

MODELOVANIE A OPTIMALIZÁCIA VÝBERU CIEST NA PREPRAVU NEBEZPEČNÝCH VECÍ

MODELING AND OPTIMIZATION OF ROADS SELECTION FOR THE DANGEROUS GOODS TRANSPORTATION

Dagmar Vidriková¹

Anotácia: Článok sa zaoberá prepravou nebezpečných vecí a súvisiacimi rizikami. Plánovanie preprav nebezpečných vecí je možné riešiť optimalizáciou ciest prepravy. Je potrebné hľadať cesty s čo najnižším rizikom nehody. Zároveň opisuje modelovanie hľadania ciest s najmenšou pravdepodobnosťou vzniku havárie počas prepravy nebezpečných vecí.

Kľúčové slová: hľadanie ciest, preprava nebezpečných vecí, riziká.

Summary: The article deals with the transport of dangerous goods and related risks. Transport planning of dangerous goods can be solved by selection optimizing of road transport. It is necessary to seek ways to the lowest risk of an accident. The article also describes the modeling of seeking ways with the smallest probability of an accident during transportation dangerous goods.

Key words: seeking ways, transport of dangerous goods, risks.

ÚVOD

Rozvoj priemyselnej výroby a nové technológie prinášajú nielen ekonomický rast, ale aj riziká vzniku závažných priemyselných havárií. Spájajú sa totiž s používaním väčších množstiev a rôznych druhov nebezpečných látok (8). Rastúci počet preprav nebezpečných vecí prináša so sebou aj zvýšené riziko vzniku havárie. Úlohou osôb zainteresovaných na prepravách nebezpečných vecí je toto riziko minimalizovať a v prípade ich vzniku prijať opatrenia na ich zníženie. V príspevku je uvedený model hľadania cesty s najmenšou pravdepodobnosťou výskytu havárie ako jedna z možností predchádzania vzniku mimoriadnej situácie.

1. PREPRAVA NEBEZPEČNÝCH VECÍ A JEJ MOŽNÉ RIZIKÁ

Preprava nebezpečných látok má na dopravnom trhu osobitné postavenie. Výbušné, jedovaté, žieravé, samozápalné alebo inak nebezpečné látky a predmety sa v čoraz väčšom rozsahu prepravujú po ceste. Nebezpečné látky je možné charakterizovať ako látky, ktoré pri svojom nekontrolovanom úniku do životného prostredia môžu spôsobiť značné materiálne a ekologické škody, ale najmä zranenia alebo usmrtenia zasiahnutých živých organizmov.

¹Ing. Dagmar Vidriková, PhD., Žilinská univerzita v Žiline, Fakulta špeciálneho inžinierstva, Katedra technických vied a informatiky, ul. 1. mája 32, 010 26 Žilina, Tel.: + 421 41 513 6860, Fax: + 421 41 513 6620, E-mail: Dagmar.Vidrikova@fsi.uniza.sk

Zoznamy nebezpečných vecí obsahujú desaťtisíce položiek a zahŕňajú nielen toxické chemické a rádioaktívne látky, ale aj tlakové nádoby, priemyselné odpady a látky, pri ktorých hrozí riziko výbuchu, požiaru, rozšírenie infekcie a pod. (1).

Všetky nebezpečné látky a predmety majú svoje špecifické vlastnosti a v dôsledku toho aj rozdielny stupeň nebezpečnosti v rôznych podmienkach. Tieto skutočnosti sú rozhodujúce pri preprave a manipulácii s týmito látkami a predmetmi. Špeciálne prepravy sa preto musia v záujme bezpečnosti podrobiť prísny predpisom na národnej aj medzinárodnej úrovni. Tie sa okrem iného vzťahujú na konštrukčné vyhotovenie vozidiel, balenie a nakládku nebezpečných vecí, ich označovanie či správne deklarovanie v prepravných dokladoch. Z toho vyplýva, že všetci účastníci prepravy nebezpečných vecí musia byť dostatočne poučení o manipulácii a preprave a musia sa riadiť všetkými bezpečnostnými opatreniami, ktoré sú pre túto činnosť potrebné (1).

