

## POSUDZOVANIE RIZÍK ŽELEZNIČNÉHO SYSTÉMU PROSTREDNÍCTVOM SPOLOČNEJ BEZPEČNOSTNEJ METÓDY

### RAILWAY SYSTEM RISK ASSESSMENT BY MEANS OF COMMON SAFETY METHOD

Silvia PEVALOVÁ<sup>1</sup>, Bohuš LEITNER<sup>2</sup>

#### SUMMARY:

*The article deals with the risk assessment process in the railway systems. It analyses the current status of the risk assessment approach abroad and Slovakia. The primary objective of the article is to analyse and assess the applicability of the common safety method (CSM) for risk assessment of processes and equipment of railway sector. The basic aim is to design an appropriate modification of CSM for Risk Assessment in condition of Slovakia and the subsequent verification of CSM.*

**KEYWORDS:** safety, risk assessment, Common Safety Method, risk, railway system

#### ÚVOD

Posudzovanie rizík má význam vo všetkých oblastiach života ľudskej spoločnosti. Systém riadenia bezpečnosti dopravných procesov nie je výnimkou, nakoľko vopred spoznané riziko umožňuje efektívnu reakciu na konkrétnu nežiaducu udalosť. Posudzovanie rizík sa stalo nutnosťou aj v sektore železničnej dopravy, dôkazom čoho sú štatistické údaje o počtoch nehôd, príp. usmrtených / zranených osobách.

Jedným z najvýznamnejších nástrojov na riadenie rizík v rámci železničného systému v podmienkach Európskej únie (ďalej iba EÚ) je tzv. **Spoločná bezpečnostná metóda pre hodnotenie a posudzovanie rizík (CSM - Common Safety Method)**. Je definovaná vo Vykonávacom nariadení EK č. 402/2013 o spoločnej bezpečnostnej metóde hodnotenia a posudzovania rizík, ktorým sa ruší Nariadenie (ES) č. 352/2009.

Primárnym účelom metódy je predovšetkým harmonizácia procesu posudzovania rizík, založená na zjednotení:

- procesov riadenia rizík, používaných na posúdenie úrovni bezpečnosti a súladu s určenými požiadavkami na bezpečnosť,

- výmeny informácií medzi jednotlivými aktérmi s cieľom riadiť bezpečnosť systému medzi existujúcimi rozhraniami,
- kvality a formátu výsledkov vyplývajúcich z realizácie procesu riadenia rizík.

#### 1. ANALÝZA AKTUÁLNEHO STAVU V OBLASTI POSUDZOVANIA RIZÍK V SEKTORE ŽELEZNIČNEJ DOPRAVY

V niektorých krajinách majú presne vymedzený model pre posudzovanie rizík a jednoznačne definované podmienky a postupy pre jeho aplikáciu. V podmienkach Slovenskej republiky (ďalej iba SR) nebol doteraz definovaný žiadny univerzálny, dostatočne vhodný postup pre posudzovanie rizík, špecifický zameraný na procesy a zariadenia v sektore železničnej dopravy. Železničné spoločnosti, pôsobiace v rámci železničného systému SR využívajú iba niektoré, zväčša základné, metódy a techniky manažmentu rizík, ktoré im obvykle pomáhajú riziká iba identifikovať.

Napríklad, Železničná spoločnosť Slovensko, a. s. (ďalej len ZSSK) využíva metódu **What If**, založenú na princípe brainstormingu. Podstatou metódy je postupné generovanie

<sup>1</sup> Silvia Pevalová, Ing., Fakulta bezpečnostného inžinierstva, Žilinská univerzita v Žiline, Ul. 1. mája 32, 010 26 Žilina, tel.: +421 41 513 68 66, e-mail: silvia.cicmancova@fbi.uniza.sk.

<sup>2</sup> Bohuš Leitner, doc., Ing., PhD., Fakulta bezpečnostného inžinierstva, Žilinská univerzita v Žiline, Ul. 1. mája 32, 010 26 Žilina, tel.: +421 41 513 68 63, e-mail: bohus.leitner@fbi.uniza.sk.

otázok typu „Čo sa stane, ak?“ a následné hľadanie odpovedí, ktoré umožnia identifikovať podmienky vzniku, príčiny dôsledky, možnosti zníženia pravdepodobnosti ich vzniku a pod. Na diskusiách sa podieľajú vybraní odborníci, podrobne zoznámia s procesom alebo zariadením, v realizácii / činnosti ktorých majú byť riziká identifikované.

V spoločnosti Železnice Slovenskej republiky (ďalej len ŽSR) je situácia obdobná. Najčastejšie sa využívajú **matice rizík**, ktoré umožňujú iba približne odhadnúť, či je riziko analyzovaného procesu prijateľné [1]. V roku 2015 vydali ŽSR nový interný predpis s označením **R3 Riadenie bezpečnostných rizík železničného systému v podmienkach ŽSR**. Predpis je účinný od 21.05.2015 a čiastočne obsahuje aj implementáciu zásadných ustanovení Nariadenia EK č. 402/2013 o CSM do definovanej koncepcie a systému riadenia bezpečnosti v ŽSR.

Vo viacerých krajinách sveta sú používané modely väčšinou špecificky zamerané na určitú časť železničného systému, napr. na tunely, mosty, železničné stanice, železničné priestorové priestory a pod. V jednotlivých modeloch sú najčastejšie využívané klasické metódy systémovej analýzy, ako sú stromy udalostí (ďalej len ETA), stromy porúch (ďalej len FTA), využívané pre identifikáciu ohrození a tvorbu scenárov [2]. Iné modely obsahujú zoznam rizík v danej oblasti a špecifikáciu kritéria, t.j. kedy je riziko prijateľné / neprijateľné. Analýzou jednotlivých prístupov bolo zistené, že vo väčšine modelov je pre hodnotenie rizík využívaný prístup ALARP, chápaný ako istá zásada pri aplikácii metód znižovania rizík.

Na základe analýzy súčasného stavu riešenej problematiky, so zameraním na možnosti posudzovania rizík procesov a zariadení v železničnej doprave bolo identifikovaných niekoľko problémových oblastí:

- rozdielnosť prístupu k realizácii procesu posudzovania rizík v rámci jednotlivých železničných podnikov v SR,
- minimálna úroveň aplikácie ustanovení Nariadenia EK č. 402/2013 nielen v podmienkach SR, ale aj iných krajín EÚ,
- nejednotnosť používaných pojmov v CSM a vhodných špecifických metód pre určovanie významnosti zmeny systému, identifikácie ohrození, spôsobov analýzy a hodnotenia rizík, ktoré zmena prináša, interpretácia výsledkov a pod.,
- v sektore železničnej dopravy nie sú stanovené objektívne určené kvantitatívne kritéria prijateľnosti rizík ich hodnotenia,

- minimálna informovanosť odborníkov z praxe o existencii CSM,
- aplikovateľnosť CSM nie je aktuálne dostatočne overená, nakoľko sa nenašli žiadne štúdie, ktoré by využiteľnosť a efektívnosť metodiky posudzovania rizík v železničnom systéme preukázali.

