

TECHNOLOGICKÉ POSTUPY ZÁCHRANNÝCH PRÁČ NA ŽELEZNIČNOM PRIECESŤÍ PRI NEHODE VLAKOVEJ SÚPRAVY SO ŠPECIÁLNYM NÁKLADNÝM VOZIDLOM

TECHNOLOGICAL PROCEDURES OF RESCUE WORK ON THE RAILWAY CROSSING IN THE ACCIDENT OF A TRAIN SET WITH A SPECIAL FREIGHT VEHICLE

Mikuláš Monoši¹, Michal Ballay²

¹doc. Ing. Mikuláš Monoši, PhD., Žilinská univerzita v Žiline, Fakulta bezpečnostného inžinierstva, Katedra požiarneho inžinierstva, Korešpondenčná adresa: mikulas.monosi@fbi.uniza.sk

²Ing. Michal Ballay, PhD., Žilinská univerzita v Žiline, Fakulta bezpečnostného inžinierstva, Katedra technických vied a informatiky, kontakt: michal.ballay@fbi.uniza.sk

DOI <http://doi.org/10.24040/actaem.2017.20.1.46-55>

Abstract: The high number of deaths and injuries to road users on railway crossings is mainly due to the historical development of the number of level crossings of the railway line and of the road transport and the increase of the traffic intensities of the road transport. In the event of an incident occurring on a railway crossing, it is necessary to cooperate with the IRS components, the operational center and other involved persons involved in the intervention activity. The layout, layout, and use of railroad junctions vary from place to place, so each railroad crossing is unique. The article highlights the time-consuming intervention activity for a particular accident event.

Key words: fire brigade, railway crossing, rescue work, extraordinary event, model situation.

Abstrakt: Vysoký počet úmrtí a zranených účastníkov cestnej premávky na železničných priecestiach je daný predovšetkým historickým vývojom počtu úrovňových križení železničnej trate a pozemnej komunikácie a súčasne nárastom dopravných intenzít cestnej dopravy. V prípade vzniku mimoriadnej udalosti na železničnom priecestí je nutná spolupráca zložiek IZS, operačného strediska a ostatných zúčastnených osôb, ktorí sa podieľajú na zásahovej činnosti. Rozvrhnutie, priestorové umiestnenie a použitie železničných priecestí sa líši miesto od miesta, takže každé železničné priecestie je jedinečné. Článok poukazuje na časovú náročnú zásahovej činnosti pre konkrétnu nehodovú udalosť.

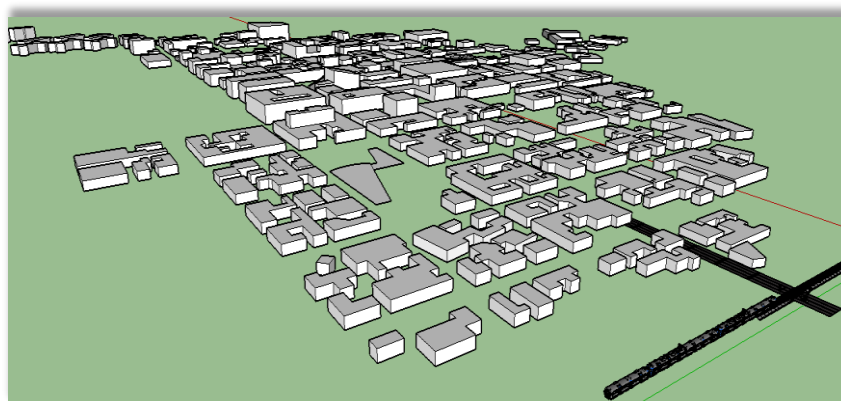
Kľúčové slová: hasičské jednotky, železničné priecestie, záchranné práce, mimoriadna udalosť, modelová situácia.

