


## Chyby lidského činitele a identifikace jejich příčin

 31.03.2009

### Human errors and identification of their causes

**Petr Skřehot<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Výzkumný ústav bezpečnosti práce, v.v.i., [skrehot@vubp-praha.cz](mailto:skrehot@vubp-praha.cz)

faktory ovlivňující výkon

lidská chyba

prevence nehod

příčiny selhání

lidský činitel

spolehlivost

### Abstrakt

Článek shrnuje výsledky výzkumného projektu „1H-PK/21: Metody a nástroje hodnocení a zvyšování spolehlivosti lidského činitele v provozu jaderných elektráren“, který v letech 2004 až 2008, řešil Výzkumný ústav bezpečnosti práce, v.v.i. Projekt, který navázal na výsledky získané již při řešení Výzkumného záměru VÚBP, v.v.i. (č. MPS0002595001: „BOZP - zdroj zvyšování kvality života, práce a podnikatelské kultury“), přinesl celou řadu nových poznatků a výstupů, které naleznou uplatnění v provozní i analytické praxi. Jedním z nich je i Metoda identifikace příčin selhání, která je určena pro vyšetřování příčin mimořádných událostí, u kterých se předpokládá, že vznikly následkem selhání lidského činitele. Tato zcela nová metoda vychází z detailní analýzy nejnovějších poznatků o faktorech ovlivňujících výkon (PSF, PIF) a jejich vlivu na spolehlivost člověka v pracovním systému. Nespornou výhodou metody MIPS je, že se nejedná pouze o teoretickou aplikaci, nýbrž o metodu, která byla také důkladně ověřována v praxi. Výsledkem řešení projektu bylo také převedení již ověřené metody MIPS do softwarové podoby, což velmi usnadní a zrychlí provádění vyšetřování příčin nehod a havárií v procesním průmyslu a energetice.

**Klíčová slova:** spolehlivost lidského činitele, lidská chyba, faktory ovlivňující výkon, příčiny selhání, prevence nehod

### Abstract

The article resumes the results of the research project “1H-PK/21: Methods and instruments of Assessing and Improving Human Factor Reliability in Nuclear Power House Operation“, which was in progress in 2004-2008 at the Occupational Safety Research Institute. The project which linked to results from research programme “MPS0002595001 „OSH - Source of Increased Quality of Life, Work and Corporate Culture“ yielded a great number of new findings and outcomes that will be applied in an operational and analytical experience. The method “Identification of failure causes“, designated to investigate the reasons of emergency that might have been due to human factor failure, ranks amongst the major project deliveries. This brand new method is derived from a detailed analysis of the latest findings on the factors that influence the performance result (PSF, PIF) and their impact on man’s reliability in a working system. Not being only a theoretical application, an unquestionable advantage of the MIPS method is its

practical verification. The project result also contain a transfer of the verified MIPS method to the pertinent software which will make it easier and faster to investigate the accidents and emergency causes in the processing industry and energy sector.

**Keywords:** human factor reliability, human error, performance influencing factors, failure reason, accident prevention

## Úvod

Spolehlivost lidského činitele je jedním z rozhodujících faktorů limitujících celkovou spolehlivost pracovního systému. To platí nejen pro jadernou energetiku, v jejíž souvislosti je lidský činitel tak často diskutován, ale také pro jiná průmyslová odvětví a lidské aktivity. Jedná se například o chemický průmysl nebo dopravu, kde může lidské selhání způsobit havárii s nedozírnými následky [1,2,3]. Ačkoli by se mohlo myslet, že nás závažné havárie proběhlé v minulosti v mnohém poučily, přesto stále přetrvává přesvědčení, že bezpečnost provozu technických zařízení je dostatečně zajištěna. Často tento pocit sebeuspokojení vyplývá z přesvědčení, že 1) existuje dostatečné množství podrobných předpisů stanovujících požadavky na bezpečný výkon pracovních činností, 2) v podnicích jsou zavedeny postupy správné praxe a 3) je prováděna průběžná kontrola a dozor [9]. Samozřejmě se jedná o důležité principy, ale z hlediska bezpečnosti provozu se nejedná o kroky plně postačující. Jejich aplikace a dodržování je totiž klíčově závislé především na lidech samých. Pochopitelně žádný sebelepší manažerský systém nemůže být úspěšný, pokud ti, kteří mohou rozhodující měrou bezpečnost provozu fyzicky ovlivnit (operátoři, řidiči, dispečeri apod.), se s jeho filozofií neztotožní a nevykonávají všechny svěřené pracovní činnosti s maximální pečlivostí a zodpovědností.