Snahy o zvýšenie objektívnosti a efektívnosti procesu posudzovania rizík a jeho jednotlivých krokov sú preto priam nutnosťou. Pojem „objektívnosť“ spočíva v nezáujatosti, neutrálnosti procesu. Proces posudzovania nesmie byť ovplyvňovaný subjektívnym vnímaním, ale posúdenie musí vychádzať iba z relevantných a jednoznačných informácií. Pojem „efektívnosť“ v procese posudzovania rizík predstavuje účinnosť realizácie procesu a kvalitu jeho výsledku.

Zásadným problémom, ale aj príležitosťou, pre vlastnú tvorivú činnosť bola nedostatočne overená praktická aplikovateľnosť CSM v podmienkach ľubovoľného pod systému alebo procesu železničnej dopravy. Ani po dôkladnej analýze domácich a zahraničných zdrojov informácií nebol zistený žiadny relevantný zdroj, resp. spôsob, ako správne a objektívne uplatňovať CSM v podmienkach železničného systému SR. Nepodarilo sa nájsť ani informácie o tom, aké metódy sú pri aplikácii metódy CSM najvhodnejšie, príp. ako jednoznačne posúdiť objektívnosť získaných výsledkov z procesu posudzovania rizík.

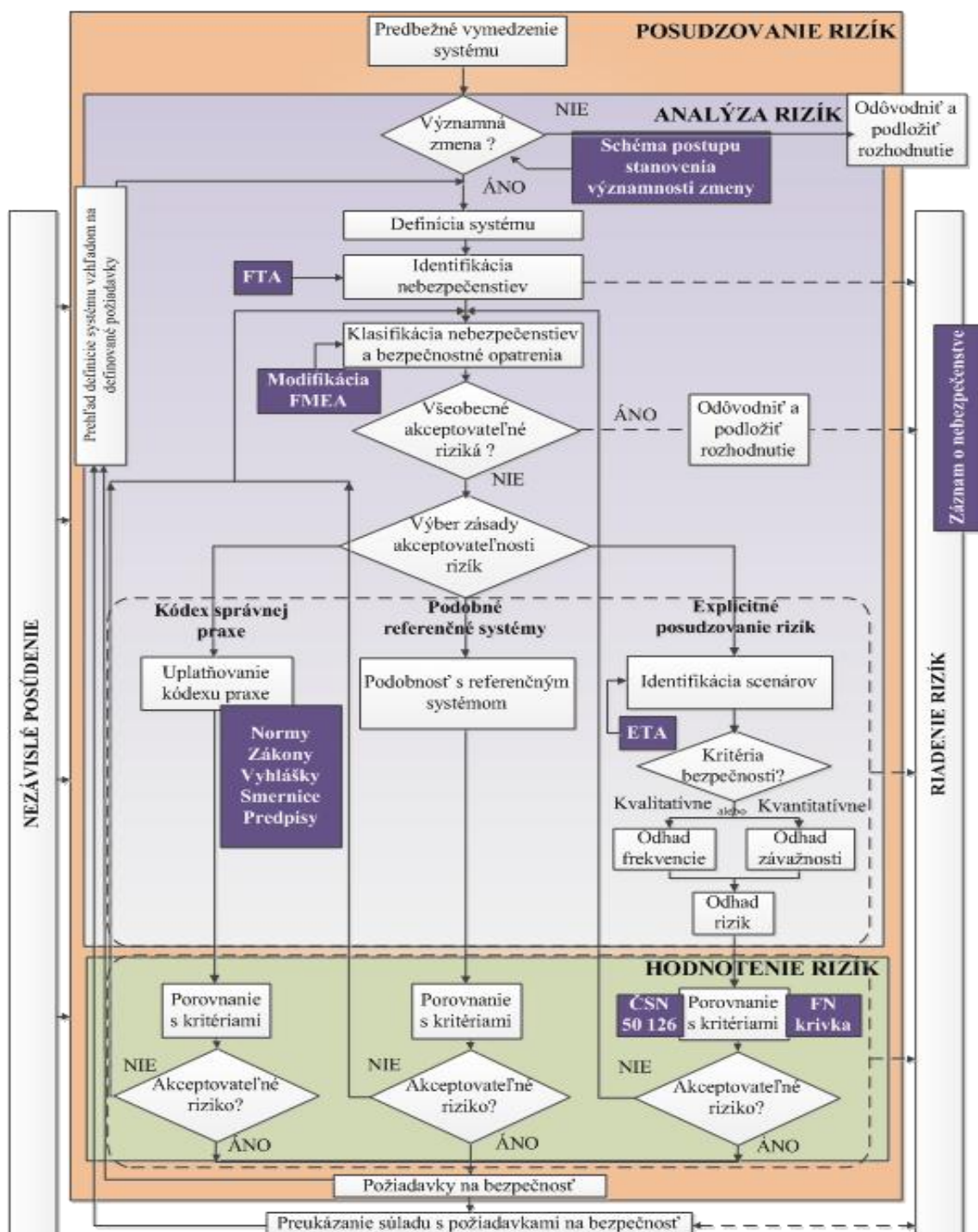
## 2. MODIFIKÁCIA POSTUPU METÓDY CSM PRE ŽELEZNIČNÝ SYSTÉM SR

Členské štáty Európskej únie (ďalej len EÚ) si až do roku 2000 vypracovávali vlastné pravidlá pre bezpečnosť železníc a využívali železničné normy, vychádzajúce zo zvolených koncepcií a prevádzkových skúseností. Uvedený prístup viedol k rozdielom v chápaní zásad a kritérií v oblasti bezpečnosti a uvedená nejednotnosť sťažovala vytvorenie systému interoperability v sektore železničnej dopravy [3].

Z uvedených problémových oblastí vyplynula potreba overiť aplikovateľnosť spoločného prístupu k posudzovaniu rizík, ako významnej súčasti **systému riadenia bezpečnosti železníc** (ďalej iba SMS), ale aj nutnosť realizovať vhodnú modifikáciu CSM a z nej vyplývajúcu všeobecne platnú metodiku pre podmienky železničných podnikov v SR. Modifikácia CSM bola realizovaná z dôvodu viacerých terminologických nejasností, ale aj istej „nelogickosti“ v usporiadaní jednotlivých krokov v pôvodne definovanom postupe.