1 ÚVOD

Železničné priecestie je úrovňové križovanie pozemnej komunikácie so železničnou traťou, aj prechod cez železničnú trať. Z hľadiska zásahu, železničné priecestie predstavuje jednu z najťažších a najkomplikovanejších technických zásahov. Takýto zásah je charakteristický prekonávaním väčších vzdialeností výhradne peši, fyzicky náročnou dopravou technických prostriedkov, náročným terénom a pod. Vzhľadom na odborné činnosti a manipuláciu treba zásah vykonávať v spolupráci s personálom železnice a operačným strediskom železníc.

2 SCENÁR NEHODOVEJ UDALOSTI – ZRÁŽKA ŠPECIÁLNEHO NÁKLADNÉHO VOZIDLA S NÁKLADNÝM VLAKOM

Vzhľadom k tomu, že nie je možné zahrnúť všetky možné scenáre a kombinácie nehôd, je v článku spracovaný jeden z najzávažnejších scenárov nehodovej udalosti na železničných priecestiach. Pre nasledujúce časti článku si v prvom rade zadefinujeme prostredie v ktorom sa bude vykonávať zásahová činnosť. Vytvorili sme modelovú situáciu pre každú nehodovú udalosť rovnako, a to pomocou programového produktu SketchUp 2016. Na obrázku 1 je znázornené prostredie modelovej situácie. Môžeme vidieť, že železničné priecestie sa nachádza na okraji obce. Z pohľadu železničnej dopravy ide o jednokolejovú železničnú trať, po ktorej premávajú osobné a nákladné vlaky, ktoré sú v prednej časti hnacieho dráhového vozidla vybavené tzv. „pluhom“ (technické opatrenie železníc, pri nehodách na železničných priecestiach). Z pohľadu cestnej dopravy ide o obojsmernú premávku pri ktorej sú účastníci premávky všetky kategórie vozidiel.



Obr 1 Definícia priestoru realizácie modelových situácií [ALOHA]

Fig 1 Definition of space for the implementation of model situations [ALOHA]

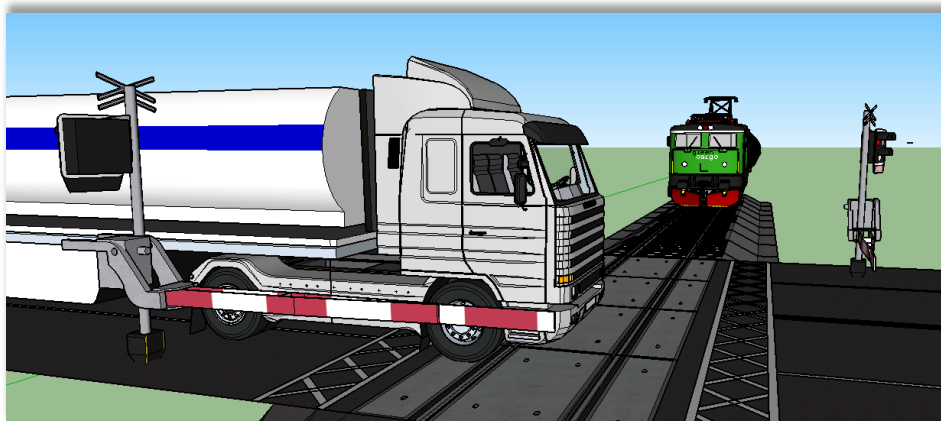
V druhom rade, je potrebné zadefinovať podmienky, vzhľadom k zásahovej činnosti hasičských jednotiek. V Tab 1 sú uvedené poveternostné podmienky.

Tab 1 Atmosférické podmienky pre modelové situácie (autori)

Table 1 Atmospheric conditions for model situations (authors)

