

**Ministerstvo dopravy, výstavby a regionálneho rozvoja SR
Sekcia cestnej dopravy, pozemných komunikácií a investičných projektov**

TP 02/2011

TECHNICKÉ PODMIENKY
ANALÝZA RIZÍK PRE SLOVENSKÉ CESTNÉ TUNELY

účinnosť od: 01.06.2011

Október 2010

OBSAH

1	Úvodná kapitola	4
1.1	Predmet technických podmienok (TP)	4
1.2	Účel TP	4
1.3	Použitie TP	4
1.4	Vypracovanie TP	4
1.5	Distribúcia TP	4
1.6	Účinnosť TP	4
1.7	Nahradenie predchádzajúcich predpisov	4
1.8	Súvisiace a citované právne predpisy	4
1.9	Súvisiace a citované normy	5
1.10	Súvisiace a citované technické predpisy	5
2	Rozsah použiteľnosti a aplikácia tunelového rizikového modelu pre slovenské cestné tunely	5
3	Opis metodiky	6
3.1	Skúmané oblasti rizika	6
3.2	Štruktúra modelu rizík	6
3.2.1	Analýza početnosti	7
3.2.2	Analýza následkov nehody	7
3.3	Realizácia modelu analýzy rizík	7
3.3.1	Zásady pre aplikáciu modelu analýzy rizík	7
3.3.2	Realizácia analýzy početnosti	7
3.3.3	Realizácia analýzy následkov nehody	8
3.4	Medze aplikácie modelu analýzy rizík	8
4	Vyhodnotenie výsledkov analýzy rizík tunela	9
4.1	Proces vyhodnocovania rizík	9
4.1.1	Špecifická analýza nebezpečenstiev	9
4.2	Relatívne vyhodnocovanie rizík porovnaním s referenčným tunelom	10
4.3	Vyhodnotenie doplnkových bezpečnostných opatrení	10
4.4	Absolútne vyhodnotenie rizík priradením triedy ohrozenia	11
4.5	Upozornenia pre doplnkové skúmania rizík	11
4.5.1	Metódy analýzy rizík odvodené od scenárov	11
4.5.2	Analýza rizík pre prepravu nebezpečných nákladov	11
5	Príloha	12
5.1	Metodika	12
5.1.1	Analýza stromu udalostí	12
5.1.1.1	A1 a A2: Počet porúch a nehôd	12
5.1.1.1.1	Korekčný faktor dĺžka tunela	12
5.1.1.1.2	Korekčný faktor prepletový úsek	13
5.1.1.2	B1 a B2: Sekundárna nehoda po poruche	13
5.1.1.3	B3 až B4: Rozčlenenie typov nehôd	13
5.1.1.4	C1 až C3: Účasť vozidiel pri poruchách	14
5.1.1.5	C4 až C15 Účasť vozidiel na nehodách	15
5.1.1.6	D1 až D6: Požiar ako následok poruchy	16
5.1.1.7	D7 až D30: Požiar ako následok nehody	16
5.1.1.8	E1 až E22: Účasť prepravy nebezpečných nákladov na udalosti	17
5.1.1.8.1	Požiar nebezpečného nákladu	17
5.1.1.8.2	Únik nebezpečného nákladu	17
5.1.1.9	F1 až F6: Ohrozenie osôb pri požiari ako následku poruchy	17
5.1.2	Scenáre škôd	17
5.1.2.1	S P1 až S P4: Požiar v dôsledku poruchy	18
5.1.2.2	S U1, S U3, S U7, S U9, S U11, SU15, S U17, S U19, SU23, S U25, S U27, S U31: Nehoda	18
5.1.2.3	S U2, S U5, S U8, S U10, S U13, S U16, S U18, S U21, S U24, S U26, S U29, S U32: Nehoda s následným požiarom	18

5.1.2.4	S U4, S U12, S U20, S U28: Nehoda nákladného vozidla a únik nebezpečného nákladu	18
5.1.2.5	S U6, S U14, S U22, S U30: Nehoda nákladného vozidla s následným požiarom a s účasťou nebezpečného nákladu	18
5.1.3	Určenie rizikového ekvivalentu	19
5.2	Analýza následkov nehôd – vstupné údaje pre scenáre škôd	19
5.2.1	Hodnoty rozsahu škôd pre mechanické udalosti	19
5.2.2	Hodnoty rozsahu škôd pre požiarne udalosti a udalosti s nebezpečným nákladom	19
5.2.3	Dátové podklady na určenie rozsahu škôd pri požiaru a nebezpečnom náklade	23
5.2.3.1	Rozsah škôd pri udalosti s požiarom	23
5.2.3.2	Základné dáta vetracieho modelu	24
5.2.3.3	Základné dáta evakuačného modelu	25
5.3	Faktory vplyvu	26
5.4	Príklad aplikácie	28
5.4.1	Vstupné údaje	28
5.4.2	Špecifická analýza nebezpečenstiev	29
5.4.2.1	Dopravné podklady	29
5.4.2.2	Smerové a výškové vedenie trasy	29
5.4.2.3	Stavebné riešenie tunela	30
5.4.2.4	Technologické vybavenie tunela	30
5.4.3	Analýza stromu udalostí	31
5.4.3.1	Analýza početnosti	31
5.4.3.2	Analýza rozsahu škôd	35
5.4.3.3	Výpočet rizika	36

1 Úvodná kapitola

1.1 Predmet technických podmienok (TP)

Predmetom technických podmienok (TP) je vytvorenie jednotnej metodiky pre analýzu rizík bezpečnosti cestných tunelov v zmysle Nariadenia vlády SR č. 344/2006 Z.z. o minimálnych bezpečnostných požiadavkách na tunely v cestnej sieti. Pre účely posúdenia rizík je v TP navrhnutý rizikový model.

1.2 Účel TP

Rizikový model pre analýzu rizík cestných tunelov na Slovensku bol vypracovaný na základe rakúskeho modelu pre analýzu rizík tunelov TuRisMo (uverejnený v RVS 09.03.11 z 1.6.2008). Pri overovaní použiteľnosti tohto rizikového modelu pre slovenské cestné tunely boli zohľadnené platné zákony a smernice, boli preskúmané projektované aj prevádzkované tunely, ako aj aktuálna nehodovosť na slovenskej diaľničnej sieti.

Pokiaľ to bolo nutné a boli k dispozícii príslušné údaje, niektoré parametre modelu sa prispôbili slovenským podmienkam. Naproti tomu modelové charakteristiky, ktoré vychádzajú zo simulačných výpočtov a ktoré sú založené na predmetných vzájomných súvislostiach, resp. fyzikálnych zákonoch, sa prevzali bez zmeny.

Rizikový model je vybudovaný tak, aby umožňoval vykonať zmeny v parametroch modelu aj dodatočne. Ak by teda v budúcnosti boli k dispozícii rozsiahlejšie dátové podklady, resp. dáta, ktoré vernejšie zachytávajú realitu pre slovenské tunely než tie, ktoré boli k dispozícii v čase vývoja modelu, potom je možné integrovať ich do modelu aj dodatočne.

1.3 Použitie TP

Tunelový rizikový model slúži ako metodický podklad pre kvantitatívne určenie rizikových parametrov cestných tunelov dlhších ako 500 m v slovenskej diaľničnej a cestnej sieti (diaľnice a rýchlostné komunikácie). Úlohou tunelového rizikového modelu je vytvorenie jednotnej metodickej základne, ktorá umožňuje vyhodnotiť rizikové parametre tunela v porovnaní v referenčnými rizikovými parametrami alebo s rizikovými parametrami ostatných tunelov.

1.4 Vypracovanie TP

Technické podmienky boli vypracované spoločnosťou Terraprojekt a.s., Podunajská 24, 821 06 Bratislava v spolupráci so spoločnosťou ILF Beratende Ingenieure ZT GmbH, Feldkreuzstrasse 3, A-6063 Rum bei Innsbruck, pobočka Linz.

Mailové kontakty na spracovateľov: frankovsky@terraprojekt.sk, Katharina.Hoyer@ilf.com

1.5 Distribúcia TP

Elektronická forma TP sa po schválení zverejní na webovej stránke SSC: www.ssc.sk (technické predpisy) a na webovej stránke MDPT SR: www.telecom.gov.sk (doprava, cestná doprava, cestná infraštruktúra, legislatíva, technické predpisy).

1.6 Účinnosť TP

Technické podmienky nadobudnú účinnosť dňom uvedeným na titulnej strane.

1.7 Nahradenie predchádzajúcich predpisov

Technické podmienky nenahrádzajú žiadny doposiaľ vydaný predpis.

1.8 Súvisiace a citované právne predpisy

- [1] 2004/54/EC Smernica pre minimálne bezpečnostné požiadavky cestných tunelov v transeurópskej cestnej sieti, Úradný vestník č. L 201 zo 7.6.2004;

- [2] Nariadenie vlády č. 344/2006 Z. z. o minimálnych bezpečnostných požiadavkách na tunely v cestnej sieti.

1.9 Súvisiace a citované normy

- [3] STN 73 7507 Projektovanie cestných tunelov.

1.10 Súvisiace a citované technické predpisy

- [4] TP 04/2006 Požiarna bezpečnosť cestných tunelov, MDPTSR: 2006;
[5] RVS 09.03.11 Model analýzy rizík tunela v znení z 01.06.2008;
[6] RVS 09.02.31 Vybavenie tunelov: vetranie – východiská, v znení z 01.08.2008;
[7] Road Tunnels: Operational Strategies for Emergency Ventilation [Cestné tunely: Prevádzkové stratégie pre núdzové vetranie], 2008, PIARC Technical Committee C3.3 Tunnel Operations);
[8] Safety Transport of Dangerous Goods through Road Tunnels [Bezpečná preprava nebezpečných vecí cez cestné tunely], OECD/PIARC, Paríž, 2003;
[9] Softvérový balík „building Exodus 4.0“, University of Greenwich, Londýn, 2004.

2 Rozsah použiteľnosti a aplikácia tunelového rizikového modelu pre slovenské cestné tunely

Tunelový rizikový model slúži ako metodický podklad pre kvantitatívne určenie rizikových parametrov cestných tunelov dlhších ako 500 m v slovenskej diaľničnej a cestnej sieti (diaľnice a rýchlostné komunikácie). Úlohou tunelového rizikového modelu je vytvorenie jednotnej metodickej základne, ktorá umožňuje vyhodnotiť rizikové parametre tunela v porovnaní s referenčnými rizikovými parametrami alebo s rizikovými parametrami ostatných tunelov. Keďže analytický model a stratégia vyhodnocovania sú navzájom úzko späté, predmetný dokument obsahuje aj návrhy na vyhodnotenie výsledkov modelu.

Realizácia kvantitatívnej, systémovej rizikovej analýzy predstavuje iba jeden krok pri vyhodnocovaní technickej bezpečnosti cestného tunela, ktorý zahŕňa nasledujúce kroky postupu:

– Špecifická analýza nebezpečenstiev:

kvalitatívna kontrola bezpečnosti so systematickým vyhodnotením všetkých relevantných bezpečnostno-technických parametrov cestného tunela; slúži na identifikáciu špecifických rizikových aspektov a špeciálnych charakteristík tunela a tiež ako podklad pre stanovenie vstupných dát rizikového modelu.