Z hľadiska pojmov je vhodnejšie uvažovať v názve spojenie „Spoločná bezpečnostná metóda pre posudzovanie rizík“, nakoľko proces posudzovania rizík v sebe zahŕňa aj hodnotenie rizík, resp. zmena pojmu riadenie nebezpečenstiev na pojem „riadenie rizík“, nakoľko pojmy riziko a nebezpečenstvo nie sú identické. Nebezpečenstvo - latentná vlastnosť objektu spôsobiť neočakávaný negatívny jav. Naopak, riziko – predstavuje kvantitatívne/

kvalitatívne vyjadrenie ohrozenia, kde ohrozenie chápeme ako možnosť aktivovania nebezpečenstva. Slovné spojenie riadenie rizík je vhodnejšie, pretože dodatok v nariadení má názov proces riadenia rizík a nezávislé posúdenie, kde riadenie rizík predstavuje väčšiu časť tohto procesu. Postup aplikácie CSM na posudzovanie rizík (obr.1) obsahuje hlavné činnosti a to: predbežné vymedzenie systému, analýzu rizík a hodnotenie rizík.



Zdroj: upravené podľa [4]

Obrázok 1. Modifikácia CSM na posudzovanie rizík železničného systému

V rámci analýzy rizík je okrem štandardných procedúr pre identifikáciu a výber zásady akceptovateľnosti rizika zahrnuté aj určenie významnosti zmeny, pri ktorej je nutné analyzovať všetky významné dôsledky, ktoré by zlyhanie systému po zavedení zmeny prinieslo, resp. realizovať odhad správania sa systému po zmene.

Na základe výsledku porovnania vhodných metód a technik pomocou viackriteriálneho rozhodovania bola pre proces identifikácie nebezpečenstiev zvolená ako najvhodnejšia technika - **metóda FTA**, v rámci ktorej pre klasifikáciu nebezpečenstiev bolo odporúčané využiť tzv. *modifikovanú verziu metódy FMEA*.

Modifikácia CSM nastala aj v prípadoch výberu zásad akceptovateľnosti rizík, kedy riziko nie je akceptovateľné. Bolo odporúčané nevrátiť sa späť do kroku výberu zásad akceptovateľnosti rizík, ale skôr do kroku predchádzajúceho – t.j. klasifikácie nebezpečenstiev. Vo fáze analýzy rizík sa rozhodne o ďalších, novo zavedených, bezpečnostných opatreniach, ktoré by mali zaistiť požadovanú úroveň bezpečnosti alebo zníženie miery pravdepodobnosti vzniku negatívneho javu. Tým opätovne porovnávame odhad rizika so stanovenými kritériami. Kritériá bezpečnosti vyjadrujeme kvantitatívne alebo kvalitatívne. Kvalitatívne kritériá bezpečnosti sú uprednostňované najmä v norme *ČSN 50126 Stanovení a prokázání bezporuchovosti, pohotovosti, udržovatelnosti a bezpečnosti (RAMS)*, naopak kvantitatívne kritériá sa najčastejšie vyjadrujú buď pomocou **matice rizík** alebo tzv. **FN krivkami**.

### 3. APLIKÁCIA MODIFIKOVANEJ CSM

V ďalej prezentovanej prípadovej štúdii budú postupne aplikované základné fázy riešenej modifikovanej verzie CSM. Na konkrétnej zmene železničného systému - *zmena spôsobu zabezpečenia reálneho železničného*

*priecestia a vybudovanie cestnej komunikácie vyššej triedy cez určené železničné priecestie* - budú postupne prezentované výsledky získané z praktickej aplikácie modifikovanej CSM.

#### 3.1 Predbežné vymedzenie systému a významnosť zmeny

Uvažovaná zmena v železničnom systéme sa týka železničného priecestia, nachádzajúceho sa v extraviláne obce Teplička nad Váhom pri Žiline. Uvažuje sa s vybudovaním cesty, ktorá má slúžiť pre sprístupnenie *Terminálu intermodálnej prepravy* (ďalej len „TIP Žilina“). Pôvodné železničné priecestie pred zmenou bolo zabezpečené svetelným zabezpečovacím zariadením bez závor, po zmene sa uvažuje so svetelným zabezpečovacím zariadením so závorami (závory celé dvojité). Cestná komunikácia pred zmenou bola IV. triedy ako miestna komunikácia, po zmene bude mať parametre cesty III. triedy. Domnievame sa, že sa jedná o zmenu prevádzkovú aj napriek tomu, že môže vyvolať aj zmeny v organizácii železničnej dopravy na príľahlom úseku.

Pre potreby posúdenia rizík bolo najskôr nutné odhadnúť predpokladanú intenzitu prejazdu nákladných vozidiel (kamiónov), osobných vozidiel, prechodu chodcov a cyklistov, ktorí výhľadovo cez riešené železničné priecestie prejdú za obdobie 1 roka (tab. 1).

Nakoľko boli k dispozícii iba informácie ohľadom kamiónovej dopravy, predpokladané počty osobných vozidiel, chodcov a cyklistov boli určené iba na základe expertného odhadu z Výskumného ústavu dopravného v Žiline. Z predpokladaného počtu nákladných vozidiel 35 000 voz/rok budeme predpokladať 1650 voz/rok s nebezpečným tovarom. Potrebné bolo určiť aj počty osobných a nákladných vlakov, ako aj podiel vlakov prepravujúcich nebezpečný tovar, ktoré analyzovaným priecestím prejdú za 1 rok (tab. 2).