Fáze provozu zařízení je často vnímána jako nejdůležitější etapa v životním cyklu zařízení, avšak lidský činitel se uplatňuje nejen při ní. Klíčová bývá při tom fáze návrhu zařízení (vývoj, projekce) a jeho konstrukce (stavba), kde případná lidská chyba (např. nedomyšlení všech detailů a funkčních vlastností projektovaného zařízení či nedostatečně kvalitní práce konstruktérů) může vést ke škodám až v poměrně vzdáleném časovém horizontu. Po té následuje fáze provozu, která je nejdelší, a nakonec likvidace zařízení. V těchto fázích provozního cyklu zařízení se mohou výraznou měrou projevit nedostatky vzniklé jak již ve fázi návrhu a konstrukce, tak i při provádění provozní údržby. Po technické stránce bezpečnost provozu samozřejmě významnou měrou ovlivňuje také kvalita použitého konstrukčního materiálu, správná energetická bilance technologických celků (zvláště v chemickém průmyslu nebo energetice), či faktory prostředí (například možnost koroze, opotřebování vlivem povětrnostních podmínek, mechanické namáhání materiálů a ztráta některých jejich vlastností apod.) [12].

## Faktory ovlivňující výkon

Jelikož je z hlediska životního cyklu zařízení nejdelší etapou jeho provoz, je pro zajištění spolehlivosti a bezpečnosti klíčové jednání jeho obsluhy. Obsluhující personál je často vystaven celé řadě vlivů, a to ať již fyzikálních, tak i psychosociálních a dalších. To zcela logicky vede k mentálnímu a psychickému zatížení. Každý jednotlivec ale dokáže konkrétním vlivům odolávat různě a tak nelze jednoznačně říci, který faktor by měl být v rámci prevence před vznikem lidské chyby sledován přednostně. Navíc, v pracovních systémech na lidi působí vždy více faktorů současně, a tak jsou i možné následky jejich kumulativního působení známy jen se značnou nejistotou. Tento problém dlouhodobě studoval H.J. Bullinger, který definoval korelační matici, ve které vyjádřil vztahy vybraných faktorů prostředí a kvality sledovaných parametrů lidského výkonu. Ukázalo se, že následky kumulativního působení faktorů prostředí na člověka ale nemusí být vždy jen negativní – záleží totiž na způsobu a délce expozice a na odezvě konkrétního jedince, resp. míře jeho tolerance či rezistence vůči danému působení [10].

Podle Bullingera, jednotlivé faktory pracovního prostředí (uvedené v tabulce 1 v levém sloupci) ovlivňují (korelují) anebo neovlivňují (nekorelují) pracovníka z hlediska uvažovaných potenciálních následků. V tomto ohledu se jedná například o to, zda vliv daného faktoru zlepšuje jeho pracovní výkon či jeho pracovní pohodu, nebo naopak působí

negativně, tj. způsobuje pracovníkovi nepohodlí či stres, chronickou újmu na zdraví či dokonce vede až ke vzniku zranění. Tato zjištění poskytují poměrně významné informace z hlediska možného chybování člověka v pracovním systému. Je zřejmé, že pokud bude na pracovníka působit s negativní odezvou daný faktor, bude tento člověk náchylnější k nepozornosti, opožděné reakci, neschopnosti rozeznávat vizuální podněty apod. a tedy v konečném důsledku ke vzniku chyb.

Vysvětlivky: • koreluje O nekoreluje	POTENCIÁLNÍ POZITIVNÍ (ŽÁDOUCÍ) NÁSLEDKY		POTENCIÁLNÍ NEGATIVNÍ (NEŽÁDOUCÍ) NÁSLEDKY			
	ZLEPŠENÍ PRACOVNÍHO VÝKONU	PRACOVNÍ POHODA	NEPOHODLÍ / STRES	SELHÁNÍ / VZNIK CHYBY	CHRONICKÁ ÚJMA NA ZDRAVÍ	ÚRA ZRANĚNÍ
FAKTORY PROSTŘEDÍ						
<b>OSVĚTLENÍ</b>	•	•	•	•	0	
<b>BAREVNÉ ŘEŠENÍ PRACOVNÍHO MÍSTĚ</b>	•	•	0	•		
<b>KLIMA</b>	0	•	•	0	•	
<b>TEPLOTA</b>		•	•			•
<b>KVALITA VZDUCHU</b>	0	•	•	0	•	
<b>HLUK</b>		0	•	•	•	•
<b>VIBRACE</b>		0	•	•	•	•
<b>FYZICKÁ ZÁTĚŽ</b>			•	•		•
<b>VLHKOST</b>			•	•	•	
<b>NEPOŘÁDEK</b>			•	0	0	

**Tabulka 1: Ovlivnění člověka působením vybraných faktorů pracovního prostředí podle Bullingera [10].**

Z Bullingerových výsledků vyplývá nejen to, jak vybrané faktory na člověka působí, ale také je z uvedené tabulky zjevný jejich možný kumulativní vliv na člověka. Pakliže například k nepohodlí a vzniku stresu přispívá hluk, vibrace, fyzická zátěž a další, pak jejich současný výskyt, resp. působení na pracovníka, vede k zesílení příslušných účinků. Proto i při nižších expozicích jednotlivým faktorům může snadno docházet k mnohem výraznějším nežádoucím následkům, než jaké bychom očekávali působením jednotlivých faktorů zvlášť [13].

