narušenie psychickej pohody vystavovaním sa nadmernému hluku môže sprostredkovať problémy so zaspávaním a so samotným spánkom. Spánok je základnou biologickou potrebou organizmu, keďže počas spánku dochádza k jeho regenerácii. Poruchy spánku sú považované za jeden z najškodlivejších účinkov hluku. Spánok tvorí asi tretinu ľudského života, dostatočný a nerušený spánok je nevyhnutný pre udržanie výkonu počas dňa a tak isto pre celkové zdravie. Spánok je štruktúrovaný podľa sekvencií do troch až štyroch cyklov, pričom každý trvá 90–100 minút, ktoré sa vyznačujú postupným zvyšovaním a znižovaním hĺbky spánku a sú ukončené rýchlym pohybom očí (REM-fáza). K narušeniu spánkových cyklov dochádza nielen priamo, hlukom pôsobiacim počas spánku, ale aj sekundárne. Hlučné pracovné prostredie pôsobí ako stresový faktor, ktorý sa podieľa na znížení kvality spánku, a teda má za následok aj zvýšenú únavu a zníženie výkonnosti počas dňa [7, 9, 14].

### 3. Psychoakustický dizajn pracoviska

Pre minimalizáciu hlučnosti pracoviska je potrebné zavádzanie preventívnych opatrení na minimalizáciu hluku. Nadmerný hluk spôsobuje problémy s komunikáciou a koncentráciou na pracovisku, čo sa odráža na výkonnosti, poklese produktivity a kvalite práce a finálnych produktov. Pre dosiahnutie optimálnej výkonnosti na pracovisku je potrebné sledovať potreby z pohľadu prostredia – fyzické, funkčné a psychologické. Je teda dôležité, aby bol priestor komfortný po fyzickej stránke, funkčne postačoval pre výkon požadovanej činnosti, a aby sa v ňom zamestnanci cítili dobre a mohli tak využiť svoj pracovný potenciál. Pri vytváraní akusticky optimálneho prostredia je potrebné zväžiť nasledujúce 4 aspekty:

- Úloha a pracovná činnosť – povaha a charakter práce.
- Kontext a postoj – potreba a užitočnosť zdroja hluku (napr. konverzácia).
- Vnímaná kontrola a predvídateľnosť – možnosť ovládania zdroja hluku.
- Osobnosť a nálada – charakter a povaha osôb, súvisí aj s charakterom práce [15].



Obr. 2 Úloha psychickej pohody pri výkone práce [15]

## Záver

Hluk je neoddeliteľnou súčasťou prostredia. Stretávame sa s ním nielen v pracovnom prostredí, ale obklopuje nás neustále. Expozícia nadmernému hluku má však negatívne účinky na ľudský organizmus a zdravie. Najznámejšie a najčastejšie sú dopady nadmerného hluku na sluchový orgán, kde môže dôjsť k čiastočnému poškodeniu sluchu až k jeho úplnej strate. Pôsobenie hluku na organizmus má však aj mimosluchové účinky, ktoré sa prejavujú najmä v oblasti kardiovaskulárneho systému, tráviaceho systému, endokrinného systému a celkového metabolizmu. Hluk taktiež pôsobí na psychiku človeka, vyvoláva mrzutosť, migrény, depresie a ďalšie psychické poruchy a ochorenia, rovnako vplýva aj na kvalitu spánku. Všetky tieto faktory vyvolané pôsobením hluku majú dopad na výkonnosť a kvalitu práce. Preto je veľmi dôležité venovať pozornosť problematike hluku, nielen v spojení so sluchovým orgánom, ale aj ďalšími dopadmi na zdravie človeka a jeho psychickú pohodu.

## Zaradenie príspevku

Tento článok bol vytvorený za podpory projektu KEGA č. 026TUKE-4/2023 Podpora rozvoja vedomostí v oblasti implementácie požiadaviek systému manažérstva kvality pre letecký, vesmírny a obranný priemysel.

## Literatúra

- [1] Szabóová, Tímea: Faktory práce a pracovného prostredia – hluk. Odborový zväz KOVO. 2018. Online. Cit. [20.9.2024]. Dostupné z: <https://www.ozkovo.sk/poradenstvo/bozp/aktualne-informacie/faktory-prace-a-pracovneho-prostredia-hluk/>



- [2] Zákon č. 124/2006 Z.z. o bezpečnosti a ochrane zdravia pri práci a o zmene a doplnení niektorých zákonov. Online. Cit. [20.9.2024]. Dostupné z: <https://www.slov-lex.sk/pravne-predpisy/SK/ZZ/2006/124/20210401>
- [3] Zákon č. 355/2007 Z.z. o ochrane, podpore a rozvoji verejného zdravia a o zmene a doplnení niektorých zákonov. Online. Cit. [20.9.2024]. Dostupné z: <https://www.slov-lex.sk/pravne-predpisy/SK/ZZ/2007/355/#paragraf-62.pismo-s>
- [4] Nariadenie vlády SR č. 395/2006 Z.z. o minimálnych požiadavkách na poskytovanie a používanie osobných ochranných pracovných prostriedkov. Online. Cit. [20.9.2024]. Dostupné z: <https://www.slov-lex.sk/ezbierky/pravne-predpisy/SK/ZZ/2006/395/>
- [5] Nariadenie vlády SR č. 115/2006 Z. z. o minimálnych zdravotných a bezpečnostných požiadavkách na ochranu zamestnancov pred rizikami súvisiacimi s expozíciou hluku. Online. Cit. [20.9.2024]. Dostupné z: <https://www.slov-lex.sk/ezbierky/pravne-predpisy/SK/ZZ/2006/115/>
- [6] Nariadenie vlády SR č. 416/2005 Z. z. o minimálnych zdravotných a bezpečnostných požiadavkách na ochranu zamestnancov pred rizikami súvisiacimi s expozíciou vibráciám. Online. Cit. [20.9.2024]. Dostupné z: <https://www.slov-lex.sk/ezbierky/pravne-predpisy/SK/ZZ/2005/416/>
- [7] Národný portál zdravia. Online. Cit. [20.9.2024]. Dostupné z: [https://www.npz.sk/sites/npz/Stranky/NpzArticles/2021\\_11/Nadmerny\\_hluk\\_skodi\\_usiam\\_aj\\_srdcu.aspx?did=6&sdid=81&tuid=0&page=full&](https://www.npz.sk/sites/npz/Stranky/NpzArticles/2021_11/Nadmerny_hluk_skodi_usiam_aj_srdcu.aspx?did=6&sdid=81&tuid=0&page=full&)
- [8] Havránek, Jiří, et al. Hluk a zdraví. 1. vyd. Praha: Avicenum, zdravotnícké nakladateľství, 1990. 280 s. ISBN 80-201-0020-2.
- [9] Státní zdravotní ústav. Hluk v životním prostředí. Online. Cit. [22.9.2024]. Dostupné z: <https://szu.cz/temata-zdravi-a-bezpecnosti/zivotni-prostredi/hluk/zdravotni-ucinky-hluku/>
- [10] Ministerstvo zdravotnictví ČR. Nepříznivé účinky hluku na člověka. Online. Cit. [20.9.2024]. Dostupné z: <https://mzd.gov.cz/nepriznive-ucinky-hluku-na-cloveka/>
- [11] Filová, Alexandra; Samohýl, Marin; Argalášová, Ľubica. Expozícia environmentálnemu hluku a jeho vplyv na zdravie obyvateľstva. Hygiena. 2015. 60(4). Str. 155-62. URL: <https://hygiena.szu.cz/pdfs/hyg/2015/04/08.pdf>
- [12] HEGEWALD, Janice; SCHUBERT, Melanie; FREIBERG, Alice; ROMERO STARKE, Karla; AUGUSTIN, Franziska et al. Traffic Noise and Mental Health: A Systematic Review and Meta-Analysis. Online. Cit. [22.9.2024] *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2020, roč. 17, č. 17. ISSN 1660-4601. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/ijerph17176175>.
- [13] Hluk pri práci a jeho následky. 2005. In: FACTS 57 Európska agentúra pre bezpečnosť a ochranu zdravia pri práci, ISSN 1725-7085, 2005, 2 s.
- [14] Státní zdravotní ústav ČR. Zdravotní účinky hluku. Online. Cit. [25.9.2024]. Dostupné z: <https://www.nzip.cz/clanek/1045-zdravotni-ucinky-hluku>
- [15] Ecophon Saint-Gobain. Zvuk, psychológia a prostredie. Online. Cit.[30.9.2024]. Dostupné z: <https://www.ecophon.com/contentassets/36608a6593f744cc9b9022416812fbd7/dopad-hluku-research-summary-office-sk.pdf/>

### Korešpondenčná adresa

1. Ing. Denisa Porubčanová; doc. Ing. Marianna Tomašková, PhD.; doc. Ing. Michaela Balážiková, PhD.: Technická univerzita v Košiciach, Strojnícka fakulta, Katedra kvality, bezpečnosti a environmentu, Letná 9, 042 00 Košice, Slovenská Republika, Tel: +421 55 602 2501, email: [denisa.porubcanova@tuke.sk](mailto:denisa.porubcanova@tuke.sk)



# SKÚŠOBNÉ LABORATÓRIUM PROTIVÝBUCHOVEJ PREVENCIE – PREHĽAD METÓD PRE STANOVENIE POŽIARNÝCH A VÝBUCHOVÝCH PARAMETROV PRACHU EXPLOSION PROTECTION TEST LABORATORY – OVERVIEW OF METHODS FOR DETERMINING FIRE AND EXPLOSION PARAMETERS OF DUST

SZABOVÁ, Z. & KURACINA, R. & KOSÁR, L. & BURANSKÁ, E. & WEINMANN, N.