Tabuľka 1

**Predpokladaný počet používateľov železničného priecestia za rok**

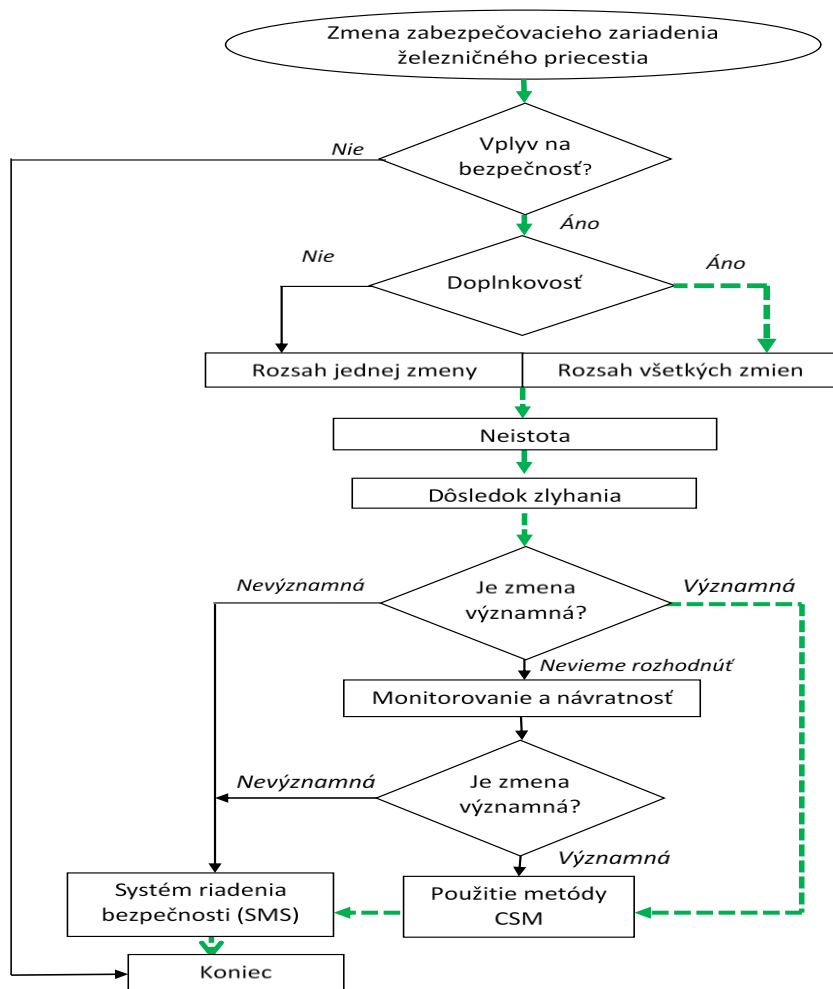
Používatelia železničného priecestia (ŽP)	Predpokladaný počet používateľov železničného priecestia (počet/rok)	Pre potreby ETA (podiel z celkového počtu používateľov ŽP)
Chodci	1825 (osoby/rok)	0,033
Cyklisti	10950 (osoby/rok)	0,199
Osobné motorové vozidlo	7300 (voz./rok)	0,138
Nákladné vozidlo	35 000 (voz./rok)	0,630
Spolu	55 075	1

Počet vlakov prechádzajúcich traťou Žilina – Vrútky v oboch smeroch za rok

Druh vlaku	Počet vlakov prechádzajúcich traťou Žilina – Vrútky v oboch smeroch (vlak/rok)	Pre potreby ETA (podiel z celkového počtu vlakov)
Osobný vlak	24 943	0,543
Nákladný vlak	16 164	0,352
Nákladný vlak prepravujúci nebezpečný tovar	4 820	0,105
<b>Spolu</b>	<b>45 927</b>	<b>1</b>

Uvedenú zmenu bolo potrebné posúdiť na základe kritérií určených v Nariadení [4]. Podľa schémy na obr. 2 (zelená čiarkovaná trasa), sa zmena považuje za významnú ak:

- Význam zmeny z hľadiska bezpečnosti by mohol mať fatálne následky. Platí: zmena má na bezpečnosť prevádzky vplyv, napr. nespustenie závor, poškodenie svetelnej signalizácie, vyššia premávka na cestnej komunikácii a pod.
- Existujú ďalšie zmeny systému, ktoré by mohli vzájomným pôsobením vyvolať vznik nežiaducej udalosti. Predpoklad: cestná komunikácia vyššej triedy = vyššia hustota dopravy a pod.
- Neistota a dôsledok zlyhania (matica neistoty) – očakávané správanie sa systému po zavedení zmeny je možné predpovedať s neistotou, t.j. iba približne a neúplne.



Obrázok 2. Schéma postupu stanovenia významnosti zmeny

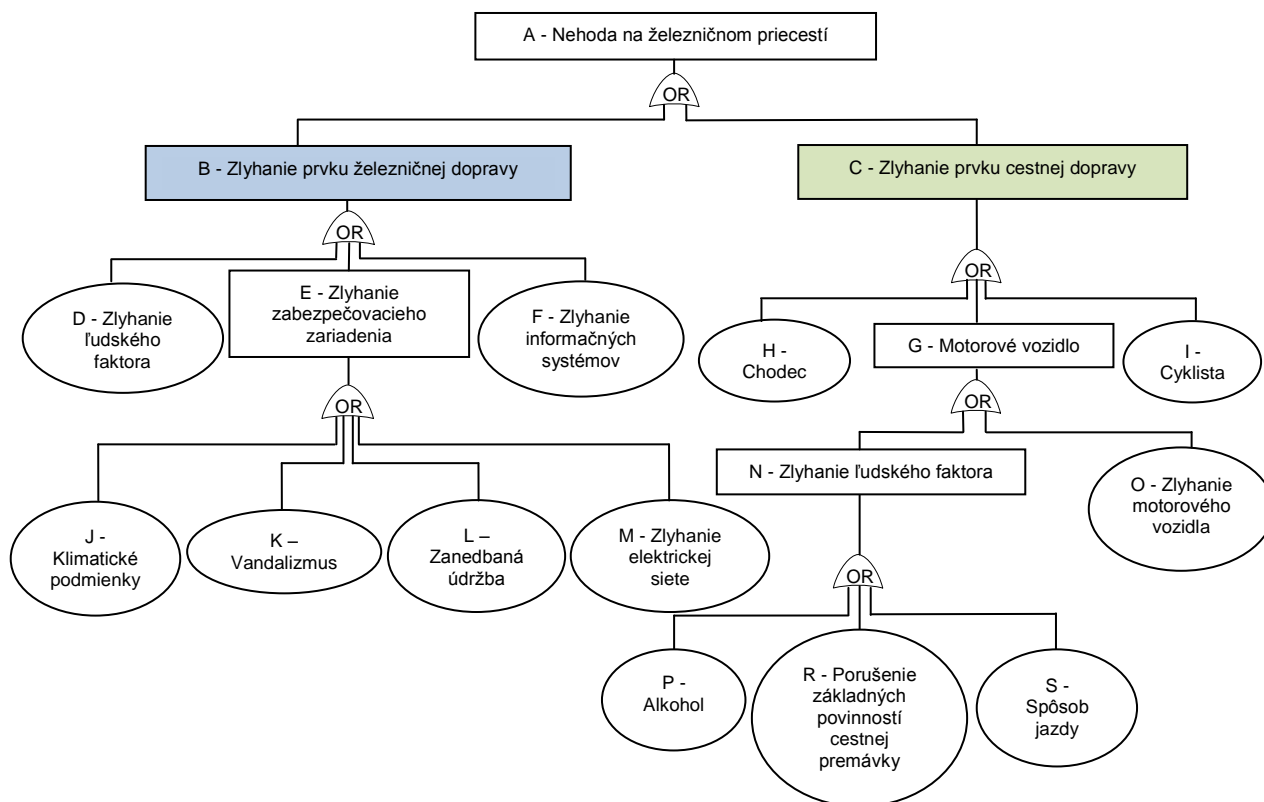
Na základe matice neistoty očakávaného správania sa systému po zmene, ako aj na základe odhadovaného možného dôsledku zlyhania bolo zistené, že zmenu je vhodné uvažovať ako významnú a preto je potrebné vykonať posúdenie rizík, ktoré zmena prinesie prostredníctvom CSM.