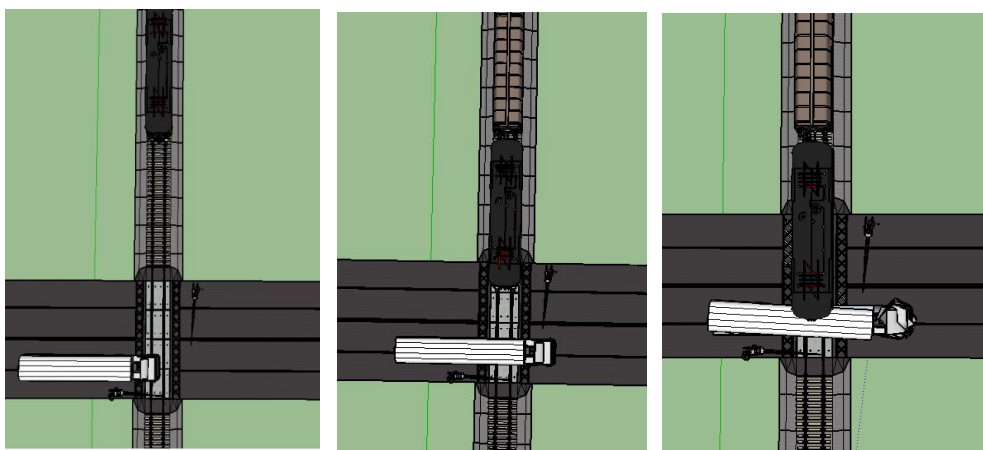
Vznik nehodovej udalosti	13:30 hod.
Teplota prostredia	21 °C
Zrážky	0 mm
Prúdenie vetra	Slabý vietor, 3 m/s zo severovýchodu

Scenár nehodovej udalosti je popísaný nasledovne: Vodič špeciálneho nákladného vozidla, prepravujúci amoniak vošiel, na železničné priecestie v čase, kedy boli priecestné zabezpečovacie zariadenia v činnosti. Svojou nepozornosťou prerazil závory a zostal stáť na železničnom priecestí (Obr 2). Došlo k zrážke medzi špeciálnym nákladným vozidlom a nákladným vlakom. Posádku vozidla tvoril jeden človek.



Obr 2 Scenár mimoriadnej udalosti – špeciálne nákladné vozidlo s nákladným vlakom [ALOHA]

Fig 2 Emergency accident scenario - Special Freight Truck with Freight Train [ALOHA]



Obr 3 Priebeh vzniku nehodovej udalosti – špeciálne nákladné vozidlo x vlak (ALOHA)

Fig 3 Behaviour of accident - special lorry x train (ALOHA)

Na uvedené scenáre mimoriadnych udalostí, bude aplikované technologické zabezpečenie záchranných prác. Zohľadňuje sa postup zásahovej činnosti, bezpečnosť hasičských jednotiek a technické zabezpečenie záchranných prác. Uvedená mimoriadna udalosť nepatrí v rámci SR medzi často vyskytujúcu sa udalosť, dovoľíme si tvrdiť, že sa nevyskytuje skoro vôbec. Z posudzovania rizík, je známe, že takýto druh mimoriadnej udalosti je najzávažnejší. Uvedená modelová situácia vychádza opäť zo zlyhania ľudského faktora, kedy vodič špeciálneho nákladného vozidla vošiel na železničné priecestie v čase kedy boli priecestné zabezpečovacie zariadenia v činnosti. Došlo tak k porušeniu pravidiel cestnej premávky (Obr 4).



Obr 4 Nehodová udalosť špeciálny nákladný vozidlo (cisterna) prepravujúca NL x nákladný automobil (ALOHA)
Fig 4 Accidental - special cargo truck (tanker) carrying NL x truck (ALOHA)

