



POSÚDENIE MOŽNOSTI OHROZENIA PRVKOV KRITICKEJ INFRAŠTRUKTÚRY PRI PREPRAVE NEBEZPEČNÝCH LÁTOK

Katarína Mäkká¹

ABSTRAKT

Cieľom predkladaného príspevku je posúdenie možností ohrozenia prvkov cestnej kritickej infraštruktúry prepravou nebezpečných látok po cestných komunikáciách a stanovenie negatívnych dopadov na zdravie a život obyvateľstva, životné prostredie a majetok v prípade úniku nebezpečných látok pri ich preprave v dôsledku havárie alebo úmyselného zneužitia týchto látok.

Kľúčové slová:

kritická infraštruktúra, kritická dopravná infraštruktúra, prvok kritickej infraštruktúry, preprava nebezpečných látok, havarijný scenár.

ABSTRACT

The aim of this contribution is to assess the possibility of endangering critical infrastructure elements by transporting hazardous substances and to determine the negative impacts on the health and life of the population, the environment and property in the event of leakage of dangerous substances during transport due to accident or deliberate misuse of these substances.

Key words :

Critical Infrastructure, Critical Transport Infrastructure, Element of Critical Infrastructure, Transport of Hazardous Substances, Emergency Scenario.

¹ Katarína Mäkká, Ing. PhD., Fakulta špeciálneho inžinierstva, Katedra technických vied a informatiky, 1.mája 32, 010 26 Žilina, 041/513 6857, Katarina.Makka@fsi.uniza.sk

1 DEFINOVANIE ZÁKLADNÝCH POJMOV

Funkčné prvky kritickej infraštruktúry sú rozhodujúcim faktorom pre ochranu obyvateľstva, životné prostredie a majetok. Ich narušenie má negatívny dopad na fungovanie štátu [3]. Tieto dôsledky sú tým závažnejšie, čím komplexnejšie je systém infraštruktúry narušený. Znefunkčnenie dopravnej infraštruktúry by malo za následok značné komplikácie vo všetkých aspektoch fungovania štátu. Napríklad pri obrane štátu, ak by bola znemožnená doprava živej sily, zbraní, vybavenia, potravín, liekov a iného nevyhnutého materiálu do miest určenia, hospodársky život v krajine by sa úplne zastavil, a znemožnené by bolo tiež plnenie mnohých úloh štátnej správy a samosprávy, vrátane ochrany života, zdravia a majetku obyvateľstva.

Kritická infraštruktúra ako pojem má interdisciplinárny charakter, zahŕňa široké spektrum pôsobnosti a mnohé oblasti ľudskej spoločnosti [2]. Kritická infraštruktúra je definovaná ako tá časť národnej infraštruktúry (vybrané organizácie a inštitúcie, objekty, systavy, zariadenia, služby a systémy), ktorej zničenie alebo znefunkčnenie v dôsledku pôsobenia rizikového faktora spôsobí ohrozenie alebo narušenie politického a hospodárskeho chodu štátu alebo ohrozenie života a zdravia obyvateľstva. Súčasťou kritickej infraštruktúry sú aj objekty obrannej infraštruktúry.[7]

Prvok kritickej infraštruktúry je definovaný ako inžinierska stavba, služba vo verejnom záujme a informačný systém v sektore kritickej infraštruktúry, ktorých narušenie alebo zničenie by malo podľa sektorových kritérií a prierezových kritérií závažné nepriaznivé dôsledky na uskutočňovanie hospodárskej a sociálnej funkcie štátu, a tým na kvalitu života obyvateľov z hľadiska ochrany ich života, zdravia, bezpečnosti, majetku, ako aj životného prostredia. [7]

2 HODNOTENIE RIZÍK PRI PREPRAVE NEBEZPEČNÝCH LÁTK

Doprava je mimoriadne významným sektorom kritickej infraštruktúry v SR a patrí k odvetviám, ktoré výrazne ovplyvňujú sociálno-ekonomický rozvoj a rast životnej úrovne. Dopravná kritická infraštruktúra sa skladá z infraštruktúry cestnej, železničnej, leteckej a vodnej dopravy. Možné prvky kritickej cestnej infraštruktúry v podmienkach Slovenskej republiky sú diaľnice, rýchlostné cesty, cestné objekty ako sú mosty, tunely, križovatky, líniové objekty, kontrolné systémy [5, 6]. Výrazne najdôležitejším druhom dopravy je v ostatných rokoch cestná doprava.

