

HODNOCENÍ RIZIKA SILNIČNÍ PŘEPRAVY NEBEZPEČNÝCH VĚCÍ METODOU FTA

RISK CLASSIFICATION OF ROAD TRANSPORT OF DANGEROUS GOODS WITH METHOD FTA

Pavčina Brožová¹

Anotace: Článek se zabývá problematikou silniční přepravy nebezpečných věcí dle dohody ADR a poukazuje na rizika vyplývající z této specifické přepravy. Bezpečnost silniční přepravy nebezpečných věcí ovlivňují nejen parametry použitého dopravního prostředku (vozidla), míra vyžadovaných osobnostních a znalostních požadavků na řidiče a ostatní personál, ale i vlastní výběr trasy přepravy. Další věcí je přístupnost jednotlivých úseků dopravní sítě pro vozidla přepravující nebezpečné věci, resp. pro danou kategorii (hmotnost) vozidel. Tato otázka je jednoznačně vyřešena příslušnými předpisy, popř. odpovídajícím dopravním značením. Nedílnou součástí bezpečnosti na pozemních komunikacích je i psychologie jednání řidičů při řízení vozidel přepravujících nebezpečné věci.

Klíčová slova: nebezpečná věc, riziko, silniční přeprava

Summary: The paper deals with the questions of road transport of dangerous goods and the text is adverted to the risks sequent to this specific transport. The safety of road transport of dangerous goods is influenced not only by characteristics of the utilized vehicle and by personality characteristics and knowledge of a driver, but also by the selected transport route. The next factor is accessibility of individual segments of road network for vehicles transporting dangerous goods or for a given category (weight) of vehicles. This problem is unequivocally solved by relevant rules, eventually by the road signalling. An integral part of roads safety is also psychology of behaviour of drivers by driving of vehicles transporting dangerous goods.

Key words: dangerous goods, risk, road transport.

ÚVOD

Přeprava nebezpečných věcí (NV) je jednou z klíčových bezpečnostních otázek významně ovlivňující bezpečnost kritické dopravní infrastruktury. Protože se jedná o vysoce rizikový druh silniční přepravy se závažným dopadem, je nutné této problematice věnovat náležitou pozornost.

Nedílnou součástí problematiky této specifické přepravy je stanovení rizika, tj. nebezpečí vzniku nepříjemných dopadů vyvolaných pohromou. Je to skutečnost, že vznikne nebo může s určitou pravděpodobností vzniknout událost nebo soubor událostí, které zcela mění původně předpokládaný stav či vývoj chráněných zájmů státu (životů a zdraví lidí,

¹ Ing. Pavčina Brožová, Ph.D., Univerzita Pardubice, Dopravní fakulta Jana Pernera, Katedra technologie a řízení dopravy, Studentská 95, 532 10 Pardubice, Tel.: +420 466 036 202, E-mail: pavlina.brozova@upce.cz.

majetku, životního prostředí, společnosti, státu) v daném místě a v daném časovém intervalu. Riziko je úměrné ohrožení, technické zranitelnosti a zranitelnosti vyvolané počtem lidí.(1)

1. NEHODOVOST SILNIČNÍCH VOZIDEL PŘEPRAVUJÍCÍCH NEBEZPEČNÉ VĚCI

Největší riziko vzniku nebezpečí při silniční přepravě nebezpečných věcí představují dopravní nehody, které jsou nejčastější a zároveň únik přepravovaných nebezpečných věcí může způsobit trvalé poškození zdraví, majetku a životního prostředí.

1.1 Dopravní nehodovost s účastí vozidel přepravujících nebezpečné věci

Jak je patrné z tabulky 1, v letech 2002 – 2009 došlo v České republice (ČR) celkem k 1473 dopravním nehodám s účastí vozidel přepravujících nebezpečné věci. Z tohoto počtu nehod u téměř každé desáté nehody došlo k úniku přepravované nebezpečné věci. Protože se jedná o vysokou hodnotu, je nutné těmto nehodám předcházet a snažit se je účinně eliminovat.

Pozn.: dopravní nehody, při kterých došlo k úniku nebezpečné věci, jsou označeny červenou barvou.