Posuzování spolehlivosti lidského činitele proto musí zahrnovat hodnocení celého spektra vlivů. Ty lze charakterizovat pomocí faktorů ovlivňujících výkon (např. systémové faktory managementu, procesní faktory, faktory spolehlivosti či organizační faktory) [4], které jsou nejčastěji známy pod označením Performance Shaping Factors (PSF) nebo

Performance Influencing Factors (PIF). Uvedený Bullingerův přístup, který ukazuje převažující vliv vybraných faktorů pracovního prostředí na člověka, tak reprezentuje pouze zlomek celého tohoto spektra. Dokládá ale, jak výrazně mohou tyto faktory člověka ovlivňovat a v jakém směru.

Hodnocení PSF resp. PIF bývá obvykle kvalitativní, ale postupně se prosazuje také semikvantitativní či plně kvantitativní ocenění (zejména pak v souvislosti s predikovanými chybami). Tímto způsobem lze získat poměrně věrohodnou informaci o důležitosti daného faktoru v rámci posuzovaného pracovního systému a tedy i obrázek o úrovni kultury bezpečnosti v podniku. Opačným způsobem ale lze využít PIF jako nástroj pro identifikaci případných příčin vzniklých chyb. Stane-li se nehoda a známe-li na základě vyšetřování konkrétní lidskou chybu, která k nehodě vedla, lze za využití vhodné metody určit její nejpravděpodobnější příčiny. Jednou z možných metod vhodných pro tento typ analýz je Metoda identifikace příčin selhání (MIPS), kterou vyvinul Výzkumný ústav bezpečnosti práce, v.v.i. v rámci řešení projektu Ministerstva průmyslu a obchodu ČR „1H-PK/21: Metody a nástroje hodnocení a zvyšování spolehlivosti lidského činitele v provozu jaderných elektráren“.

### **Příčiny nežádoucích událostí**

Každá nežádoucí událost v průmyslu nebo v energetice bývá obvykle analyzována místní vyšetřovací komisí. Průběh události je podroben důkladnému vyhodnocení a zjištěné závěry jsou uvedeny v závěrečné zprávě. Podle úrovně závěrečných zpráv, které bylo možné během řešení projektu analyzovat, lze usuzovat nejen na používanou koncepci její tvorby, ale potažmo i na přístupy a způsoby, které jsou při vyšetřování událostí v praxi používány.

Analýza zpráv přinesla řadu zajímavých zjištění. Předně se dá konstatovat, že důkladné zhodnocení technické složky a průběhů událostí jsou ve smyslu tradičních používaných přístupů popsány velmi podrobně, avšak analýza míry vlivu lidského činitele se zde omezuje na pouhá konstatování, že „došlo k lidské chybě“. Tato zjištění nám jasně indikují, že současný systém vyšetřování příčin událostí neumožňuje identifikovat konkrétní lidská selhání ani jejich příčiny. Ukázalo se, že v praxi převažuje vyšetřovací systém založený na kategorizaci příčin nehody (nikoli příčin vzniku lidské chyby), obsahující například tyto položky:

- ❖ Chyba personálu údržby;
- ❖ Opakovaná událost/porucha;
- ❖ Chyba v řízení;
- ❖ Nedostatky ve vztazích mezi personálem;
- ❖ Úmyslné porušení příkazu/zákazu pracovníkem;
- ❖ Nízká úroveň pracovní kultury zaměstnanců dodavatele;
- ❖ Chyby provozního personálu;
- ❖ Nedostatečný výcvik/školení;
- ❖ Stresové situace;
- ❖ Chyby na technické složce (jež implikovala lidskou chybu);
- ❖ Nedostatky v ergonomii pracovišť;
- ❖ Vnější technická porucha (mimo inkriminovaný úsek, příp. mimo celý podnik);
- ❖ Chyba externího personálu (mimo inkriminovaný úsek, popř. mimo celý podnik);
- ❖ Neznámé příčiny.

Tento přístup koresponduje se zjištěním Meistera [11], který již před 35 lety poukázal na to, že tradiční pojetí vnímání selhání lidského činitele vyšetřovateli událostí se omezuje do roviny konstatování, že tato selhání jsou způsobena výhradně nedostatky v jednání, případně ve schopnostech konkrétního člověka. Při klasifikaci chyb člověka se pak ne zcela vhodně užívá takových obecných kategorií jako je nedbalost, nepozornost, přehlédnutí, porušení předpisů či pravidel, nesprávné provedení požadovaných úkonů atd. Důsledkem takového pojetí, které je nazýváno

symptomatické (protože je zaměřeno na příznaky selhání, nikoliv na jeho příčiny), je nedostatečná pozornost věnovaná sběru informací o všech okolnostech události, čili podmínek, které v daném kontextu přispívaly nebo mohly přispívat k jejímu vzniku. Z tohoto důvodu se ukázalo, že je potřeba zcela od základů změnit systém vyšetřování příčin mimořádných událostí se zřetelem na vyzdvižení důležitosti popisu způsobu, jakým došlo k selhání lidského činitele, a identifikace příčin tohoto selhání [9].