### 3.2 Identifikácia a klasifikácia nebezpečenstiev

V tejto fáze je potrebné najskôr zostrojiť konštrukciu stromu, kde sa postupne prechádza od vrcholovej udalosti (nehoda na železničnom priecestí) až ku základným udalostiam (príčinám), ktoré môžu vyvolať jej vznik. Hlavnými príčinami vzniku nehôd na železničných priecestiach môžu byť vo

všeobecnosti zlyhania jednotlivých prvkov a podsystemov, patriacich do systému železničnej resp. cestnej dopravy (obr. 3). Medzi základné prvky železničnej dopravy obvykle zaraďujeme: železničnú infraštruktúru, ľudský činiteľ, riadiace a informačné systémy, zabezpečovacie zariadenia, dopravný prostriedok. Za prvok cestnej dopravy je možné považovať cestnú komunikáciu, ľudský faktor, dopravný prostriedok, okolie systému. V navrhovanom strome (obrázok 3) sú však použité iba vybrané systémové prvky oboch druhov dopravy.

Implementáciou procesu posudzovania rizík do železničného systému je možné správne reagovať na vznik rizika a tým znížiť buď jeho pravdepodobnosť alebo jeho dôsledky.



Obrázok 3. Strom porúch po zmene v prípade nehody na železničnom priecestí

V prípade akéhokoľvek zlyhania jedného prvku, sa stabilita rovnovážneho stavu takto definovaného systému naruší a môže dôjsť k vzniku nežiaducej udalosti (napr. nehody).

V rámci aplikácie metódy FTA bolo realizované rozvetvenie zlyhania prvku železničnej dopravy a zlyhania prvku cestnej dopravy. Podstatnými príčinami zlyhania prvku železničnej dopravy je obvykle zlyhanie ľudského činiteľa, zlyhanie

zabezpečovacieho zariadenia alebo riadiacich a informačných systémov.

Zlyhanie zabezpečovacieho zariadenia sa ďalej rozvetvuje na **zanedbanú údržbu** (poškodenie v prípade opotrebenia zariadenia), výkyvy **klimatických podmienok** (námraza, víchrica). Ako ďalšou príčinou je **vandalizmus** (najmä zlomené a poškodené rahná, násilné poškodenie priecestného zabezpečovacieho zariadenia (ďalej PZZ), krádež káblov pre



fungovanie a kontrolu stavu PZZ, rozbité svetlá výstražníkov, ...), **zlyhanie dodávok elektrickej energie** (nefunkčnosť priecestného zabezpečovacieho zariadenia) a ďalšie.

V prípade prvku cestnej dopravy je hlavnou príčinou zlyhanie **ľudského faktora** (porušenie zákona č.8/2009 o cestnej premávke a o zmene a doplnení niektorých zákonov (§27, §28, §29 nedanie prednosti v jazde, nedodržanie bezpečných vzdialeností...), účastník cestnej premávky je pod vplyvom alkoholu, riskantný spôsob jazdy). Do spôsobu jazdy patrí agresívna jazda vodiča. Do príčin zlyhania prvku cestnej dopravy patrí aj **motorové vozidlo**, ktoré môže spôsobiť nehodu na železničnom priecestí v prípade zlého technického stavu. V neposlednom rade do prvku cestnej dopravy patria chodci a cyklisti, keďže sa plánuje aj vybudovanie cyklistického chodníka [5].

Klasifikácia nebezpečenstiev bola realizovaná prostredníctvom modifikovanej metódy FMEA. Ku každému nebezpečenstvu boli priradené jednotlivé váhy významu, výskytu a odhalenia nebezpečenstiev. Z nich sa vypočíta tzv. rizikové prioritné číslo (ďalej RPČ), ktoré nám ukáže poradie dôležitosti jednotlivých nebezpečenstiev [6]. Podľa získanej hodnoty RPČ venujeme pozornosť už iba nebezpečenstvám s prioritným číslom  $\geq 400$ . Hodnota 400 bola určená autormi štúdie ako hraničná. Podľa úrovne citlivosti klasifikácie

nebezpečenstva a hĺbky realizovanej analýzy rizík je však možné zvoliť aj inú – nižšiu, príp. aj vyššiu - hraničnú hodnotu RPČ.

### 3.3 Zásady akceptovateľnosti a hodnotenie rizík

Pri uvedenej zmene železničného systému sa použije zásada jednoznačného odhadu rizika, pretože nie je možné použitie kódexu správnej praxe (neexistencia právnych predpisov, noriem, a i.). Nie je možné ani použitie referenčného systému, pretože neexistuje žiadny systém, ktorý by fungoval pri rovnakých podmienkach ako posudzovaný systém. V tejto fáze je potrebná tvorba scenárov na základe stanovenej vrcholovej udalosti zo stromu porúch.

Ak chceme odhadnúť frekvenciu jednotlivých scenárov nehody, je potrebné najskôr do FTA vypočítať jednotlivé pravdepodobnosti príčin nehody a potom vypočítať výslednú pravdepodobnosť nehody na konkrétnom železničnom priecestí. Výsledná pravdepodobnosť nehody bude tvoriť základ pre výpočet frekvencií jednotlivých scenárov.

V tab. 3 sú uvedené expertné odhady výskytu udalosti za 50 rokov a následne prepočítané pravdepodobnosti každej základnej udalosti. Modré políčka patria do prvku železničnej dopravy, zelené patria do prvku cestnej dopravy.

Tabuľka 3

Stanovenie pravdepodobnosti základných udalostí po zmene

Označenie uzla	Základná udalosť	Výskyt za 50 rokov (odhad)	Pravdepodobnosť
P(D)	Zlyhanie ľudského faktora	0	0,001
P(F)	Zlyhanie informačných systémov	0	0,001
P(H)	Chodec	0,1	0,002
P(I)	Cyklista	0,1	0,002
P(J)	Klimatické podmienky	0	0,001
P(K)	Vandalizmus	0,1	0,002
P(L)	Zanedbaná údržba	0	0,001
P(M)	Zlyhanie elektrickej siete	0	0,001
P(O)	Zlyhanie motorového vozidla	0	0,001
P(P)	Alkohol	0,1	0,002
P(R)	Porušenie základných povinností	0,3	0,006
P(S)	Spôsob jazdy	0,2	0,004