3 MODELOVANIE ÚNIKU AMONIAKU

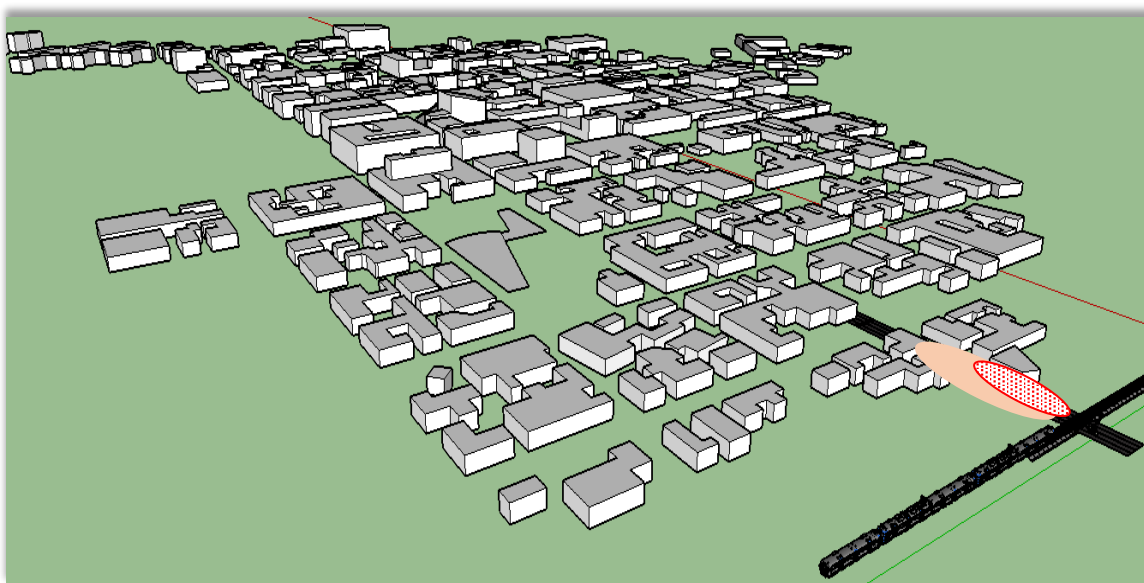
Špeciálne nákladné vozidlo prepravovalo v momente vzniku nehodovej udalosti nebezpečnú látku: Amoniak. Je to horľavý, bezfarebný a toxický plyn so známym charakteristickým prenikavo štiplavým, k slzeniu dráždiacim a dusivým zápachom

a lúhovitou príchuťou. Amoniak je ľahší ako vzduch. Kvapalný amoniak sa svojimi fyzikálnymi vlastnosťami v mnohom podobá vode: zmesi amoniaku so vzduchom alebo kyslíkom sú výbušné. (SketchUp)

Výbušnosť zmesi amoniaku a vzduchu alebo kyslíka závisí na jej zložení, na teplote a na prítomnosti vodných pár. Zmesi vzduchu s malým obsahom amoniaku nie sú výbušné. Ak dosiahne obsah amoniaku vo vzduchu pri teplote 18°C koncentráciu 15 % obj.

Je možné túto zmes priviesť k výbuchu. Ak je ale amoniaku vo vzduchu viac ako 28 % obj., stáva sa zmes opäť nevýbušnou. Pri horení za vysokých teplôt vznikajú prudko toxické splodiny kyslíčnikov dusíka. (SketchUp)

Atmosférické údaje v rámci modelovej udalosti sú uvedené v úvode kapitoly 4. Modelová situácia je definovaná ako nehodová udalosť s následkami dopravnej nehody a únikom nebezpečnej látky. Pri úniku nebezpečnej látky je nutné poukázať na následky úniku amoniaku z porušeného plášťa špeciálneho nákladného vozidla. Pri úniku sme následky modelovali v programe ALOHA (Obr 5). (SketchUp)



Obr 5 Následky úniku amoniaku z cisterny vozidla [ALOHA]
Fig 5 Consequences of leakage of ammonia from vehicle tank [ALOHA]

4 ČASOVÁ ANALÝZA NADVÄZUJÚCICH ČINNOSTI HASIČSKÝCH JEDNOTIEK PRI NEHODOVEJ UDALOSTI ŠPECIÁLNE NÁKLADNÉ VOZIDLO X NÁKLADNÝ VLAK – METÓDA PERT

Zásahová činnosť hasičských jednotiek je v tomto prípade pozmenená a doplnená o činnosti, ktoré je nutné vykonať pri úniku nebezpečnej látky a amoniaku. Rozpis činností je uvedený v Tab 2.