## **Abstrakt:**

*Na Slovensku sa meraním všetkých požiarnych a výbuchových parametrov horľavých prachov zaoberá, ako jediné v rámci Slovenskej republiky, Skúšobné laboratórium protivýbuchovej prevencie na Ústave integrovanej bezpečnosti Materiálovotechnologickej fakulty STU so sídlom v Trnave. Laboratórium bolo vybudované s podporou projektu APVV-21-0187 s cieľom sprístupniť takéto merania nielen pre priemyselné podniky ale aj pre širokú odbornú verejnosť na Slovensku. Na základe meraní je následne možné navrhovať adekvátne opatrenia na zaistenie účinnej protivýbuchovej prevencie. Cieľom príspevku je predstaviť prehľad metód a meraní, ktoré je možné v rámci Skúšobného laboratória protivýbuchovej prevencie realizovať. Možné je meranie horľavosti, dolnej medze výbušnosti, maximálneho výbuchového tlaku, rýchlosti nárastu tlaku, minimálnej koncentrácie kyslíka a teploty vznietenia rozvíreného a usadeného prachu. Okrem týchto parametrov sa merajú ešte sypná hustota, vlhkosť, granulometrické zloženie a rezistivita.*

## **Abstract:**

*In Slovakia, the Explosion Protection Test Laboratory at the Institute of Integrated Safety of the Faculty of Materials Technology of STU, located in Trnava, is the only one in the Slovak Republic that deals with the measurement of all fire and explosion parameters of combustible dusts. The laboratory was built with the support of the APVV-21-0187 project with the aim of making explosion and fire parameters measurements available not only for industrial enterprises but also for the professional public in Slovakia. Based on the measurements, it is then possible to propose adequate measures to ensure effective explosion prevention. The aim of the paper is to present an overview of the methods and measurements available in the Explosion Protection Test Laboratory. It is possible to measure the flammability, the lower explosive limit, the maximum explosion pressure, the rate of pressure rise, the minimum oxygen concentration and the minimum ignition temperature of the dispersed and settled dust from the hot surface. In addition to these parameters, bulk density, humidity, granulometric composition and resistivity can also be measured.*

## **Kľúčové slová:**

*výbuchová komora, požiarne parametre, Hartmannova trubica, horľavý prach*

## **Key words:**

*explosion chamber, fire parameters, Hartmann tube, combustible dust*





### Úvod

Protivýbuchová prevencia je dôležitou súčasťou bezpečnosti v priemysle. Veľké množstvo prírodných, umelých organických materiálov, kovov a ďalších materiálov môže za určitých podmienok vytvárať horľavý prach. Nájdeme ho vo výrobe, pri manipulácii, skladovaní aj preprave (v potravinárstve, poľnohospodárstve, drevárstve, chemickom priemysle, pri výrobe a spracovaní plastov, v kovospracujúcom priemysle ...). [1-2]

Prachy môžeme rozdeliť na:

- nehorľavé prachy
- horľavé prachy
  - potravinárske (napr. múka, cukor, káva, čaj, koreniny ...)
  - rastlinné
    - z bylín (napr. slama, seno ...)
    - z dreva (domáce, exotické drevo ...)
  - priemyselné (chemický, strojársky, výrobný ...)
    - organické (napr. farbivá, liečivá, polyméry, aditíva ...)
    - anorganické (napr. kovy, síra ...) [1-2]

Meranie požiarneho a výbuchového parametrov sa realizuje podľa nasledovných noriem

- Skúška zápalnosti vzorky prachu – norma STN EN/ISO/IEC 80079-20-2 [3]
- Stanovenie maximálneho tlaku  $P_{max}$ , maximálnej rýchlosti nárastu tlaku  $(dp/dt)_{max}$ , dolnej medze výbušnosti DMV a medznej koncentrácie kyslíka (MKK) vo zvírenom prachu STN EN 14034 [4]
- Stanovovanie minimálnej iniciačnej energie vznietenia zmesí prachu a vzduchu – norma STN EN 13821 [5]
- Minimálna teplota vznietenia usadenej vrstvy prachu od horúceho povrchu – norma STN EN/ISO/IEC 80079-20-2 [3]
- Minimálna teplota vznietenia rozvíreného oblaku prachu od horúceho povrchu – norma STN EN/ISO/IEC 80079-20-2 [3]
- Stanovenie zrnitosti. Sitový rozbor – norma STN EN 933-1 [6]
- Sypná hustota vzorky prachu po strasení – norma STN EN/ISO 23145-1 [7]
- Meranie rezistivity vzorky prachu – norma STN EN/ISO/IEC 80079-20-2 [3]
- Stanovenie vlhkosti vzorky prachu – norma STN EN ISO 12570 [8]

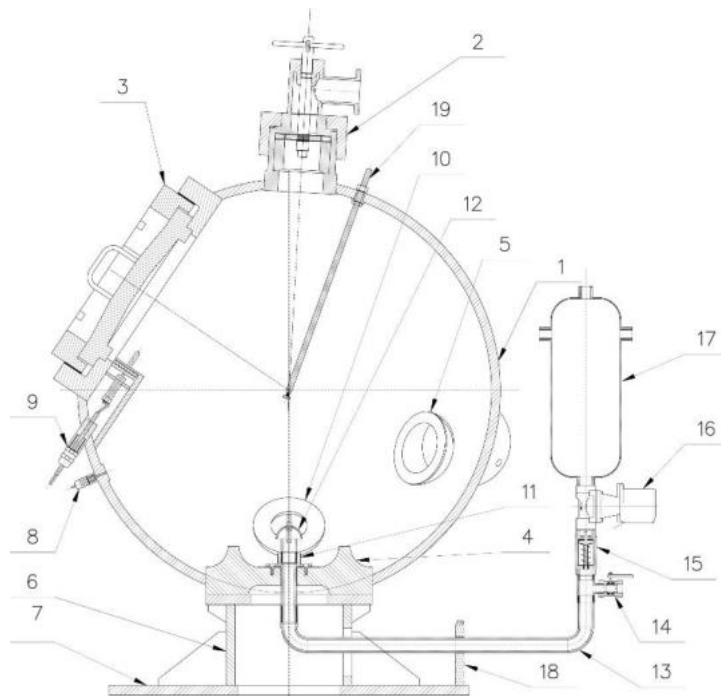
Jediným pracoviskom v rámci Slovenskej republiky, ktoré skúma a meria všetky výbuchové parametre horľavých prachov je Skúšobné laboratórium protivýbuchovej prevencie Ústavu integrovanej bezpečnosti Materiálovotechnologickej fakulty STU so sídlom v Trnave. Predkladaný článok uvádza prehľad jednotlivých metód pre stanovenie požiarneho a výbuchového parametrov prachov.

### 1. Výbuchové parametre

Všetky výbuchové parametre, tzn. maximálny výbuchový tlak  $P_{max}$ , rýchlosť nárastu tlaku  $dP/dt$  a výbuchový konštantu  $K_{st}$ , dolnú medzu výbušnosti DMV a minimálnu koncentrácia kyslíka, je možné stanoviť výhradne vo výbuchovej komore.

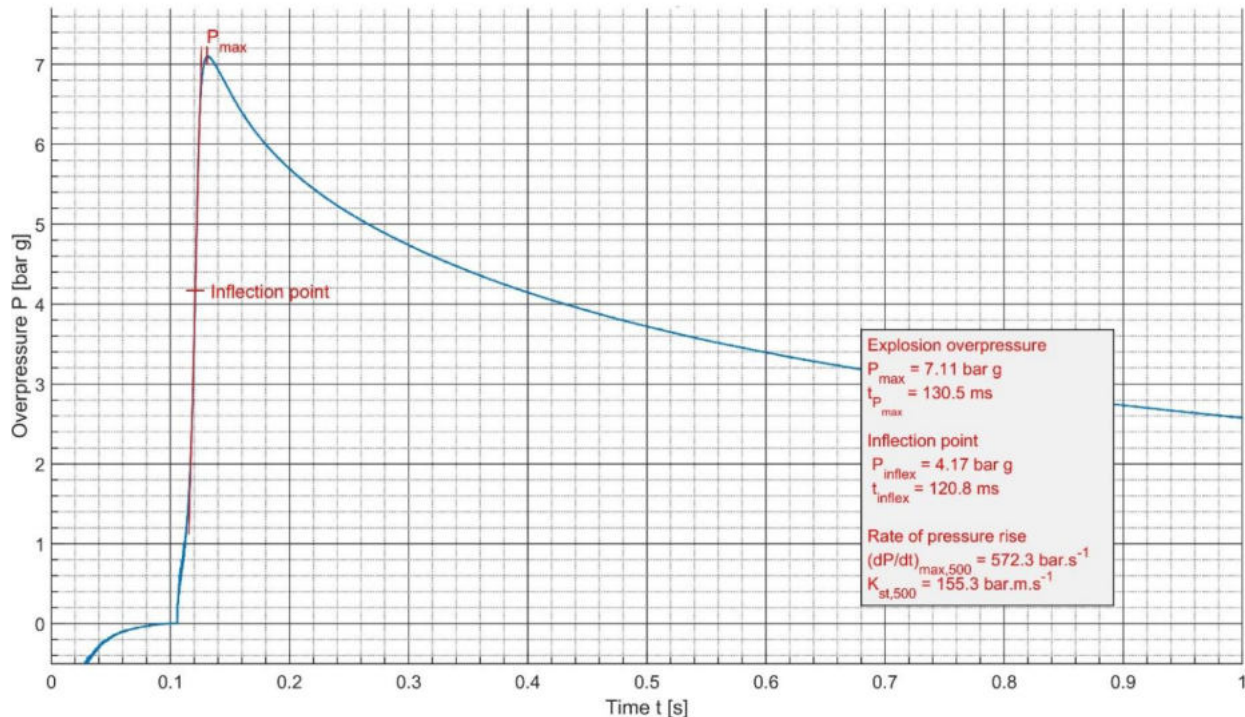


Výbuchová komora je guľová tlaková nádoba s rôznym objemom od 20L do 1 m<sup>3</sup>. Komora je vybavená zariadeniami, ktoré umožňujú rozvírenie prachu (zvyčajne vzduchový rozvírovací systém) a následne jeho zapálenie (zapaľovací systém s pyrotechnickými zapaľovačmi). Pre dosiahnutie presnosti je potrebné aktivovať zapaľovací systém po určitom čase (podľa veľkosti komory od cca 60 ms – 20L komora do 600 ms – 1m<sup>3</sup> komora). Pri výbuchu sa zaznamenávajú tlakové zmeny pomocou tlakového prevodníka, rýchlosťou najmenej 1000 záznamov/s (zvyčajne je to však rýchlosť v rozmedzí 5000 – 50 000/s). Prierez výbuchovou komorou je na obrázku 1, typický tlakový záznam je na obrázku 2.