Vzhľadom na skutočnosť, že 67% prepravovaných nebezpečných látok prepravovaných po cestných komunikáciách, tvorí skupina horľavých kvapalín bude posudzovanie možností ohrozenia prvkov kritickej infraštruktúry zamerané na oblasť prepravy pohonných hmôt automobilovými cisternami. Hodnotenie rizika pri preprave nebezpečných látok po cestných komunikáciách bolo vykonané metódou výberu CPR 18E Guidelines for Quantitative Risk Assessment (Purple book). Aplikáciu metódy CPR 18E na proces prepravy PHM cestnou dopravou možno vykonať nasledujúcimi krokmi:

1. Identifikácia zdrojov nebezpečenstva

Prvým krokom pri stanovení negatívnych následkov mimoriadnej udalosti spojených s prepravou NL je určenie zdrojov nebezpečenstva. Preprava pohonných hmôt (PHM) cestnou nákladnou dopravou sa odlišuje od ostatých druhov prepráv predovšetkým technickými, prevádzkovými a bezpečnostnými požiadavkami a podmienkami. Cisterny prepravujúce PHM musia vyhovovať prísnyim kritériám vyplývajúcim z platnej verzie dohody ADR a ďalších predpisov, spĺňať požiadavky z hľadiska bezpečnosti obsluhy, ochrany životného prostredia a protipožiarnej ochrany. Pre prepravu pohonných látok, ktorých hustota sa pohybuje okolo 800 kg/m^3 sa pre jazdné súpravy s hmotnosťou 48 ton vyrábajú nádrže do veľkosti 43 000 až 46 000 litrov. Užitočné hmotnosti ťahačov cisternových súprav sa pohybujú od 10 010 kg až po 28 900 kg. Využitelný objem jednotlivých komôr cisterien sa pohybuje od 4 700 litrov až po 10 600 litrov pohonných hmôt.

Tab. 1 Zdroje nebezpečenstva

Zariadenie	Objem [m^3]	Nebezpečná látka	Množstvo látky [kg]
automobilová cisterna	46	benzín	36 800

2. Identifikácia havarijných scenárov

Pri určovaní najnepriaznivejšej situácie, pri ktorej je účinkami explózie, toxicity alebo požiaru uniknutých PHM ohrozený najväčší počet osôb a v najväčšom rozsahu ohrozené životné prostredie, sa vychádza z odhadu a stanovenia havarijných scenárov. Pri výbere možných havarijných scenárov sa vychádza z: predpokladaného úniku maximálneho množstva jednotlivých nebezpečných látok, najväčšej plochy požiaru, možného ohrozenia okolia výbuchom a sálavým teplom a z počtu ohrozených osôb v dotknutých priestoroch.

V procese prepravy PHM bol ako významný havarijný scenár identifikovaný scenár: Pri preprave PHM po cestnej komunikácii vedúcej cez mestskú časť došlo k dopravnej nehode, ktorá mala za následok porušenie plášťa cisterny, úniku celého prepravovaného množstva a následný požiar uniknutého benzínu.

3. Odhad frekvencie porúch a pravdepodobností

Na stanovenie frekvencie porúch pre automobilovú cisternu v procese prepravy PHM boli použité odhady reprezentatívnych udalostí úniku nebezpečných látok z metódy „Purple Book“ vid' tabuľky 2,3.

Tab. 2 Frekvencie úniku pre rôzne typy komunikácií
(Zdroj: Purple Book)

Typ komunikácie	Frekvencia úniku [/vozidiel. km]	
	Pretlakové	Atmosférické
Diaľnice	$4,32 * 10^{-9}$	$8,38 * 10^{-9}$
Mimo mesto	$1,22 * 10^{-8}$	$2,77 * 10^{-8}$
Mesto	$3,54 * 10^{-9}$	$1,24 * 10^{-8}$

Tab. 2 Pravdepodobnosť okamžitého vznietenia prepravných jednotiek mimo podniku
(Zdroj: Purple Book)

Zdroj (výtok)	Pravdepodobnosť okamžitého vznietenia
Cestná cisterna (kontinuálny)	0,1
Cestná cisterna (jednorazový)	0,13

Celkové frekvencie havarijných scenárov boli určené ako súčin frekvencie poruchy a pravdepodobnosti okamžitého vznietenia a sú uvedené v tabuľke 4.

Tab. 3 Celková frekvencia havarijného scenára

Havarijný scenár	Frekvencia poruchy (F)	Pravdepodobnosť okamžitého vznietenia (P)	Celková frekvencia havarijného scenára ($F_c = F \cdot P$)
únik PHM z cisterny pri preprave	$1,24 \cdot 10^{-8}$ vozidiel. km * 2 km	0,13	$3,24 \cdot 10^{-9}$ vozidiel

4. Modelovanie únikov a prejavov havarijného scenára

V súčasnosti je k dispozícii veľa softvérových produktov, ktorých výsledkom je zostavenie scenárov a hodnotenie rizík. Softvérové produkty sú založené na fyzikálnych modeloch, umožňujú zohľadniť vplyv pracovných podmienok, vlastností unikajúcich látok a vplyvy okolia na rozsah poškodenia a zamorenia, čím dochádza nielen k urýchleniu výpočtu ale aj k spresneniu získaných údajov. Medzi najznámejšie programy pre modelovanie únikov nebezpečných látok patrí ALOHA, EFFECTSGIS, ROZEX, TEREX. Niektoré programy sú komerčnými produktmi spoločností zaoberajúcich sa analýzou rizík (napr. program EFFECTSGIS, TEREX), ďalšie sú voľne dostupné na internete (napr. ALOHA).