Tab 2 Rozpis činnosti pri zásahu - nehodová udalosť špeciálne nákladné vozidlo (cisterna) x nákladný vlak (autori)

Tab 2 Breakdown of intervention activities - accident event special freight vehicle (tanker) x freight train (authors)

Ozn.	Rozpis činnosti
A	Oznámenie o nehodovej udalosti na železničnom priecestí/výjazd HaZZ
B	Príjazd na miesto dopravnej nehody
C	Prieskum miesta nehodovej udalosti
D	Prvotné opatrenia
E	Rozmiestnenie hasičskej techniky
F	Uzatvoriť priestor nehodovej udalosti (nebezpečná a vonkajšia zóna)
G	Informovať starostu obce o úniku NL
H	Evakuácia obyvateľstva
I	Zaistenie bezpečnosti pri zásahu
J	Nasadenie vodný prúdu na kvapalný čpavok
K	Príprava hasiacich prostriedkov (trojnásobná požiarňa ochrana)
L	Záchrana osoby z nebezpečnej zóny
M	Zamedzenie ďalšieho úniku amoniaku (utesnenie miesta úniku)
N	Monitoring koncentrácie amoniaku v okolí
O	Nasadenie sorbentov al. polyetylenovú fóliu
P	Monitorovať miesto zásahu
R	Zaistenie bezpečnosti vo vnútornom okruhu nehodovej udalosti
S	Prečerpávanie skvapalneného amoniaku
T	Odstránenie následkov dopravnej nehody
V	Nakolajovanie hnacieho dráhového vozidla

Kvalifikované odhady dôb trvania jednotlivých činností boli vytvorené podobne, ako v predchádzajúcich prípadoch. Dotazník bol vyplnený piatimi príslušníkmi HaZZ. Vykonali sa priemer z každého odhadu. V Tab 3 sú uvedené tri odhady (optimistický, pesimistický a najpravdepodobnejší) pre každú činnosť.

Tab 3 Optimistický, pesimistický a najpravdepodobnejší odhad činnosti zásahu -
nehodová udalosť špeciálne nákladné vozidlo (cisterna) x nákladný vlak (autori)

Tab 3 Optimistic, pessimistic and most likely estimation of intervention -
accident truck special truck (tanker) x freight train (authors)

Ozn.	Činnosť		Optimistický (a)	Najpravdepodobnejší (m)	Pesimistický (b)
	i	j			
A	0	1	1	1,5	2,6
B	1	2	10	12,5	15
C	2	3	3	3,2	4,6
D	3	4	4,6	6,2	8,2
E	3	5	2,2	2,9	4
F	4	6	5,6	8,2	11,2
x1	5	6	0	0	0
G	6	7	1	1,52	2,4
H	6	8	13,4	15,2	17,8
x2	7	9	0	0	0
I	8	9	6,6	8,2	10,4
J	9	10	5,8	7,5	9,8
K	10	11	6,6	8,1	10,4
L	10	12	4,2	4,6	6,2
M	11	13	5,8	7,5	9,4
x3	12	13	0	0	0
N	13	14	7,6	9,7	13,8
O	14	15	8,4	9,9	12,4
P	14	16	1	2,5	4,2
R	15	17	4,4	5,3	7,2
x4	16	17	0	0	0
S	17	18	52	59,4	67
T	18	19	30	34,5	41
V	19	20	35	38,3	43

V Tab 4 sú uvedené postupné výpočty strednej doby trvania činností, rozpätia, rozptylu a smerodajná odchýlka. Tieto veličiny postačujú na analýzu – redukciu na deterministický model. (Kašpar, 1998)

Tab 4 Základné údaje o činnostiach v sieťovom grafe (autori)**Tab 4** Basic data on network chart activities (authors)