Z hlediska skupenství uniklo 3,6 % všech přepravovaných pevných látek, 13,2 % všech kapalných látek a 6,5 % všech plyných látek. Přestože číslo 13,2 % představuje poměrně velkou hodnotu, je nutné zohlednit, že právě kapalně látky jsou u přepravy nebezpečných věcí zastoupeny v největší míře. (Pozn.: došlo k 1042 dopravním nehodám při přepravě nebezpečných věcí kapalného skupenství, což činí 70,7 % ze všech dopravních nehod s účastí vozidel přepravujících nebezpečné věci).

Tab. 1 – Přehled počtu dopravních nehod spojených s únikem přepravovaných nebezpečných látek v letech 2002 - 2009

Rok	Počet dopravních nehod při přepravě nebezpečných látek			
	(při nehodě došlo k úniku nebezpečných látek)			
	pevné	kapalné	plynné	Celkem
2002	91 (1)	139 (82)	25 (6)	255 (89)
2003	84 (3)	118 (7)	16 (0)	218 (10)
2004	13 (1)	146 (10)	17 (0)	176 (11)
2005	31 (3)	163 (15)	15 (2)	209 (20)
2006	12 (0)	149 (5)	25 (0)	186 (5)
2007	17 (1)	131 (9)	24 (0)	172 (10)
2008	25 (0)	124 (5)	17 (1)	166 (6)
2009	5 (1)	72 (5)	14 (1)	91 (7)

Zdroj: (1), autorka

Dopravní nehody, kde viníkem je vozidlo ADR nebo řidič vozidla ADR

Tyto dopravní nehody se vyskytují v menší míře v porovnání se všemi dopravními nehodami s účastí vozidel ADR. Nehody jsou většinou způsobeny:

- nízkou kvalitou řidičů (zaměstnavatel by měl před přijetím řidiče požadovat výpisy z evidenční karty řidiče, protože často způsobují dopravní nehody řidiči, kteří již mají nějaké záznamy v této kartě),
- nízkou kvalitou školení na ADR,
- únavou řidičů (nedodržování bezpečnostních přestávek s nařízeným postihem nejen pro řidiče, ale také pro dopravce, kteří nařizují jízdu bez odpočinku atd.),
- nedodržováním bezpečnostních předpisů (např. zákon č. 361/2000 Sb., o provozu na pozemních komunikacích ve znění pozdějších předpisů),
- špatný technický stav vozidla aj.

Dopravní nehody, kde viníkem není vozidlo ADR ani řidič vozidla ADR

Jedná se o dopravní nehody, které byly způsobeny řidičem jiného vozidla případně ostatními účastníky silničního provozu. V těchto případech se jedná zejména a porušení Zákona o provozu na pozemních komunikacích. Proto k eliminaci těchto nehod by měli řidiči a ostatní účastníci silničního provozu být více ohleduplní v silničním provozu, neporušovat výše uvedený zákon, ale i například dodržovat:

- bezpečnou vzdálenost, větší než obvykle,
- dostatečný boční odstup při předjíždění,
- při předjíždění neohrožovat ani neomezovat řidiče vozidel ADR,
- v případě dopravní nehody dbát na své zdraví a ihned informovat o přepravované nebezpečné věci (dle označení vozidel) Integrovaný záchranný systém (IZS) k zahájení dalších opatření,
- dbát pokynů pracovníků IZS.

2. RIZIKA PLYNOUCÍ Z PŘEPRAVY NEBEZPEČNÝCH VĚCÍ

Při přepravě nebezpečných věcí může dojít vlivem například dopravní nehody obecně k různým rizikům, ať dle druhu ohrožení nebo dle následků.

2.1 Rizika podle hlavního druhu ohrožení

Rizika podle hlavního druhu ohrožení je možné rozdělit na následující rizika (2, 3):

- *Riziko exploze* - u tohoto druhu rizika mohou vznikat výbušná ovzduší, což jsou směsi vzduchu a hořlavých plynů, par, mlhy nebo prachu, které vznikají v atmosférických podmínkách. Toto riziko často vzniká v případě nehody vozidla přepravujícího plynné látky a takové látky, které se stykem s ovzduším tvoří výbušnou směs.
- *Riziko uvolnění jedovatých plynů nebo prchavých jedovatých tekutin* – u tohoto druhu rizika může dojít k uvolnění přepravovaných plynných i kapalných látek, které mohou způsobit poruchy funkce organismů, obvykle chemickou reakcí nebo jinou aktivitou na molekulární úrovni, dostane-li se tato látka do organismu v dostatečném množství.
- *Riziko požáru* – u tohoto druhu rizika se jedná o nežádoucí hoření, při kterém došlo k zahoření vlivem úniku přepravované nebezpečné látky.