(V prílohe tohto dokumentu je návrh pre štruktúrizáciu špecifickej analýzy nebezpečenstiev vo forme kontrolného zoznamu).

– Vyhodnotenie bezpečnosti na základe bezpečnostno-technických smerodajných slovenských / medzinárodných smerníc:

vyhodnotenie bezpečnosti a analýza rizík na základe smernice tvoria v zmysle EU smernice 2004/54/ES navzájom sa dopĺňajúce hlavné nástroje hodnotenia bezpečnosti cestných tunelov; minimálny štandard pre cestné tunely v transeurópskej slovenskej diaľničnej sieti je stanovený v Nariadení vlády č. 344/2006 Z. z.; minimálne nároky na bezpečnosť cestných tunelov obsiahnuté v tomto Nariadení musia byť dodržané; okrem toho v tomto pracovnom kroku môžu byť ako podklad pre posúdenie pribraté aj ďalšie smernice (napr. slovenský predpis pre požiaru bezpečnosť cestných tunelov [4] alebo národné smernice iných krajín pre rôzne oblasti); pomocou rizikového modelu môžu byť kvantitatívne posúdené odchýlky z hľadiska ich účinkov na riziko.

– Analýza rizík a hodnotenie rizika:

kvantitatívna aplikácia rizikového modelu a prípadná realizácia ďalších krokov analýzy rizík pre hlbšie preskúmanie špeciálnych otázok (napr. transport nebezpečných nákladov) vrátane

stanovenia prípadných doplnkových bezpečnostných opatrení; tento pracovný krok je detailne opísaný v kapitole 2 a kapitole 3.

– **Bezpečnostná dokumentácia:**

vypracovanie bezpečnostnej dokumentácie v zmysle požiadaviek Nariadenia vlády č. 344/2006 Z. z. .

Model analýzy rizík je možné použiť aj pre existujúce tunely (prevádzková fáza), ako aj pre nové tunely (projektová fáza a uvedenie do prevádzky). To isté platí aj pre vyššie uvedený proces spracovania, pričom rozsah a miera detailného vypracovania je odlišná v závislosti od fázy.

3 Opis metodiky

3.1 Skúmané oblasti rizika

Model analýzy rizík tunela skúma osobné riziko používateľov tunela. Model analýzy rizík tunela a všetky použité parametre sa vzťahujú výlučne na nehody s poškodením osôb. Zisťuje sa štatistická hodnota rizika pre riziko skupiny používateľov tunela (štatisticky očakávaná hodnota počtu smrteľných obetí/ročne). Riziko sa vzťahuje na tunelovú stavbu (v prípade tunela s dvomi rúrami sú započítané obe rúry). Čiastkové riziká, ktoré sú dôsledkom mechanického poškodenia, požiaru a nebezpečného nákladu sú zobrazované oddelene. Účinky nebezpečného nákladu sú však skúmané iba s mimoriadne zjednodušeným modelom - model preto nie je vhodný pre hlbšie skúmanie rizík v dôsledku nehôd pri preprave nebezpečného nákladu.

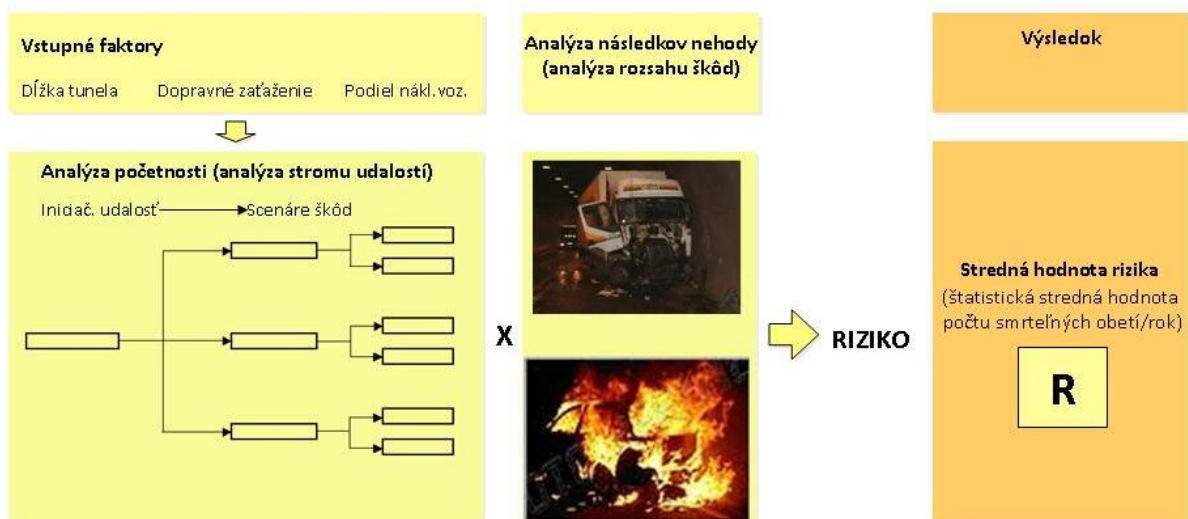
V zásade umožňuje model analýzy rizík tunela kvantitatívne zachytiť a zohľadniť všetky podstatné faktory vplyvu, pokiaľ sú k dispozícii potrebné vstupné údaje. Zohľadnenie rôznych faktorov vplyvu je zvlášť vysvetlené v bode 5.3.

3.2 Štruktúra modelu rizík

Metodika sa skladá z nasledujúcich 2 hlavných prvkov:

- kvantitatívna analýza početnosti,
- kvantitatívna analýza následkov nehody.

Základnú štruktúru analýzy rizík tunela možno znázorniť nasledujúcim obrázkom:



Obrázok 1 Základná štruktúra analýzy rizík tunela

Hlavné prvky je možné opísať nasledovne:

3.2.1 Analýza početnosti

Pomocou analýzy stromu udalostí sa vypočítajú početnosti pre súbor definovaných scenárov škôd. Na základe iniciačnej udalosti, ktorej početnosť je známa, je vytvorených viacero stupňov rôznych možných sledov udalostí, ktoré vedú k rôznym scenárom škôd. Scenáre škôd sa líšia typom udalosti, zúčastnenými vozidlami, spôsobenými škodami a pod.

Faktory vplyvu, ktoré ovplyvňujú početnosť jednotlivých scenárov škôd, sú zohľadnené v podobe zmien relatívnej početnosti na vetvách stromu udalostí modelu.

3.2.2 Analýza následkov nehody

Pomocou analýzy následkov nehody sú pre každý scenár škôd odhadnuté následky nehody:

- pri nehodách s mechanickými poškodeniami (dopravné nehody bez požiaru alebo účinkov nebezpečného nákladu) na základe vyhodnotenia nehôd v tuneli s poškodením osôb (dátový súbor: asi 450 nehôd v tuneli, ku ktorým došlo v rakúskych cestných tuneloch; adaptácia stupňa nehodovosti na slovenské podmienky podľa slovenských štatistických údajov z obdobia 2000 – 2009);
 - Pri nehodách s požiarom na základe modelového odhadu rozsahu škôd:
 - pomocou jednorozmerného modelu šírenia dymu sa vypočíta rozloženie teplôt a koncentrácie škodlivých látok následkom požiaru v tuneli pri zohľadnení vetrania tunela; pomocou modelu simulácie evakuácie sú simulované únikové pohyby postihnutých používateľov tunela v rámci individuálneho úniku pri zohľadnení rozostavenia vozidiel, podmienok infraštruktúry a pod. a sú skombinované s výsledkami modelu šírenia dymu.
- V modeli rozsahu škôd sú zobrazené všetky faktory vplyvu, ktoré ovplyvňujú časový sled udalostí od začiatku požiaru (napr. veľkosť požiaru a vývoj požiaru, vetrací systém a riadenie vetrania, detekcia a poplach, reakcie postihnutých, únikové pohyby, vzdialenosť k núdzovým východom, vzájomné zdržiavanie a pod.).
- Škodové udalosti, ktoré zahŕňajú nebezpečný náklad sú zohľadnené vo veľmi zjednodušenom modeli.

Na základe modulárnej konštrukcie kvantitatívnej analýzy rizík tunela je možné preskúmať účinok jednotlivých systémových komponentov (faktorov vplyvu) na bezpečnosť. Preto je kvantitatívna analýza rizík tunela vhodná nielen pre objektívne vyhodnotenie tunelových zariadení, ale aj pre ich optimalizáciu.

3.3 Realizácia modelu analýzy rizík

3.3.1 Zásady pre aplikáciu modelu analýzy rizík

V rámci vývoja modelu sa pre analýzu následkov nehody v prípade požiaru uskutočnili modelové výpočty pre reprezentatívny súbor typov tunelových modelov, ktoré sa líšia v smerodajných faktoroch ovplyvňujúcich riziká. Takýmto spôsobom boli získané hodnoty rozsahov škôd pre scenáre požiarov, ktoré zahŕňajú mnoho rôznych typov tunelov.

Ak je možné priradiť tunel k niektorému z týchto typov tunelov a sú splnené ďalšie predpoklady pre aplikáciu v zmysle kapitoly 3.4, potom je možné uskutočniť výpočet rizika na základe parametrov uvedených v tejto príručke. Ak to tak nie je, potom je možné uplatniť model rizík, no je potrebné úplne alebo čiastočne znova uskutočniť simulačné výpočty pri zohľadnení špecifických zvláštností skúmaného tunela.

3.3.2 Realizácia analýzy početnosti

Hlavným prvkom analýzy rizík tunela je štandardizovaný strom udalostí. V tomto strome udalostí pre skúmaný tunel treba dosadiť smerodajné parametre početnosti iniciálnych udalostí, relatívnu početnosť vetiev stromu udalostí ako aj rozsah škôd pre jednotlivé scenáre škôd.

Strom udalostí, príslušné parametre ako aj príslušné vysvetlenia sú dokumentované v prílohe v kapitole 5.1.1. Každé miesto vetvenia stromu udalostí je označené písmenovým kódom. V texte vysvetlenia sú opísané príslušné použité parametre ako aj zobrazené faktory vplyvu. V zmysle vysvetlení je pre príslušný prípad aplikácie potrebné použiť platné hodnoty. Uvedené parametre sú ukazovatele, ktoré treba prispôbiť špecifickým podmienkam v jednotlivých prípadoch aplikácie (zvýšenie alebo zníženie napr. v dôsledku špecifických okolností tunela alebo účinkov nejakého opatrenia).

3.3.3 Realizácia analýzy následkov nehody

Hodnoty očakávaného rozsahu škôd sú uvedené v tabuľke v závislosti od hlavných faktorov vplyvu (pozri bod 5.1.2 prílohy. Pre každý scenár škôd v strome udalostí je potrebné zvoliť v tabuľke hodnoty, ktoré sú vhodné pre konkrétny prípad aplikácie a zaradiť ich do stromu udalostí.

Pri niektorých scenároch škôd je potrebné uplatniť rôzne tabuľkové hodnoty v kombinovanej podobe (napr. pri zohľadnení situácie zápchy je potrebné skombinovať tabuľkové hodnoty „Rozsah škôd pri zápche“ a „Rozsah škôd bez zápchy“ v závislosti od ich početnosti). Je potrebné vziať do úvahy upozornenia na hraničné hodnoty tabuliek.

Detailné upozornenia pre aplikáciu možno nájsť vo vysvetlení jednotlivých scenárov škôd.