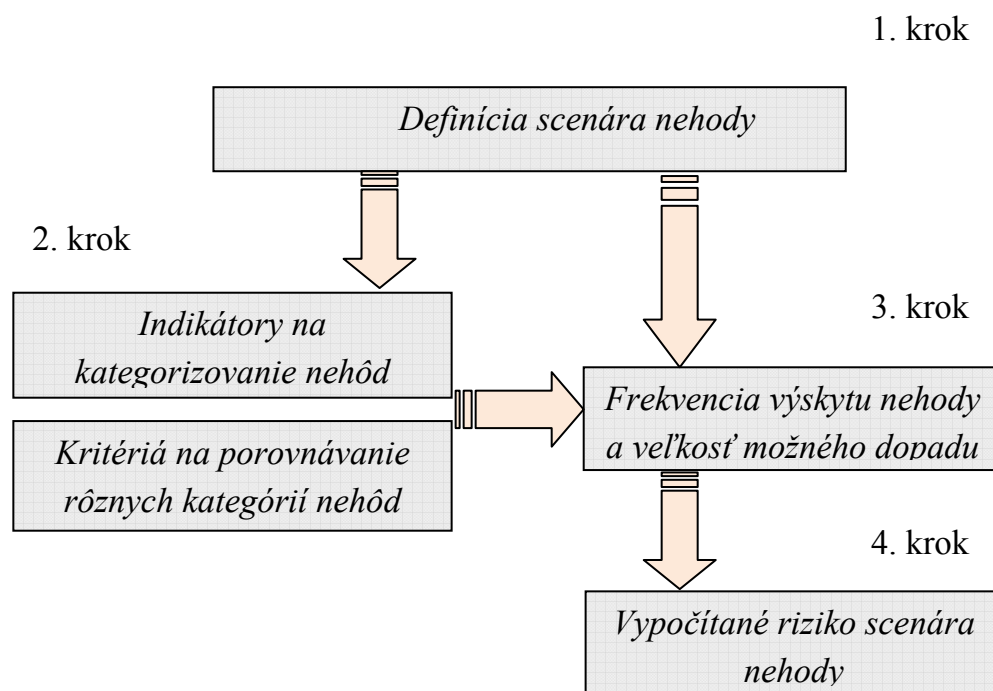
Preprava nebezpečného tovaru tvorí približne osem percent celkovej prepravy v Európskej únii. Horľaviny alebo výbušniny sa pritom neprevádzajú len v kamiónoch, ale aj vo vlakoch či lodiach. Nehoda, ku ktorej teoreticky môže dôjsť, by pravdepodobne mala oveľa závažnejšie dôsledky ako bežná kolízia dopravných prostriedkov.

Potenciálna nehoda kamiónu, vlaku či lode s takýmto materiálom môže mať hrozivé následky. V roku 1978 napríklad došlo k havárii kamiónu pri meste Tarragona v Španielsku. Nákladné auto zišlo z cesty, vrazilo do budovy v priestore kempingu a výbuch prevážaného plynu usmrtil 216 ľudí. Po príklady však netreba chodiť príliš do minulosti. V roku 2005 došlo k 74 nehodám na železničných tratiach Európskej únie. Až v 31 prípadoch sa pritom vo vagónoch prevážal nebezpečný náklad (9).

Preprava nebezpečných vecí akýmkoľvek druhom dopravy predstavuje značné riziko nepredvídaných udalostí. Z hľadiska bezpečnosti prepráv nebezpečných vecí sa musia už pred ich realizáciou prijať konkrétne opatrenia na zaistenie maximálnej bezpečnosti prepravy s dôrazom na osoby a životné prostredie.

1.1 Analýza rizík pri preprave nebezpečných vecí

Pre optimalizáciu prepravy nebezpečného nákladu je nutné navrhnúť vhodný model a zodpovedajúce metódy riešenia. Základným postupom je aplikácia analýzy rizík. Jej prvým krokom je identifikácia zdrojov rizík, ktoré môžu narušiť fungovanie dopravného systému. Podľa jednej z možných metodík je analýza rizík realizovaná v štyroch krokoch, tak ako je to na obr.1 (5).



Zdroj: (5)

Obr. 1 - Schéma zvolenej metodiky analýzy rizík

Medzi hlavné faktory ovplyvňujúce spoločenské riziko možno zaradiť:

- celkovú hustotu dopravy,
- rozsah a početnosť prepráv nebezpečných vecí,
- vlastnosti prepravovaných nebezpečných vecí,
- parametre a technický stav komunikácií,
- technickú úroveň a kapacitu dopravných prostriedkov,
- kvalita posádok dopravných prostriedkov,
- mieru zraniteľnosti územia, poveternostné a klimatické podmienky,
- dostupnosť pomoci zo strany zložiek integrovaného záchranného systému, atď. (7).

Riziká spojené s prepravou nebezpečných vecí je nevyhnutné včas predvídať, identifikovať a najmä zabezpečiť prevenciu pred ich možnými negatívnymi účinkami. Optimálne množstvo vedomostí a informácií o bezpečnej manipulácii s nebezpečnými vecami a ich preprave vytvára reálne predpoklady na zníženie možného výskytu rizika.