2.2 Rizika podle následků (3)

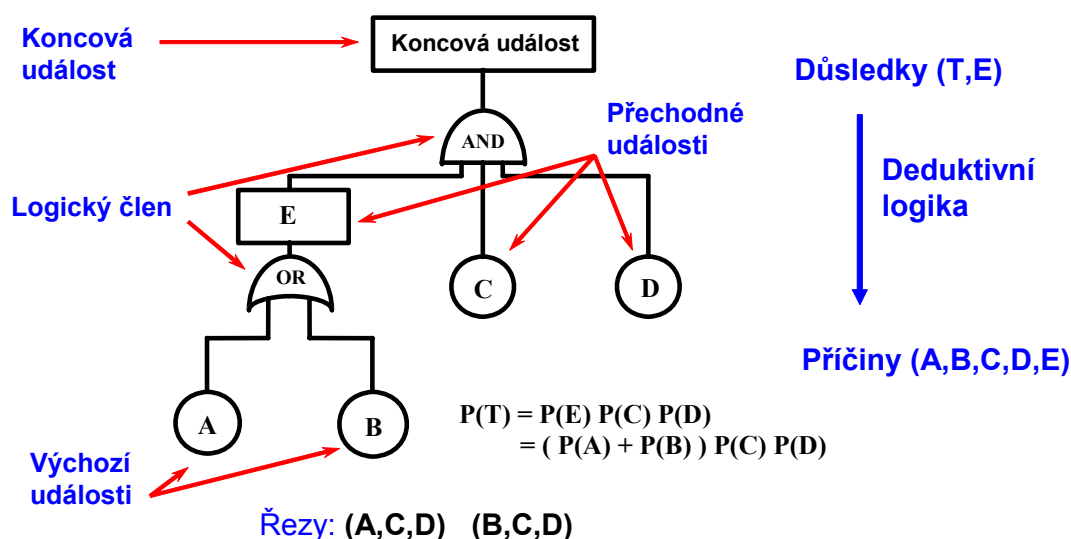
Podle následků je možné rozdělit rizika na:

- *Velmi velká exploze* (například cisterna s LPG), při které se rozšíří hořící tekutina a její páry se spojí v ohnivou kouli.
- *Velká exploze* (například stlačený nehořlavý plyn), která zahrnuje stejnou expanzi tekutin a par, avšak bez ohnivé koule.
- *Velký únik toxických plynů* – způsoben poškozením cisterny přepravující jedovaté látky, ať ve stlačené, tekuté nebo rozpuštěné podobě.
- *Velký požár* – vzniklý nežádoucím zahořením.

3. METODA RIZIKOVÉ ANALÝZY - FAILURE TREE ANALYSIS (FTA)

Metoda FTA (Analýza stromu poruch) je založena na tvorbě stromu příčin. Pro sestavení stromu byla vydána norma ČSN „Analýza stromu poruchových stavů“ (4), která udává normativy pro zapisování stromů. **Jedná se o deduktivní metodu. Identifikuje a analyzuje všechny možné příčiny, které způsobují nebo přispívají ke vzniku důsledků události.** U metody FTA se postupuje od vrcholové události (důsledků nehodové události a jejího následku) k dílčím příčinám. K tomu se využívá stromového diagramu, který rozkládá příčiny do jednotlivých úrovní. Specifikem je, že zároveň stanoví i podmínky, za nichž tyto příčiny nastanou. Míra rizika se stanoví výpočtem pravděpodobností, že vada nastane.(5)

Systemový příklad stromu FTA je uveden na obrázku 1.