Parametre uvedené v kapitole 5.1.1 ako aj parametre rozsahu škôd pre mechanické nehody v kapitole 5.1.2 sú štandardné hodnoty, ktoré vychádzajú z vyhodnotenia rakúskych údajov o nehodách v tuneloch a ktoré boli čiastočne prispôbené slovenským podmienkam. Ak pre tunel, ktorý je prevádzke, existujú relevantné, špecifické hodnoty, potom je možné prevziať tieto údaje pre analýzu rizík tunela.

Parametre pre rozsah škôd v prípade požiaru, ktoré sú uvedené v prílohe v bode 5.1.2, vychádzajú z modelových výpočtov.

3.4 Medze aplikácie modelu analýzy rizík

Rozsah aplikácie je v zásade definovaný typmi tunelov skúmaných v rámci analýzy rozsahu škôd, ktoré sú založené na nasledujúcich predpokladoch výpočtu:

- prierez tunela s dvomi jazdnými pruhmi bez odstavného pruhu (štvorcový alebo klenbový prierez);
- plošné povrchy tunela (žiadne prievlaky atď.);
- pozdĺžne alebo priečne vetranie s odsávaním dymu (žiadne kombinované vetracie systémy)
- maximálny detekčný čas požiaru ≤ 150 s;
- pozdĺžny sklon < 3 % - ventilačné zariadenie je navrhnuté tak, aby bolo možné dosiahnuť cieľové hodnoty vetrania pre prípad požiaru pri reálnych rámcových podmienkach tunela (pozdĺžny sklon, meteorologicky podmienené tlakové rozdiely a pod.);
- odsávanie požiarneho dymu je uvedené do prevádzky ihneď po detekcii; spôsob prevádzky v zásade zodpovedá odporúčaniam výboru PIARC pre prevádzkové stratégie v prípade núdzového vetrania cestných tunelov [7].

Ďalšie, detailné údaje pre predpoklady výpočtu sú uvedené v kapitole 5.2.3.2, resp. 5.2.3.3. Pred použitím parametrov uvedených v príručke je pri každom prípade aplikácie potrebné overiť, či sú tieto podklady výpočtu v súlade so skutočnými okolnosťami skúmaného tunela.

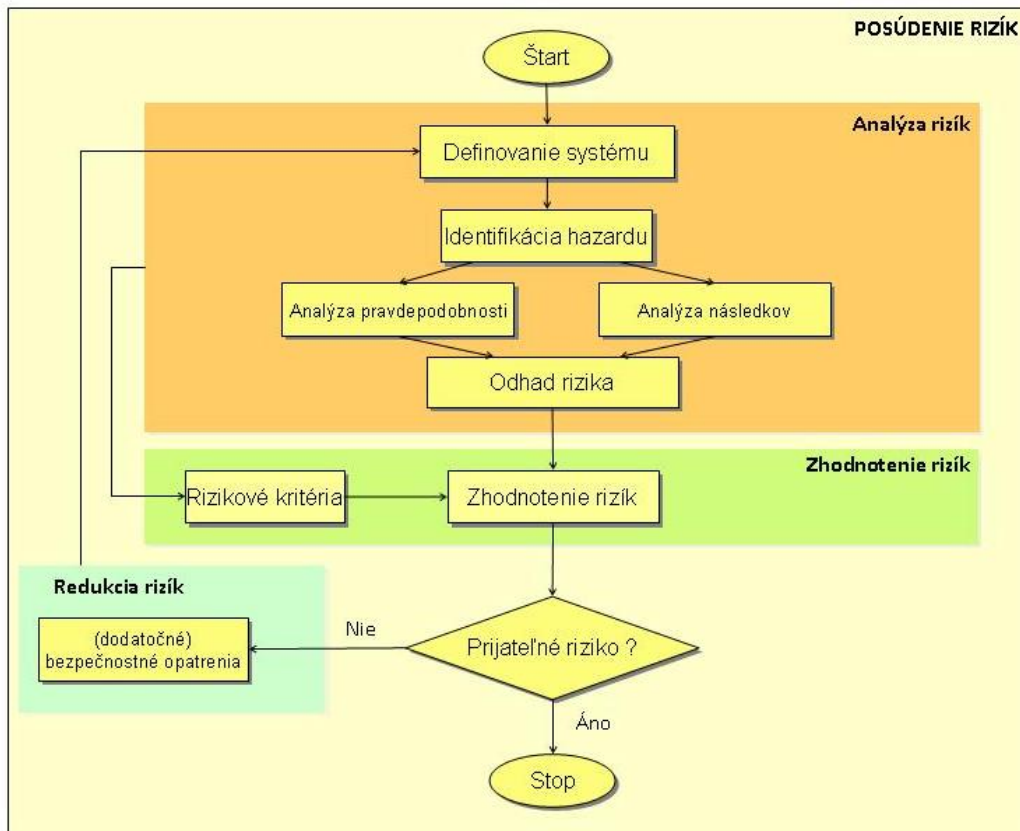
Ak jeden z predpokladov výpočtu nie je vhodný, potom treba možné účinky na odhad rozsahu škôd najprv kvalitatívne overiť. Ak je možné očakávať relevantné účinky, treba doplniť údaje buď odhadom na základe existujúcich údajov alebo na základe zodpovedajúcej doplnkovej simulácie.

Riziká spojené s nebezpečným nákladom sú v modeli analýzy rizík tunela zachytené iba vo všeobecnej podobe. Presné skúmanie špecifických rizík spojených s nebezpečným nákladom si vyžaduje použitie iných metód.

4 Vyhodnotenie výsledkov analýzy rizík tunela

4.1 Proces vyhodnocovania rizík

Proces vyhodnocovania rizík pozostáva z viacerých krokov, ktoré sú znázornené v nasledujúcom vývojovom diagrame:



Obrázok 2 Schéma priebehu - proces vyhodnocovania rizík

4.1.1 Špecifická analýza nebezpečenstiev

Pri špecifickej analýze nebezpečenstiev sú systematicky overované charakteristiky relevantné z hľadiska bezpečnosti, špeciálne bezpečnostné parametre v zmysle smernice EU (príloha, kapitola 5.4.2). Pokiaľ je možné identifikovať špecifické charakteristiky, potom je potrebné kvalitatívne analyzovať ich účinok na bezpečnosť. Tak možno uskutočniť systematický predbežný prieskum.

Okrem toho sa tým preukáže do akej miery je možné v kvantitatívnej analýze rizík zohľadniť tieto zvláštnosti.

Na základe tejto analýzy možno zistiť, či sú na zabezpečenie vysokej miery bezpečnosti v tuneli potrebné doplnkové bezpečnostné opatrenia a/alebo doplnková výstroj (oproti minimálnemu štandardu smernice EU).

Štruktúra špecifickej analýzy nebezpečenstiev má pokryť nasledujúce aspekty (v zmysle odporúčaní PIARC pre štruktúru bezpečnostnej dokumentácie cestných tunelov):

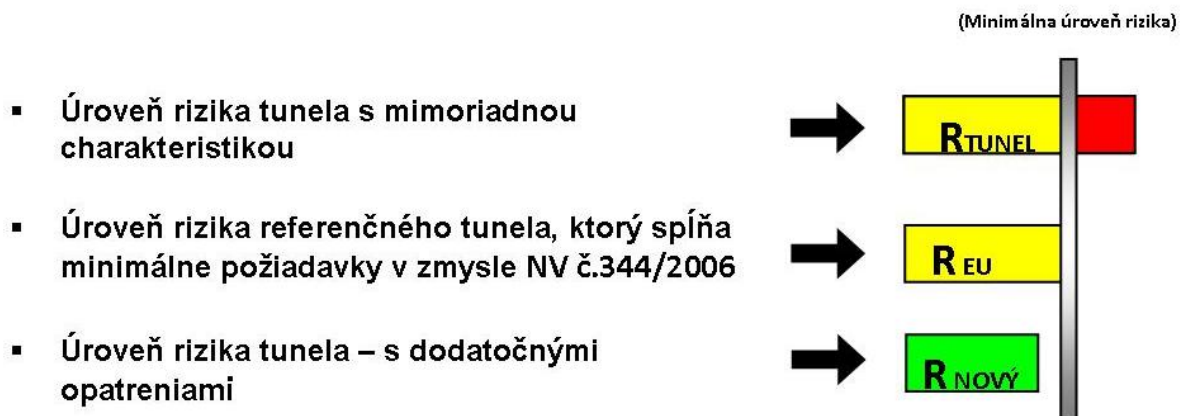
- dopravné podklady,
- smerové a výškové vedenie trasy,
- stavebné riešenie tunela,
- technologické vybavenie tunela.

Špecifická analýza nebezpečenstiev je základom a doplnením analýzy rizík. Okrem toho možno z výsledkov analýzy nebezpečenstiev vyvodit' kvantitatívne faktory vplyvu.

4.2 Relatívne vyhodnocovanie rizík porovnaním s referenčným tunelom

Tento prístup s využitím porovnávania spočíva na zásade, že tunel pri zohľadnení jeho špecifických bezpečnostno-technicky relevantných charakteristík nesmie vykazovať vyššie riziko ako podobný referenčný tunel, ktorý vo všetkých bodoch a smerodajných parametroch vyhovuje minimálnym požiadavkám v zmysle Nariadenia vlády č. 344/2006 Z. z. Prístup s vyhodnocovaním rizík umožňuje dokázať, že pomocou preskriptívnych opatrení je možné dodržať minimálnu úroveň bezpečnosti aj pri zohľadnení špecifických zvláštností jednotlivého tunela.

Princíp vyhodnocovania možno znázorniť nasledujúcou schémou:



Obrázok 3 Vyhodnotenie výsledkov analýzy rizík tunela

Podľa tejto zásady je očakávaná hodnota rizika zistená v rámci vyhodnotenia rizík určitého tunela porovnaná s očakávanou hodnotou rizika porovnateľného referenčného tunela, ktorý presne zodpovedá minimálnym bezpečnostným požiadavkám tunela podľa EU smernice 2004/54/EC alebo Nariadením vlády č. 344/2006 Z. z.; v prípade, že minimálna úroveň bezpečnosti nie je dosiahnutá, pričom odchýlka je kvantitatívne zisťovaná aj aplikáciou modelu analýzy rizík, potom je potrebné vyrovnat' odchýlku podniknutím doplnkových bezpečnostných opatrení.

4.3 Vyhodnotenie doplnkových bezpečnostných opatrení

Účinky doplnkových bezpečnostných opatrení proti rizikám sú skúmané a vyhodnocované na základe svojich mechanizmov účinku na analýzu rizík tunela. S využitím modelu analýzy rizík je vo väčšine prípadov možné kvantitatívne odhadnúť účinnosť doplnkových bezpečnostných opatrení vzťahujúcu na očakávanú hodnotu rizika.

Vďaka tomu je možné:

- preukázať dosiahnutie minimálnej úrovne bezpečnosti alebo vyrovnanie vplyvov zvyšujúcich riziko s využitím doplnkových bezpečnostných opatrení,
- vyhodnotiť rôzne opatrenia alebo kombinácie opatrení z hľadiska ich účinnosti na znižovanie rizika.