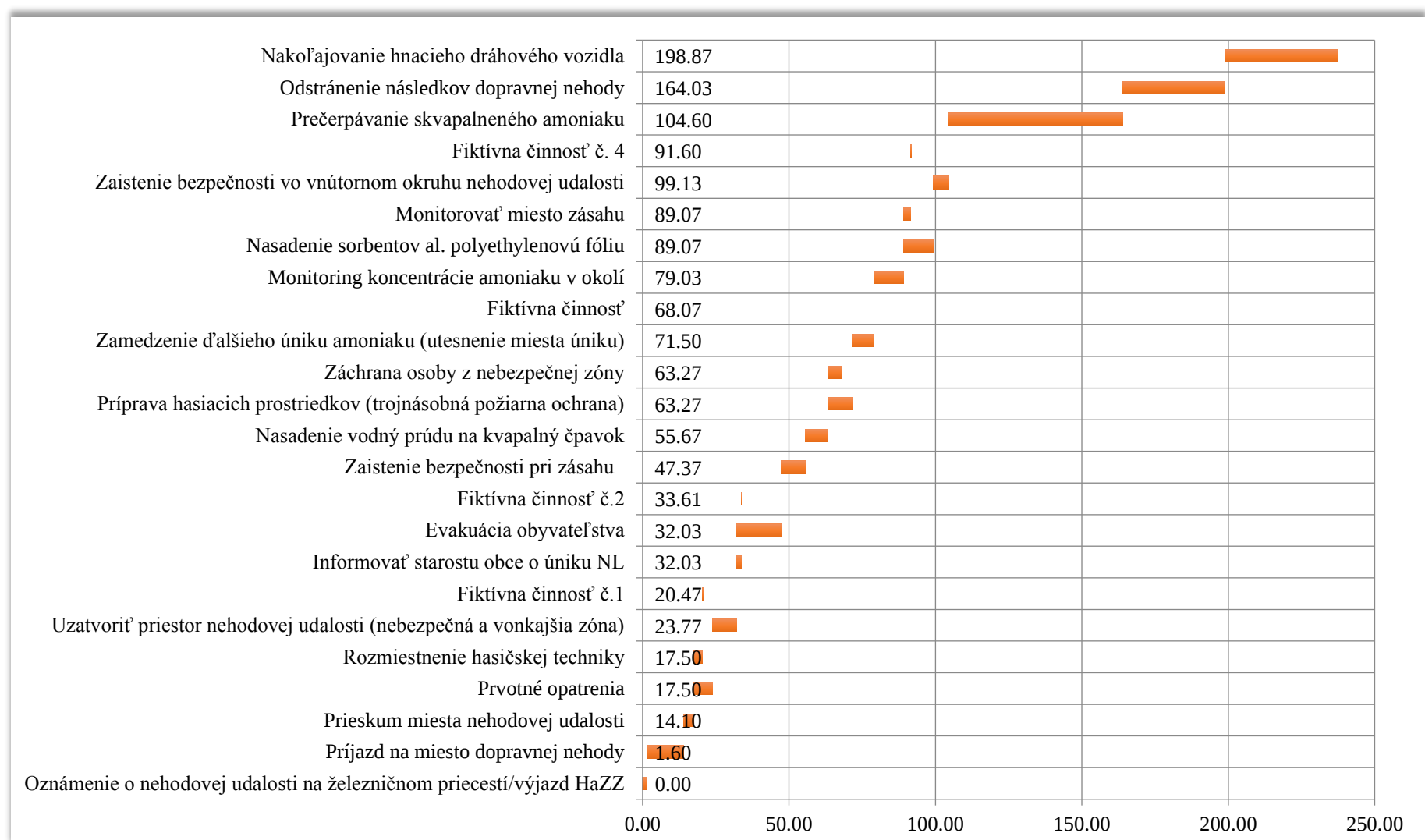
Ozn.	Činnosť		a	m	b	te	b-a	σ_{te}	σ^2_{te}
	i	j							
A	0	1	1	1,5	2,6	1,60	1,6	0,27	0,07
B	1	2	10	12,5	15	12,50	5	0,83	0,69
C	2	3	3	3,2	4,6	3,40	1,6	0,27	0,07
D	3	4	4,6	6,2	8,2	6,27	3,6	0,60	0,36
E	3	5	2,2	2,9	4	2,97	1,8	0,30	0,09
F	4	6	5,6	8,2	11,2	8,27	5,6	0,93	0,87
x1	5	6	0	0	0	0,00	0	0,00	0,00
G	6	7	1	1,52	2,4	1,58	1,4	0,23	0,05
H	6	8	13,4	15,2	17,8	15,33	4,4	0,73	0,54
x2	7	9	0	0	0	0,00	0	0,00	0,00
I	8	9	6,6	8,2	10,4	8,30	3,8	0,63	0,40
J	9	10	5,8	7,5	9,8	7,60	4	0,67	0,44
K	10	11	6,6	8,1	10,4	8,23	3,8	0,63	0,40
L	10	12	4,2	4,6	6,2	4,80	2	0,33	0,11
M	11	13	5,8	7,5	9,4	7,53	3,6	0,60	0,36
x3	12	13	0	0	0	0,00	0	0,00	0,00
N	13	14	7,6	9,7	13,8	10,03	6,2	1,03	1,07
O	14	15	8,4	9,9	12,4	10,07	4	0,67	0,44
P	14	16	1	2,5	4,2	2,53	3,2	0,53	0,28
R	15	17	4,4	5,3	7,2	5,47	2,8	0,47	0,22
x4	16	17	0	0	0	0,00	0	0,00	0,00
S	17	18	52	59,4	67	59,43	15	2,50	6,25
T	18	19	30	34,5	41	34,83	11	1,83	3,36
V	19	20	35	38,3	43	38,53	8	1,33	1,78