Zdroj: (6)

Obr. 1 - Systemový příklad stromu FTA

Postup této metody může být následující:

- klasifikují se počáteční události a jejich možné příčiny;
- nakreslí se strom poruch, jehož uzly tvoří rozcestníky typu “A – AND” a “NEBO – OR”;

- určí a popíše se postupy vzniku poruch jednotlivých prvků;
- určí se jednotlivé pravděpodobnosti;
- stanoví se pravděpodobnosti konjunkce a disjunkce jednotlivých pravděpodobností:

Pravděpodobnosti konjunkce a disjunkce (7)

$p(A \text{ and } B) = p(A) \cdot p(B)$ pokud jsou A a B nezávislé!!!

$p(A \text{ or } B) = p(A) + p(B) - p(A \text{ and } B)$

$P(A \text{ and } A) = p(A)$, $p(A \text{ or } A) = p(A)$ zákony idempotence

4. VYUŽITÍ METODY FTA PŘI DOPRAVNÍ NEHODĚ VOZIDLA ADR

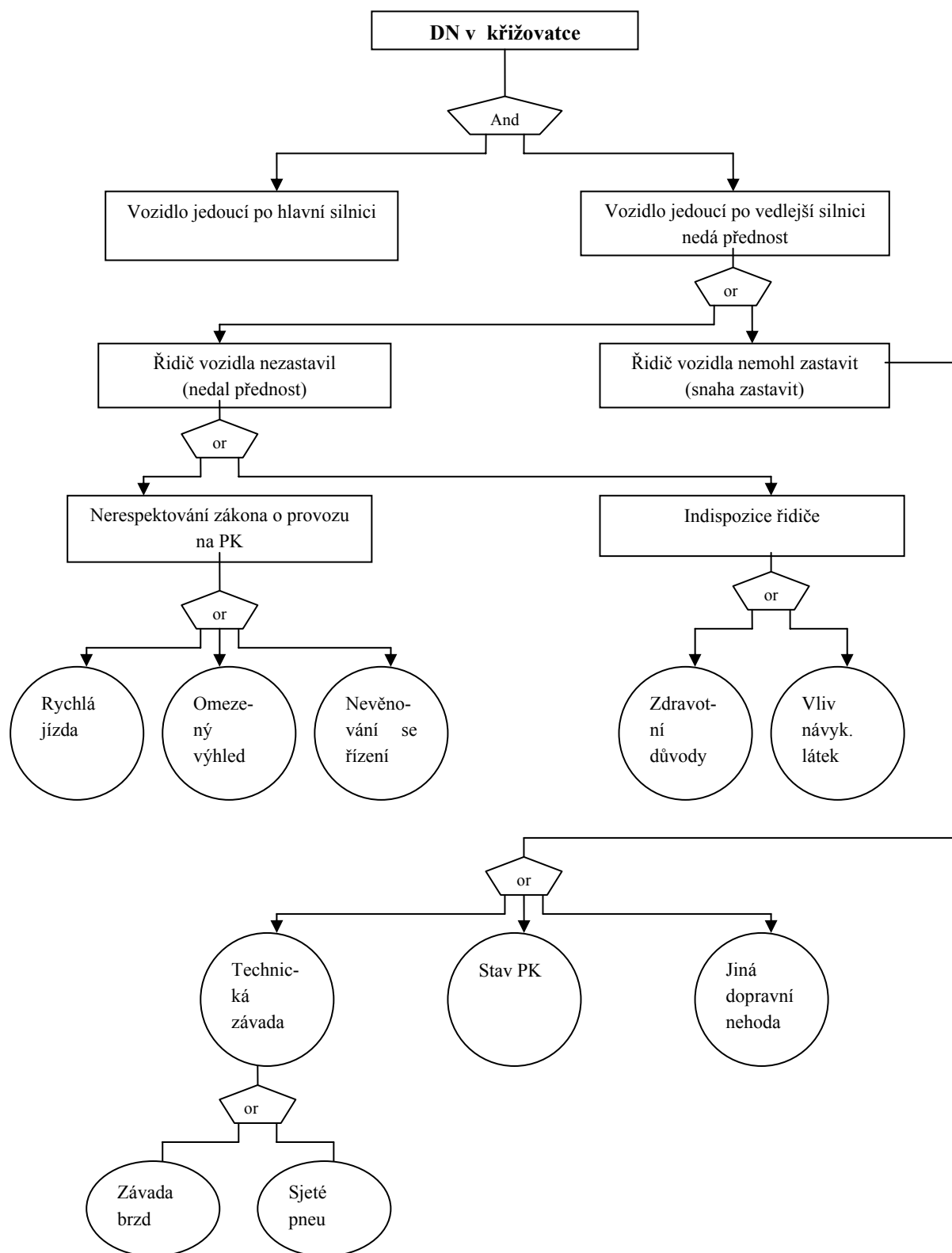
Tato zmiňovaná metoda hodnotí nežádoucí události opačným přístupem než podobná metoda ETA, tzv. „shora dolů“, tj. vychází se z koncové události a zpětně se zjišťují příčiny vzniku události. Z tohoto důvodu je nutné podrobně znát problematiku řešené nežádoucí události a s pomocí metody FTA, pokud jsou známy pravděpodobnosti vzniku jednotlivých příčin, lze stanovit výši rizika všech možných kombinací nehodových událostí. Na základě tohoto určení lze objektivně stanovit rizika, která se nejčastěji vyskytují a eliminovat je.