To vedie k širokej škále uplatnenia modelu analýzy rizika, napr. v nasledujúcich aplikáciách:

- plánovací nástroj na overenie projektových rozhodnutí, ktoré sú relevantné z hľadiska bezpečnosti (napr. výber vetracieho systému),
- skúmanie pomeru medzi nákladmi a účinnosťou bezpečnostných opatrení,
- rozdelenie priorít pre opatrenia dodatočného vybavenia.

4.4 Absolútne vyhodnotenie rizík priradením triedy ohrozenia

Absolútne vyhodnotenie rizík dopĺňa relatívne vyhodnotenie a jeho účelom je poskytnúť informáciu o absolútnej miere rizika. Na základe očakávanej hodnoty rizika určenej analýzou rizík je skúmaný tunel priradený triede ohrozenia na základe nasledujúcej schémy:

Tabuľka 1 Rozdelenie tried ohrozenia podľa RVS [5]

Očakávaná hodnota rizika		Trieda ohrozenia
Dolná hranica	Horná hranica	
-	$2 \cdot 10^{-2}$	I
$> 2 \cdot 10^{-2}$	$1 \cdot 10^{-1}$	II
$> 1 \cdot 10^{-1}$	$5 \cdot 10^{-1}$	III
$> 5 \cdot 10^{-1}$	-	IV

Toto zaradenie poskytuje prehľad o absolútnej miere rizika tunela (nezávisle od toho, či bol v zmysle Nariadenia vlády č. 344/2006 Z.z. posúdený ako bezpečný alebo nie) a môže slúžiť ako dodatočné kritérium pre bezpečnostno-technické relevantné rozhodnutia.

POZNÁMKA Triedu ohrozenia by bolo možné použiť ako kritérium pre štandardy vybavenia v rámci vývoja národných tunelových smerníc na Slovensku).

4.5 Upozornenia pre doplnkové skúmania rizík

Predmetná metóda je modelová analýza rizika so systémovou základňou, ktorá sa navrhla pre celkové bezpečnostno-technické posúdenie cestných tunelov a ktorá je mimoriadne vhodná na porovnanie rizík na kvantitatívnej úrovni. Pre špecifické formulácie problému je potrebné realizovať aj doplnkové skúmania rizík.

Pre hlbšie skúmania rizík je principiálne potrebné zvoliť takú metódu skúmania, ktorá v maximálnej možnej miere zodpovedá nastolenému problému. Pri výbere metódy treba zohľadniť nasledujúce upozornenia:

4.5.1 Metódy analýzy rizík odvodené od scenárov

Definícia jedného alebo viacerých scenárov, ktoré sú reprezentatívne pre riešený problém a skúmanie tematiky pomocou týchto scenárov. Použitie pre priebehovo orientované výskumy obmedzeného počtu vybratých scenárov, napríklad na získanie detailnej kvalitatívnej alebo kvantitatívnej analýzy komplexných vzájomných súvislostí účinku pomocou zvolených scenárov (napr. detailný výskum šírenia dymu na priečných zlomoch pomocou modelovania CFD) alebo pre optimalizáciu plánovania bezpečnosti v súvislosti so zvládnutím udalosti (individuálny únik, poplach a nasadenie záchranných síl a pod.).

Poznatky získané na základe analýzy scenárov môžu byť zahrnuté do modelu rizík tunela.

4.5.2 Analýza rizík pre prepravu nebezpečných nákladov

Pre hlbšie skúmanie rizík pri transporte nebezpečného nákladu cez tunel je potrebné použiť špeciálny rizikový model na skúmanie nebezpečných nákladov, napr. model DG-QRA, ktorý bol vyvinutý na úrovni OECD-PIARC.

5 Príloha

5.1 Metodika

5.1.1 Analýza stromu udalostí

Pomocou stromu udalostí sú iniciálne udalosti (poruchy a nehody v tuneli – pozri ľavú stranu stromu udalostí) rozčlenené do scenárov škôd (pozri pravú stranu stromu udalostí).

V prvom kroku je analýze stromu udalostí zistená početnosť [počet udalostí/1 mil. voz km] scenárov škôd, ku ktorým v tuneli dochádza (ľavá časť); k jednotlivým scenárom škôd sa doplní rozsah škôd [štatisticky očakávaná hodnota počtu obetí/udalostí]. Vynásobením sa získa riziko [štatisticky očakávaná hodnota počtu obetí/1 mil. voz km] pre jednotlivé scenáre. Ak sa tieto hodnoty rizík spočítame, potom získame v poslednom stĺpci súčet, ktorý predstavuje špecifické riziko [štatisticky očakávaná hodnota počtu obetí/1 mil. voz km] pre skúmaný tunel. Ak vynásobíme špecifické riziko s príslušnými hodnotami dĺžky tunela [km], prepravným výkonom [voz/d] a počtom dní prevádzky [d] v roku, dostaneme štatistickú hodnotu priemerného rizika pre tunelové zariadenie [štatisticky očakávaná hodnota počtu obetí/rok].

5.1.1.1 A1 a A2: Počet porúch a nehôd

Pri iniciálnych udalostiach rozlišujeme medzi nehodami (zrážkami) a poruchami.

A1: Základná hodnota pre počet porúch v tuneli: 3,5 porúch/1 mil. voz km

Počet sa používa pre tunely s obojsmernou premávkou ako aj pre tunely s jednosmernou premávkou, pretože vychádzame z predpokladu, že vedenie premávky nemá vplyv na počet porúch.

A2: Základná hodnota pre počet nehôd v tuneli:

Je potrebné rozlišovať, či skúmaný tunel je tunel s obojsmernou premávkou alebo iba s jednosmernou premávkou.

Základný počet nehôd pri tuneli s jednosmernou premávkou: 0,036 nehôd/1 mil. voz km

Základný počet nehôd pri tuneli s obojsmernou premávkou: 0,025 nehôd/1 mil. voz km

Poznámka: Započítané sú iba nehody so zranením osôb.

5.1.1.1.1 Korekčný faktor dĺžka tunela

Pretože sa pri jednosmernej premávke v tuneli nehodovosť v závislosti k dĺžke tunela mení (vplyv oblasti portálu), bude sa zohľadňovať opravný faktor k zvýšeniu, príp. zníženiu hodnoty nehodovosti:

$$f_{TL} = 0,56 * \frac{1 + (L_{TU} - 0,2)}{L_{TU}}$$

L_{TU} ako dĺžka tunela je použitá stavebná dĺžka tunela (priemerná dĺžka obidvoch samostatných rúr), pričom sa na každej strane pripočíta dopĺňujúci úsek 50 m (k zohľadneniu oblasti portálu). K tunelovej rúre pripojená galéria, prípadne vaňa nebude zohľadnená pri vypočítaní dĺžky tunela. Ak rozdiel dĺžky obidvoch rúr činí viac ako 10 %, tak je nutná zvláštna úvaha (odhad hodnoty očakávaného rizika pre obe dĺžky).

Pre tunel dlhší ako 3 km bude použitá hodnota $L_{TU} = 3$ km; pre tunel kratší ako 500 m bude použitá hodnota $L_{TU} = 0,5$ km.

Tento opravný faktor platí len pre jednosmernú premávku v tuneli; pre obojsmernú premávku v tuneli má byť použitá hodnota $f_{TL} = 1,0$ nezávisle od dĺžky tunela.

5.1.1.1.2 Korekčný faktor prepletový úsek

Ak sa pred, za alebo v tuneli nachádzajú prepletové úseky (úseky so zmenou počtu pruhov) resp. ich spádové územie (trasa, ktorú možno prejsť za 10 s pri maximálnej povolenej rýchlosti), potom je potrebné na dĺžku prepletového úseku vynásobiť počet nehôd faktorom 2.

Tunel s obojsmernou premávkou:

$$f_{VF} = \frac{(L_{TU} - \sum V) + 2 \cdot \sum V}{L_{TU}}$$

Tunel s jednosmernou premávkou:

$$f_{VF} = \frac{(2 \cdot L_{TU} - \sum V) + 2 \cdot \sum V}{2 \cdot L_{TU}}$$

Ak sú jednotlivé prepletové úseky dlhšie ako 200 m, potom treba pri výpočte počtu nehôd použiť maximálnu dĺžku 200 m na každý prepletový úsek.

Ak sa prepletové úseky a ich spádové územie nachádzajú v portálovej oblasti, potom ich treba započítať v dĺžke do 50 m od tunelového portálu spolu s príslušnou dĺžkou v rámci tunela.

5.1.1.2 B1 a B2: Sekundárna nehoda po poruche

Ak sa vozidlo v tuneli zastaví, môže do neho naraziť iné motorové vozidlo. Vychádzajúc z konštrukčných podmienok v tuneli (odstavný pruh, rozstup a dĺžka núdzových zálivov) je možné stanoviť percentuálnu hodnotu sekundárnych nehôd po poruche:

Pri tuneli s maximálnou vzdialenosťou 1000 m medzi núdzovými zálivmi sa predpokladá nasledujúca hodnota; predpokladaná dĺžka núdzového zálivu je 40 m:

Tabuľka 2 Sekundárna nehoda po poruche

B1	Porucha bez nárazu zozadu	99,944 %
B2	Porucha s nárazom zozadu	0,056 %

5.1.1.3 B3 až B4: Rozčlenenie typov nehôd

Nehody v tuneli sa delia podľa typu nehody:

- Typ nehody 0: Nehody s účasťou jedného vozidla (dopravná nehoda jedného vozidla);
- Typ nehody 1: Nehody v jednosmernej premávke s účasťou dvoch a viacerých vozidiel, ktoré sa pohybujú v rovnakom smere;
- Typ nehody 2: Nehody v obojsmernej premávke s účasťou dvoch alebo viacerých vozidiel, ktoré sa pohybujú v protismere.

Rozdelenie typov nehôd v tuneloch s jednosmernou premávkou a v tuneloch obojsmernou premávkou je nasledovné:

Tabuľka 3 Rozdelenie počtu nehôd podľa typu

		Obojsmerná premávka	Jednosmerná premávka
B3	Typ nehody 0	17 %	40 %
B4	Typ nehody 1	50 %	59 %
B5	Typ nehody 2	33 %	1 %

Pri ostatných vetvách sa nerozlišuje medzi tunelmi s jednosmernou a obojsmernou premávkou; typ premávky nemá relevantný vplyv na účasť vozidiel v rámci jednotlivých typov porúch a nehôd.

5.1.1.4 C1 až C3: Účasť vozidiel pri poruchách

Pri poruchách platia pre účasť vozidiel nasledujúce hodnoty:

Tabuľka 4 Účasť vozidiel pri poruchách

		Základná hodnota P	P pri zmenenej skladbe motorových vozidiel
C1	Porucha osobného vozidla	75,7 %	$\frac{75,7 \cdot S_{Pkw}}{76,3} [\%]$
C2	Porucha nákladného vozidla	20,9 %	$\frac{20,9 \cdot S_{Lkw}}{20,2} [\%]$
C3	Porucha autobusu	3,4 %	$\frac{3,4 \cdot S_{BUS}}{3,5} [\%]$

Hodnoty v tabuľkovom stĺpci „Základná hodnota P“ platia pri nasledujúcej skladbe: podiel osobných vozidiel 76,3 %, podiel nákladných vozidiel 20,2 % a podiel autobusov 3,5 %. Pri zmenenej skladbe osobných vozidiel, nákladných vozidiel a autobusov treba hodnoty upraviť podľa tabuľkového stĺpca „P pri zmenenej skladbe motorových vozidiel“.