V nasledujúcej časti je uvedený variant výpočtu prevodom na deterministický model. V Tab 5 sú uvedené výsledky deterministického modelu. Výsledky sú zaokrúhlené na dve desatinné miesta. Na Obr 6 je znázornený sieťový graf (Kašpar, 1998).

Tab 5 Základné termínové ukazovatele činnosti sieťového grafu typu PERT (autori)

Tab 5 Basic Term Performance Indicators PERT network chart (authors)

Oz n.	Činnosť		a	m	b	te	Najskôr možný		Najneskôr možný		Rozp tyl	Celk. Rezer.
							začiatok	koniec	začiatok	koniec		
	i	j					$tz_{ij}^0 = T_i$	tk_{ij}^0	tz_{ij}^λ	$tk_{ij}^\lambda = T_j$		
A	0	1	1	1,5	2,6	1,60	0	1,60		1,60	0,07	0,00
B	1	2	10	12,5	15	12,5	1,60	14,10	1,60	14,10	0,69	0,00
C	2	3	3	3,2	4,6	3,40	14,10	17,50	14,10	17,50	0,07	0,00
D	3	4	4,6	6,2	8,2	6,27	17,50	23,77	17,50	23,77	0,36	0,00
E	3	5	2,2	2,9	4	2,97	17,50	20,47	29,07	32,03	0,09	11,57
F	4	6	5,6	8,2	11,2	8,27	23,77	32,03	23,77	32,03	0,87	0,00
x1	5	6	0	0	0	0,00	20,47	20,47	32,03	32,03	0,00	11,57
G	6	7	1	1,52	2,4	1,58	32,03	33,61	54,09	55,67	0,05	22,05
H	6	8	13,4	15,2	17,8	15,33	32,03	47,37	32,03	47,37	0,54	0,00
x2	7	9	0	0	0	0,00	33,61	33,61	55,67	55,67	0,00	22,05
I7	8	9	6,6	8,2	10,4	8,30	47,37	55,67	47,37	55,67	0,40	0,00
J	9	10	5,8	7,5	9,8	7,60	55,67	63,27	55,67	63,27	0,44	0,00
K	10	11	6,6	8,1	10,4	8,23	63,27	71,50	63,27	71,50	0,40	0,00
L	10	12	4,2	4,6	6,2	4,80	63,27	68,07	74,23	79,03	0,11	10,97
M	11	13	5,8	7,5	9,4	7,53	71,50	79,03	71,50	79,03	0,36	0,00
x3	12	13	0	0	0	0,00	68,07	68,07	79,03	79,03	0,00	10,97
N	13	14	7,6	9,7	13,8	10,03	79,03	89,07	79,03	89,07	1,07	0,00
O	14	15	8,4	9,9	12,4	10,07	89,07	99,13	89,07	99,13	0,44	0,00
P	14	16	1	2,5	4,2	2,53	89,07	91,60	102,07	104,60	0,28	13,00
R	15	17	4,4	5,3	7,2	5,47	99,13	104,60	99,13	104,60	0,22	0,00
x4	16	17	0	0	0	0,00	91,60	91,60	104,60	104,60	0,00	13,00
S	17	18	52	59,4	67	59,43	104,60	164,03	104,60	164,03	6,25	0,00
T	18	19	30	34,5	41	34,83	164,03	198,87	164,03	198,87	3,36	0,00
V	19	20	35	38,3	43	38,53	198,87	237,40	198,87	237,40	1,78	0,00