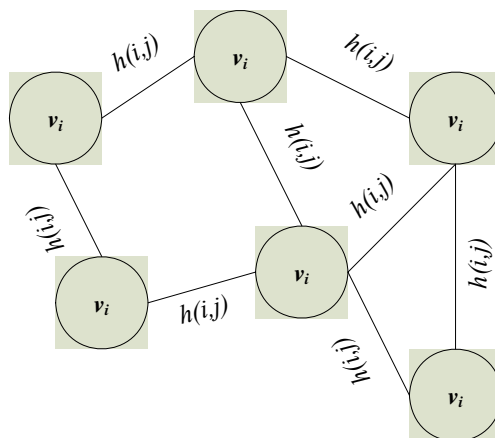
Plánovanie prepráv rizikových komodít, ktoré môžu spôsobiť škody na komunikáciách a na životnom prostredí v okolí komunikácií, môže riešiť optimalizácia plánu prepráv z viacerých hľadísk. Je žiaduce minimalizovať potenciálne škody na zdraví a životoch ľudí, na prírodnom prostredí a majetku, ktoré by mohli vzniknúť v prípade vzniku havárie počas prepravy. Nestačí hľadať cesty, po ktorých by bola preprava materiálu minimálna (časovo - najkratšia, finančne - najlacnejšia), ale je potrebné hľadať cesty, s čo najmenším rizikom nehody, teda najbezpečnejšie cesty (5).

2. OPTIMALIZÁCIA CIEST PRI PREPRAVE NEBEZPEČNÝCH VECÍ

V záujme toho, aby sme predchádzali dopravným nehodám, musíme hľadať ďalšie spôsoby, ako podporiť snahu o zaistenie bezpečnej prevádzky. Hľadanie ciest na prepravu nebezpečných nákladov by bolo možné zaradiť na úroveň taktického alebo operatívneho plánovania. Hlavným cieľom je zmierniť možné riziko počas prepravy na minimum. V prípade vzniku havárie je potrebné minimalizovať vzniknuté škody a náklady na odstránenie havárie. Matematický model a vhodné metódy riešenia by mali dovoľovať rešpektovať obe kritériá. Ide o nasledujúce modely hľadania ciest na prepravu nebezpečných vecí:

- hľadanie najkratších ciest,
- hľadanie ciest s najmenšou výškou maximálnej škody,
- hľadanie ciest s najmenšou pravdepodobnosťou vzniku havárie,
- hľadanie ciest s najmenšou výškou celkovej škody v prípade havárie (2).

Pri plánovaní prepravy nebezpečných nákladov je nutné zmierniť možné riziko počas prepravy na minimum. Úloha sa rieši na dopravnej sieti, obsahujúcej uzly (obce, križovatky) a úseky (komunikácie) spájajúce uzly. Uzly môžu byť rozdelené do troch skupín podľa ich určenia. Ide o zdroje nebezpečných komodít, ciele, do ktorých sú dopravované nebezpečné komodity a tranzitné uzly, cez ktoré doprava iba prechádza. Na hľadanie ciest sa môže dopravná sieť nahradiť grafom $G = (V, H)$, kde množina vrcholov V zodpovedá uzlom dopravnej siete, množina hrán H zodpovedá komunikáciám na dopravnej sieti a nezáporná funkcia $c(h) : H \rightarrow R_0^+$ určuje každej hrane z množiny H ohodnotenie (4).



Zdroj: (6)

Obr. 2 – Jednoduchá dopravná sieť na hľadanie ciest

V ďalšej časti príspevku sa budem zaoberať modelom hľadania ciest s najmenšou pravdepodobnosťou vzniku havárie.

2.1 Hľadanie ciest s najmenšou pravdepodobnosťou vzniku havárie

V tomto prípade je potrebné hľadať takú cestu, na ktorej pravdepodobnosť vzniku havárie bude minimálna. Pod funkciou ohodnotenia hrany $p(h):H \rightarrow (0..1)$ sa rozumie pravdepodobnosť výskytu havárie vozidla prevážajúceho nebezpečný materiál na úseku siete $h \in H$ (alternatívne $p_{ij} = p(h)$ bude značiť pravdepodobnosť vzniku havárie na hrane h , ak $h=(i, j)$ má počiatočný vrchol i a koncový vrchol j). Úlohou bude nájsť takú cestu medzi dvoma vrcholmi v grafe G , kde platí, že výsledná pravdepodobnosť výskytu havárie bude minimálna. Pravdepodobnosť vzniku havárie bude závislá od dĺžky úseku a od jeho stavebnej dispozície, tzn. že pravdepodobnosť bude vyššia pri vyššej povolenej rýchlosti, na ceste s veľkým sklonom, prudkými oblúkmi, horším povrchom alebo zhoršeným stavom povrchu vozovky a pod.. Model sa stane komplikovanejší tým, že bude potrebné vytvoriť kritérium, ktoré minimalizuje pravdepodobnosť výskytu havárie alebo maximalizuje spoľahlivosť na celej trase prepravy, resp. preprava sa uskutoční bez havárie. Jednoduchým súčtom pravdepodobností vzniku havárie podľa vzťahu:

$$P \neq \sum_{(i,j) \in H} p_{ij} \cdot x_{ij} \quad (1.1)$$

by sme mohli dostať výsledok, v ktorom je pravdepodobnosť vzniku havárie väčšia ako jedna, čo nie je možné. Z toho vyplýva, že model, ktorý používa aditívnu účelovú funkciu na sčítanie ohodnotení hrán je nepoužiteľný. Výsledná pravdepodobnosť P vzniku havárie nemôže byť vypočítaná ani ako súčin pravdepodobností vzniku havárie na jednotlivých úsekoch siete, pretože potom by sa táto celková pravdepodobnosť zmenšovala s počtom prejdejších úsekov a jediný úsek s pravdepodobnosťou rovnou nule by určil celkovú pravdepodobnosť vzniku havárie tiež rovnú nule, čo nie je správne. Preto na výpočet použijeme spoľahlivosť bezproblémového uskutočnenia prepravy po zvolenej ceste. Ak bola pravdepodobnosť vzniku havárie označená p_{ij} , potom spoľahlivosť prepravy zásielky úsekom označíme s_{ij} , pričom zrejme platí:

$$s_{ij} = 1 - p_{ij}$$

Výsledná hodnota spoľahlivosti doručenia je potom určená súčinom spoľahlivostí na všetkých úsekoch použitých v trase prepravy. Trasa prepravy T označuje hľadanú cestu z počiatočného vrcholu r do koncového vrcholu cesty s a predstavuje postupnosť vrcholov ležiacich na ceste alebo postupnosť použitých hrán:

$$T = (r = v_0, v_1, v_2, \dots, i, j, \dots, v_{k-1}, v_k = s), \text{ resp.}$$

$$T = (h_1, h_2, \dots, (i, j), \dots, h_{k-1}, h_k)$$

kde k je počet hrán na ceste. Spoľahlivosť prepravy trasou T možno vyjadriť použitím spoľahlivosti jednotlivých úsekov:

$$S_T = \prod_{(i,j) \in T} (1 - p_{ij}) = \prod_{(i,j) \in T} s_{ij} \quad (1.2)$$

resp. pravdepodobnosť výskytu havárie, ktorú treba minimalizovať, sa vypočíta:

$$P_T = 1 - \prod_{(i,j) \in T} s_{ij} \quad (1.3)$$

V súčinoch sa nepoužívajú premenné x_{ij} , pretože na úsekoch, ktoré nie sú použité na ceste by platilo $x_{ij} = 0$ a celý súčin by potom bol rovný nule. Namiesto toho sa vyberú spoľahlivosti len tých hrán, ktoré boli zaradené do cesty $(i, j) \in T$. Vzťah (1.3) vyjadruje pravdepodobnosť výskytu havárie na ceste a je účelovou funkciou, ktorej hodnotu treba minimalizovať. Účelová funkcia však nie je lineárna a preto je potrebné tento vzťah upraviť na lineárnu aditívnu funkciu logaritmovaním rovnice (1.3), resp. jej pravej strany. Pretože 1 je konštanta a nebude mať na výsledok optimalizácie vplyv, môže byť z úprav vynechaná a pri úpravách bude logaritmovaný len súčin:

$$-\log\left(\prod_{(i,j) \in T} s_{ij}\right) = -\sum_{(i,j) \in T} \log(s_{ij}) \quad (1.4)$$

Podľa predchádzajúceho vzťahu je možné model určený na hľadanie najkratšej cesty medzi dvomi vrcholmi modifikovať na model hľadania cesty s najmenšou pravdepodobnosťou výskytu havárie na ceste medzi uzlami r a s nasledujúco:

minimalizovanie

$$-\sum_{(i,j) \in T} \log(s_{ij}) \quad (1.5)$$

za podmienok

$$\sum_{(i,k) \in T} x_{ik} - \sum_{(k,j) \in T} x_{kj} = \begin{cases} -1 & \text{pre } k = r \\ 0 & \text{pre } k \neq r \text{ a } k \neq s \text{ pre } k \in V \\ +1 & \text{pre } k = s \end{cases} \quad (1.6)$$

$$x_{ij} = 0 \quad \text{pre } (i, j) \notin T \quad (1.7)$$

$$x_{ij} \in \{0,1\} \quad \text{pre } (i, j) \in H \quad (1.8)$$

Správnosť modelu možno potvrdiť nasledovne: spoľahlivosť s_{ij} sú hodnoty v intervale $\langle 0,1 \rangle$ a preto hodnota $\log(s_{ij})$ bude záporná. Minimalizácia súčtu hodnôt $-\log(s_{ij})$ znamená,

že číslo S má byť čo najmenšie v absolútnej hodnote a po spätnej úprave $S_T = \exp(S)$ určuje hodnota S_T spoľahlivosti prepravy, ktorá bude čo najbližšia k jednotke, teda istote.

Uvedený model je rozšírený o dodatočné podmienky (1.7), ktoré predpisujú hodnotu $x_{ij} = 0$ pre všetky hrany, ktoré neležia na ceste T (4).

3. MOŽNÉ PROBLÉMY PRI HĽADANÍ OPTIMÁLNYCH CIEST S NAJMENŠOU PRAVDEPODOBNOŠŤOU VZNIKU HAVÁRIE V PODMIENKACH SLOVENSKEJ REPUBLIKY

Výber optimálnych ciest pre prevádzkovateľov zaoberajúcich sa prepravou nebezpečných vecí však nie je jednoduchý. Vyplýva to z množstva obmedzení na cestnej sieti (obr. 3).