## Metoda identifikace příčin selhání

Metoda identifikace příčin selhání (dále jen MIPS) byla vyvinuta pro účely rychlého nalezení možných příčin selhání obsluhy v náročných provozech chemických závodů a jaderných elektráren, které vedly ke vzniku mimořádné události (dále jen MU). Metoda umožňuje nalézt kritické profesní skupiny a k nim nejpravděpodobnější příčiny selhání, čímž zcela mění způsob vyšetřování příčin těchto událostí (odstraňuje symptomatické pojetí vyšetřování). Přidanou hodnotou takto získaných výsledků je, že k identifikovaným příčinám je možno určit také míru pravděpodobnosti, že se daná příčina na selhání lidského činitele skutečně podílela.

MIPS není absolutní metodou, neboť neumožňuje definovat všechny reálně možné příčiny selhání lidského činitele, ale pouze ty nejpravděpodobnější. Z tohoto důvodu je potřeba na výsledky získané touto metodou nahlížet jako na meziprodukty procesu vyšetřování MU, které je vhodné podrobit následné detailnější analýze (například analýzou časového snímku události apod.). Metoda má sloužit především pro prioritizaci možných příčin selhání lidského činitele a pro selekci významově rozdílných informací.

## Popis metody

Metoda identifikace příčin selhání byla vytvořena na bázi systémového modelu WPAM (Work Proces Analysis Model) [4]. Tento model je v současnosti považován za jeden z nejmodernějších přístupů používaných v analýze pracovního procesu. MIPS ve své struktuře zahrnuje prvky používané v řadě analytických přístupů. Jedná se například o prvky úkolové analýzy (pracovní toky, ovládání apod.), prvky ergonomické analýzy (pracovní prostředí, rizikové faktory apod.) prvky analýzy managementu a řízení a v neposlední řadě také prvky obecné psychologie práce (stresory). Díky tomuto širokému záběru metoda MIPS umožňuje analyzovat většinu faktorů, které na zaměstnance působí, a jejichž působení zapříčinilo selhání lidského činitele.

## Struktura metody a její členění

Pro charakterizaci systému, tj. prostředí a procesů, bylo pro účely metody MIPS zavedeno 64 spolehlivostních organizačních faktorů (SOF) – ekvivalent PSF resp. PIF. Tyto faktory představují indikátory charakterizující vliv části systému (který zahrnují, resp. popisují) na příslušného pracovníka, který měl, anebo mohl mít vliv na vznik či rozvoj MU. SOF faktory, které byly navrženy za využití metod TOR [5], HEART [6], THERP [7] a CREAM [8], jsou v MIPS rozděleny do 11 skupin (viz tabulka 2).

<b>K</b>	<b>NÁZEV SKUPINY</b>	<b>I</b>
1	Výcvik	1 až 3
2	Povinnosti a úkoly	4 až 6
3	Rozhodování a řízení procesů	7 až 12
4	Ovládání a manipulace	13 až 18
5	Pracovní skupina	19 až 22

6	Dohled a dozor	23 až 28
7	Řízení a management	29 až 36
8	Osobnostní rysy	37 až 39
9	Rizikové faktory prostředí	40 až 51
10	Pracoviště	52 až 56
11	Stresory	57 až 64

**Tabulka 2: Členění MIPS na jednotlivé skupiny „k“ SOF a pro „i“ pořadí SOF:**

Jelikož SOF charakterizují obvykle široký okruh případných vlivů, jsou pro účel jejich analýzy dále rozděleny na tzv. dílčí prvky (DPSOF). Počet DPSOF je různý podle rozsahu záběru příslušného SOF a jsou zvoleny tak, aby umožnily k příslušnému SOF faktoru, který reprezentují, formulovat soubor (vyšetřovacích) otázek. Zpracování odpovědí vyšetřovaného pracovníka pak umožňuje tvorbu kvalitativních i kvantitativních výstupů. Aby byly výstupy relevantní, musí být sebrané odpovědi zpracovány podle přesně definovaného postupu.

### **Kritické profesní skupiny**

Jelikož je míra interakce příslušných SOF s různými profesními skupinami různá, zohledňuje MIPS tuto skutečnost prostřednictvím diferenciálního přístupu v hodnocení sebraných odpovědí a to podle profesí. Pro tento účel byly identifikovány tzv. kritické profesní skupiny, které se podle zkušeností z praxe svým konáním na vzniku a rozvoji MU podílejí nejčastěji. Výčet těchto profesních skupin je uveden v tabulce 3 a to jak pro provoz jaderné elektrárny tak pro provoz náročných chemických výroby.