Obr. 1 Výbuchová komora KV-150M2 s objemom 365L UIBE

(1 – komora, 2 – výpustný ventil, 3 – veko, 4 – rozvírovací tanier, 5 – okno, 6, 7 – podstavec, 8 – meracia priechodka, 9 – priechodka zapaľovača, 10 – napúšťací ventil, 11 – priechodka rozvírovača, 12 – obracač toku vzduchu rozvírovača, 13 – rúrka rozvírovača, 14 – ventil vákuovej vetvy, 15 – spätný ventil, 16 – elektromagnetický rozvírovací ventil, 17 – zásobník tlakového vzduchu rozvírovača, 18 – držiak rúrky rozvírovača, 19 – elektródy zapaľovača)

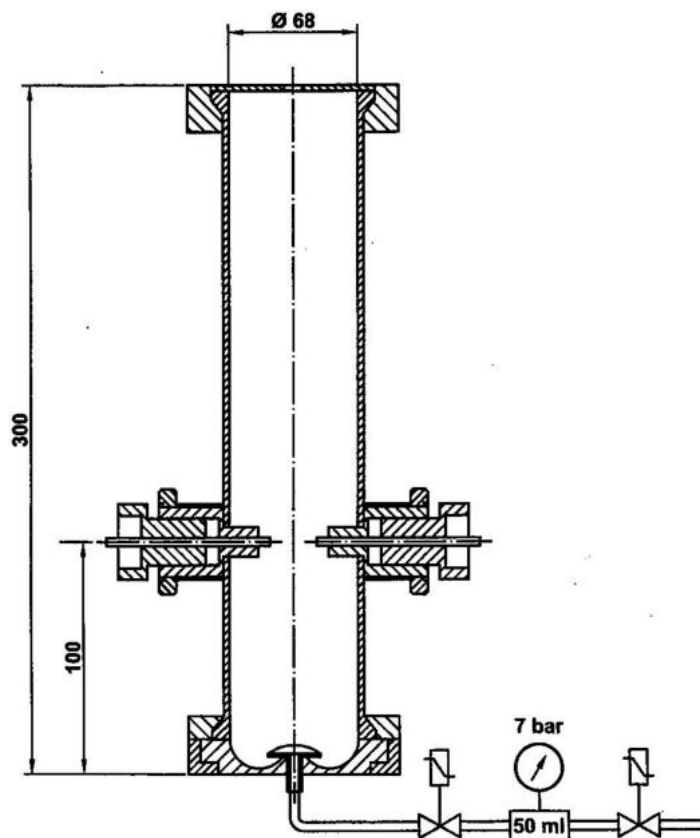


Obr. 2 Typický tlakový záznam pri výbuchu rozvíreného prachu

Výsledkom merania je určenie maximálnej hodnoty tlaku  $P_{max}$  pri výbuchu (vyberá sa najvyššia hodnota jednej vzorky zo všetkých testovaných koncentrácií), ďalej maximálna rýchlosť nárastu tlaku  $(dP/dt)_{max}$  pri výbuchu (vyberá sa najvyššia hodnota jednej vzorky zo všetkých testovaných koncentrácií), výbuchová konštanta  $K_{st}$  (počíta sa z  $(dP/dt)_{max}$ ), dolná medza výbušnosti (najnižšia koncentrácia, pri ktorej ešte nastal výbuch) a minimálna koncentrácia kyslíka MOC (koncentrácia kyslíka vo vzduchu, pri ktorej ešte prišlo k výbuchu).

## 2. Minimálna iniciačná energia

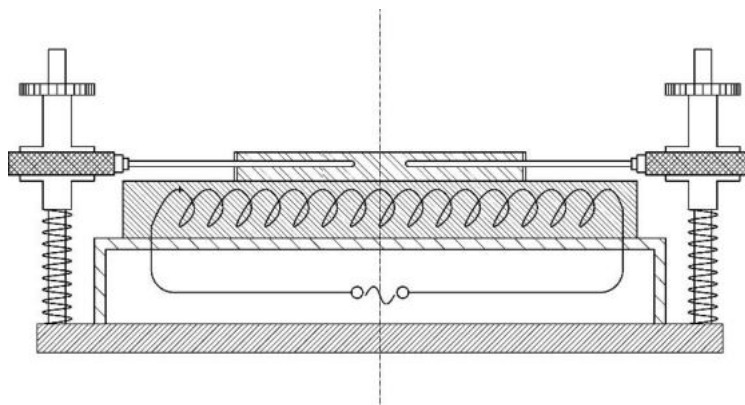
Minimálna iniciačná energia s meria v modifikovanej Hartmannovej trubici. Je to sklenená trubica s objemom 1,2L v ktorej sa prúdom tlakového vzduchu rozvíri vzorka prachu. Vzorka sa zapáli od kapacitnej iskry, ktorá vzniká medzi dvomi elektródami vo vzdialenosti 4 mm. Jej energiu určuje kapacita a napätie na kondenzátore. Výsledkom merania je stanovenie minimálnej iniciačnej energie, ktorá je potrebná pre zapálenie vzorky prachu s ideálnou koncentráciou.



Obr. 3 Schéma modifikovanej Hartmannovej trubice [5]

### 3. Minimálna teplota vznietenia usadenej vrstvy prachu od horúceho povrchu

Minimálna teplota vznietenia usadenej vrstvy prachu sa meria na vyhrievanej kovovej doske. Teplota kovovej dosky dosahuje hodnoty do 400 °C a sleduje sa termočlánkom, umiestneným v strede dosky 1 mm pod povrchom. Vzorka sa dáva na vyhriatu dosku do kovového prstenca s výškou 5 mm. Vo vrstve prachu sa sleduje teplota dvomi termočlánkami. Za minimálnu teplotu vznietenia usadenej vrstvy prachu od horúceho povrchu sa považuje teplota vyhrievanej dosky, znížená o 10 °C (do 300 °C) alebo znížená o 20 °C (nad 300 °C), pri ktorej bolo vizuálne pozorované horenie alebo tlenie vzorky, prípadne termočlánky umiestnené vo vrstve prachu dosiahli teplotu o 250 °C vyššiu ako je teplota dosky.

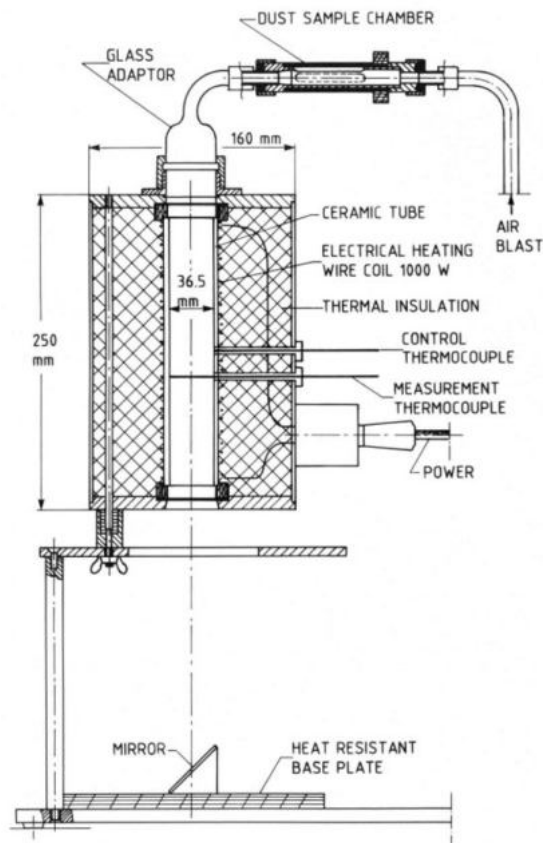


Obr. 4 Schéma zariadenia pre meranie teploty vznietenia usadenej vrstvy prachu



#### 4. Minimálna teplota vznietenia rozvíreného prachu od horúceho povrchu

Minimálna teplota vznietenia rozvíreného prachu od horúceho povrchu sa zvyčajne meria v Godbert-Greenwaldovej pecku. Do pecky je zo zásobníku privádzaná vzorka rozvírená tlakovým vzduchom a sleduje sa vizuálne, či príde k jej vznieteniu. Za minimálnu teplotu vznietenia sa považuje najnižšia teplota, pri ktorej už došlo vznieteniu.



Obr. 5 Schéma Godbert-Greenwaldovej pecky pre meranie MIT rozvíreného prachu [9]

#### 5. Granulometria vzorky

Vzorka sa pri určení zloženia veľkosti častíc mechanicky preosievania na sústave sít s kalibrovanou veľkosťou ôk. Preosievanie prebieha v závislosti od vlastností vzorky počas určenej doby a amplitúdy, buď suchou alebo mokrou cestou (vhodná pre zhlukujúce sa vzorky) do stavu, keď ďalším preosievaním nedochádza k zmene množstva vzorky na sítach. Veľkosti základnej sústavy sít (podľa STN ISO 3310-1 [10]) sú: 500 – 355 – 250 – 180 – 125 – 90 – 63 – 45 – 32 – 25 – 20  $\mu\text{m}$ . Výsledkom stanovenia je hmotnostný podiel vzorky s určitou veľkosťou častíc, medián veľkosti častíc vzorky a priemerná veľkosť častíc vzorky.

#### 6. Sypná hustota vzorky

Sypná hustota vzorky je priemerná hustota vzorky prachu, ktorej objem sa vytvoril buď jej voľným presypaním cez normovanú násypku do nádoby známeho objemu alebo sa vytvoril nasypáním a následným strasením v nádobe známeho objemu. Výsledkom merania je priemerná sypná hustota vzorky.



Sypná hustota vzorky je:

$$\rho_t = \frac{m_1 - m_0}{V} \quad (1)$$

kde  $\rho_t$  je sypná hustota vzorky,  $m_1$  je hmotnosť nádoby so vzorkou,  $m_0$  je hmotnosť nádoby a  $V$  je objem nádoby.

### 7. Vlhkosť vzorky

Vlhkosť vzorky sa meria sušením známeho množstva vzorky pri vhodnej teplote (zvyčajne 105 °C, ale je potrebné ju prispôbiť typu vzorky, ak by prišlo napr. k rozkladu, taveniu a pod.) po dobu najčastejšie 24 hodín, alebo do konštantnej hmotnosti. Vlhkosť vzorky (v % hm.) je:

$$\varphi = \frac{m_1 - m_2}{m_2 - m_0} \times 100 \quad (2)$$

kde  $\varphi$  je vlhkosť vzorky (v % hm.),  $m_0$  je hmotnosť prázdnej nádoby,  $m_1$  je hmotnosť vzorky s nádobkou pred sušením,  $m_2$  je hmotnosť nádoby so vzorkou po sušení.