Legenda

Diaľnica	B21 – Zákaz vjazdu vozidiel prepravujúcich nebezpečné veci
Rýchlostná cesta	B22 – Zákaz vjazdu vozidiel prepravujúcich náklad, ktorý môže spôsobiť znečistenie vody
Cesta I. triedy	
Cesta II. triedy	
Cesty III. triedy	

Zdroj: (12)

Obr. 3 - Dopravné značky B 21 a B 22 na cestnej sieti Slovenskej republiky

Ku dňu 1.1. 2011 eviduje Slovenská správa ciest na cestných komunikáciách 100 626 ks zvislých dopravných značiek. Z tohto počtu dopravných značiek B 21 a B 22 (obr. 4) je zatiaľ 50 ks (12).



Zdroj: (12)

Obr. 4 - Dopravné značky B 21 a B 22

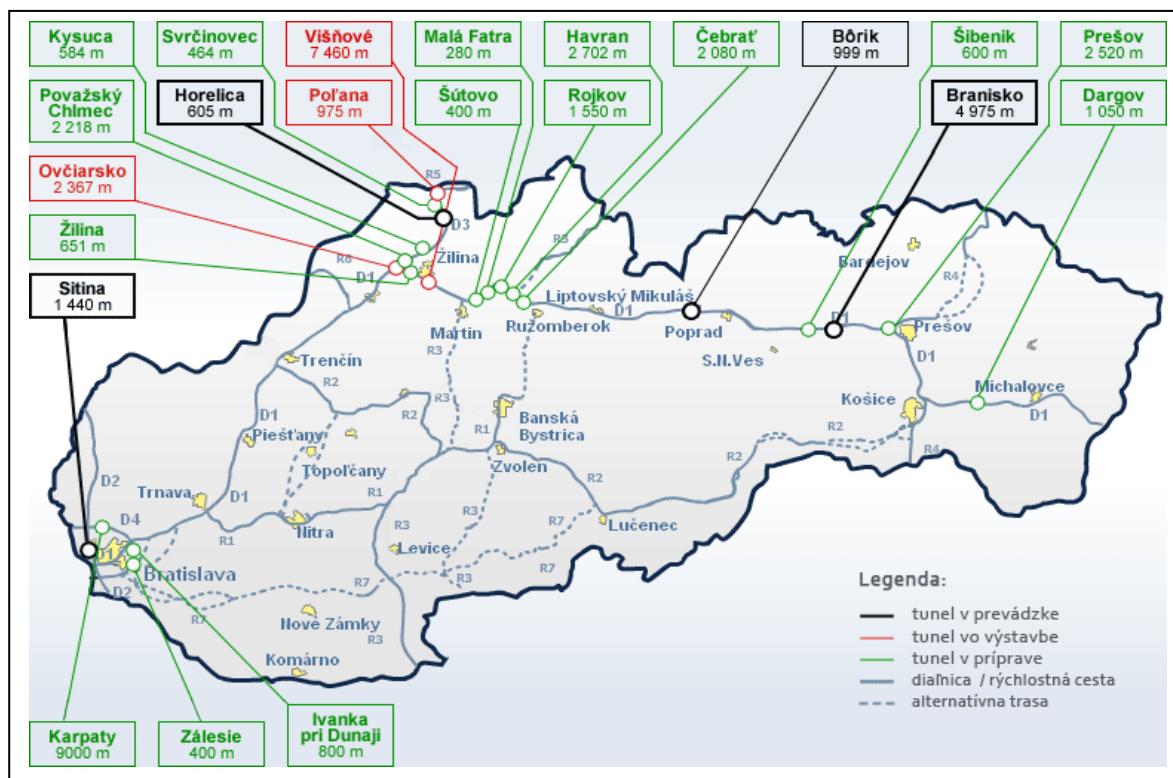
3.1 Preprava nebezpečných vecí a obmedzenia v tuneloch

Zvyšovanie životnej úrovne prináša so sebou vysoký rast cestnej automobilovej dopravy, najmä individuálneho automobilizmu a vyvoláva nevyhnutnú modernizáciu a rozšírenie kapacity cestnej siete. Na mnohých úsekoch ciest má dopravná situácia rapídne zhoršujúcu sa tendenciu. Zásadným riešením na odstránenie disproporcií v kapacitách je zabezpečenie rozvoja cestnej siete, najmä rýchlostných ciest a diaľnic.

Budovanie diaľnic územím severnej časti stredného Slovenska je technologicky, ale aj finančne náročné. V tomto území je potrebné vybudovať mnoho mostov, ako aj cestných tunelov. Význam tunelov spočíva predovšetkým v skrátaní cesty, úspore času a paliva, či šetrnosti k prírode a životnému prostrediu. Pri stavbe tunelov je bezpečnosť kľúčovým aspektom, a to od začiatku projektovania až po ukončenie výstavby, technické a technologické vybavenie, až po samotnú prevádzku tunela. Tunely však majú svoje nezastupiteľné miesto v dopravnej infraštruktúre krajiny hornatého charakteru, akou Slovensko je.