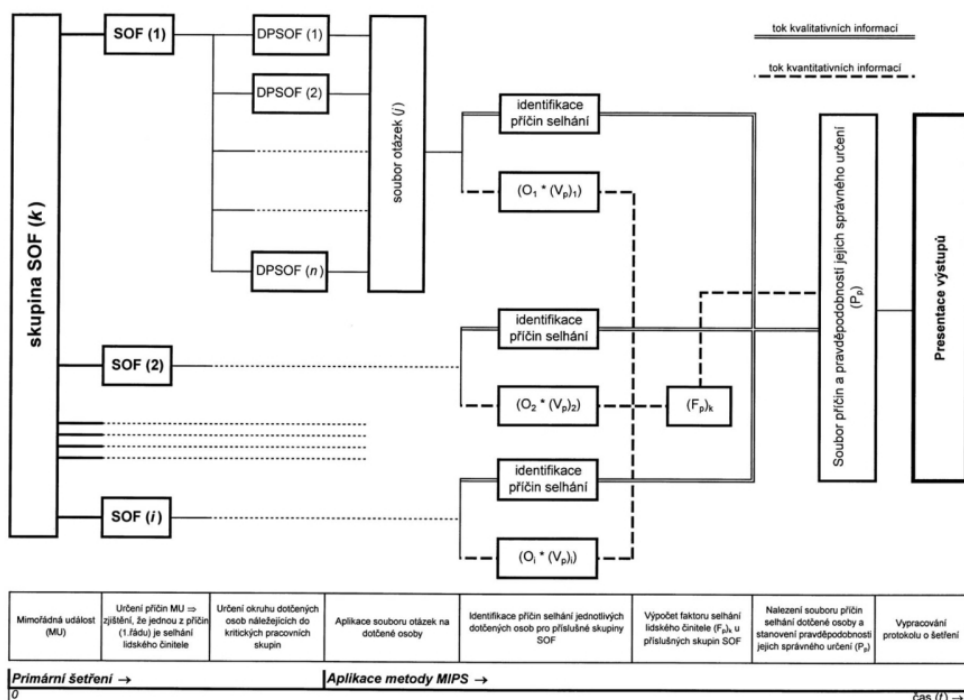
<b>JADERNÁ ELEKTRÁRNA</b>		<b>CHEMICKÝ PODNIK</b>	
<i>PROFESNÍ SKUPINA</i>	<i>P</i>	<i>PROFESNÍ SKUPINA</i>	<i>P</i>
Směnový inženýr	SI	Vedoucí organizační jednotky	VOJ
Vedoucí reaktorového bloku	VRB	Vedoucí technologie	VT
Operátor primárního okruhu	OPO	Směnový mistr (velínu)	SM
Operátor sekundárního okruhu	OSO	Operátor technologie (venkovní operátor)	OT
Operátor bloku	OB	Údržbář	U
Směnový mistr	SM	Ostatní podpora a servis	OPS

Technický pracovník technologických informačních systémů	TPTIS		
Technický pracovník chemie	TPCH		
Údržbář	U		

**Tabulka 3: Kritické profesní skupiny definované pro účely MIPS**

### Postupové schéma

MIPS se dá zjednodušeně zobrazit prostřednictvím postupového schématu (viz obrázek 1). Toto schéma zobrazuje v obecné rovině jednotlivé části metody, s příslušnými informačními toky tak, jak na sebe navazují. Součástí schématu je také časová souslednost operací a kroků, která nastává při aplikaci metody. Má-li aplikace MIPS přinést objektivní výstupy, musí být dodržen sled prací podle tohoto schématu.



**Obrázek 1: Postupové schéma metody MIPS pro skupinu (k) SOF aplikovaných na pracovní pozici (p)**

### Charakter výstupů

Metoda MIPS je navržena tak, aby za maximálního využití vstupních dat, bylo spektrum jejich výstupů co nejširší. Filozofie a jednotlivé procedurální kroky metody proto umožňují zejména:

- určit osoby (profesní skupiny), které se na vzniku a rozvoji MU podílely největší měrou;
- určit oblast systému reprezentovanou příslušnou skupinou SOF, která je v podniku nedostatečně řešena, a jejíž prvky mohly negativně ovlivnit dané pracovníky;
- identifikovat pravděpodobné příčiny selhání vyšetřovaných osob;

- určit faktor selhání vyšetřované osoby (profesní skupiny), který lze dále využít jako indikátor pro dlouhodobé sledování úrovně spolehlivosti této profese;
- určit míru správnosti určení skutečných příčin selhání konkrétních osob.

Výše uvedené výstupy vyžadují aplikaci jak kvalitativní, tak kvantitativní analýzy, jejichž vzájemná provázanost vyplývá z postupového schématu (viz obrázek 1).

### Kvalitativní analýza

Hlavní součástí metody MIPS je kvalitativní analýza. Ta je založena na řízeném pohovoru s vybraným pracovníkem příslušné profese, který určitým způsobem měl vliv na vzniklou MU. Tato osoba je podrobena celkem 245 otázkám, na které má možnost odpovědět pouze ANO či NE. Otázky jsou formulovány tak, aby každá z nich následně umožnila odhalit nejlépe jednu příčinu možného selhání příslušného pracovníka. V odůvodněných případech může být identifikováno i více pravděpodobných příčin a to v závislosti na šířce analyzovaného problému, neboť není vyloučena multiplikace příbuzných příčin.