POZNÁMKA - Ak dôjde k odchýlke v skladbe jednotlivých typov vozidiel pre ktorú platí základná hodnota, potom môže súčet relatívnej početnosti udalostí na tomto mieste vetvenia stromu nadobudnúť inú hodnotu ako 100 %. To umožňuje znázorniť vplyv rôznych typov vozidiel na absolútnu početnosť udalostí (nie na relatívnu početnosť).

Vysvetlenie symbolov:

S_{Pkw} skutočný podiel premávky osobných vozidiel na RPDI [%],

S_{Lkw} skutočný podiel premávky nákladných vozidiel na RPDI [%],

S_{BUS} skutočný podiel premávky autobusov na RPDI [%].

5.1.1.5 C4 až C15 Účasť vozidiel na nehodách

Tabuľka 5 Účasť vozidiel na nehodách

			Zákl. hodnota U	U pri zmenenej skladbe motorových vozidiel
Náraz zozadu po poruche	C4	Osobné vozidlo	63,6 %	$\frac{63,6 \cdot S_{Pkw}^2}{76,5^2}$ [%]
	C5	Nákladné vozidlo	34,4 %	$\frac{34,4 \cdot (S_{Lkw}^2 + 2 \cdot S_{Lkw} \cdot S_{Pkw})}{20^2 + 2 \cdot 20 \cdot 76,5}$ [%]
	C6	Autobus	2,0 %	$\frac{2,0 \cdot (S_{BUS}^2 + 2 \cdot S_{Pkw} \cdot S_{BUS} + 2 \cdot S_{Lkw} \cdot S_{BUS})}{3,5^2 + 2 \cdot 76,5 \cdot 3,5 + 2 \cdot 20 \cdot 3,5}$ [%]
Typ nehody 0	C7	Osobné vozidlo	90,6 %	$\frac{90,6 \cdot S_{Pkw}}{76,5}$ [%]
	C8	Nákladné vozidlo	9,3 %	$\frac{9,3 \cdot S_{Lkw}}{20}$ [%]
	C9	Autobus	0,1 %	$\frac{0,1 \cdot S_{BUS}}{3,5}$ [%]
Typ nehody 1	C10	Osobné vozidlo	63,6 %	$\frac{63,6 \cdot S_{Pkw}^2}{76,5^2}$ [%]
	C11	Nákladné vozidlo	34,4 %	$\frac{34,4 \cdot (S_{Lkw}^2 + 2 \cdot S_{Lkw} \cdot S_{Pkw})}{20^2 + 2 \cdot 20 \cdot 76,5}$ [%]
	C12	Autobus	2,0 %	$\frac{2,0 \cdot (S_{BUS}^2 + 2 \cdot S_{Pkw} \cdot S_{BUS} + 2 \cdot S_{Lkw} \cdot S_{BUS})}{3,5^2 + 2 \cdot 76,5 \cdot 3,5 + 2 \cdot 20 \cdot 3,5}$ [%]
Typ nehody 2	C13	Osobné vozidlo	37,7 %	$\frac{37,7 \cdot S_{Pkw}^2}{76,5^2}$ [%]
	C14	Nákladné vozidlo	59,0 %	$\frac{59,0 \cdot (S_{Lkw}^2 + 2 \cdot S_{Lkw} \cdot S_{Pkw})}{20^2 + 2 \cdot 20 \cdot 76,5}$ [%]
	C15	Autobus	3,3 %	$\frac{3,3 \cdot (S_{BUS}^2 + 2 \cdot S_{Pkw} \cdot S_{BUS} + 2 \cdot S_{Lkw} \cdot S_{BUS})}{3,5^2 + 2 \cdot 76,5 \cdot 3,5 + 2 \cdot 20 \cdot 3,5}$ [%]

Pre uvedené údaje platia nasledujúce definície:

Nehoda osobného vozidla: nehoda s účasťou výlučne osobných vozidiel.

Nehoda nákladného vozidla: nehoda s účasťou minimálne 1 nákladného vozidla.

Nehoda autobusu: nehoda s účasťou minimálne 1 autobusu.

Hodnoty v tabuľkovom stĺpci „Základná hodnota U “ platia pri nasledujúcej skladbe: podiel osobných vozidiel 76,5 %, podiel nákladných vozidiel 20,0 % a podiel autobusov 3,5 %. Pri zmenenej skladbe osobných vozidiel, nákladných vozidiel a autobusov treba hodnoty upraviť podľa tabuľkového stĺpca „ U pri zmenenej skladbe motorových vozidiel“.

POZNÁMKA 1 - Vzorce v pravom stĺpci zohľadňujú odchýlku štatistických údajov od teoretickej účasti vozidiel pri určenej skladbe osobných vozidiel, nákladných vozidiel a autobusov a pri účasti dvoch vozidiel pri type nehody 1 a 2.

POZNÁMKA 2 - Ak dôjde k odchýlke v skladbe jednotlivých typov vozidiel pre ktorú platí základná hodnota, potom môže súčet relatívnej početnosti udalostí na tomto mieste vetvenia stromu nadobudnúť inú hodnotu ako 100 %; to umožňuje znázorniť vplyv rôznych typov vozidiel na absolútnu početnosť udalostí (nie na relatívne rozloženie).

5.1.1.6 D1 až D6: Požiar ako následok poruchy

Pri poruche sú osoby ohrozené iba v prípade požiaru. Je možné použiť nasledujúce údaje; nie sú k dispozícii žiadne relevantné fakty, ktoré by poukazovali na rozdiel pre jednotlivé typy vozidiel:

Tabuľka 6 Požiar ako následok poruchy

D1	Žiadny následný požiar	98,81 %
D2	Porucha osobného vozidla s následným požiarom	1,19 %
D3	Žiadny následný požiar	98,81 %
D4	Porucha nákladného vozidla s následným požiarom	1,19 %
D5	Žiadny následný požiar	98,81 %
D6	Porucha autobusu s následným požiarom	1,19 %

5.1.1.7 D7 až D30: Požiar ako následok nehody

Je možné použiť nasledujúce údaje:

Tabuľka 7 Požiar ako následok nehody

D7	Nehoda osobného vozidla bez následného požiaru	99,5 %
D8	Nehoda osobného vozidla s následným požiarom	0,5 %
D9	Nehoda nákladného vozidla bez následného požiaru	99,5 %
D10	Nehoda nákladného vozidla s následným požiarom	0,5 %
D11	Nehoda autobusu bez následného požiaru	99,5 %
D12	Nehoda autobusu s následným požiarom	0,5 %
D13	Nehoda osobného vozidla bez následného požiaru	97,7 %
D14	Nehoda osobného vozidla s následným požiarom	2,3 %
D15	Nehoda nákladného vozidla bez následného požiaru	97,7 %
D16	Nehoda nákladného vozidla s následným požiarom	2,3 %
D17	Nehoda autobusu bez následného požiaru	97,7 %
D18	Nehoda autobusu s následným požiarom	2,3 %
D19	Nehoda osobného vozidla bez následného požiaru	99,5 %
D20	Nehoda osobného vozidla s následným požiarom	0,5 %
D21	Nehoda nákladného vozidla bez následného požiaru	99,5 %
D22	Nehoda nákladného vozidla s následným požiarom	0,5 %
D23	Nehoda autobusu bez následného požiaru	99,5 %
D24	Nehoda autobusu s následným požiarom	0,5 %
D25	Nehoda osobného vozidla bez následného požiaru	95,1 %

D26	Nehoda osobného vozidla s následným požiarom	4,9 %
D27	Nehoda nákladného vozidla bez následného požiaru	95,1 %
D28	Nehoda nákladného vozidla s následným požiarom	4,9 %
D29	Nehoda autobusu bez následného požiaru	95,1 %
D30	Nehoda autobusu s následným požiarom	4,9 %

5.1.1.8 E1 až E22: Účasť prepravy nebezpečných nákladov na udalosti

Pri všetkých nehodách s účasťou nákladného vozidla sú zohľadnené aj scenáre s účasťou prepravy nebezpečných nákladov. Účinky účasti prepravy nebezpečných nákladov na nehode sú v predmetnej metóde zohľadnené iba vo veľmi všeobecnej forme. Pre tieto účely sa stanovili nasledujúce predpoklady:

5.1.1.8.1 Požiar nebezpečného nákladu

Požiar nebezpečného nákladu (pri všetkých požiaroch s účasťou nákladného vozidla): 1,875 %.
Táto hodnota je založená na nasledujúcich odhadoch:

- podiel prepravy nebezpečných nákladov na ťažkej preprave: 5 %,
- horľavé látky: 75 %,
- pravdepodobnosť zapálenia: 50 %.

Tieto odhady zahŕňujú aj prípady, ak po uvoľnení nebezpečného nákladu (bez požiaru) nedôjde k zapáleniu.

Pre hlbšie preskúmanie rizík spojených s prepravou nebezpečných nákladov je potrebné aplikovať model DG-QRAM úradu OECD/PIARC.

5.1.1.8.2 Únik nebezpečného nákladu

Únik nebezpečného nákladu (pri všetkých požiaroch s účasťou nákladného vozidla): 0,1 %
Táto hodnota je založená na nasledujúcich odhadoch:

- podiel prepravy nebezpečných nákladov na ťažkej preprave: 5 %,
- látky, ktoré závažne ohrozujú zdravie: 10 %,
- pravdepodobnosť úniku: 20 %.

Pre hlbšie preskúmanie rizík spojených s prepravou nebezpečných nákladov je potrebné aplikovať model DG-QRAM úradu OECD/PIARC.

5.1.1.9 F1 až F6: Ohrozenie osôb pri požiari ako následku poruchy

Ak nastane požiar v dôsledku poruchy, potom je vo väčšine prípadov možné zhasiť požiar bez ohrozenia osôb. Preto sa vychádza z predpokladu, že iba v 5 % požiarov spôsobených poruchou dochádza k ohrozeniu používateľov tunela.

5.1.2 Scenáre škôd

Z predpokladaných vetiev stromu udalostí vzniká 36 scenárov škôd s rôznymi kombináciami mechanických udalostí, požiarnej udalosti a/alebo udalostí s nebezpečným nákladom pri rôznej účasti vozidiel. Rozsah škôd sa v závislosti od scenára škôd môže skladať až z 5 rôznych komponentov:

- mechanické účinky,
- účinky požiaru – priemerná dopravná situácia,
- účinky požiaru – situácia dopravnej zápchy,

- účinky nebezpečného nákladu – priemerná dopravná situácia,
- účinky nebezpečného nákladu – situácia dopravnej zápchy.

Pre rozsah škôd požiaru alebo účinkov nebezpečného nákladu v prípade dopravnej zápchy sa predpokladalo, že v tuneli sa nachádza mimoriadna kolóna vozidiel v dĺžke 500 m (tunel s obojsmernou premávkou: 1 jazdný pruh; jednosmerná premávka: 2 jazdné pruhy) sa zvyšuje počet postihnutých osôb a väčší rozsah škôd.