### 8. Rezistivita vzorky prachu

Rezistivita vzorky sa meria v nevodivej nádobke (vodivosť na úrovni 100 TΩ) do ktorej sa nasype a zarovná vzorka prachu. Objem použitej vzorky je 10 x 10 x 100 mm. Vodivosť vzorky je meraná pri hodnotách napätia 100, 250, 500 a 1000 V v zariadení, ktoré dokáže vytvárať podtlak. Vzorka je podľa normy následne zaradená do jednej z dvoch kategórií: IIIC – vodivý prach a IIIB – nevodivý prach.

### 9. Záver

Horľavé prachy sú neoddeliteľnou súčasťou všetkých priemyselných odvetví. Požiarnotechnické parametre horľavých prachov sú vstupnými informáciami pre návrh riešení protivýbuchovej prevencie. Niektoré údaje je síce možné ich získať aj z voľne dostupných databáz, avšak každá vzorka je špecifická a nie je možné použiť parametre inej vzorky. Pre priemyselnú prax je najdôležitejšie vykonávať merania na konkrétnych vzorkách. Takéto meranie má pre priemyselné podniky význam a navrhnuté opatrenia protivýbuchovej prevencie tak môžu byť optimálne.

Skúšobné laboratórium protivýbuchovej prevencie Ústavu integrovanej bezpečnosti Materiálovotechnologickej fakulty STU je jediným pracoviskom na Slovensku, kde je možné stanovenie požiarnotechnických parametrov horľavých prachov. Požiarnotechnické parametre je možné stanoviť v rámci projektu **APVV-21-0187** **Progressívne metódy testovania prachu a prachovzduchových zmesí pre potreby výrobného priemyslu na Slovensku**.

### PodĎakovanie

Táto práca bola podporovaná Agentúrou na podporu výskumu a vývoja na základe zmluvy č. APVV-21-0187.





## Literatúra

- [1] Eckhoff R. K. 2003. Dust explosions in the process industries: identification, assessment and control of dust hazards. Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-7506-7602-1.X5000-8>
- [2] Amyotte P. 2013. An Introduction to Dust Explosions Understanding the Myths and Realities of Dust Explosions for a Safer Workplace, Elsevier. 2013. <https://doi.org/10.1016/C2011-0-07244-7>
- [3] STN EN/ISO/IEC 80079-20-2: 2016 Výbušné atmosféry. Časť 20-2: Vlastnosti látok. Skúšobné metódy na horľavé prachy
- [4] STN EN 14034+A1: 2012 Stanovenie vlastností zvráteného prachu pri výbuchu
- [5] STN EN 13821: 2003 Potenciálne výbušné atmosféry. Prevencia a ochrana pred výbuchom. Stanovenie minimálnej iniciačnej energie vznietenia zmesí prachu a vzduchu
- [6] STN EN 933-1: 2012 Skúšky na stanovenie geometrických charakteristík kameniva Časť 1 Stanovenie zrnitosti. Sitový rozbor
- [7] STN EN/ISO 23145-1: 2016 Jemná keramika (špeciálna keramika, špeciálna technická keramika). Stanovenie objemovej hmotnosti keramických práškov. Časť 1: Sypná hustota po strasení
- [8] STN EN ISO 12570+A2: 2018 Tepelno-vlhkostné vlastnosti stavebných materiálov a výrobkov. Stanovenie vlhkosti sušením pri zvýšenej teplote
- [9] Eckhoff R.K. 2019. Origin and development of the Godbert-Greenwald furnace for measuring minimum ignition temperatures of dust clouds, Process Safety and Environmental Protection, Volume 129, Pages 17-24, <https://doi.org/10.1016/j.psep.2019.06.012>.

## Korešpondenčná adresa

1. doc. Ing. Richard Kuracina, Ph.D.: Slovenská technická univerzita v Bratislave, Materiálovotechnologická fakulta so sídlom v Trnave, Ústav integrovanej bezpečnosti, Ulica Jána Bottu 2781/25, 917 24 Trnava, Slovenská republika, Tel: + 421 906 068 510, email: richard.kuracina@stuba.sk
2. Ing. Zuzana Szabová, PhD.: Slovenská technická univerzita v Bratislave, Materiálovotechnologická fakulta so sídlom v Trnave, Ústav integrovanej bezpečnosti, Ulica Jána Bottu 2781/25, 917 24 Trnava, Slovenská republika, Tel: + 421 906 068 510, email: zuzana.szabova@stuba.sk
3. Ing. Eva Buranská, PhD.: Slovenská technická univerzita v Bratislave, Materiálovotechnologická fakulta so sídlom v Trnave, Ústav integrovanej bezpečnosti, Ulica Jána Bottu 2781/25, 917 24 Trnava, Slovenská republika, Tel: + 421 906 068 512, email: eva.buranska@stuba.sk
4. Ing. László Kosár: Slovenská technická univerzita v Bratislave, Materiálovotechnologická fakulta so sídlom v Trnave, Ústav integrovanej bezpečnosti, Ulica Jána Bottu 2781/25, 917 24 Trnava, Slovenská republika, Tel: + 421 906 068 502, email: laszlo.kosar@stuba.sk
5. Nina Weinmann MSc: Slovenská technická univerzita v Bratislave, Materiálovotechnologická fakulta so sídlom v Trnave, Ústav integrovanej bezpečnosti, Ulica Jána Bottu 2781/25, 917 24 Trnava, Slovenská republika, Tel: + 421 906 068 510, email: nina.weinmann@stuba.sk



# ERGONOMIA V KONTEXTE PRIEMYSLU 4.0

## ERGONOMY IN THE CONTEXT OF INDUSTRY 4.0

TURISOVÁ, R. & JÁNOŠÍK, R.

### **Abstrakt:**

*Priemysel 4.0 prináša revolúciu do spôsobu, akým sa vykonávajú výrobné procesy a ako sú navrhnuté pracovné prostredia. Tento príspevok sa zaoberá úlohou ergonomie v ére automatizácie, robotizácie a digitalizácie, ktoré menia tradičné pracovné podmienky. Diskutuje, ako nové technológie prispievajú k zlepšeniu ergonomie a zvýšeniu fyzického a psychického komfortu pracovníkov. Zároveň sa zameriava na dlhodobú udržateľnosť pracovných procesov a ich vplyv na efektivitu, bezpečnosť a spokojnosť zamestnancov.*

### **Abstract:**

*Industry 4.0 is revolutionizing the way production processes are performed and work environments are designed. This paper deals with the role of ergonomics in the era of automation, robotization and digitalization that are changing traditional working conditions. He discusses how new technologies contribute to the improvement of ergonomics and the increase of physical and psychological comfort of workers. At the same time, it focuses on the long-term sustainability of work processes and their impact on the efficiency, safety and satisfaction of employees.*

### **Kľúčové slová:**

*Ergonomia, Priemysel 4.0, automatizácia, digitalizácia, udržateľnosť*

### **Key words:**

*Ergonomics, Industry 4.0, automation, digitization, sustainability*

## Úvod

Priemysel 4.0 neznamená len vyššiu efektivitu, ale aj zvýšenú bezpečnosť a udržateľnosť pracovných podmienok. Jeho hlavným cieľom je posilnenie interakcie medzi človekom a strojom, čo vedie k zníženiu fyzického a psychického zaťaženia pracovníkov. Digitálne nástroje a pokročilé technológie prispievajú k optimalizácii pracovných procesov, zvyšujú produktivitu a zároveň zlepšujú pracovné prostredie.

Jedným z kľúčových prínosov je rozšírená realita (angl. Augmented reality, AR), ktorá poskytuje pracovníkom prístup k informáciám v reálnom čase priamo na pracovisku [1]. Operátori môžu cez AR získať vizuálne pokyny na montáž či údržbu bez potreby zložitej dokumentácie. Tým sa znižuje počet nezhôd a zvyšuje efektivita vykonávaných úloh. Navyše, AR umožňuje pracovníkom okamžite identifikovať a riešiť problémy, čím sa minimalizuje riziko nesprávneho postupu.

Ďalšou zásadnou technológiou v rámci Priemyslu 4.0 je virtuálna realita (angl. Virtual reality, VR), ktorá nachádza uplatnenie najmä pri školeniach a simuláciách [2]. VR umožňuje pracovníkom trénovať v simulovanom prostredí, kde môžu bezpečne precvičovať komplexné a potenciálne



nebezpečné úlohy. Tento spôsob školenia nielen zlepšuje zručnosti, ale aj posilňuje bezpečnosť, pretože pracovníci sa môžu pripraviť na rôzne scenáre bez rizika zranenia.

Kolaboratívne roboty (angl. Collaborative robots), skrátene coboty hrajú významnú úlohu pri zlepšovaní ergonómie [3]. Coboty dokážu spolupracovať s ľuďmi pri vykonávaní úloh, ktoré sú fyzicky náročné alebo monotónne. Ich prítomnosť na pracovisku znižuje potrebu opakovaných fyzicky zaťažujúcich úloh, čo vedie k nižšiemu výskytu muskuloskeletálnych porúch u pracovníkov. Okrem toho coboty prispievajú k zlepšeniu presnosti a rýchlosti procesov, čím sa zároveň znižuje celková pracovná záťaž.

V neposlednom rade nositeľné zariadenia (angl. wearables) poskytujú nové možnosti na monitorovanie zdravia pracovníkov v reálnom čase [4]. Tieto zariadenia môžu sledovať rôzne fyziologické ukazovatele, ako sú srdcový tep, telesná teplota či úroveň stresu, čo umožňuje lepšiu prevenciu zdravotných problémov. Vďaka tomu môžu manažéri rýchlo zasiahnuť v prípade, že sa pracovníci nachádzajú v rizikových podmienkach, čím sa zvyšuje bezpečnosť a pohodlie na pracovisku.

Celkovým výsledkom zavádzania Priemyslu 4.0 do výrobných procesov je vytvorenie inteligentných pracovísk, ktoré kladú dôraz na optimalizáciu pracovných postupov, ochranu zdravia pracovníkov a ich dlhodobú udržateľnosť.