Pri použití zvolených programov je najskôr potrebné určiť aktuálnu meteorologickú situáciu v mieste havárie. Vzhľadom na náročnosť modelovania šiestich reprezentatívnych tried počasia, bola modelovaná iba situácia: veľmi stabilné podmienky 1. trieda = F, rýchlosť vetra nízka – 1,7 m.s-1 (najhorší rozptyl, zasiahnuté najväčšie územie – najhorší scenár).

Tab. 4 Druhy havarijných prejavov a rozsah ich účinkov

Výbuchové a radiačné prejavy		
POOL FIRE	Popáleniny 1. stupňa vo vzdialenosti od plameňa [m]	134
	Narušenie pevnosti ocele vo vzdialenosti od plameňa [m]	17
	10% mortalita od zásobníka [m]	77
	50% mortalita od zásobníka [m]	66
BLEVE	Dosah horiacej gule [m]	99
	Doba horenia [s]	12,7
	Popáleniny 1.stupňa [m]	479
	10% mortalita od zásobníka [m]	259
	50% mortalita od zásobníka [m]	209
	Narušenie pevnosti ocele vo vzdialenosti od plameňa [m]	99
PLUME	Ohrozenie osôb priamym zasiahnutím oblakom [m]	59
	Závažné poškodenie budov [m]	67,5
	Ohrozenie osôb mimo budovy závažným poranením [m]	88,5
	Ohrozenie osôb okenným sklom [m]	144

Modelovanie následkov havarijných udalostí bolo realizované programami Aloha, EFFECTSGIS a TerEx. Vstupné informácie zadávané do použitých programov boli rovnaké, výstupné údaje – zóny ohrozenia boli v niektorých prípadoch približne rovnaké v iných prípadoch sa významne líšili. Z tohto dôvodu pri vyhodnocovaní prejavov modelovaných havarijných scenárov sa uvažovalo s najpravdepodobnejšími následkami (následky, ktoré vyšli dvoma programami približne rovnaké), pričom predpokladali najhoršie následky. Zo získaných výsledkov vyplýva, že následky havarijných udalostí sú závislé na poveternostnej situácii a v prípade atmosférickej stálosti typu F predstavujú najhoršie možné následky. Hlavným cieľom modelovania následkov havarijných scenárov však nebolo porovnávanie získaných výsledkov, ale určenie výbuchových, tepelných a toxických prejavov havarijného scenára.