5.1.2.1 S P1 až S P4: Požiar v dôsledku poruchy

Ak vznikne požiar následkom poruchy, potom sa skombinuje účinok požiaru pre priemernú dopravnú situáciu s účinkom pre situáciu dopravnej zápchy. Zohľadňuje sa účinok požiaru v závislosti od početnosti dopravných zápch (percentuálny podiel doby dopravnej zápchy v roku).

$$SA = SA_{Brand} + SA_{BrandStau} \cdot P_{Stau} + SA_{Gfg} + SA_{GfgStau} \cdot P_{Stau}$$

Rozsah škôd sa skladá z rozsahu škôd následkom požiaru (SA_{Brand}) v priemernej dopravnej situácii a rozsahu škôd následkom požiaru pri dopravnej zápche ($SA_{Brand,Stau}$) a v danom prípade aj z rozsahu škôd následkom prepravy nebezpečného nákladu v priemernej dopravnej situácii (SA_{Gfg}) a z rozsahu škôd následkom prepravy nebezpečného nákladu pri dopravnej zápche ($SA_{Gfg,Stau}$).

5.1.2.2 S U1, S U3, S U7, S U9, S U11, SU15, S U17, S U19, SU23, S U25, S U27, S U31: Nehoda

Pri nehode je rozsah škôd iba dôsledkom mechanických účinkov vozidla:

$$SA = SA_{mech}$$

5.1.2.3 S U2, S U5, S U8, S U10, S U13, S U16, S U18, S U21, S U24, S U26, S U29, S U32: Nehoda s následným požiarom

Ak dôjde následkom nehody k požiaru, potom sa sčítava mechanický účinok nehody, účinok požiaru pri normálnej dopravnej situácii a účinok požiaru v prípade dopravnej zápchy. Účinok požiaru pri dopravnej zápche sa zohľadňuje v závislosti početnosti dopravných zápch.

$$SA = SA_{mech} + SA_{Brand} + SA_{BrandStau} \cdot P_{Stau}$$

5.1.2.4 S U4, S U12, S U20, S U28: Nehoda nákladného vozidla a únik nebezpečného nákladu

Ak preprave nebezpečného nákladu dôjde k úniku prepravovaného nebezpečného nákladu, potom sa sčítava mechanický účinok nehody, účinok nebezpečného nákladu pri priemerných dopravných podmienkach a účinok nebezpečného nákladu v situácii dopravnej zápchy. Účinok nebezpečného nákladu pri dopravnej zápche sa zohľadňuje v závislosti početnosti dopravných zápch.

$$SA = SA_{mech} + SA_{Gfg} + SA_{GfgStau} \cdot P_{Stau}$$

5.1.2.5 S U6, S U14, S U22, S U30: Nehoda nákladného vozidla s následným požiarom a s účasťou nebezpečného nákladu

Ak na dopravnom prostriedku pre nebezpečný náklad dôjde následkom nehody z požiaru nákladného vozidla s účasťou nebezpečného nákladu, potom sa sčítava mechanický účinok nehody, účinok požiaru pri normálnej dopravnej situácii, účinok požiaru v prípade požiaru, účinok nebezpečnej látky pri priemernej dopravnej situácii a účinok nebezpečného nákladu v situácii dopravnej zápchy. Účinok požiaru a účinok nebezpečného nákladu pri dopravnej zápche sa zohľadňuje v závislosti početnosti dopravných zápch.

$$SA = SA_{mech} + SA_{Brand} + SA_{BrandStau} \cdot P_{Stau} + SA_{Gfg} + SA_{GfgStau} \cdot P_{Stau}$$

5.1.3 Určenie rizikového ekvivalentu

Na určenie rizika sa vynásobí početnosť scenárov škôd s príslušnými hodnotami rozsahu škôd. Ak sa tieto hodnoty rizík spočítajú, potom získame súčet, ktorý predstavuje špecifické riziko [štatistická očakávaná hodnota počtu obetí/1 mil. voz km] pre skúmaný tunel. Ak vynásobíme špecifické riziko s príslušnými hodnotami dĺžky tunela [km], prepravným výkonom [počet voz/d] a počtom dní prevádzky [d] v roku, dostaneme štatistickú hodnotu priemerného rizika pre tunelové zariadenie [štatistická očakávaná hodnota rizika počtu obetí/rok].

Hodnota rizikového ekvivalentu

$$R = \frac{\sum (Početnosť \cdot Rozsah \text{ škôd}) \cdot Dĺžka \text{ tunela} \cdot RPD I \cdot Počet \text{ dní prevádzky}}{10^6}$$

5.2 Analýza následkov nehôd – vstupné údaje pre scenáre škôd

5.2.1 Hodnoty rozsahu škôd pre mechanické udalosti

Rozsah škôd pre mechanické udalosti (závažnosť nehody) je závislý od typu nehody a od zúčastnených vozidiel; je potrebné použiť nasledujúce hodnoty [štatistická očakávaná hodnota počtu obetí/udalost']:

Tabuľka 8 Hodnota rozsahu škôd pre mechanické udalosti

SAmech		Tunel s obojsmernou premávkou	Tunel s jednosmernou premávkou
Typ nehody 0	Osobné vozidlo	0,3685	0,4673
	Nákladné vozidlo	0,2216	0,2216
	Autobus	0,2670	0,2670
Typ nehody 1	Osobné vozidlo	0,0507	0,0267
	Nákladné vozidlo	1,1187	0,2483
	Autobus	0,2670	0,2670
Typ nehody 2	Osobné vozidlo	0,6675	0,6675
	Nákladné vozidlo	1,1454	1,1454
	Autobus	2,0025	2,0025

Hodnota rozsahu škôd pre tunely s obojsmernou premávkou platí s maximálnou povolenou rýchlosťou 80 km/h a pre tunely s jednosmernou premávkou s maximálnou povolenou rýchlosťou 100 km/h.

5.2.2 Hodnoty rozsahu škôd pre požiarne udalosti a udalosti s nebezpečným nákladom

Hodnota rozsahu škôd pri požiaroch a/alebo účasti nebezpečného nákladu môže byť stanovená pre nasledujúce typy tunelov:

Hodnoty rozsahu škôd pre tunely s jednosmernou premávkou:

Tabuľka 9 Rozsah škôd požiaru / nebezpečného nákladu pre tunel s jednosmernou premávkou

Tunel s jednosmernou premávkou a s prirodzeným vetraním, dĺžka 0,7 km		
SABrand / SABrand,Stau SAGfg / SAGfg,Stau	Priemerná dopravná situácia	Dopravná zápcha
Požiar osobného vozidla	1,67	1,50

Požiar nákladného vozidla	3,40	1,50
Požiar autobusu	9,83	1,50
Účasť nebezpečného nákladu	7,85	3,00

Tabuľka 10 Rozsah škôd požiaru / nebezpečného nákladu pre tunel s jednosmernou premávkou

Tunel s jednosmernou premávkou s mechanickým vetraním, situácia dopravnej zápchy					
SA _{Brand,Stau} SA _{Gfg,Stau}		Vzdialenosť medzi núdzovými východmi			
		250 m	500 m		
Pozdĺžne vetranie	0,7 km	Požiar osobného vozidla	1,83	1,83	
		Požiar nákladného vozidla	2,17	9,60	
		Požiar autobusu	3,33	18,45	
		Účasť nebezp. nákladu	5,87	18,60	
	1,5 km	Požiar osobného vozidla	2,17	2,17	
		Požiar nákladného vozidla	4,17	30,00	
		Požiar autobusu	7,33	43,17	
		Účasť nebezp. nákladu	14,17	40,00	
	≥ 3 km	Požiar osobného vozidla	-	2,20	
		Požiar nákladného vozidla	-	42,00	
		Požiar autobusu	-	56,00	
		Účasť nebezpečného nákladu	-	52,00	
Prične vetranie	≥ 5 km	Požiar osobného vozidla	0,33	1,33	
		Požiar nákladného vozidla	1,67	2,00	
		Požiar autobusu	2,17	2,50	
		Účasť nebezp. nákladu	11,67	12,00	

Hodnoty rozsahu škôd pre tunely s obojsmernou premávkou:

Tabuľka 11 Rozsah škôd požiaru / nebezpečného nákladu pre tunel s obojsmernou premávkou

Tunel s obojsmernou premávkou a s prirodzeným vetraním, dĺžka 0,7 km				
Priemerné dopravné podmienky		Vzdialenosť medzi núdzovými východmi		
		250 m	500 m	
5.000 vozidiel/ d	Požiar osobného vozidla	1,00	1,00	
	Požiar nákladného vozidla	2,33	3,75	
	Požiar autobusu	2,83	4,25	
	Účasť nebezpečného nákladu	7,33	8,75	
15.000 vozidiel	Požiar osobného vozidla	2,00	2,00	
	Požiar nákladného vozidla	3,33	4,75	

	Požiar autobusu	3,83	5,25	
	Účasť nebezpečného nákladu	8,33	9,75	
Situácia dopravnej zápchy				
	Požiar osobného vozidla	1,00	1,00	
	Požiar nákladného vozidla	1,67	1,67	
	Požiar autobusu	1,67	1,67	
	Účasť nebezpečného nákladu	3,33	4,58	

Tabuľka 12 Rozsah škôd požiaru / nebezpečného nákladu pre tunel s obojsmernou premávkou

Tunel s obojsmernou premávkou s pozdĺžnym vetraním, dĺžka 0,7 km				
Priemerné dopravné podmienky		Vzdialenosť medzi núdzovými východmi		
		250 m	500 m	
5.000 vozidiel/ d	Požiar osobného vozidla	0,67	0,75	
	Požiar nákladného vozidla	1,33	4,00	
	Požiar autobusu	8,83	11,83	
	Účasť nebezpečného nákladu	6,33	9,00	
15.000 vozidiel/ d	Požiar osobného vozidla	1,50	1,59	
	Požiar nákladného vozidla	3,33	7,00	
	Požiar autobusu	8,33	14,33	
	Účasť nebezpečného nákladu	8,33	12,00	
Situácia dopravnej zápchy				
	Požiar osobného vozidla	1,17	1,25	
	Požiar nákladného vozidla	2,17	6,42	
	Požiar autobusu	4,50	9,59	
	Účasť nebezpečného nákladu	3,50	10,42	

Tabuľka 13 Rozsah škôd požiaru / nebezpečného nákladu pre tunel s obojsmernou premávkou

Tunel s obojsmernou premávkou a s pozdĺžnym vetraním, dĺžka 1,5 km, 15 000 vozidiel/d				
Priemerné dopravné podmienky		Vzdialenosť medzi núdzovými východmi		
		250 m	500 m	
	Požiar osobného vozidla	1,33	1,33	
	Požiar nákladného vozidla	5,83	11,83	
	Požiar autobusu	14,67	23,50	
	Účasť nebezpečného nákladu	10,83	16,83	
Situácia dopravnej zápchy				
	Požiar osobného vozidla	1,17	1,17	
	Požiar nákladného vozidla	4,00	8,83	
	Požiar autobusu	4,00	8,83	
	Účasť nebezpečného nákladu	4,00	8,83	

Tabuľka 14 Rozsah škôd požiaru / nebezpečného nákladu pre tunel s obojsmernou premávkou