S ohledem na zjištěné statistiky Policejního prezidia ČR o dopravní nehodovosti vozidel přepravujících NV v letech 2004 – 2009 lze stanovit rizikové kategorie dopravních nehod následovně:

- dopravní nehoda v křižovatce (37,6 %),
- dopravní nehoda při předjíždění/objíždění (26,3 %),
- dopravní nehoda při nedodržení bezpečné vzdálenosti (BV) (13,8 %),
- dopravní nehoda při parkování, otáčení, couvání (22,3 %).

Z důvodu obsáhlosti této problematiky se autorka článku zaměřila jen na dopravní nehody vozidel přepravujících NV s ostatními motorovými vozidly. To znamená, že řešené kategorie dopravních nehod nepředpokládají výskyt ostatních účastníků silničního provozu (chodci, cyklisté, aj.). Dopravní nehodovost s těmito účastníky silničního provozu tvořila v letech 2004 - 2009 jen 7,6 % dopravních nehod s účastí vozidel přepravujících NV.

Na následujícím příkladu (obr. 2) je vytvořen **strom poruch a následně proveden výpočet výše rizika metodou FTA**, pro dopravní nehody, ke kterým došlo v křižovatce.



Zdroj: autorka

Obr. 2 - Analýza stromu poruch (FTA) u dopravních nehod v křižovatce

Pro použití metody FTA je nutné znát pravděpodobnosti jednotlivých „poruch“.

Nejprve je nutné zjistit počty dopravních nehod (tab. 1) a následně spočítat (do tab. 2) pravděpodobnosti dopravních nehod vozidel přepravujících nebezpečné věci z celkového počtu přeprav nebezpečných věcí, vše za období 2004 – 2009. Přestože oficiální statistiky přepravy nebezpečných věcí v ČR neexistují, dle zprávy Centra dopravního výzkumu CDV je ročně v ČR uskutečněno 13 000 přeprav nebezpečných věcí. Pro další výpočty je použito právě této hodnoty 13 000 přeprav NV ročně.

S využitím znalostí pravděpodobnosti konjunkce a disjunkce byly pravděpodobnosti nežádoucí události přepočítány dle následujícího příkladu:

Např. pravděpodobnost nežádoucího jevu C (tj. Nerespektování zákona o provozu na pozemních komunikacích), pokud viníkem bude řidič přepravující NV, lze vyjádřit podle vztahu (1.1):

$$P(C) = 1 - [(1-P(D)) \cdot (1-P(E)) \cdot (1-P(F))] \quad [-] \quad (1.1)$$

$P(C)$... pravděpodobnost jevu C [-]

$P(D)$... pravděpodobnost jevu D [-]

$P(E)$... pravděpodobnost jevu E [-]

$P(F)$... pravděpodobnost jevu F [-]

po dosazení do vztahu (1.1):

$$P(C) = 1 - [(1 - 1,7 \cdot 10^{-4}) \cdot (1 - 0,3 \cdot 10^{-4}) \cdot (1 - 1,7 \cdot 10^{-4})] = 1 - 0,99983 \cdot 0,99997 \cdot 0,99983 = 3,7 \cdot 10^{-4}$$