Na obrázku 5 je vidieť plánované rozmiestnenie cestných tunelov na území celej SR. Čiernou farbou sú zobrazené tunely Sitina, Horelica, Bôrik a Branisko, ktoré sú prevádzke. Tunely Ovčiarsko, Poľana a Višňové sú vo výstavbe a na obrázku sú zobrazené červenou farbou.

Tunel Višňové bude po spustení do prevádzky najdlhší cestný tunel na Slovensku s dĺžkou 7460 m. Postupným budovaním diaľnice D1, spájajúcej Bratislavu a Košice, plánovanej diaľnice D3 od Žiliny smerom na Varšavu a obchvatu Bratislavy by sa malo postupne vybudovať ešte 15 cestných tunelov (3).



Zdroj: (11)

Obr. 5 - Tunely na území Slovenskej republiky

Z uvedeného vyplýva, že preprava nebezpečných vecí cez územie SR bude aj po dobudovaní diaľničnej siete obmedzovaná rôznymi zákazmi, ktoré vplyvajú na bezpečnosť prepravy, ale ovplyvňujú aj efektívnosť cestnej prepravy.

Jedným z problémov je i skutočnosť, že v Slovenskej republike zatiaľ neexistuje zatriedenie cestných tunelov do jednotlivých kategórií podľa dohody ADR. V súčasnosti platí zákaz prejazdu vozidiel prepravujúcich nebezpečné veci cez všetky cestné tunely v SR. I naďalej sa zavádzajú ďalšie zákazy prepravy nebezpečných vecí aj na tranzitných trasách medzinárodného významu, čo výrazne znižuje bezpečnosť a efektívnosť cestnej nákladnej dopravy nebezpečných vecí. Na klasifikácii tunelov v súlade s Dohodou ADR sa však pracuje.

3.2 Preprava nebezpečných látok na diaľnici D1 Behárovce - Branisko

Najdlhším tunelom na Slovensku je v súčasnosti diaľničný tunel D1 Behárovce – Branisko s dĺžkou 4975 m.. Tento tunel nahradil náročný prechod cestou I/18 cez horské sedlo ležiace vo výške 751 m n. m. (obrázok 6 a obrázok 7). Táto diaľnica je súčasťou medzinárodnej európskej cesty E50, ktorá tvorí hlavný komunikačný ťah v smere západ – východ. Tunel je často podrobený kritike nielen z dôvodu predrazenia samotnej výstavby, ale i z dôvodov častej odstávky z dôvodu rôznych porúch. Geologický prieskum bol

poddimenzovaný, čo malo za následok nevhodné umiestnenie portálov tunela. V dôsledku toho došlo k viacnásobnému zaplaveniu portálových častí stavby. Ďalšie problémy spôsobil aj fakt, že tunel pretína aktívny zlom.