### 1. Ergonómia a Priemysel 4.0

Automatizácia prináša významné zmeny v pracovnom prostredí, ktoré výrazne ovplyvňujú ergonómiu. Eliminuje mnohé fyzicky náročné úlohy, ktoré v minulosti často viedli k rôznym pracovným úrazom a chorobám z povolania, ako sú napríklad problémy s pohybovým aparátom či opakované namáhanie. Vďaka automatizovaným systémom, ako sú roboty a výrobné linky, sa pracovníci môžu zamerať na úlohy, ktoré si vyžadujú ich kreativitu a rozhodovacie schopnosti, pričom monotónne, opakujúce sa činnosti vykonávajú stroje. Tým sa znižuje nielen riziko zranení, ale aj pracovná únava, čo zvyšuje celkovú spokojnosť a zdravie zamestnancov.

Digitálne technológie, ktoré sú integrálnou súčasťou Priemyslu 4.0, prinášajú nové možnosti pre ergonomický dizajn pracovísk [5]. Vďaka sofistikovaným nástrojom na zber a analýzu dát môžu byť pracovné miesta optimalizované na základe individuálnych potrieb zamestnancov. Senzory a nositeľné zariadenia monitorujú fyziologické parametre pracovníkov, ako sú pulzová frekvencia či úroveň aktivity a tieto dáta poskytujú manažérom alebo ergonomickým špecialistom cenné informácie na úpravu pracovných podmienok. To umožňuje prispôbenie pracovného prostredia konkrétnym potrebám pracovníkov, čo zvyšuje ich komfort, bezpečnosť a efektivitu.

Jednou z hlavných výziev, ktoré so sebou automatizácia prináša, je interakcia medzi človekom a strojom, známa ako HMI (angl. Human-Machine Interface) [5]. Táto interakcia je kľúčová pre efektívne a bezpečné fungovanie moderných výrobných systémov. Z ergonomického hľadiska je nevyhnutné, aby boli systémy HMI navrhnuté tak, aby sa minimalizovala fyzická a mentálna záťaž pracovníkov. Tlačidlá, obrazovky a ovládacie panely by mali byť umiestnené tak, aby sa zohľadnili prirodzené pohyby a možnosti ľudského tela, čím sa predchádza nepríjemnostiam a zraneniam z nesprávnej manipulácie. Optimalizácia HMI sa nesústreďuje len na fyzické aspekty, ale aj na mentálnu záťaž, ktorú tieto systémy môžu spôsobiť. Čím jednoduchší a intuitívnejší je dizajn HMI, tým menej času a úsilia je potrebné na naučenie sa systému, čo vedie k zníženiu chýb a zvýšeniu bezpečnosti. Pracovníci musia byť schopní rýchlo pochopiť a efektívne používať technológie bez nadmerného psychického zaťaženia. Tento prístup zlepšuje celkovú výkonnosť a pohodu zamestnancov a umožňuje lepšie využitie potenciálu automatizovaných systémov.



Automatizácia a digitalizácia pracovného prostredia tak prinášajú nielen technické vylepšenia, ale aj nové výzvy v oblasti ergonómie. Cieľom je, aby technologické riešenia podporovali zdravé pracovné prostredie, kde sú fyzické a mentálne požiadavky optimálne rozdelené medzi človeka a stroj.

### 1.2. Udržateľnosť pracovných procesov v Priemysle 4.0

V kontexte Priemyslu 4.0 je udržateľnosť pracovných procesov jedným z kľúčových cieľov, ktorý sa snaží zabezpečiť dlhodobú efektivitu, bezpečnosť a ekologickú šetrnosť. Významnou súčasťou tohto úsilia je integrácia ergonómie do pracovných postupov, ktorá prispieva k fyzickému aj mentálnemu zdraviu pracovníkov. Ergonómia je kľúčová pri navrhovaní pracovných miest a procesov tak, aby zohľadňovala potreby zamestnancov, znižovala riziko zranení a zlepšovala celkovú pohodu pracovníkov [7]. Tým sa dosahuje zníženie fluktuácie zamestnancov, pretože tí, ktorí pracujú v ergonomicky optimalizovanom prostredí, sú spokojnejší a menej náchylní na zdravotné problémy súvisiace s prácou.

Znižovanie pracovných úrazov je ďalším významným prínosom ergonómie, čo má zásadný vplyv na udržateľnosť pracovných procesov. Pri správne navrhnutých pracovných staniciach a nástrojoch sa minimalizujú riziká spojené s opakujúcimi sa fyzickými činnosťami, zlým držaním tela alebo nadmerným fyzickým zaťažením. Napríklad automatizované systémy a coboty môžu prevziať fyzicky náročné úlohy, čím znižujú riziko muskuloskeletálnych porúch u zamestnancov. Vďaka tomu je možné udržiavať vyššiu úroveň produktivity, pretože zdraví a spokojní pracovníci sú schopní pracovať efektívnejšie a s menším počtom prestojov spôsobených zraneniami alebo chorobami z povolania.

Z ergonomického hľadiska tiež prispieva k udržateľnosti zvyšovanie produktivity prostredníctvom zlepšenia komfortu pracovníkov. Keď pracovníci pracujú v prostredí, ktoré zohľadňuje ich fyzické potreby, dokážu sa lepšie sústrediť na svoje úlohy, čo vedie k rýchlejšiemu a kvalitnejšiemu plneniu pracovných povinností. Okrem toho ergonómia podporuje zníženie mentálnej záťaže, čo je obzvlášť dôležité v pracovnom prostredí, kde sa využívajú nové digitálne technológie, ktoré si vyžadujú vysokú úroveň koncentrácie.

Okrem zlepšenia pracovných podmienok pre zamestnancov zohráva dôležitú úlohu pri udržateľnosti aj ekologický aspekt Priemyslu 4.0. Inteligentné zariadenia a automatizované systémy umožňujú optimalizáciu energetických nákladov a minimalizáciu odpadu. Optimalizované procesy a inteligentné technológie, ako sú senzory a big data analýzy, monitorujú spotrebu energie a materiálov v reálnom čase, čo umožňuje okamžité zásahy s cieľom znížiť plytvanie [8]. Napríklad výrobné zariadenia môžu automaticky regulovať spotrebu energie v závislosti od aktuálnej produkcie, čím sa znižuje energetická záťaž a emisie CO<sub>2</sub>.

Ďalším prínosom inteligentných zariadení je minimalizácia odpadu. Presné riadenie výrobných procesov, ktoré umožňuje predikovať potrebu surovín a optimalizovať výrobu, vedie k zníženiu prebytočného materiálu. Okrem toho technológie, ako sú 3D tlač a aditívna výroba, umožňujú vyrábať diely a produkty s minimálnym množstvom materiálu, čo vedie k menšiemu odpadu [9].

Celkovo možno povedať, že udržateľnosť pracovných procesov v Priemysle 4.0 je postavená na dvoch hlavných pilieroch, t.j. na zlepšovaní pracovných podmienok prostredníctvom ergonómie a znižovaní ekologického dopadu prostredníctvom optimalizácie procesov a efektívnejšieho využívania zdrojov. Tieto faktory spolu prispievajú k vytvoreniu dlhodobo udržateľného pracovného prostredia, ktoré je prospešné pre zamestnancov aj pre životné prostredie.



### 1.3. Implementácia Priemyslu 4.0 a ergonomické zlepšenia

V rámci Priemyslu 4.0 existuje mnoho prípadových štúdií, ktoré ukazujú, ako integrácia digitálnych technológií a automatizácie viedla k zlepšeniu ergonomie na pracovisku [5] [10] (Tab. 1). Firmy, ktoré úspešne implementovali tieto zlepšenia, zaznamenali významné pozitívne výsledky v oblasti pracovnej záťaže, spokojnosti zamestnancov a produktivity. Tieto prípadové štúdiá poskytujú cenné informácie o tom, ako môže technológia zmeniť pracovné prostredie a vytvoriť zdravšie a efektívnejšie procesy [11].

Tab. 1 Ergonómia vo výrobe v kontexte Priemyslu 4.0

Podsystem	Určiť perspektívy
<i>Technologický</i>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Špičková technológia kladie komplexné požiadavky na výrobu a môže priniesť nové hrozby pre ľudí.</li><li>• Nároky na bezpečnosť a ochranu technológií a pracovného prostredia sa zvyšujú.</li><li>• Kvalita a použiteľnosť používateľských rozhraní technológií sa stáva komplexnejšou.</li><li>• Produkčné systémy poskytujú komplexné údaje, čo zase zvyšuje potrebu sofistikovanejších analytických metód a zručností na ich využitie.</li><li>• Pomocné technológie používané na uľahčenie ľudskej práce prinášajú pre ľudí nové hrozby.</li><li>• Zvyšujú sa požiadavky na zručnosti pri využívaní nových technológií.</li></ul>
<i>Organizačný</i>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Zvyšujú sa nároky na organizačné schopnosti podporujúce technologickú transformáciu a rozvojové aktivity.</li><li>• Systémy školenia personálu sú výzvou, aby vyhovovali potrebám a požiadavkám, ktoré prináša technologický rozvoj.</li><li>• Vzájomná dôvera medzi zamestnávateľom a zamestnancom je ohrozená.</li></ul>
<i>Personálny</i>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Ľudské úlohy sa stávajú náročnejšími a komplexnejšími.</li><li>• Zvyšujú sa nároky na osobné kognitívne a sociálne a komunikačné zručnosti.</li><li>• Zvyšujú sa nároky na samostatnosť zamestnancov a zručnosti v oblasti sebariadenia.</li><li>• Má problémy s nedostatkom zamestnancov, napr. starnúca pracovná sila alebo nedostatok vysokokvalifikovaných odborníkov.</li></ul>

Zdroj: Spracované podľa [5]

Jednou z oblastí priemyslu, ktoré sa zamerali na ergonomické zlepšenia v automatizovaných výrobných procesoch, je výroba automobilových komponentov. Spoločnosti sa rozhodli implementovať coboty do svojich výrobných liniek. Pred zavedením cobotov čelili zamestnanci fyzicky náročným úlohám, ako bolo zdvíhanie a montáž ťažkých dielov, čo viedlo k častým zdravotným problémom, ako sú muskuloskeletálne poruchy. Implementácia cobotov umožnila pracovníkom zamerať sa na menej fyzicky zaťažujúce činnosti, pričom ťažšie úlohy prevzali stroje. Výsledkom bolo výrazné zníženie pracovných úrazov a únavy, čo priamo prispelo k zlepšeniu ergonomie.