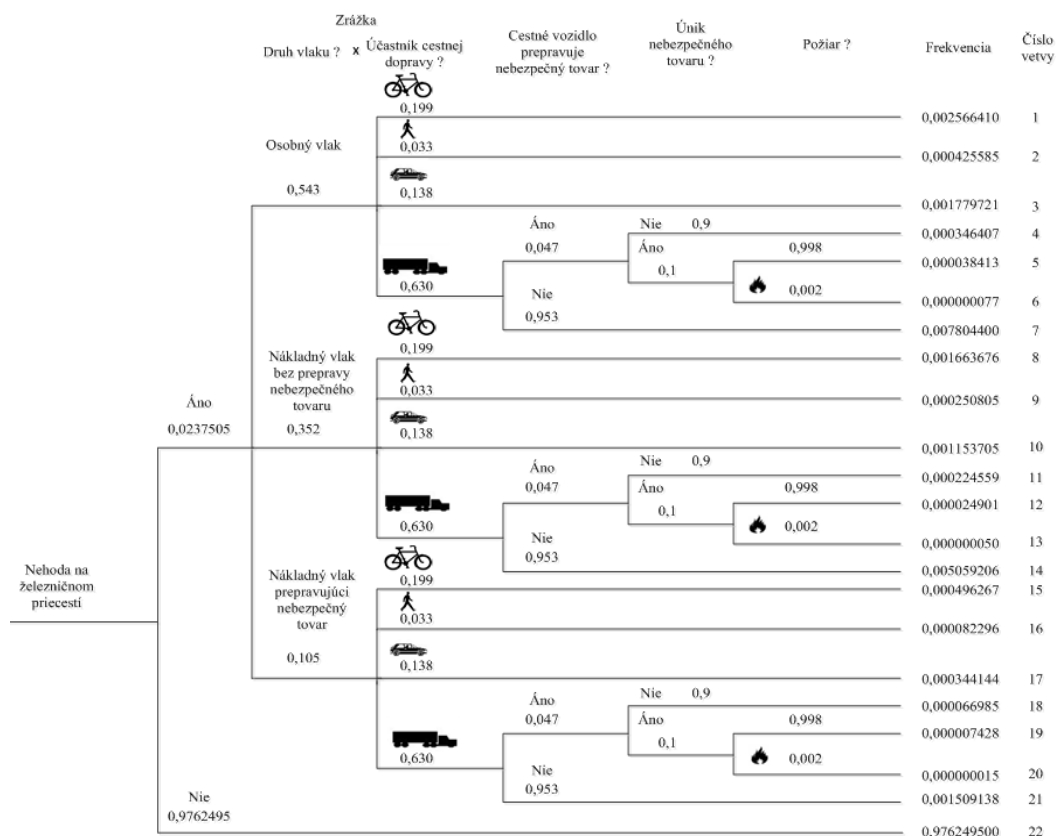
Ďalší krok predstavuje výpočet výslednej pravdepodobnosti vrcholovej udalosti. Z tab. 4 vyplýva, že vrcholová udalosť - nehoda na železničnom priecestí sa vyskytuje s pravdepodobnosťou 0,02375. Znamená to, že nehoda sa na takomto železničnom priecestí vyskytne priemerne 1 krát za 45 rokov. Pravdepodobnosť je vyjadrená ako frekvencia výskytu vrcholovej udalosti.

Pokračujeme v analýze stromu udalostí, kde k jednotlivým vetvám ETA sú priradené frekvencie, ktoré boli určené ako súčin frekvencií na každej jednej vetve ETA (obr.4). Ak už je určená pravdepodobnosť (vyjadrená frekvencne) vrcholovej udalosti pokračujeme v analýze stromu udalostí, kde k jednotlivým vetvám ETA sú priradené frekvencie, ktoré boli určené ako súčin frekvencií na každej jednej vetve ETA (obr.4).

Tabuľka 4

## Výpočet pravdepodobnosti

Označenie uzla	Výpočet pravdepodobnosti následnej udalosti	Výsledná pravdepodobnosť
P(N)	$1-[1-P(P)]*[1-P(R)]*[1-P(S)]$	0,011956
P(G)	$1-[1-P(N)]*[1-P(O)]$	0,012944
P(E)	$1-[1-P(J)]*[1-P(K)]*[1-P(L)]*[1-P(M)]$	0,004991
P(B)	$1-[1-P(D)]*[1-P(E)]*[1-P(F)]$	0,006980
P(C)	$1-[1-P(G)]*[1-P(H)]*[1-P(I)]$	0,016888
<b>P(A)</b>	$1-[1-P(B)]*[1-P(C)]$	<b>0,023750</b>



Obrázok 4. Identifikácia scenárov nehody s vypočítanou frekvenciou

Každé rozvetvenie scenára musí po sčítaní hodnôt na jednotlivých vetvách rozvetvenia dať hodnotu 1. Napr. osobný vlak (0,543) + nákladný vlak bez prepravy nebezpečného tovaru (0,352) + nákladný vlak prepravujúci nebezpečný tovar (0,105) = druh vlaku (1). Je nutné dodať, že hodnoty využité pre scenáre - únik nebezpečného tovaru a vznik požiaru – boli získané iba expertným odhadom [7].

### 3.3.1 Odhad spoločenského rizika

Pri odhade miery spoločenského rizika je potrebné porovnať kritéria akceptovateľnosti individuálneho a spoločenského rizika a vyhodnotiť, či úroveň rizika je alebo nie je

akceptovateľná. Pre konštrukciu FN krivky je potrebný zoznam udalostí ( $E_x$ ) a ich pridružené frekvencie  $f_x$  a dôsledky (N), ktorý je zostavený a zoradený podľa klesajúcej hodnoty N.

V poslednom stĺpci každého riadku sa ráta kumulovaná frekvencia výskytu daného scenára a všetky udalosti predchádzajúce, napr.  $F_5 = f_3 + f_5$ . Vzhľadom k tomu, že v tab. 5 sú zoradené klesajúce hodnoty N (tj.  $N_3 > N_5$ ),  $F_5$  je kumulatívna frekvencia všetkých udalostí spôsobujúcich aspoň  $N_5$  úmrtí [8]. V tab. 5 sú uvedené predpokladané počty usmrtených na jednu nehodu, frekvencie vzniku jednotlivých scenárov nehody a výpočet kumulovanej frekvencie pre potreby zostrojenia FN krivky.