Zdroj: internet

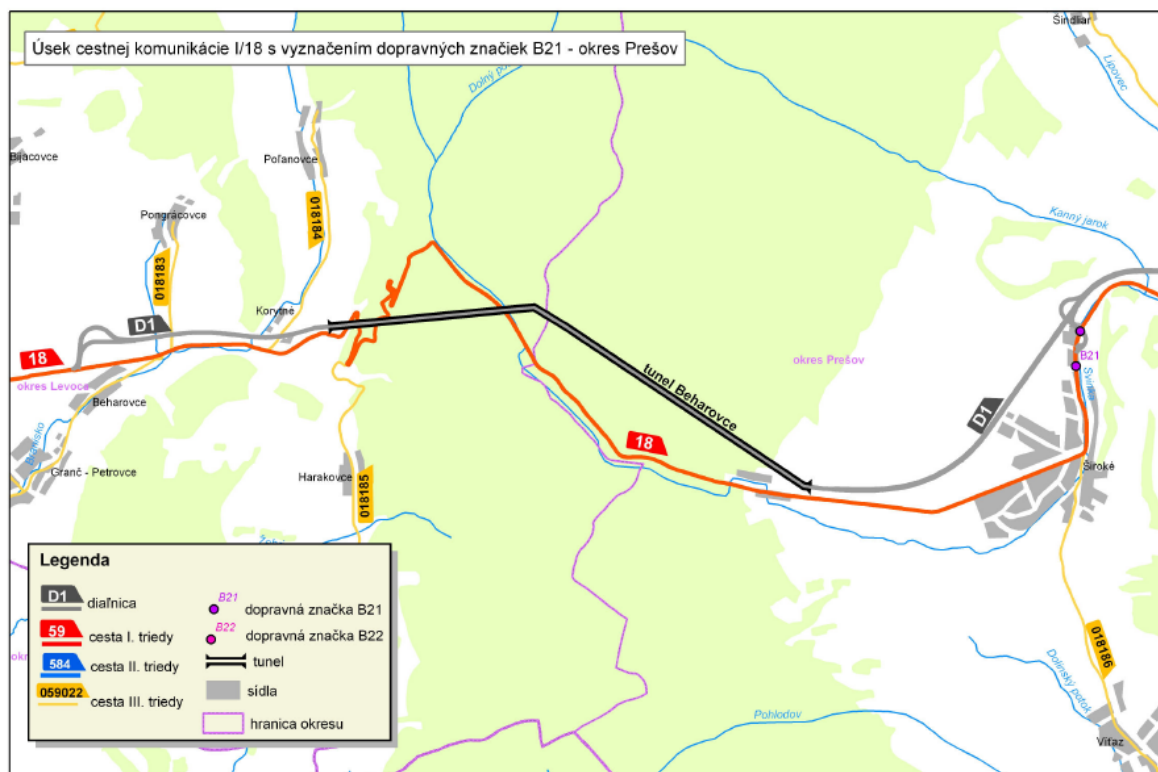
Obr. 6 - Tunel Branisko



Zdroj: (12)

Obr. 7 - Obmedzenia na diaľnici D1 Behárovce – Branisko

Vzhľadom na skutočnosť, že cez tento tunel je zákaz prepravy nebezpečného nákladu, je nevyhnutné, aby prepravcovia absolvovali pôvodnú trasu I/18, ktorá vedie cez náročný a nebezpečný horský priechod Branisko (obr. 8).

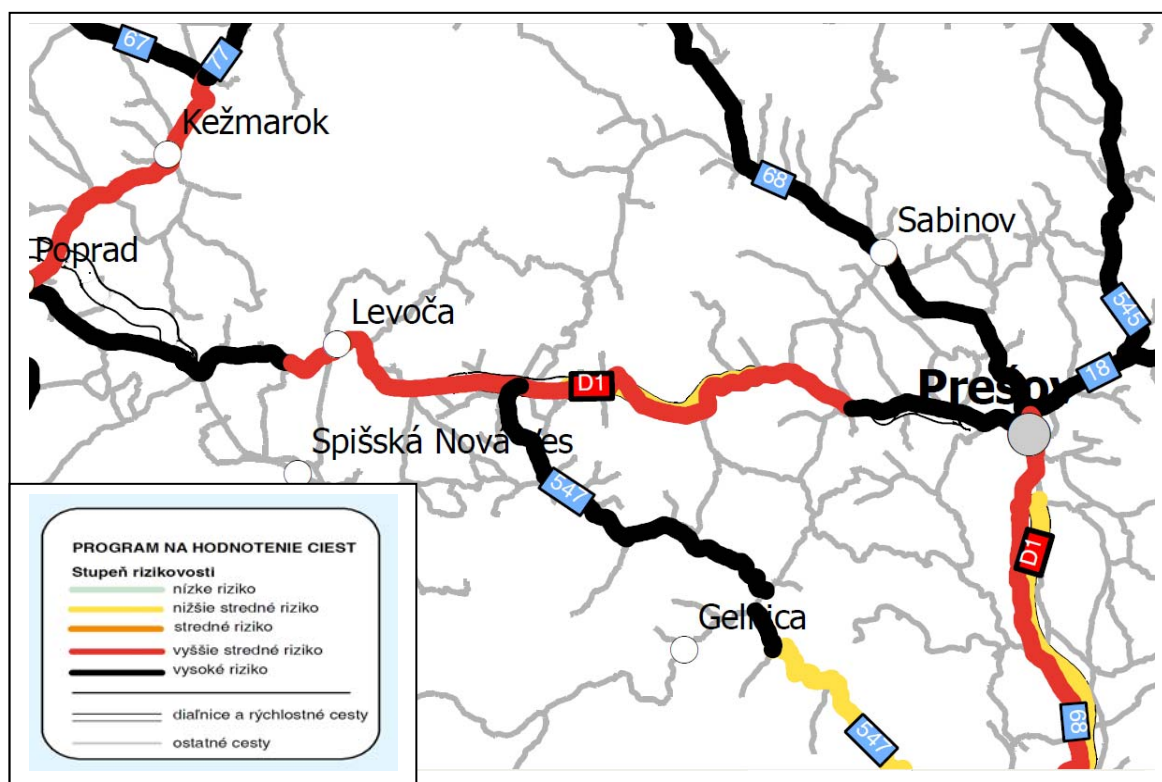


Zdroj: (3)

Obr. 8 - Zákaz prepravy nebezpečného nákladu tunelom Branisko

Na druhej strane je tu hodnotenie ciest podľa Programu na hodnotenie európskych ciest EuroRAP (European Assessment Programme). EuroRAP je medzinárodná nezisková organizácia so sídlom v Bruseli, ktorej členmi sú motoristické organizácie, národné a regionálne authority v cestnej doprave a nezávislí experti v oblasti cestnej bezpečnosti. Základnou filozofiou programu je hodnotenie úrovne bezpečnosti ciest v Európe na základe jednotnej metodológie, známkovať ich a odstraňovať ich bezpečnostné deficity.