Tab. 2 - Počty a pravděpodobnosti vzniku nebezpečí v křižovatce při přepravě NV
(pro sledované období 2004 – 2009)

Jevy	1)		Viník DN – řidič vozidla přepravující NV		Viník DN – řidič jiného vozidla než je přeprava NV	
			počet DN	Pravděpodobnost	Počet DN	Pravděpodobnost
A	I	Vozidlo jedoucí po vedlejší silnici nedá přednost	37	$7,1 \cdot 10^{-4}$	220	$42,3 \cdot 10^{-4}$
B	II	Řidič vozidla nezastavil (nedal přednost)	27	$5,2 \cdot 10^{-4}$	179	$34,4 \cdot 10^{-4}$
C	III	Nerespektování zákona o provozu na PK	20	$3,7 \cdot 10^{-4}$	158	$30,4 \cdot 10^{-4}$
D	IV	Rychlá jízda	9	$1,7 \cdot 10^{-4}$	56	$10,8 \cdot 10^{-4}$
E	IV	Omezený výhled	2	$0,3 \cdot 10^{-4}$	34	$6,5 \cdot 10^{-4}$
F	IV	Nevěnování se řízení	9	$1,7 \cdot 10^{-4}$	68	$13,1 \cdot 10^{-4}$

G	III	Indispozice řidiče	7	$1,3 \cdot 10^{-4}$	21	$4,0 \cdot 10^{-4}$
H	IV	Zdravotní důvody	2	$0,3 \cdot 10^{-4}$	7	$1,3 \cdot 10^{-4}$
I	IV	Vliv návykových látek	5	$0,9 \cdot 10^{-4}$	14	$2,7 \cdot 10^{-4}$
J	II	Řidič vozidla nemohl zastavit (snaha zastavit)	10	$1,9 \cdot 10^{-4}$	41	$7,9 \cdot 10^{-4}$
K	III	Technická závada	6	$1,2 \cdot 10^{-4}$	29	$5,6 \cdot 10^{-4}$
L	IV	Sjeté pneu	5	$0,9 \cdot 10^{-4}$	26	$5,0 \cdot 10^{-4}$
M	IV	Závada brzd	1	$0,2 \cdot 10^{-4}$	3	$0,6 \cdot 10^{-4}$
N	III	Stav pozemní komunikace	4	$0,8 \cdot 10^{-4}$	11	$2,1 \cdot 10^{-4}$
O	III	Jiná dopravní nehoda	0	0,0	1	$0,2 \cdot 10^{-4}$

Zdroj: autorka na základě (8)

1) Úroveň dle analýzy stromu poruch

Protože je hodnota rizika matematicky definována jako součin možnosti vzniku nebezpečí H (tj. pravděpodobnost výskytu nebezpečí za určité období, v rámci daného území) a zranitelnosti V (tj. procento hodnoty ztráty u daného fyzického systému vystaveného destruktivním účinkům při nehodové události), výpočet rizika byl proveden za následujících skutečností:

- Hodnoty jednotlivých pravděpodobností výskytu nebezpečí byly v tab. 2 vypočteny s ohledem na období 2004-2009 (tj. 6 let).
- Hodnoty zranitelnosti V , definované jako % ztráty u daného fyzického systému vystaveného destruktivním účinkům při nehodové události, je možné stanovit za předpokladu, že při dopravní nehodě spojené s únikem nebezpečné věci dojde ke 100 %ní zranitelnosti fyzického systému. Tzn., že procentuální vyjádření úniků nebezpečných věcí (tab. 1) je možné ztotožnit s hodnotou zranitelnosti.

Součinem pravděpodobností výskytu H za jednotlivé roky a zranitelnosti V , pak vznikne tabulka 3.