Tunel s obojsmernou premávkou a s bodovým odsávaním, dĺžka 3,0 km				
priemerné dopravné podmienky		Vzdialenosť medzi núdzovými východmi		
		250 m	500 m	
5 000 vozidiel/ d	Požiar osobného vozidla	0,83	0,83	
	Požiar nákladného vozidla	1,67	4,50	
	Požiar autobusu	8,33	12,50	
	Účasť nebezpečného nákladu	6,67	10,59	
15 000 vozidiel/ /d	Požiar osobného vozidla	1,50	1,85	
	Požiar nákladného vozidla	2,33	5,75	
	Požiar autobusu	9,00	13,08	
	Účasť nebezpečného nákladu	7,33	10,75	
Situácia dopravnej zápchy				
Požiar osobného vozidla		0,67	0,92	
Požiar nákladného vozidla		2,33	6,09	
Požiar autobusu		4,84	8,18	
Účasť nebezpečného nákladu		4,00	9,50	

Tabuľka 15 Rozsah škôd požiaru / nebezpečného nákladu pre tunel s obojsmernou premávkou

Tunel s obojsmernou premávkou s priečnym vetraním, 15.000 voz /d, dĺžka 3,0 km				
priemerné dopravné podmienky		Vzdialenosť medzi núdzovými východmi		
		250 m	500 m	
Požiar osobného vozidla		0,62	1,23	
Požiar nákladného vozidla		0,62	1,23	
Požiar autobusu		0,92	1,61	
Účasť nebezpečného nákladu		5,22	5,83	
Situácia dopravnej zápchy				
Požiar osobného vozidla		0,30	0,50	
Požiar nákladného vozidla		0,30	0,50	
Požiar autobusu		0,67	1,00	
Účasť nebezpečného nákladu		0,33	1,00	

Tabuľka 16 Rozsah škôd požiaru / nebezpečného nákladu pre tunel s obojsmernou premávkou

Tunel s obojsmernou premávkou s priečnym vetraním, dĺžka 5,0 km				
priemerné dopravné podmienky		Vzdialenosť medzi núdzovými východmi		
		250 m	500 m	
5 000 vozidiel/ d	Požiar osobného vozidla	0,33	0,50	
	Požiar nákladného vozidla	0,33	0,50	
	Požiar autobusu	0,83	1,00	
	Účasť nebezpečného nákladu	5,33	5,50	

15 000 vozidiel /d	Požiar osobného vozidla	0,67	1,34	
	Požiar nákladného vozidla	0,67	1,34	
	Požiar autobusu	1,00	1,75	
	Účasť nebezpečného nákladu	5,67	6,34	
Situácia dopravnej zápchy				
	Požiar osobného vozidla	0,33	0,50	
	Požiar nákladného vozidla	0,33	0,50	
	Požiar autobusu	0,83	1,00	
	Účasť nebezpečného nákladu	0,33	1,00	

Tabuľka 17 Rozsah škôd požiaru / nebezpečného nákladu pre tunel s obojsmernou premávkou

Tunel s obojsmernou premávkou a s priečnym vetraním, dĺžka 7,0 km, 15 000 voz./d			
priemerné dopravné podmienky	Vzdialenosť medzi núdzovými východmi		
	250 m	500 m	
Požiar osobného vozidla	1,00	1,67	
Požiar nákladného vozidla	1,00	1,67	
Požiar autobusu	1,50	2,17	
Účasť nebezpečného nákladu	6,00	6,67	
Situácia dopravnej zápchy			
	Požiar osobného vozidla	0,17	0,67
	Požiar nákladného vozidla	0,17	0,67
	Požiar autobusu	0,17	0,67
	Účasť nebezpečného nákladu	0,17	0,67

5.2.3 Dátové podklady pre určenie rozsahu škôd pri požiaru a nebezpečnom náklade

5.2.3.1 Rozsah škôd pri udalosti s požiarom

Rozsah škôd pre scenáre škôd pri požiaru sa určuje využitím kombinácie jednorozmerného vetracieho modelu a simulačného modelu evakuácie. Pre požiaru udalosť závislú od účasti vozidiel boli rýchlosti úniku požiarneho dymu a koncentrácie v závislosti od času a miesta v tuneli definované v rámci výpočtu odvetrávania.

Zohľadnené sú scenáre požiarov s 5 MW resp. s 30 MW (predpoklad: Požiar osobného vozidla \triangleq 5 MW resp. požiar nákladného vozidla \triangleq 30 MW; predpoklad predstavuje priemerné hodnoty). Pri scenároch so simuláciou evakuácie sa predpokladá, že nedôjde k žiadnej mimoriadnej výzvy k individuálnemu úniku a osoby začnú unikať až vtedy, ak na ich stanovište prenikne dym. Predpokladá sa, že 3 % postihnutých osôb zareaguje nesprávne a zostanú sedieť vo vozidle. Táto hodnota bola určená na základe skúseností (požiare v tuneloch v priebehu posledných rokov).

Pre simuláciu evakuácie bol použitý softvérový balík „building Exodus 4.0“, ktorý zohľadňuje účinky požiarneho dymu na základe Purserovho modelu FED (FED – Fractional Effective Dose). Je pritom zohľadnený vplyv nárastu teploty, HCN, CO, CO₂ nedostatok O₂. Výpočet sa realizuje pri zohľadnení kolektívu osôb, ktorý sa skladá z osôb s odlišnými individuálnymi vlastnosťami.

Použitím simulácie evakuácie je možné dobre odhadnúť účinky opatrení na vylepšenie bezpečnostných zariadení na celkové riziko v prípade požiaru, pretože umožňuje zachytiť a kvantitatívne zobrazit časový priebeh modelu.

Rozsah škôd pri požiari a/alebo nebezpečnom náklade je závislý od:

- vedenia premávky (jednosmerná alebo obojsmerná premávka),
- tunelového zariadenia,
- spôsobu vetrania,
- vzdialenosti medzi núdzovými východmi,
- dopravného zaťaženia,
- od toho, či udalosť nastane v čase dopravnej zápchy (zdržiavaný tok premávky, dĺžka zápchy je stanovená na 500 m).

Pri tuneloch s jednosmernou premávkou s pozdĺžnym vetraním možno pri priemerných dopravných podmienkach zanedbať vplyv dopravného zaťaženia, pretože v oblasti šírenia dymu sa nachádzajú osoby iba v prípade dopravnej zápchy.

5.2.3.2 Základné dáta vetracieho modelu

Pre odvetrávanie požiarného dymu v tuneli boli stanovené nasledujúce rámcové podmienky:

Tabuľka 18 Základné dáta pre výpočet vetrania v tuneli s jednosmernou premávkou

	Pozdĺžne vetranie	Priečne vetranie
Prierez dopravného priestoru	53,0 m ²	53,0 m ²
Obmedzenie maximálnej povolenej rýchlosti v tuneli	100 km/h	100 km/h
Pozdĺžny sklon	1,0 až 3,0 %	1,0 až 3,0 %
Požiarné zaťaženie	5 MW resp. 30 MW	5 MW resp. 30 MW
Detekčná doba	2 min	2 min
Doba odozvy systému	~ 4 min	~ 5 min
Pozdĺžna rýchlosť vzduchu	7,0 m/s	7,0 m/s
Požadovaná hodnota pozdĺžnej rýchlosti vzduchu	2,0 m/s	1,5 m/s
Uvoľňovanie požiarného dymu s maximálnou hodnotou	lineárne počas 5 min	lineárne počas 5 min
Požiarné zaťaženie s maximálnou hodnotou	lineárne počas 5 min	lineárne počas 5 min
Rýchlosť uvoľňovania pri požiari 5 MW:		
– tvorba CO ₂	0,65 kg/s	0,65 kg/s
– tvorba CO	0,018 kg/s	0,018 kg/s
– tvorba HCN	0,0045 kg/s	0,0045 kg/s
Rýchlosť uvoľňovania pri požiari 30 MW:		
– tvorba CO ₂	2,8 kg/s	2,8 kg/s
– tvorba CO	0,1089 kg/s	0,1089 kg/s
– tvorba HCN	0,027 kg/s	0,027 kg/s
Rozdiel tlakov medzi portálmi	100 Pa	100 Pa

Tabuľka 19 Základné dáta pre výpočet vetrania v tuneli s obojsmernou premávkou

	Pozdĺžne vetranie	Priečne vetranie
Prierez dopravného priestoru	53,0 m ²	53,0 m ²
Obmedzenie maximálnej povolenej rýchlosti v tuneli	80 km/h	80 km/h
Pozdĺžny sklon	1,0 až 3,0 %	1,0 až 3,0 %
Požiarné zaťaženie	5 MW resp. 30 MW	5 MW resp. 30 MW

Detekčná doba	1 min	1 min
Doba odozvy systému	~ 2 min	~ 3 min
Pozdĺžna rýchlosť vzduchu	1,0 m/s	1,0 m/s
Požadovaná hodnota pozdĺžnej rýchlosti vzduchu	1,0 m/s	1,5 m/s
Uvoľňovanie požiarneho dymu s maximálnou hodnotou	lineárne počas 5 min	lineárne počas 5 min
Požiarne zaťaženie s maximálnou hodnotou	lineárne počas 5 min	lineárne počas 5 min
Rýchlosť uvoľňovania pri požiari 5 MW: – tvorba CO ₂ – tvorba CO – tvorba HCN	0,65 kg/s 0,018 kg/s 0,0045 kg/s	0,65 kg/s 0,018 kg/s 0,0045 kg/s
Rýchlosť uvoľňovania pri požiari 30 MW: – tvorba CO ₂ – tvorba CO – Tvorba HCN	2,8 kg/s 0,1089 kg/s 0,027 kg/s	2,8 kg/s 0,1089 kg/s 0,027 kg/s
Rozdiel tlakov medzi portálmi	100 Pa	100 Pa

Uvedené hodnoty treba chápať ako charakteristické, priemerné situácie za podmienok v rakúskych cestných tuneloch. Pri každej aplikácii treba overiť, či uvedené základné dáta platia aj pre konkrétnu aplikáciu. Pri odchýlkach treba overiť relevantnosť možných účinkov. V zásade je pri analýze rizík tunela možné zohľadniť aj údaje, ktoré sa odchyľujú od týchto základných údajov (napr. na vyhodnotenie bezpečnostných opatrení, ktoré ovplyvňujú jeden z týchto faktorov – napríklad časový priebeh). V takom prípade je potrebné uskutočniť doplnkové simulačné výpočty.

5.2.3.3 Základné dáta evakuačného modelu

Simulácia evakuácie bola uskutočnená s nasledujúcimi rámcovými podmienkami:

Tabuľka 20 Ostatné rámcové podmienky

Osobné vozidlo	Dĺžka = 4,35 m / šírka = 1,70 m (hmotnosť auta strednej triedy)
Nákladné vozidlo resp. autobus	Dĺžka = 15,00 m / šírka = 2,50 m
Miera vyťaženia typu vozidla	Osobné vozidlo: 1,4 osôb Nákladné vozidlo: 1,0 osoba Autobus: 40,0 osôb
Vzdialenosť vozidiel, ktoré zastavili	2,50 m (zodpovedá 150 jednotkám osobného vozidla/1km)
Čas v ktorom je tunel uzavretý resp. svieti červená na svetelnej signalizácii v tuneli	3,5 min (zodpovedá maximálne detekčnej dobe 2,5 min + 1 min reakčná doba, kým je červená signalizácia zaregistrovaná)
Skladba dopravnej premávky	Podiel nákladných vozidiel: 20,0 % Podiel autobusov: 3,5 %

Miesto udalosti sa pri simulačných cykloch menili tak, aby sa nachádzalo striedavo priamo pred núdzovým východom alebo medzi dvomi núdzovými východmi; vypočítané výsledky rozsahu škôd sa aritmeticky priemerujú, aby sa získala reprezentatívna stredná hodnota pre všetky miesta.