Vyššie uvedená trasa I/18 (obr. 9) je podľa EuroRAP označená za cestu s vyšším stredným rizikom, pritom, ako je uvedené na obrázku 8, je to jediná možná obchádzková trasa. Diaľnica D1 Behárovce - Branisko je ohodnotená ako cesta s nižším stredným rizikom. Ďalej je cesta I/18 za diaľnicou D1v smere Prešov označená z hľadiska bezpečnosti za cestu s vysokým rizikom (obr. 9). V tomto prípade je optimalizácia výberu ciest na prepravu nebezpečných vecí značne limitovaná.



Zdroj: (10)

Obr. 9 - Stupeň rizikovosti na vybranom úseku diaľnice D1 Behárovce - Branisko

ZÁVER

Havárie a väčšie či menšie ekologické katastrofy, ktoré ohrozujú životné prostredie, sú sprievodným javom prepráv nebezpečných vecí. Cieľom článku bolo poukázať na optimalizačné úlohy na dopravných sieťach na príklade hľadania ciest v sieti. Výstupom je nový pohľad na hľadanie ciest na prepravu nebezpečných nákladov. Jedným z modelov je hľadanie ciest s najmenšou pravdepodobnosťou vzniku havárie, ktorú je však nutné riešiť ešte pred prepravou nebezpečných vecí. Zaoberanie sa touto problematikou má veľký význam, nakoľko dopravné nehody vozidiel prepravujúcich nebezpečný náklad, najmä zistenie a rozpoznanie nebezpečnosti prepravovaného nákladu má veľký súvis s ochranou života a zdravia.

Napriek možnému využitiu optimalizačných modelov hľadania ciest na prepravu nebezpečných vecí sa prepravcovia stretávajú s mnohými problémami. Tie súvisia s rôznymi obmedzeniami a zákazmi na slovenskej cestnej sieti. Podobne, ako na spomínanom diaľničnom úseku D1 Behárovce – Branisko, kde cez tunel Branisko je úplný zákaz prepravy nebezpečných vecí a obchádzková trasa I/18 je podľa údajov EuroRAP z hľadiska bezpečnosti označená za cestu s vyšším stredným rizikom. Hľadanie optimálnych ciest je v tomto prípade plné protikladov. Je preto nevyhnutné zaviesť jednoznačnú kategorizáciu tunelov v súlade s Dohodou ADR a zvyšovať kvalitu, resp. stav dopravnej infraštruktúry, ktorý má na zvyšovanie pravdepodobnosti vzniku havárie taktiež výrazný vplyv.

POUŽITÁ LITERATURA

- (1) CEMPÍREK, V., KAMPF, R.: *Přeprava nebezpečných věcí v dopravním systému*, [cit. 2011-02-01], dostupné na: <http://www.enviweb.cz/clanek/paragraf/54380/preprava-nebezpecnych-veci-v-dopravnim-systemu>.
- (2) CENEK, P., HRČKA, M., DVOŘÁK, Z., 2006: *Kritéria a algoritmy vyhledávání optimálních cest v krízových situacích*, In: In: LOGVD 2006 - Dopravná logistika a krízové situácie : 9. vedecko-odborná konferencia s medzinárodnou účasťou : Žilina, 21. októbra 2006. - V Žiline : Žilinská univerzita, 2006. - ISBN 80-8070-606-9. - S. 49-56.
- (3) *ChemLog – projekt chemickej logistiky v strednej Európy*; [cit. 2011-02-03], dostupné na: www.intermodal.sk.
- (4) DADO, M., ZAHRADNÍK, J. a kol., 2007: *Technológie a služby inteligentnej dopravy*, ŽU v Žiline/EDIS – vydavateľstvo ŽU, 2007, ISBN 978-80-8070-691-3.
- (5) DVOŘÁK, Z.: *Výber trás prepravy nebezpečných látok po cestách*. In: *Logistický monitor*, Internetové noviny pre rozvoj logistiky na Slovensku, február 2008, ISSN 1336-5851, [cit. 2011-02-03], dostupné na: www.logistickymonitor.sk.
- (6) KAŠPAR, V.: *Vybrané metódy operačnej analýzy vo vojenskej doprave a vojenskom staviteľstve*, Žilinská univerzita v Žiline, 1998, ISBN 80-88829-27-5.
- (7) TOMEK, M., SEIDL, M., 2009: *Riziká prepravy nebezpečných vecí*, [cit. 2011-02-07], dostupné na: http://pernerscontacts.upce.cz/13_2009/tomek.pdf.
- (8) ŠŤASTNÁ, I.: *Nebezpečné látky: preprava a uskladnenie bez rizík*, [cit. 2011-02-01], dostupné na: http://dal.hnonline.sk/2-24924960-k60000_d-c5.
- (9) <http://www.europarl.europa.eu/>, [cit. 2011-02-07].
- (10) www.eurorap.org [cit. 2011-02-15].
- (11) www.ndsas.sk [cit. 2011-02-10].
- (12) <http://www.cdb.sk/sk> [cit. 2011-02-10].
- (13) www.ssc.sk [cit. 2011-02-07].