Identifikace možných příčin selhání vychází z databáze předdefinovaných příčin, kterých je celkem 75 (viz příloha 3). Tyto příčiny byly navrženy podle zkušeností z praxe.

### Kvantitativní analýza

Součástí analýzy prostřednictvím MIPS je také kvantifikace výstupů. Zpracování odpovědí na položené otázky umožňuje jednak identifikovat možné příčiny selhání příslušné osoby a jednak kvantifikovat míru jejich správného určení.

Kvantifikace se provádí prostřednictvím faktoru selhání lidského činitele  $F_p$ , který umožňuje stanovit pravděpodobnost správného určení příčin selhání člověka  $P_p$ . Faktor selhání lidského činitele je bezrozměrná veličina charakterizující počet tzv. negativních odpovědí a míru závažnosti příslušného SOF, ke kterému se tyto odpovědi váží. Každá odpověď, která hodnotí stav příslušného DPSOF negativně (negativní odpověď), je penalizována jedním bodem. Součtem penalizačních bodů všech zodpovězených otázek (u příslušného SOF) získáme penalizační koeficient  $O_i$ . Do výpočtu faktoru  $(F_p)_k$  je nutno zahrnout ještě příslušný váhový koeficient  $V_p$ , který je pro každý SOF ( $i$ ) určen z tabulky (viz příloha 2), a počet ( $j$ ) vyšetřovacích otázek k příslušnému SOF (viz příloha 1).

Pro výpočet faktoru selhání lidského činitele  $(F_p)_k$ , který se provádí vždy pro každou skupinu SOF ( $k$ ) (viz tabulka 2) zvláště, je použita níže uvedená rovnice (viz rovnice 1).

$$\sum_{i=1}^n ( )$$

$$\sum_{i=1}^n ( ( ) )$$

(rovnice 1)

Na základě zkušeností z praxe a expertního posouzení byla sestrojena křivka závislosti  $P_p$  na  $F_p$  (viz obrázek 2). Tato křivka je variací na Paretovo pravidlo 80/20, jehož platnost se předpokládá i v aproximaci, že „20% obecně uznávaných příčin vede ke vzniku 80% všech událostí s vlivem lidského činitele“. Ovšem takto explicitně není možno Paterovo pravidlo použít, protože závislost  $P_p$  na  $F_p$  nezohledňuje pouze obecný počet příčin (identifikovaný z uvažovaného předdefinovaného souboru) a pravděpodobnost jejich nežádoucího působení s následkem vzniku selhání člověka, nýbrž bere v úvahu také závažnost rizika spojeného s působením uvažované příčiny (tedy zohledňuje závažnost možných



následků). V tomto ohledu se jedná o schopnost vnějšího působení ovlivnit daného pracovníka při výkonu jeho pracovních činností (popsaných příslušným SOF) natolik, že tento pracovník vykoná chybný úkon. Tuto schopnost lze nazvat „sílu příčiny“, což je však pouze imaginární pojem, který zohledňuje jak součin  $O_i \cdot (V_p)_i$ , tak i počet kolikrát se ve výstupu za celou skupinu ( $k$ ) tato příčina vyskytla. Uvedená detailní analýza však není účelem této metody, nýbrž uvažuje aktivní spoluúčast „vyšetřovatelů“, kterým pouze nabídne soubor možných příčin selhání člověka a hodnotu míry pravděpodobnosti, že v předloženém výstupu se skutečná příčina selhání vyskytuje. Výstup explicitně nehovoří o tom, že příčina musí být jen jedna, ani že všechny předložené příčiny vedly ke vzniku selhání člověka. Hodnota  $P_p$  pouze vypovídá o míře relevantnosti správného určení příčiny z předloženého balíčku.



**Obrázek 2: Předpokládaný obecný trend závislosti  $P_p$  na  $F_p$**

Podmínky funkční závislosti:



Pomocí výše uvedené závislosti je pro příslušné hodnoty faktoru selhání lidského činitele  $F_p$  stanoven rozptyl pravděpodobnosti správného určení příčin selhání člověka  $P_p$  a k němu příslušné kvalitativní hodnocení (viz tabulka 4). Výsledná hodnota  $P_p$  vyjádřená v procentech (od 0 do 100%) pak říká, jaká je pravděpodobnost, že mezi identifikovanými příčinami je alespoň jedna, která selhání dané osoby skutečně způsobila. Tato veličina nám tedy vyjadřuje míru spolehlivosti určení správného výsledku.