Tab. 3 - Stanovení rizika vzniku nebezpečí při DN v křižovatce

Jevy	1)		Viník DN – řidič vozidla přepravující NV	Viník DN – řidič jiného vozidla než je přeprava NV
A	I	Vozidlo jedoucí po vedlejší silnici nedá přednost	0,0043	0,0258
B	II	Řidič vozidla nezastavil (nedal přednost)	0,0032	0,0210
C	III	Nerespektování zákona o provozu na PK	0,0023	0,0185
D	IV	Rychlá jízda	0,0010	0,0065
E	IV	Omezený výhled	0,0002	0,0040
F	IV	Nevěnování se řízení	0,0010	0,0080
G	III	Indispozice řidiče	0,0008	0,0024
H	IV	Zdravotní důvody	0,0002	0,0008
I	IV	Vliv návykových látek	0,0006	0,0016
J	II	Řidič vozidla nemohl zastavit (snaha zastavit)	0,0012	0,0048
K	III	Technická závada	0,0007	0,0034
L	IV	Sjeté pneu	0,0005	0,0031
M	IV	Závada brzd	0,0001	0,0004
N	III	Stav pozemní komunikace	0,0005	0,0013
O	III	Jiná dopravní nehoda	0,0000	0,0001

Zdroj: autorka

Z uvedených výpočtů rizik vyplývá, že nejčastější příčinou vzniku problému je nerespektování zákona o provozu na pozemních komunikacích, kam patří: nedodržení bezpečné vzdálenosti, rychlá jízda, nevěnování se řízení, omezený výhled a náhlé vybočení. To znamená, že tento nejčastější problém „nerespektování zákona o provozu na pozemních komunikacích“ je zaviněn řidičem vozidla.

4.1 Návrhy na eliminaci rizik při přepravě nebezpečných věcí

Protože činnost řidiče přepravujícího NV je značně riziková, je nutné rizika eliminovat na maximální možnou mez. Proto jsou zde uvedeny návrhy:

- zdokonalení právních předpisů (upravení doby jízdy, doby odpočinku),
- dostatek odstavných parkovišť včetně vybavení (pro trávení odpočinku),
- vyšší postihy pro všechny řidiče nerespektující zákon o provozu na PK,
- propracování systému autoškol s důrazem na techniku bezpečné jízdy.

5. ZÁVĚR

Závěrem lze říci, že problematika přepravy nebezpečných věcí je obsáhlé a zodpovědné téma, které podléhá řadě právních předpisů, které se často novelizují. Cílem článku bylo poukázat na problematiku pravděpodobnosti vzniku dopravní nehody s využitím metody rizikové analýzy, v nejčastějším místě na dopravní síti, a to v křižovatkách. Samozřejmě dochází v souvislosti s přepravou nebezpečných věcí i k jiným dopravním nehodám, ale z důvodu obsáhlosti tématu by nebylo vhodné uvádět veškeré rizikové kategorie uvedené v kap. 4.

Příspěvek vznikl za podpory Institucionálního výzkumu „Teorie dopravních systémů“ (MSM 0021627505) Univerzity Pardubice.

POUŽITÁ LITERATURA

- (1) *Statistiky dopravní nehodovosti přepravující nebezpečné věci dle ADR [online].* Praha: Policie ČR, 2010, [cit. 2011-06-25]. Dostupné z: <<http://www.policie.cz/clanek/silnicni-preprava-nebezpecnych-veci.aspx>> .
- (2) DVOŘÁK, J., MELKEŠ, V. *Ekologické havárie a dekontaminace znečištění* 1. díl. Vyškov: Vysoká vojenská škola pozemního vojska, 1997, ISBN 80-7231-002-X.
- (3) Metodický postup pro určení a zhodnocení kritických prvků silniční infrastruktury v ČR a jejich rizik, vypracovaný firmou CityPlan spol. s.r.o., Praha, prosinec 2007
- (4) Norma ČSN EN 61025 *Analýza stromu poruchových stavů*.
- (5) ROUDNÝ, R., LINHART, P. *Krizový management III*. Pardubice. Univerzita Pardubice, 2007, ISBN 80-7194-924-8.
- (6) Interní materiály Matematického ústavu v Opavě [online]. Opava, 2008, [cit. 2011-07-23] Dostupné z: <www.math.slu.cz>].
- (7) HAVLÍKOVÁ, M. *Pravděpodobnostní analýza spolehlivosti v systému člověk – stroj* [online]. AT&P journal, 2006.[cit. 2011-07-29]. Dostupné z: <www.atpjournal.sk> .
- (8) Interní materiály z Dopravních deníků dopravních nehod Policejního prezidia, Praha.