Ďalšou oblasťou, v ktorej sa úspešne využili technológie Priemyslu 4.0, je výroba spotrebnej elektroniky. Zaviedla sa AR do tréningových a údržbových procesov. Pred implementáciou AR mali pracovníci ťažkosti so zložitými montážnymi postupmi, ktoré si vyžadovali vysokú úroveň presnosti





a sústredenia. AR im umožnila v reálnom čase sledovať montážne pokyny priamo v zornom poli, čím sa výrazne zlepšila presnosť a rýchlosť ich práce. Tento technologický nástroj nielen znížil počet chýb, ale aj zlepšil spokojnosť zamestnancov, keďže práca sa stala menej stresujúcou a intuitívnejšou [5].

Jedna z ďalších úspešných prípadových štúdií pochádza zo sektoru logistiky, kde bolo zavedené monitorovanie fyzického zdravia zamestnancov prostredníctvom nositeľných technológií. Vďaka senzorum, ktoré neustále sledovali fyziologické parametre pracovníkov, bolo možné identifikovať prípady nadmerného fyzického zaťaženia a únavy skôr, ako to viedlo k pracovným úrazom. Spoločnosť zistila, že možnosť prispôbiť pracovný režim jednotlivým zamestnancom výrazne znížila ich absencie a zlepšila celkovú efektivitu. Pracovníci sa cítili bezpečnejšie a mali väčšiu kontrolu nad svojim pracovným prostredím, čo sa prejavilo aj v ich vyššej produktivite [10].

Implementácia digitálnych technológií a automatizácie v kombinácii s ergonomickými zlepšeniami priniesla mnoho výhod pre spoločnosti aj zamestnancov. Znížila sa pracovná záťaž, čo viedlo k nižšiemu počtu zdravotných problémov a pracovných úrazov. Tieto zlepšenia zároveň zvýšili spokojnosť zamestnancov, keďže práca sa stala menej náročnou a viac prispôbenu ich potrebám. Tým sa dosiahla vyššia úroveň produktivity a efektivity, ktorá prispela k celkovému úspechu implementácie Priemyslu 4.0.

Tieto prípadové štúdie jasne ukazujú, že keď spoločnosti investujú do ergonomických zlepšení a využívajú výhody digitálnych technológií, môžu očakávať nielen lepšie zdravie a spokojnosť zamestnancov, ale aj výrazné zlepšenie ich výkonnosti. To vytvára udržateľnejšie a produktívnejšie pracovné prostredie, ktoré prospieva všetkým zúčastneným stranám.

## 2. Budúcnosť ergonómie v digitálnom priemysle

S pokračujúcim rozvojom Priemyslu 4.0 a rastúcou implementáciou digitálnych technológií sa ergonómia stáva čoraz dôležitejším aspektom pri vytváraní efektívnych a bezpečných pracovných podmienok. Jedným z najvýznamnejších trendov, ktorý formuje budúcnosť ergonómie, je integrácia umelej inteligencie (angl. artificial intelligence, AI) a strojového učenia (angl. Machine learning) [12]. Tieto technológie majú potenciál transformovať pracovné prostredie tým, že umožňujú monitorovanie a zlepšovanie pracovných podmienok v reálnom čase.

AI a strojové učenie umožňujú spracovanie obrovského množstva dát, ktoré sú zbierané zo senzorov umiestnených v pracovnom prostredí, z nositeľných zariadení, alebo priamo z pracovných staníc. Tieto dáta môžu zahŕňať fyziologické parametre pracovníkov, ich pohyby, rýchlosť a kvalitu vykonávaných úloh, ako aj úroveň ich stresu alebo únavy. Na základe týchto informácií dokáže AI v reálnom čase analyzovať dáta a identifikovať potenciálne problémy, ako napríklad nesprávne držanie tela alebo nadmernú fyzickú záťaž a automaticky navrhnúť zmeny pracovného postupu alebo nastavenia pracovného prostredia. Takéto okamžité zásahy pomáhajú predchádzať zraneniam a zlepšujú celkovú pracovnú pohodu.

Ďalším významným prínosom AI je prediktívna ergonómia [13]. Vďaka schopnosti strojového učenia vyhodnocovať historické dáta môže systém predvídať riziká na základe predchádzajúcich trendov a odporúčať opatrenia ešte predtým, ako dôjde k problému. Napríklad, ak systém zaznamená, že určitý typ úlohy vedie k častým svalovým poraneniam, môže navrhnúť zavedenie pauzy, zmenu nástrojov alebo úpravu pracovnej stanice, aby sa predchádzalo budúcim problémom. Tento proaktívny prístup zlepšuje zdravie pracovníkov a znižuje náklady spojené s absenciou alebo rehabilitáciou po zraneniach.

Ďalšou dôležitou perspektívou pre budúcnosť ergonómie v digitálnom priemysle je personalizácia pracovného prostredia pomocou adaptívnych technológií [14]. Tieto technológie,





poháňané AI a strojovým učením, umožňujú vytvárať pracovné prostredie prispôbené individuálnym potrebám jednotlivých zamestnancov. Adaptívne systémy dokážu automaticky nastaviť pracovné stanice podľa preferencií pracovníka, vrátane výšky pracovného stola, osvetlenia alebo teploty v miestnosti. Tieto systémy sa môžu neustále prispôbovať fyzickým a psychickým potrebám zamestnanca na základe jeho správania a zdravotného stavu. Príkladom takejto personalizácie je pracovná stanica vybavená senzormi, ktoré monitorujú držanie tela zamestnanca a úroveň jeho aktivity. Ak systém zaznamená, že pracovník dlhodobo zotráva v nezdravej pozícii, automaticky upraví výšku stoličky alebo stola, prípadne odporučí krátku prestávku na zmenu polohy. Okrem fyzického pohodlia môžu tieto systémy sledovať aj úroveň psychickej záťaže, a ak zaznamenajú zvýšený stres, navrhnu prestávku alebo zmenu v pracovných úlohách.

Celkovo možno povedať, že budúcnosť ergonómie v digitálnom priemysle smeruje k vytváraniu inteligentných, adaptívnych a personalizovaných pracovných prostredí, ktoré zohľadňujú individuálne potreby pracovníkov a neustále sa prispôbujú meniacim sa podmienkam. Vďaka technológiám, ako sú AI, strojové učenie a adaptívne systémy, bude možné udržiavať vysokú úroveň produktivity a zároveň zabezpečiť fyzickú a psychickú pohodu pracovníkov.

### Záver

Na záver, ergonómia v kontexte Priemyslu 4.0 prináša nové perspektívy pre efektívnejšie a bezpečnejšie pracovné prostredie. Využitie technológií, ako sú AR, VR, coboty a nositeľné zariadenia, výrazne zlepšujú komfort a znižujú riziko úrazov na pracovisku. Tieto inovácie nielen optimalizujú pracovné procesy, ale aj prispievajú k dlhodobej udržateľnosti a zvyšujú spokojnosť pracovníkov. Významným krokom je aj zavedenie prediktívnej ergonómie, ktorá umožňuje včasnú identifikáciu rizík a prevenciu potenciálnych problémov. Vďaka personalizovanému prístupu k potrebám pracovníkov sa stáva pracovné prostredie flexibilnejším a príjemnejším. Priemysel 4.0 vytvára základ pre inteligentné pracoviská, ktoré kladú dôraz na zdravie a pohodu pracovníkov. Tento pokrok je zároveň prospešný pre samotné spoločnosti, keďže prispieva k zvýšenej produktivite a zníženiu fluktuácie. V konečnom dôsledku, budúcnosť ergonómie v digitálnom priemysle smeruje k vyššej úrovni bezpečnosti, efektivity a dlhodobej udržateľnosti.

### Zaradenie príspevku

Príspevok bol vypracovaný v rámci projektu KEGA č. 026TUKE-4/2023 Podpora rozvoja vedomostí v oblasti implementácie požiadaviek systému manažérstva kvality pre letecký, vesmírny a obranný priemysel.

### Literatúra

- [1] Arena, F., Collotta, M., Pau, G., & Termine, F. (2022). An overview of augmented reality. *Computers*, 11(2), 28.
- [2] Wohlgenannt, I., Simons, A., & Stieglitz, S. (2020). Virtual reality. *Business & Information Systems Engineering*, 62, 455-461.
- [3] Sherwani, F., Asad, M. M., & Ibrahim, B. S. K. K. (2020, March). Collaborative robots and industrial revolution 4.0 (ir 4.0). In *2020 International Conference on Emerging Trends in Smart Technologies (ICETST)* (pp. 1-5). IEEE.
- [4] Lee, J., Kim, D., Ryoo, H. Y., & Shin, B. S. (2016). Sustainable wearables: Wearable technology for enhancing the quality of human life. *Sustainability*, 8(5), 466.