Obr 6 Výpočet a zápis termínových ukazovateľov v sieti – metóda PERT(autori), **Fig 6** Calculation and Writing of Term Indicators in the Network - PERT Method (Authors)

Pri nehodovej udalosti využijeme všetky prednosti metódy PERT. Pristupujeme k ďalšej fáze riešenia, k dodatočnému pravdepodobnostnému výpočtu (Tab 6).

Tab 6 Pravdepodobnosť ukončenia zásahovej činnosti nehodová udalosť špeciálne nákladné vozidlo x nákladný vlak (autori)

Tab 6 The likelihood of termination of the accident action incident specifically truck x freight train (authors)

Pravdepodobnosť ukončenia zásahovej činnosti do 230, 240 a 250 min.			
$P\{T_{10} \leq 230\}$	-1,90813	$1 - \Phi(1,90813)$	0,023295
$P\{T_{10} \leq 240\}$	0,670424	$\Phi(0,67042)$	0,748571
$P\{T_{10} \leq 250\}$	3,248977	$\Phi(3,24898)$	0,999402
Ukončenie zásahovej činnosti pri pravdepodobnosti 0,3; 0,5; 0,95			
$\{T_{15}=0,3\}$	235,3834		
$\{T_{15}=0,7\}$	239,4166		
$\{T_{15}=0,95\}$	243,7602		

Pravdepodobnosť, že uzol 20 (a tým celá zásahová činnosť) bude ukončená v čase $T = 230$ min je 0,023295. Pri čase $T=240$ min. je pravdepodobnosť 0,748571 a pri čase $T=250$ je pravdepodobnosť 0,999402. Z uvedenej analýzy je zrejmé, že ide o ťažký technický zásah, ktorý sa vyznačuje množstvom činností.

ZÁVER

Vytvorený scenár predstavuje vstupné a objektívne údaje, na ktoré sme mohli aplikovať zásahovú činnosť. Článok približuje a znázorňuje postup zásahovej činnosti pri nehodovej udalosti špeciálneho nákladného vozidla s nákladným vlakom, pri ktorom sme na základe pravdepodobnosti zistili čas trvania jednotlivých fáz zásahu. Na základe zistených časových údajov je možné konštatovať, že zásahová činnosť pri uvedenej nehodovej udalosti je časovo a fyzicky veľmi náročný druh zásahu. Ďalej je možné konštatovať, že súbor bezpečnostných rizík na železničných priecestiach je prítomný a v prípade akejkoľvek nehodovej udalosti na železničnom priecestí dochádza k usmrteniu a vážnym zraneniam. História zdôrazňuje aj niektoré udalosti, ktoré tým, že sa železničné a cestné systémy pretínajú, majú v tomto mieste vysoký potenciál nehodových udalostí väčšieho rozsahu. Aj z tohto dôvodu je potrebné hľadať efektívne riešenia, pomocou ktorých sa zvýši bezpečnosť na železničných priecestiach.

LITERATÚRY

ALOHA – 2D simulačný software

Kašpar, V. 1998. Vybrané metódy operačnej analýzy vo vojenskej doprave a vojenskom staviteľstve. Fakulta špeciálneho inžinierstva, Žilinskej univerzity v Žiline. ISBN 80-88829-27-5

SketchUp – 3D modelovací počítačový program