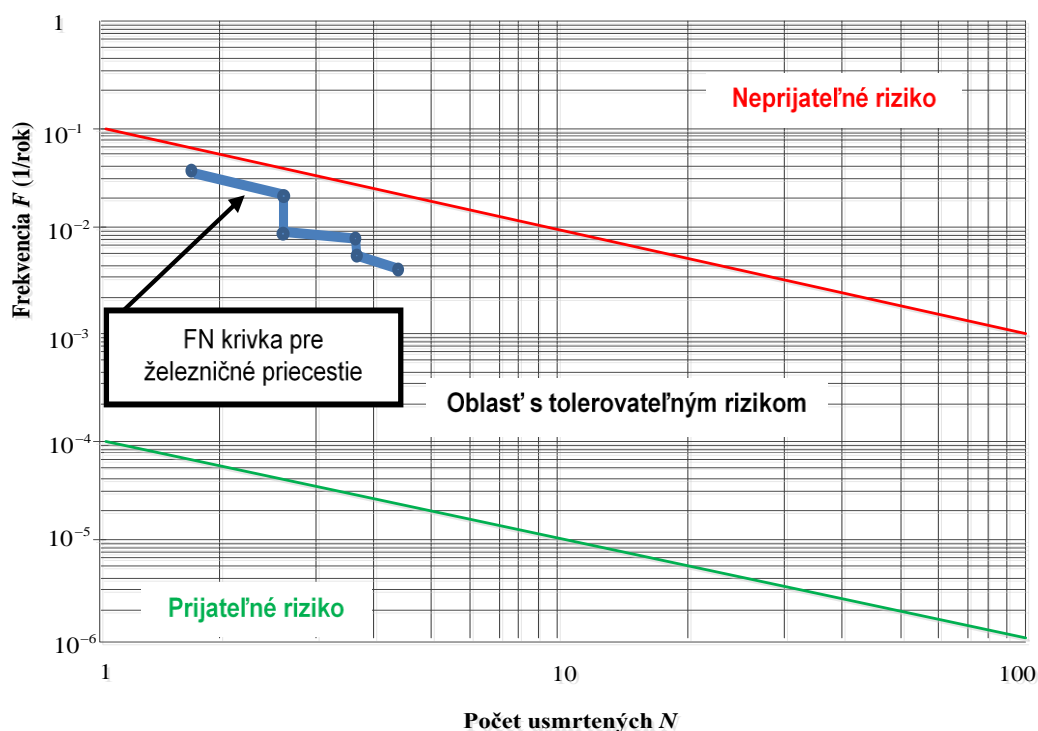


## Výpočet kumulovanej frekvencie za rok

Číslo scenára (E)	Očakávaný počet usmrtených na jednu nehodu (N)	Frekvencia za rok $f$	Kumulovaná frekvencia za rok $F$
3	4	0,00178	0,001780
5	3	3,84E-05	0,001818
6	3	7,7E-08	0,001818
10	3	0,001154	0,002972
13	3	4,99E-08	0,002973
17	3	0,000344	0,003317
20	3	1,49E-08	0,003317
4	2	0,000346	0,003663
7	2	0,007804	0,011467
11	2	0,000225	0,011692
12	2	2,49E-05	0,011716
14	1	0,005059	0,016775
18	1	6,7E-05	0,016842
19	1	7,43E-06	0,016850
21	1	0,001509	0,018359

Na obr.5 sú vyznačené jednotlivé kumulované frekvencie scenárov s prislúchajúcimi dôsledkami nehody na železničnom priecestí.

Z obr.5 je jasné, že spoločenské riziko železničného priecestia spadá do oblasti tolerovateľného rizika.



Obrázok 5. FN krivka s uvedenými scenármi nehody

## 3.3.2 Odhad individuálneho rizika

Ak zoberieme napr. vetvu č. 3 zo stromu udalostí, frekvencia nehody je 0,001779721, patrí do skupiny frekvencie s hodnotou  $10^{-2}$ /rok a  $10^{-3}$ /rok.

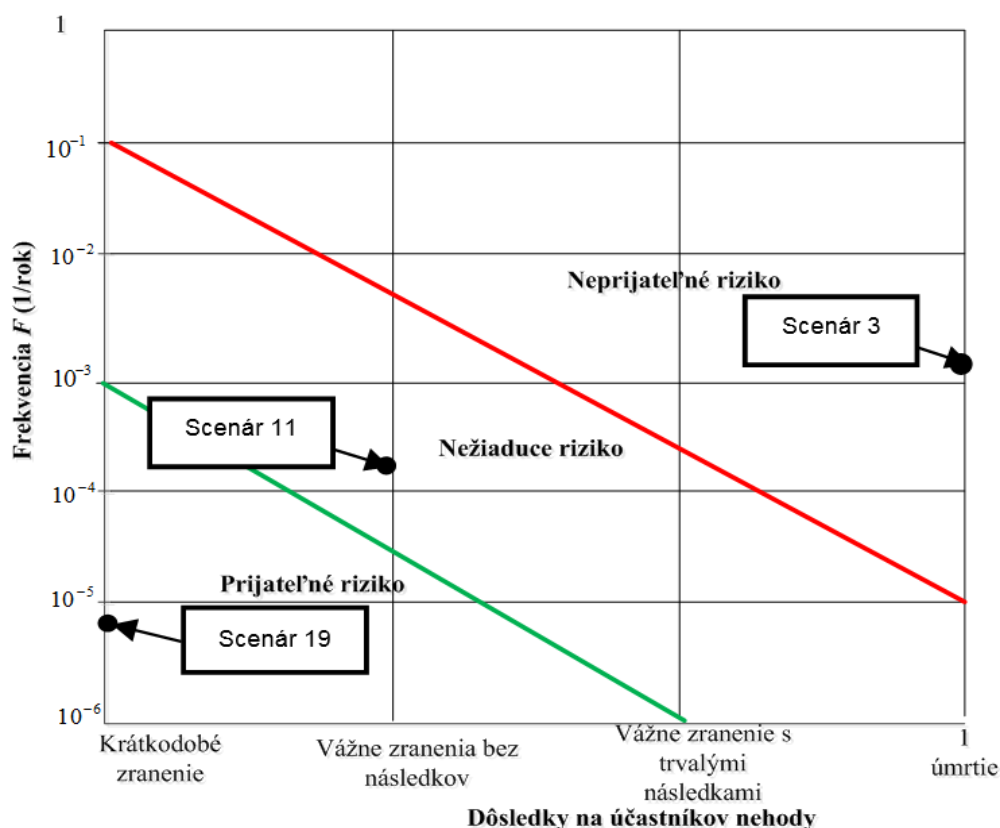
Ak je určená frekvencia scenáru nehody, potom sa stanoví predpokladané dôsledky nehody a zhodnotí sa akceptovateľnosť rizika. V tab. 6 sú uvedené niektoré scenáre a k nim prislúchajúca frekvencia a dôsledky.

## Výber niektorých scenárov a k nim prislúchajúca frekvencia a dôsledky

Číslo vetvy scenára	Frekvencia	Predpokladané dôsledky
Scenár 3	0,001779721	1 úmrtie
Scenár 11	0,000224559	Vážne zranenie bez následkov
Scenár 19	0,000007428	Krátkodobé zranenie

Na obr. 6 sú vyznačené vybrané scenáre vzniku negatívneho javu – nehoda na železničnom priecestí - s prislúchajúcimi frekvenciami a dôsledkami takejto nehody.