$F_p$	$P_p$	PRAVDĚPODOBNOST SPRÁVNÉHO URČENÍ	KVALITATIVNÍ HODNOCENÍ
-------	-------	-------------------------------------	------------------------

0 - 0,20	< 10%	velmi nízká	Vznik selhání člověka působením identifikované příčiny příslušné skupiny ani její vliv na jiné identifikované příčiny se nepředpokládá.
0,21 - 0,30	10 - 30%	nízká	Vznik selhání člověka působením identifikované příčiny příslušné skupiny se nepředpokládá, avšak identifikovaná příčina mohla ovlivnit působení ostatních identifikovaných příčin náležejících do jiné skupiny.
0,31 - 0,40	30 - 50%	střední	Působení identifikované příčiny příslušné skupiny mohlo způsobit selhání člověka, zejména za spoluúčasti identifikovaných příčin náležejících do jiných skupin.
0,41 - 0,54	50 - 80%	vysoká	Působení identifikované příčiny příslušné skupiny mohlo způsobit selhání člověka, anebo se svým působením na tomto selhání podílelo významnou měrou.
0,55 - 1,00	> 80%	velmi vysoká	Působení identifikované příčiny příslušné skupiny způsobilo selhání člověka, anebo byl její vliv na vzniku tohoto selhání rozhodující.

**Tabulka 4: Stanovení pravděpodobnosti určení příčiny selhání člověka  $P_p$  podle hodnot faktoru selhání lidského činitele  $F_p$ :**

### Ověřování metody v praxi a diskuze

Pro ověření metody MIPS byly ze souboru událostí, které se staly na JE Dukovany (EDU) v období 1997-2003, vybrány takové události s přispěním selhání lidského činitele, které měly významný vliv na jadernou bezpečnost a byly dle mezinárodní stupnice IAEA INES ve většině případů hodnoceny stupněm 1 a vyšším. Tyto události, kterých bylo celkem čtrnáct, byly hodnoceny způsobem obvyklým v JE Dukovany s provedením analýzy události a určením kořenových příčin. Pro hodnocení události metodou MIPS byly pro jednotlivé události co nejpečlivěji vyplněny checklisty pro modul „Jaderná elektrárna“, které byly dále hodnoceny v tabulkovém formátu metody (v programu MS Excel). Výsledky hodnocení těchto událostí získané metodou MIPS byly následně porovnány s výsledky hodnocení, ke kterým došla vyšetřovací komise v JE Dukovany při analýze příčin. Kromě událostí z JE byly analyzovány také tři události z velkých českých chemických podniků, které tímto způsobem umožnily prověřit validitu modulu „Chemický podnik“.

Z výsledků ověřování jednoznačně vyplynulo, že koncepce a struktura metody MIPS byla navržena dobře. Výstupy poskytují relevantní údaje o potenciálních příčinách, které jsou vhodnou strukturovanou formou prezentovány uživateli. Každá skupina vygenerovaných potenciálních příčin je oceněna faktorem selhání  $F_p$ , resp. k němu vztažené pravděpodobnosti správného určení  $P_p$ . Při ověřování metody se velmi osvědčila praxe analyzovat příčiny nikoli jen jedné, nýbrž dvou skupin s nejvyššími hodnotami faktoru  $F_p$ . Zvláště pak tehdy, když je jednou z těchto skupin skupina číslo 11 (Stresory), jejíž jednotlivé SOF bývají respondenty velmi často hodnoceny negativními odpověďmi. Jejich vliv je sice v praxi značný, avšak jednotlivými respondenty je obecně dosti přeceňován, což v důsledku vede k tomu, že výsledná hodnota  $F_p$  je značně nadhodnocována a nemusí tak vždy odrážet skutečný stav. Při ověřování metody v praxi se prokázalo, že pouze 10 % takových příčin bylo objektivně shledáno za relevantní. Pravdou ovšem zůstává také

skutečnost, že na působení stresorů současné vyšetřovací postupy (které byly uplatněny při zjišťování příčin událostí v podnicích, které poskytly údaje pro ověřování metody) obvykle neberou zřetel. Ani v jednom případě totiž nebyly ve výsledcích provedeného šetření ani v následných podrobnějších analýzách příčin tyto vlivy zmíněny. Další zajímavou skutečností zjištěnou při validaci metody bylo, že poměrně vysokou četnost správného určení příčiny mají skupiny 5 a 6 (Pracovní skupina; Dohled a dozor) a to i při poměrně nízkých výsledných hodnotách faktoru  $F_p$  (ten se pohyboval v rozmezí od 0,35 do 0,59).

Na základě výsledků a zkušeností z provedeného ověřování metody je nutné část křivky závislosti  $P_p$  na  $F_p$ , (tj. funkční oblast  $F_p \in (0; 0,5)$ ), potřeba upravit tak, aby výsledkem byl graf v podobě nesouměrné sigmoidy, tedy distribuční křivka obdobná jako v normálním statistickém rozdělení. Inflexní bod této křivky byl experimentálně určen pro hodnotu  $F_p = 0,4$ . Interpretace této závislosti je pak taková, že nejvýraznější přispění lze očekávat u příčin, pro něž činí hodnota  $F_p$  více jak 0,55 ( $P_p$  je větší jak 80%). Tuto hodnotu potvrzuje i provedená validace metody. Poměrně velké přispění lze očekávat také u příčin s hodnotou  $F_p$  mezi 0,4 a 0,55, které by měly být při prováděných analýzách také zohledněny. Příčiny s hodnotami  $F_p$  pod 0,30 lze pak považovat za nevýznamné a příčiny, pro něž hodnoty  $F_p$  činí méně jak 0,20, lze ignorovat zcela, neboť představují jakýsi „šum pozadí“ způsobený rozptylem individuálních pohledů respondentů. Výsledky šetření, pro něž výsledný  $F_p$  bude náležet do této skupiny, se již nedoporučují pro další hodnocení, neboť jejich statistická významnost je malá a tudíž i relevantnost zjištěných příčin je velmi sporná.