- [5] Reiman, A., Kaivo-oja, J., Parviainen, E., Takala, E. P., & Lauraeus, T. (2021). Human factors and ergonomics in manufacturing in the industry 4.0 context—A scoping review. *Technology in Society*, 65, 101572.
- [6] Mourtzis, D., Angelopoulos, J., & Panopoulos, N. (2023). The future of the human–machine interface (HMI) in society 5.0. *Future Internet*, 15(5), 162.
- [7] Adiga, U. (2023). Enhancing occupational health and ergonomics for optimal workplace well-being: a review. *International Journal of Chemical and Biochemical Sciences*, 24(4), 157-164.
- [8] Nižetić, S., Djilali, N., Papadopoulos, A., & Rodrigues, J. J. (2019). Smart technologies for promotion of energy efficiency, utilization of sustainable resources and waste management. *Journal of cleaner production*, 231, 565-591.
- [9] Javid, M., Haleem, A., Singh, R. P., Suman, R., & Rab, S. (2021). Role of additive manufacturing applications towards environmental sustainability. *Advanced Industrial and Engineering Polymer Research*, 4(4), 312-322.
- [10] Ciccarelli, M., Papetti, A., Cappelletti, F., Brunzini, A., & Germani, M. (2022). Combining World Class Manufacturing system and Industry 4.0 technologies to design ergonomic manufacturing equipment. *International Journal on Interactive Design and Manufacturing (IJIDeM)*, 16(1), 263-279.
- [11] de Assis Dornelles, J., Ayala, N. F., & Frank, A. G. (2022). Smart Working in Industry 4.0: How digital technologies enhance manufacturing workers' activities. *Computers & Industrial Engineering*, 163, 107804.
- [12] Leão, C. P., Silva, V., & Costa, S. (2024). Exploring the Intersection of Ergonomics, Design Thinking, and AI/ML in Design Innovation. *Applied System Innovation*, 7(4), 65.
- [13] Sen, S., Gonzalez, V., Husom, E. J., Tverdal, S., Tokas, S., & Tjøsvoll, S. O. (2024). ERG-AI: enhancing occupational ergonomics with uncertainty-aware ML and LLM feedback. *Applied Intelligence*, 54(23), 12128-12155.
- [14] Ling, S., Yuan, Y., Yan, D., Leng, Y., Rong, Y., & Huang, G. Q. (2024). RHYTHMS: Real-time Data-driven Human-machine Synchronization for Proactive Ergonomic Risk Mitigation in the Context of Industry 4.0 and Beyond. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 87, 102709.

### Korešpondenčná adresa

1. doc. Ing. Renáta Turisová, PhD., MBA: Technická univerzita v Košiciach, Strojnícka fakulta, Katedra kvality, bezpečnosti a environmentu, Letná 1/9, 042 00 Košice-Sever, Slovenská Republika, Tel: +421 55 602 2513, email: renata.turisoval@tuke.sk



# ERGONOMICS IN RECONFIGURABLE MANUFACTURING SYSTEMS: KEY CONSIDERATIONS AND CHALLENGES

ZUZIK, J. & DULINA, Ľ., & GAŠO, M., & FURMANNOVÁ, B.

## **Abstract:**

*The article examines the role of ergonomics in reconfigurable manufacturing systems (RMS). The first section provides a detailed description of RMS, highlighting their specific characteristics and features that distinguish them from traditional manufacturing systems. The second section focuses on ergonomics within the context of industrial production, addressing general principles and their application in enhancing worker safety. The third section delves into the unique challenges and considerations of ergonomics in RMS, exploring how frequent reconfigurations impact ergonomic standards and suggesting areas for further research. By integrating these perspectives, the article aims to contribute to a deeper understanding of how ergonomics can be effectively managed in dynamic and adaptable manufacturing environments.*

**Keywords:** ergonomics, reconfigurable manufacturing systems, humanization of work, flexible manufacturing systems

## **Introduction**

In the 21st century, industrial and manufacturing companies are facing significant transformations driven by global competition, necessitating a shift from traditional manufacturing systems to next-generation manufacturing systems. These changes are propelled by an increasing variety of products, fluctuations in demand, evolving regulatory requirements, and advancements in technology. However, traditional manufacturing systems are encountering growing limitations in their ability to flexibly adapt to these dynamic challenges. [1,10]

Reconfigurable Manufacturing Systems (RMS) have been developed to swiftly adjust production capacities and functionalities, providing businesses with greater flexibility to respond to market changes. Human involvement remains crucial in these systems, as despite high levels of automation, RMS still require human intervention, such as material handling, tool setup, and quality control. [2,3,10]

Thus, it is essential to address the role of humans in RMS, particularly with regard to safety, ergonomics, and working conditions. Failure to account for these factors can result in increased risks of injury, reduced productivity, and other negative impacts on system performance. While the literature on RMS is relatively extensive, only a limited number of studies focus on the implications for safety and ergonomics. [1,3,10]



This article, therefore, concentrates on the importance of human roles in reconfigurable manufacturing systems and highlights the necessity of integrating safety and ergonomic considerations into their design and operation to achieve an optimal balance between technology and human factors in modern manufacturing environments. [4]

### 1. Reconfigurable manufacturing systems

Frequent changes in product types and production volumes require adjustments to the manufacturing system. Each interruption in production results in a reduction in manufacturing capacity and a potential loss of profit for the company. Consequently, the speed of system adjustment and reconfiguration becomes a critical factor in business efficiency. Reconfigurable manufacturing systems significantly reduce the time required for such adjustments, thereby positively impacting the company's profitability. In Fig. 1 the benefits of RMS can be seen. [5,6]

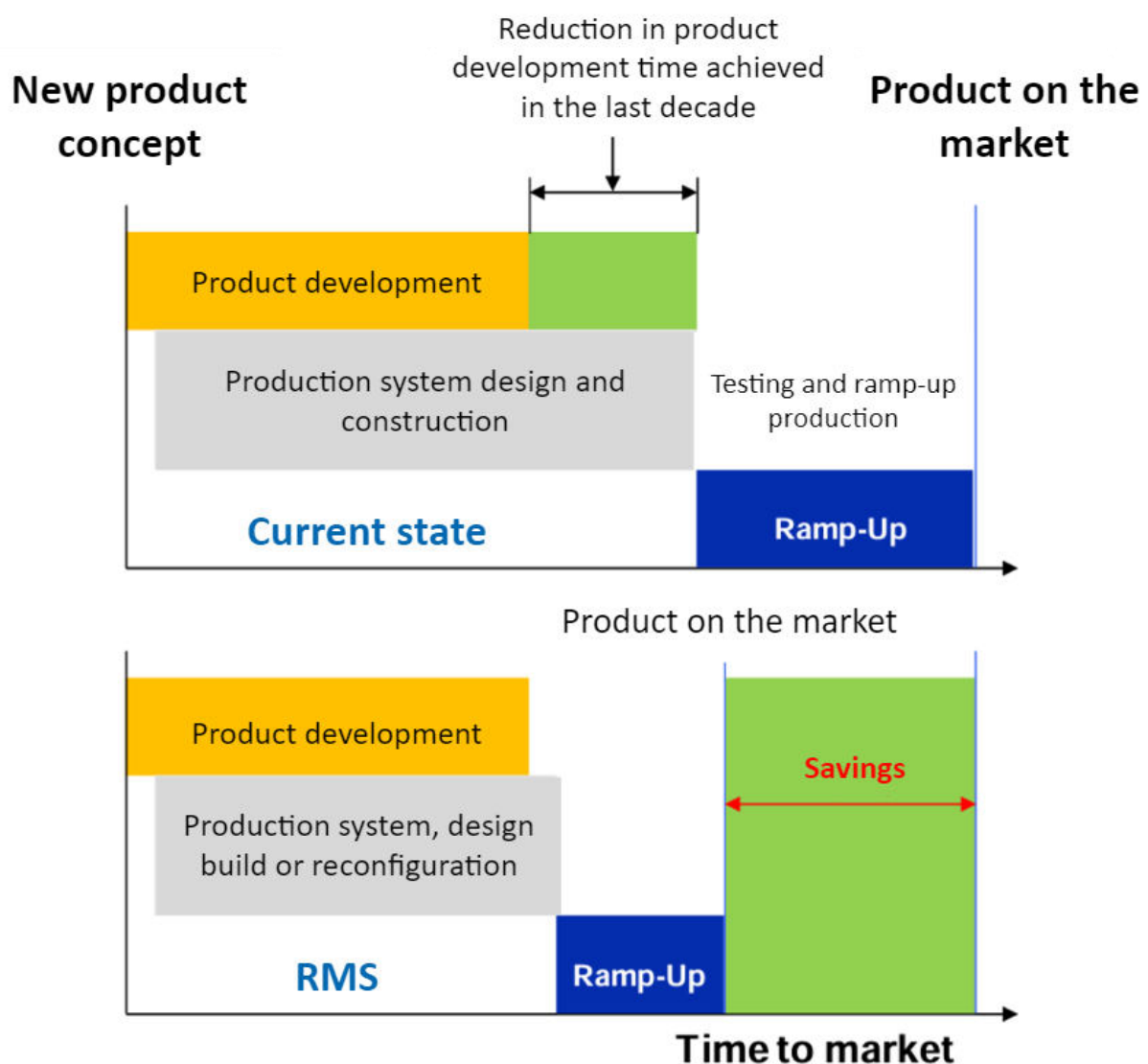


Fig. 1 Benefits of reconfigurable manufacturing systems [5]

According to Koren (2010), the key characteristics of Reconfigurable Manufacturing Systems (RMS) are [5,6]:



- Customization (flexibility limited to a part family) – the flexibility of the manufacturing system or machine is designed to be limited to a specific product family (customized flexibility).
- Scalability (design for capacity changes) – the ability to easily modify production capacity by adding or removing resources (e.g., machines) or altering reconfigurable elements of the system.
- Convertibility (design for functionality changes) – the capability to transform the functionality of existing systems, machines, and control systems to meet new production requirements.
- Modularity (modular elements) – the integration of operational functions into units that can be manipulated within alternative production schemes to achieve optimal manufacturing processes.
- Integrability (interfaces for rapid integration) – the ability to quickly and accurately integrate modules through a set of mechanical, informational, and control interfaces that facilitate integration and communication.
- Diagnosability (design for easy diagnosis) – the capability to automatically detect the current state of the system and its controls, enabling the detection and diagnosis of root causes of equipment or product failures, and the quick resolution of operational issues.

The fundamental information used by manufacturing system designers includes data on the production mix (the number of product types) and the production volumes of each product type (volume flexibility). The production mix refers to the range of different product types that are to be produced concurrently in the designed manufacturing system. This requirement is addressed by the convertibility of the manufacturing system, which is its ability to produce various types of products (product mix). Production volume pertains to the range of volumes for each product type produced within a specific time period. This requirement is handled through scalability and represents the system's capability to adjust production capacity.

Advantages of RMS Compared to traditional manufacturing systems:

- Rapid Adaptation: RMS enable swift adaptation to new products and manufacturing conditions, enhancing competitiveness and flexibility in production.
- Reduced Downtime: The modularity and flexibility of the system minimize the time needed for reconfiguration, thereby reducing downtime and increasing overall production efficiency.
- Cost Optimization: The ability to adapt the system to current needs can lead to cost savings, as there is no need for new equipment investments with each change in the production process.
- Increased Innovation: The flexibility of RMS supports innovations in product design and processes, allowing companies to better respond to new market trends and demands.