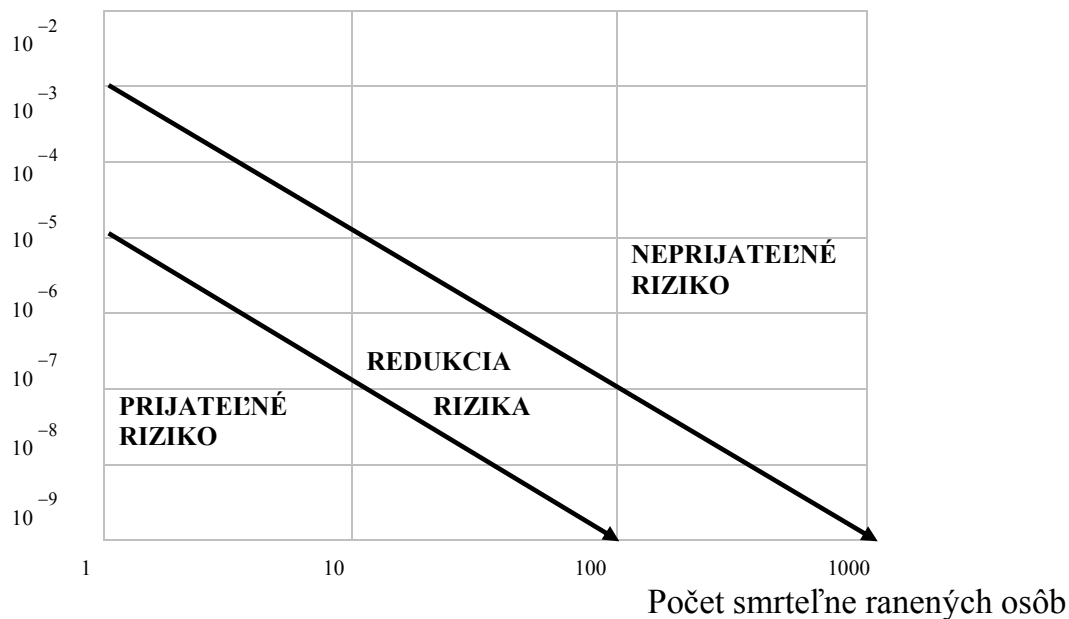
5. Stanovenie spoločenského rizika

Spoločenské riziko pre vybraný havarijný scenár bolo určené z matice pravdepodobnosti a následkov (obrázok 1). Pre analyzovanú činnosť bola stanovená dvojica čísel – celková frekvencia havarijného scenára a počet smrteľných prípadov. Spoločenské riziko pre obyvateľstvo bolo odhadnuté kombinovaním obidvoch hodnôt (tabuľka 6).

Tab. 6 Spoločenské riziko

Havarijný scenár	Celková frekvencia havarijného scenára	Odhad fatálnych zranení	Spoločenské riziko <0,10>
únik PHM z cisterny pri preprave a následný požiar	3,24* 10 ⁻⁹ vozidiel	8	Prijateľné

Pravdepodobnosť (udalosť/rok)



Obr. 1 Matica pravdepodobnosti a následkov (Zdroj: Bernatík, 2006).

Z matice prijateľnosti rizík je zrejmé, že riziko pre obyvateľov v prípade havárie, ktorá mala za následok únik a následný požiar uniknutého benzínu, bolo vyhodnotené v oblasti prijateľného rizika.

ZÁVER

Cieľom ochrany a obrany kritickej infraštruktúry je znížiť riziko ohrozenia a stability prvkov kritickej infraštruktúry, tak isto ako aj odvrátiť útok na tieto prvky. Už v minulosti sme sa mohli presvedčiť, čo znamená zlyhanie kritickej infraštruktúry v dôsledku mimoriadnych udalostí, katastrof alebo teroristických útokov.

Na základe vykonaného hodnotenia rizika modelovaného havarijného scenára a jemu prislúchajúcim ohrozeniam možno konštatovať, že proces prepravy nebezpečných látok po cestných komunikáciách vytvára predpoklady pre poškodenie prvkov kritickej infraštruktúry z hľadiska ich úniku pri havárii alebo z hľadiska ich úmyselného zneužitia.

Na základe získaných výsledkov modelovania následkov havarijných udalostí je ľahké predstaviť si, aké nebezpečenstvo predstavuje pre svoje okolie cisterna s benzínom s objemom 46 m³. Vykonaná analýza následkov stanoveného havarijného scenára je nevyhnutne spojená s určitými neistotami, ktoré vyplývajú z použitých vstupných údajov, zvolených expozičných faktorov, odhadom prítomnosti obyvateľstva a jeho správania počas vzniku mimoriadnej udalosti.

LITERATÚRA

- [1] BERNATÍK A.: Prevence závažných havárií II. Ostrava: SPBI, 2006. ISBN: 80-86634-90-6.
- [2] BOC K., VIDRIKOVÁ D., FIGULI L.: Security plan as a part of critical infrastructure protection. In: MEST journal. ISSN 2334-7058. Vol. 1, no. 2 (2013), online, s. 136-145.
- [3] FIGULI L., KAVICKÝ V., PICOT S.: Analysis of the different approaches to protection of critical infrastructures in France and Slovakia. In: Durability of critical infrastructure, monitoring and testing: proceedings of the ICDCF 2016. Singapore: Springer Nature, 2017. ISBN 978-981-10-3246-2. s. 120-128
- [4] Guidelines for Quantitative Risk Assessment, "Purple Book", CPR 18E, TNO, The Hague 1999.
- [5] LUSKOVÁ M., DVOŘÁK, Z.: Identification of potential critical land transport infrastructure elements. In: Paradygmaty badań nad bezpieczeństwem : jednostki, grupy i społeczeństwa. - Poznań: Wydawnictwo Wyższej Szkoły Bezpieczeństwa, 2015. - ISBN 978-83-65096-18-0. (2015), s. 309-319.
- [6] SVENTEKOVÁ, E. LEITNER B., DVOŘÁK, Z.: Transport critical infrastructure in Slovak republic. In: IMCIC'17: the 8th international multi-conference on Complexity, informatics and cybernetics : March 21 - 24, 2017 - Orlando, Florida, USA: proceedings. [S.l.: International Institute of Informatics and Systemics], 2017. ISBN 978-1-941763-52-0. S. 212-215.
- [7] Zákon č. 45/2011 Z. z. Zákon o kritickej infraštruktúre v znení neskorších predpisov.