Validita výsledků získaných metodou MIPS je poměrně vysoká, přičemž její průměrná hodnota získaná při prověřování příčin celkem 17 proběhlých mimořádných událostí se pohybuje okolo 67 %. Toto číslo může být ale ve skutečnosti ještě vyšší, protože ne vždy byly při ověřování metody k dispozici podklady v požadované kvalitě, resp. provedená vyšetřování, s jejímiž výsledky byly výsledky poskytované metodou MIPS srovnávány, nebyly vždy dostatečně rigorózní. Na základě těchto poznatků a expertního odhadu se skutečná validita metody může pohybovat okolo hodnoty cca 80 až 90 %. Tedy 80 až 90 procent příčin reálně se podílejících na vzniku mimořádné události je možné metodou MIPS odhalit. Podmínkou ale zůstává pravdivé zodpovězení všech 245 vyšetřovacích otázek.

## Závěr

Metoda MIPS, která byla vyvinuta na základě řešení čtyřletého projektu Ministerstva průmyslu a obchodu ČR „1H-PK/21: Metody a nástroje hodnocení a zvyšování spolehlivosti lidského činitele v provozu JE“ řešeného Výzkumným ústavem bezpečnosti práce, v.v.i., může být užitečným pomocníkem při vyšetřování příčin mimořádných událostí v chemickém průmyslu či energetice. Metoda vychází z obecně uznávaných principů používaných pro vyšetřování příčin selhání lidského činitele, využívajících systémovou analýzu založenou na hodnocení 245 spolehlivostních organizačních faktorů. Tento přístup se již v praxi velmi osvědčil, což potvrdily také výsledky ověřování metody, které proběhlo na prověření příčin téměř dvou desítek reálných událostí proběhlých v českých podnicích v nedávné minulosti. Tímto ověřováním byla určena validita výsledků získaných metodou MIPS na úrovni 67 %, přičemž tato hodnota je dle zkušeností z ověřování značně podhodnocena. Proto se doporučuje, aby byly výsledky získané metodou MIPS dále analyzovány a detailněji prověřeny například prostřednictvím řízených pohovorů nebo analýzou časového snímku události. Při dodržení tohoto postupu je pak vysoká pravděpodobnost, že bude odhalena většina skutečných příčin, které vedly k selhání lidského činitele v pracovním systému a tedy i k mimořádné události.

## Přílohy

[Příloha 1: Vyšetřovací checklisty](#)

[Příloha 2: Určení váhových koeficientů](#)

[Příloha 3: Seznam předdefinovaných příčin](#)

## Literatura

- [1] HALE, A.R.; GLENDON, A.I. *Industrial accident prevention : a safety management approach*. 5th ed. New York : McGraw-Hill, 1987.
- [2] GERTMAN, D.I.; BLACKMAN, H.S. *Human Reliability and Safety Analysis Data Handbook*. New York : John Wiley and Sons, 1994.
- [3] Johnson, C.W. *Failure in Safety-Critical Systeme: A Handbook of Accident and Incident Reporting*. Glasgow : University of Glasgow Press, 2003.
- [4] Misumi, J.; Wilpert, B.; Miller, R. *Nuclear Safety : A Human Factors Perspektive*. Taylor & Francis, 1999.
- [5] Weaver, D.A. TOR Analysis, 1973. D.A Weaver, Safety Associates, Pueblo, Colorado; 1989.
- [6] Williams, J.C.; HEART, A. Proposed Method for Assessing and Reducing Human Error. In *9th Advances in Reliability Technology Symposium*. University of Bradford, 1986.
- [7] Swain, A.D., Guttman, H. NUREG/CR-1278. 1983.
- [8] Hollnagel, E. *Cognitive Reliability and Error Analysis Method*. New York : Elsevier Science, 1998.
- [9] *Spolehlivost lidského činitele*. Praha : VÚBP, 2008. 140 s. ISBN 978-80-86973-28-9.
- [10] SALVENDY, G. *Handbook of human factors and ergonomics*. 3rd ed. Hoboken : John Wiley & Sons, 2006. 1654 s. ISBN 978-0-471-44917-1.
- [11] Meister, D. Methods of Predicting Human Reliability in Man-machine Systems. *Human Factors*, 1964, no. 6, pp. 621-646.
- [12] Ferry, T.S. *Modern Accident Investigation and Analysis*, New Jersey : John Wiley and Sons, 1988. 306 s.
- [13] MAREK, J; SKŘEHOT, P. *Základy aplikované ergonomie*. Praha : VÚBP, 2009. 118 s. ISBN 978-80-86973-58-6.

---

Autor článku:

[RNDr. et Mgr. Petr Skřehot](#)