## 2. Ergonomics in the context of industrial production

Ergonomics is the science dedicated to designing and optimizing work environments, tools, and tasks to align with the capabilities, needs, and limitations of individuals. The goal of ergonomics is to enhance worker safety, comfort, and efficiency, minimize physical and psychological strain, and prevent work-related injuries and illnesses. Ergonomics focuses on analyzing the interactions between workers and their work environment and creating conditions that support optimal performance and well-being. [2,4]

In manufacturing systems, manual operations often involve significant physical effort and stress on the upper limbs, shoulders, and lower back. Manual material handling, awkward postures, and repetitive movements can lead to musculoskeletal disorders, which are prevalent in the European Union as well. These issues increase worker fatigue, reduce satisfaction and performance, and negatively impact industrial productivity. Additionally, they contribute to higher absenteeism and substantial costs associated with workplace injuries. [1,2,4] To mitigate these problems, manufacturing systems and work environments should be designed to minimize physical strain and eliminate awkward postures. Employers should perform risk analyses and implement



technical and organizational measures to prevent risks. The priority is to eliminate hazardous activities; if that is not possible, engineering controls, such as lifting equipment, and administrative measures, like job rotation, should be adopted. Personal protective equipment (PPE) can further reduce residual risks. [1,2,4]

Recently, ergonomics has increasingly been integrated into manufacturing process design. New engineering solutions and approaches enhance the ergonomics of manual material handling, leading to improved safety and efficiency. Reducing musculoskeletal disorders helps lower operational costs and increase productivity. Despite this, ergonomic considerations are often overlooked in the evaluation and design in manufacturing systems.

In an industrial enterprise, it is necessary to focus on [1,2,4]:

- Workplace design – Workstations should be arranged to minimize unnecessary or awkward movements, reducing physical strain and enhancing operational efficiency.
- Tool and equipment design – Tools and equipment must be ergonomically designed to ensure both comfort and safety, with features like ergonomically shaped handles and reduced vibrations being essential for protecting workers' health.
- Optimization of work movements – Work tasks and procedures should be streamlined to reduce repetitive motions and excessive physical effort, thus minimizing the risk of injuries and fatigue.
- Environmental conditions – Creating suitable environmental conditions, such as optimal lighting and air quality, contributes to workers' comfort and enhances their ability to perform tasks effectively.
- Psychosocial factors – Beyond physical ergonomics, attention to psychological well-being is critical. A supportive and motivating work environment fosters higher job satisfaction and productivity.
- Various other factors – Other considerations include noise control, appropriate work-rest schedules, and the provision of protective equipment, all of which further enhance worker safety, reduce stress, and promote long-term well-being.

In conclusion, the comprehensive application of ergonomic principles not only decreases the likelihood of workplace injuries and physical strain but also boosts overall performance and worker well-being, leading to a more productive and efficient enterprise.

### 3. Ergonomics in reconfigurable manufacturing systems

The ergonomic challenges in Reconfigurable Manufacturing Systems (RMS) arise primarily from their dynamic and flexible nature. While RMS offer advantages in terms of adaptability and efficiency, their constantly changing configurations and work conditions present unique problems that impact ergonomics and the work environment. Key challenges include [2,4,7,8,9,10]:

- constantly changing work environment – RMS are designed to allow rapid changes in workstations, machinery, and production processes. While these changes enhance production flexibility, they create ergonomic challenges because each new configuration may require different ergonomic adjustments. Workstations must be adaptable to various tasks, and frequent changes in the height, layout of tools, or equipment can lead to improper working postures, increased physical strain, and higher risks of musculoskeletal disorders,
- lack of standardized ergonomic solutions – in traditional manufacturing systems, ergonomic solutions are designed for stable and predictable work conditions. In RMS, however, this approach is not always feasible due to frequent changes in tasks and processes. The absence of standardized ergonomic solutions for each reconfiguration necessitates continuous monitoring and adjustments, which can be costly and time-consuming,





- worker adaptation to new configurations – workers in RMS must constantly adjust their work habits and skills to new configurations. This adaptation requires frequent training and raising awareness of ergonomic principles. If workers are not adequately trained to handle new workstations or tools, improper use of equipment may occur, increasing the risk of injuries and fatigue,
- integration of automation and interaction with technology – with the growing integration of automation and robotics in RMS, another challenge arises: the coordination between workers and machines. Automated systems often change the nature of manual work, requiring workers to interact with robots or other technologies. This interaction can be physically and mentally demanding, especially if ergonomic principles are not thoroughly applied during the design of these systems. Ensuring optimal postures, the arrangement of controls, and visual aids is critical to minimizing injury risks and enhancing efficiency,
- psychological factors – in addition to physical challenges, RMS environments also involve psychological aspects of ergonomics. Constantly changing work conditions and the need for rapid adaptation can lead to increased stress and fatigue. Workers may frequently encounter unfamiliar tasks or technologies, which can affect their mental well-being and productivity,
- costs of implementation and maintenance – maintaining ergonomic standards in RMS requires investments in adjustable workstations, ergonomic tools, and regular training. Given the dynamic nature of RMS, these investments must be regularly updated, which can result in higher implementation and maintenance costs.

In conclusion, the ergonomic challenges in RMS stem from the ongoing need to adapt work environments and tools to ensure safe and efficient working conditions for employees, even as systems and tasks frequently change.

### Conclusion

Ergonomics in industrial environments is crucial for maintaining the health, safety, and productivity of workers. By addressing essential factors such as ergonomic workplace design, appropriate tools, optimized work processes, and attention to environmental and psychosocial conditions, industries can significantly reduce the physical and mental strain on their workforce. Additionally, considering other operational conditions that influence worker well-being is key to ensuring a safe and effective work environment.

In the context of RMS, the importance of ergonomics takes on a new dimension. RMS are designed to be flexible and adaptable, allowing quick changes to production setups. However, the ergonomic implications of this flexibility remain underexplored. The constant reconfiguration of tools, workstations, and processes introduces new challenges in maintaining ergonomic standards. Thus, more attention must be given to understanding how ergonomics can be effectively integrated into RMS to ensure that adaptability does not come at the expense of worker well-being.

Overall, while much has been achieved in traditional industrial ergonomics, the emerging field of RMS ergonomics requires further research and focused attention. A proactive approach to this issue will not only enhance worker safety but also boost productivity, ensuring that both workers and enterprises thrive in dynamic manufacturing environments.

### Acknowledgment

This work was supported by the KEGA 001ŽU-4/2024 and VEGA 1/0524/22.



## References

- [1] Plinta, D., Więcek, D., Mielcarek, D.: *Analysis of working conditions on the example of assembly workplaces*, W: MOPP 2011: 13. ročník mezinárodního semináře: Modelování a optimalizace podnikových procesů, Czech Republic, Plzeň 24-25.11.2011, s. 1-7, ISBN 978-80-261-0060-7
- [2] SLAMKOVÁ, E. – DULINA, Ľ. – TABAKOVÁ, M. 2010. *Ergonómia v priemysle*. Žilina: GEORG knihárstvo, 2010. 262 pp. ISBN 978-80-89401-09-3
- [3] TREBUŇA P., PEKARČIKOVÁ M., KLIMENT M., TROJAN, J.: *Metódy a systémy riadenia výroby v priemyselnom inžinierstve*. Košice: Technical University of Kosice, 2019. 210 pp. ISBN 978-80-553-3280-2.
- [4] DULINA, Ľ. 2023. *Uplatnenie ergonómie vo výrobných a logistických systémoch*. University of Žilina: EDIS. 2023. 106 pp. ISBN 978-80-554-1960-2.
- [5] HALUŠKA, M. 2015. *Rekonfigurovateľné výrobné systémy*. [dissertation thesis]. Department of Industrial Engineering. Faculty of Mechanical Engineering. University of Žilina. Žilina. 2015. 171 pp.
- [6] KOREN, Y. 2010. *The Global Manufacturing Revolution*. John Wiley & Sons, New Jersey, 2010, 399 pp. ISBN 978-0-470-58377-7.
- [7] KOREN, Y. 2006. *General RMS Characteristics : Comparison with Dedicated and Flexible Systems*. In *Reconfigurable Manufacturing Systems and Transformable Factories*. Berlin : Springer Verlag, 2006. ISBN 978-3-540-29391-0.
- [8] KOREN, Y. – ULISOY, G. A. 1997. *Reconfigurable Manufacturing Systems*. NSF Engineering Research Center, College of Engineering, The University of Michigan, Ann Arbor, ERC/RMS Report #1, September 1997.
- [9] KOREN, Y. – SHPITALNI, M. 2011. *Design of reconfigurable manufacturing systems*. In *Journal of Manufacturing Systems*. ISSN 0278-6125, vol. 29, no. 4, p. 130-141.
- [10] BORTOLINI, M., BOTTI, L., GALIZIA, F. G., MORA, C. 2020. *Safety, Ergonomics and Human Factors in Reconfigurable Manufacturing Systems*. Springer Series in Advanced Manufacturing, 123–138. Scopus. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-28782-5\\_6](https://doi.org/10.1007/978-3-030-28782-5_6)

## Corresponding Addresses

1. Ing. Ján Zuzik: Žilinská univerzita v Žiline, Strojnícka fakulta, Katedra priemyselného inžinierstva, Univerzitná 1, 010 26 Žilina, Slovenská Republika, Tel: +421 41 513 2710, email: jan.zuzik@fstroj.uniza.sk
2. prof. Ing. Ľuboslav Dulina, PhD.: Žilinská univerzita v Žiline, Strojnícka fakulta, Katedra priemyselného inžinierstva, Univerzitná 1, 010 26 Žilina, Slovenská Republika, Tel: +421 41 513 2709, email: luboslav.dulina@fstroj.uniza.sk
3. Ing. Martin Gašo, PhD.: Žilinská univerzita v Žiline, Strojnícka fakulta, Katedra priemyselného inžinierstva, Univerzitná 1, 010 26 Žilina, Slovenská Republika, Tel: +421 41 513 2137, email: martin.gaso@fstroj.uniza.sk
4. Ing. Beáta Furmannová, PhD.: Žilinská univerzita v Žiline, Strojnícka fakulta, Katedra priemyselného inžinierstva, Univerzitná 1, 010 26 Žilina, Slovenská Republika, Tel: +421 41 513 2711, email: beata.furmannova@fstroj.uniza.sk