Ako je možné vidieť z FD diagramu - úroveň individuálneho rizika pre scenár 3 je neprijateľná, pre scenár 11 je riziko nežiaduce a pre scenár 19 je úroveň rizika prijateľná.



Obrázok 6. FD – diagram so zobrazením najnepriaznivejších scenárov nehody

### 3.4 Riadenie rizík

Vo fáze IV. sa obvykle realizuje tvorba záznamu o nebezpečenstve, ktorý obsahuje informácie o prioritě nebezpečenstva (vysoká, stredná, nízka), detailnejšom opise nebezpečenstva a doplňujúcich informáciách o ňom. Z hodnotenia rizík pre spoločenské riziko vyplýva, že posudzovaný železničný systém je v oblasti tolerovateľného rizika. Tolerovať riziko znamená, že ho nevnímame ako zanedbateľné alebo niečo, čo môžeme ignorovať, ale skôr ako niečo, čo musíme držať pod kontrolou a redukovať tak, ako je len možné. Výsledkom hodnotenia musí byť názor, či spoločnosť

takéto železničné priecestie s uvedenými potenciálnymi udalosťami (scenármi) a ich následkami bude akceptovať. Z výsledkov posúdenia vyplynulo, že posudzované železničné priecestie je z pohľadu rizika akceptovateľné a hovoríme o prijateľnom spoločenskom riziku.

Z pohľadu individuálneho rizika platí, že pre Scenár 3 sa zmenu zaviesť neodporúča, pokiaľ sa úroveň rizika nepodarí vhodnými opatreniami znížiť aspoň pod hranicu maximálneho akceptovateľného rizika. Musia sa navrhnuť a realizovať vhodné bezpečnostné opatrenia v rámci aktualizovanej klasifikácie

nebezpečenstiev a znova scenár posúdiť z pohľadu akceptovateľnosť rizík. Pre nežiaducu úroveň rizika pre scenár 11 je potrebné zavedenie bezpečnostných kritérií, aby sa úroveň rizika znížila na požadovanú hodnotu (požiadavky na bezpečnosť). Na základe určených kritérií je potrebné venovať pozornosť rizikám s najvyššou prioritou.

### 3.5 Preukázanie súladu s požiadavkami na bezpečnosť a nezávislé posúdenie

Fázu V. by mal vypracovať orgán pre posudzovanie. Prístup zvolený na preukázanie zhody s požiadavkami na bezpečnosť, ako aj samotné preukázanie nezávisle posúdi orgán pre posudzovanie. Orgánom pre posudzovanie v SR je Výskumný a vývojový ústav železníc Žilina, ktorý posúdi správnosť uplatnenia postupu riadenia rizík a potvrdí preukázanie dosiahnutia prijateľnej úrovne rizika.

### ZÁVER

Posudzovaním rizík je potrebné sa zaoberať, pretože umožňuje identifikovať významné riziká, vytvárať scenáre, kvantitatívne alebo kvalitatívne odhadnúť mieru rizika, následne

hodnotiť určené riziká a navrhnúť vhodné opatrenia pre zníženie ich negatívneho vplyvu na bezpečnosť železničného systému. Posudzovanie rizík je jedným z procesov, ktorý umožňuje hodnotiteľom, resp. posudzovateľom popísať a kvantifikovať vplyv rizika na spoľahlivosť a bezpečnosť najdôležitejších podsystémov železničného systému.

Otázkami bezpečnosti železničnej dopravy, spočívajúcej v zabezpečení, zachovania a neustálom zvyšovaní bezpečnosti železníc je dôležité venovať neustálu pozornosť. Uvedený problém je priamo spojený s procesom posudzovania rizík. Na základe znalosti problematiky a posúdenia použiteľnosti CSM bola táto všeobecne definovaná metóda pre posudzovanie rizík modifikovaná, najmä za účelom zlepšenia jej aplikovateľnosti a objektívnosti vstupných údajov. Navrhovaná modifikácia spočívala hlavne v úprave postupu pri posudzovaní rizík za účelom umožnenia jej plnohodnotného využitia nielen v oblasti teórie rizík, ale aj v praktických aplikáciách. Cieľom návrhu modifikácie postupu CSM bolo prispieť k harmonizovanému prístupu k posudzovaniu rizík v nielen európskom priestore, ale tiež v podmienkach železničnej dopravy v SR.

*Príspevok vznikol v rámci riešenia projektu VEGA č. 1/0240/15 s názvom „Procesný model riadenia bezpečnosti kritickej infraštruktúry v sektore doprava“*

### LITERATÚRA

- [1] KUBÍČEK, M. <kubicek.milan@zsr.sk>. [13.01.2014]. Skúsenosti používaných metód posudzovania rizík a CSM.
- [2] BÄCKMAN, J.: Investigation of common safety method [on-line cit.: 13.1.2014] Dostupné na: <http://www.rssb.co.uk/Pages/Main.aspx>.
- [3] ERA collection of examples of risk assessments and of some possible tools supporting the CSM Regulation [on-line cit.: 8.11.2013] Dostupné na: <http://www.era.europa.eu/Document-Register/Documents/Collection-of-RA-Ex-and-some-tools-for-CSM-v1-1-SK.pdf>.
- [4] Vykonávacie nariadenie komisie (EÚ) č. 402/2013 o spoločnej bezpečnostnej metóde hodnotenia a posudzovania rizík [on-line cit.: 9.9.2013] Dostupné na: <http://eurlex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2013:121:0008:0025:SK:PDF>.
- [5] Vyjadrenie psychologičky ŽSR k nehodovosti na priecestiach [on-line cit.: 3.5.2015] Dostupné na: [http://www.zsr.sk/slovensky/media-room/vyjadrenia-pre-media-2015/marec/aktualne-informacie-o-zeleznicnych-priecestiach.html?page\\_id=3621](http://www.zsr.sk/slovensky/media-room/vyjadrenia-pre-media-2015/marec/aktualne-informacie-o-zeleznicnych-priecestiach.html?page_id=3621).
- [6] Hudáková, M. Current approach of enterprises to the risk management. In: Socioekonomické a humanitní studie = Studies of socio-economics and humanities. vol. 4, no. 1 (2014), s. 5-11. ISSN 1804-6797.
- [7] HILKA, M. GR ŽSR, Klemensová, Skúsenosti s CSM, metódy posudzovania rizík, expertné odhady. Osobná komunikácia [11.01.2015].
- [8] Using FN Diagrams [on-line cit.: 18.2.2014] Dostupné na: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/9780470552940.app1/pdf>.