Rozsah škôd pri udalosti s nebezpečným nákladom.

Pri škodových udalostiach s účasťou nebezpečného nákladu nie sú rozlišované príslušné látky, ale pri všetkých scenároch sa predpokladá priemerný rozsah škôd (veľmi zjednodušený prístup), ktorý sa orientuje podľa rozsahu škôd požiarnych scenárov pre požiare nákladných vozidiel.

Na rozdiel od požiaru sa však predpokladá, že vetranie je účinné iba čiastočne a že sú obeť aj na strane prívodu vzduchu (predpoklad: priemerná oblasť ohrozenia 25 m). Na strane prívodu vzduchu sa počet obetí orientuje podľa vypočítaného rozsahu škôd pri požiaru nákladného vozidla.

Špecifikovaný výskum nehôd s nebezpečným nákladom umožňuje rizikový model DG-QRA od PIARC/OECD.

5.3 Faktory vplyvu

Faktory vplyvu môžu byť v analýze rizík tunela zohľadnené nasledovne:

Tabuľka 21 Pôsobenie faktorov vplyvu na analýzu rizík tunela

Jednosmerná alebo obojsmerná premávka	Zachytenie rôznymi vetvami stromu udalostí; rôzne hodnoty pre počet nehôd, typy nehôd a účasť vozidiel ako aj rôzne rozsahy škôd (ovplyvnené početnosťou nehôd a intenzitou nehody).
Dĺžka tunela	Dĺžka tunela ovplyvňuje počet nehôd (dlhší tunel – menší počet nehôd: Možnosť zobrazenia pomocou zväčšujúceho alebo zmenšujúceho faktora); okrem toho je zohľadnená pri hodnotách rozsahu škôd pri požiaru (pozri vzdialenosť medzi núdzovými východmi).
Dopravné zaťaženie	Dopravné zaťaženie ovplyvňuje počet nehôd (väčšie dopravné zaťaženie – väčší počet nehôd: Možnosť zobrazenia pomocou zväčšujúceho alebo zmenšujúceho faktora), a mení rozsah škôd v prípade požiaru (viac osôb tuneli).
Podiel nákladných vozidiel	Podiel nákladných vozidiel ovplyvňuje rozsah škôd pri mechanickej udalosti a v prípade požiaru (zvýšenie požiarneho zaťaženia); podiel nákladných vozidiel ovplyvňuje početnosť scenárov škôd s účasťou nákladného vozidla a je preto započítaný pri účasti vozidiel.
Podiel prepravy nebezpečných nákladov v ťažkej preprave	Podiel prepravy nebezpečného nákladu ovplyvňuje početnosť nehôd s nebezpečným nákladom. V modeli sú vplyvy nebezpečného nákladu na rozsah škôd iba nepresne odhadnuté, pre presnejšiu analýzu je potrebné použiť model analýzy rizík OECD/PIARC.
Vetranie tunela	Šírenie a zloženie požiarneho dymu (model vetrania) je založené na simulácii evakuácie, ktorá slúži na zistenie rozsahu škody v prípade požiaru. Spôsob vetrania ako aj návrh ovplyvňuje rozsah škôd spôsobených požiarom v tuneli.
Tvorba dopravnej zápchy	Dopravné zápchy ovplyvňujú rozsah škôd v prípade požiaru (v tuneli je viac osôb); najmä v tuneloch s jednosmernou prevádzkou je účinkami požiaru postihnutých viac osôb. V analýze rizík tunela je možné zohľadniť najmä podiel priemerných dôb trvania dopravnej zápchy.

	<p>Ak nepôsobia na dopravný tok v tuneli žiadne vonkajšie vplyvy (napr. prepletové úseky, výjazd s nadväzujúcimi križovatkami a pod.), potom sa spravidla použije predpokladaná početnosť dopravných zápch 0,29 % prevádzkovej doby. Táto hodnota zohľadňuje tvorbu dopravných zápch v dôsledku porúch a nehôd v oblasti tunela.</p> <p>Ak na dopravný tok pôsobia vonkajšie vplyvy, ktoré by mohli viesť k dopravnej zápche, potom treba overiť v akej miere zvyšujú početnosť dopravných zápch.</p>
Vzdialenosť medzi núdzovými východmi	Dĺžka únikových ciest ovplyvňuje v prípade požiaru rozsah škôd; vplyv bol stanovený pre definované vzdialenosti medzi únikovými východmi (250 m, 500 m, žiadny únikový východ). Hodnoty pre vzdialenosti medzi týmito hodnotami je možné určiť interpoláciou.
Prídavné konfliktné body (prepletové úseky)	Prepletové úseky ovplyvňujú početnosť nehôd; možno ich zohľadniť cez koeficient zvýšenia hodnoty.
Pozdĺžny sklon pred tunelom	Pozdĺžny sklon v oblasti pred tunelom ovplyvňuje početnosť požiarov nákladných vozidiel spôsobených prehriatím motora resp. bŕzd. Zvýšená pravdepodobnosť požiarov môže byť zohľadnená koeficientom zvýšenia hodnoty.
Pozdĺžny sklon v tuneli	<p>Pozdĺžny sklon v tuneli môže ovplyvňovať rozsah škôd v prípade požiaru v dôsledku obmedzeného účinku vetrania. Treba overiť, či návrh vetrania v tejto situácii zodpovedá požiadavkám väčšieho pozdĺžneho sklonu. Ak má byť zohľadnený znížený účinok vetrania na rozsah škôd v prípade požiaru, potom treba uskutočniť doplnkové simulačné výpočty.</p> <p>Okrem toho je možné, že zväčšený pozdĺžny sklon ovplyvní počet nehôd (možno zohľadniť adaptačným faktorom); zmena počtu nehôd najmä pri nehodách s jednosmernou premávkou (typ nehody 1).</p>
Maximálna povolená rýchlosť jazdy	<p>Maximálna povolená rýchlosť má vplyv na rozsah škôd pri dopravných nehodách. Uvedené parametre sú zistené na základe reálnych údajov o dopravných nehodách a preto odrážajú reálne správanie vodičov.</p> <p>Hodnoty rozsahu mechanických škôd vychádzajú z nasledujúcich maximálnych povolených rýchlostí:</p> <ul style="list-style-type: none"> - tunel s jednosmernou premávkou: 100 km/h. - tunel s dvojsmernou premávkou: 80 km/h, <p>Odchýlky v rýchlosti možno zohľadniť adaptáciou rozsahu mechanických škôd.</p>
Časový priebeh „detekcia – vetranie uvedené do prevádzky – evakuácia“	Časový priebeh má vplyv na rozsah škôd. Model vychádza z parametrov časového priebehu "detekcia – vetranie uvedené do prevádzky - evakuácia" v zmysle rakúskej smernice (max. čas signalizácie poplachu 150 s). Pri odchýlkach rámcových podmienok od podmienok uvedených v bode je potrebné nanovo prepočítať rozsah škôd pri požiarnej udalostiach (výpočet vetrania + simulácia evakuácie).
Odstavný pruh	Tento faktor vplyvu ovplyvňuje početnosť nehôd a rozsah škôd, pretože umožňuje obchádzať vozidlo s poruchou (netvorí sa dopravné zápchy – v tuneli je menej vozidiel; nedochádza k

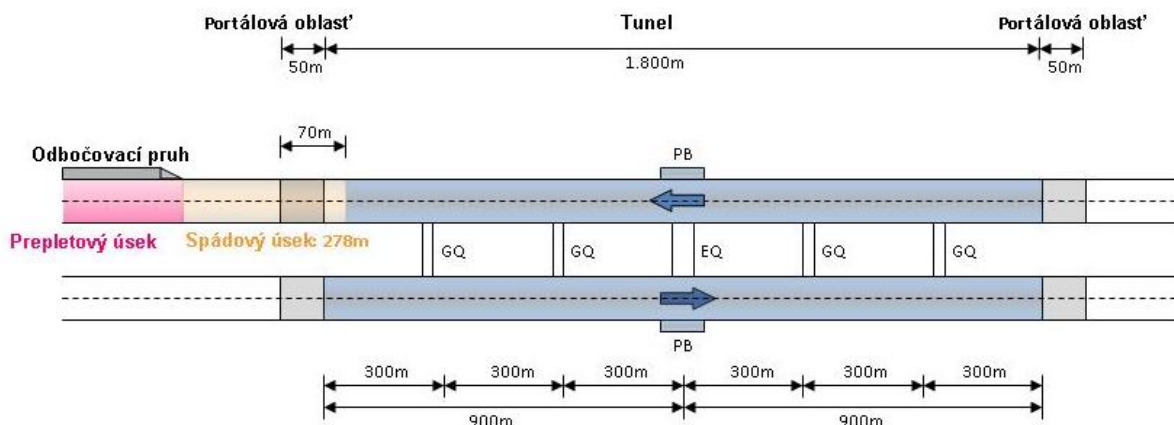
	nárazom zozadu do vozidla, ktoré stojí v tuneli).
Núdzové zálivy	Tento faktor vplyvu ovplyvňuje početnosť nehôd a rozsah škôd, pretože umožňuje obchádzať vozidlo s poruchou (netvorí sa dopravné zápchy – v tuneli je menej vozidiel; nedochádza k nárazom zozadu do vozidla, ktoré stojí v tuneli).
Počet jazdných pruhov	Model analýzy rizík platí pre jednosmernú a obojsmernú premávku v tuneli s dvomi jazdnými pruhmi. Dodatočný prieskum vplyvu zmeny počtu jazdných pruhov je v princípe možné uskutočniť; vyžaduje si to však doplnkové simulačné výpočty na zistenie rozsahu škôd pri požiari (účinnosť vetrania na zmenené hodnoty prierezu: Koncentrácia požiarnych plynov, rýchlosť šírenia).
Geometria prierezu	Model analýzy rizík je použiteľný pre tunel s klenbovým ako aj štvorcovým prierezom (prierezy podľa štandardných predpisov v zmysle RVS 09.01.22). Odchýlky od geometrie prierezu (napr. väčšia výška klenby) môže viesť k tomu, že na znázornenie vplyvov bude potrebné použiť trojrozmerný vetrací model (účinnosť vetrania pri zmene hodnôt prierezu: Koncentrácia požiarnych plynov, rýchlosť šírenia).
Trasovanie	Vplyvy zvýšenia pozdĺžneho sklonu sú zohľadnené v modeli (pozri hore). Parametre použité v modeli analýzy rizík pochádzajú z tunelov, ktoré majú priamu trasu. Odchýlky od tejto charakteristiky trasovania (napr. malé polomery zákruty) možno zohľadniť adaptáciou počtu nehôd.
Druh stavby	Model analýzy rizík sa vzťahuje na tunely v masívnom stavebnom vyhotovení. Vplyv zlyhania stavebného diela model nezohľadňuje.
Prístupový čas záchranných síl / vlastností prístupových ciest	Model analýzy rizík vychádza z toho, že cudzie záchranné jednotky sú nasadené až po uskutočnení individuálneho úniku. Vplyv záchrany externými jednotkami preto model nezohľadňuje.
Šírka jazdného pruhu	Model analýzy rizík vychádza z nasledujúcich rozmerov jazdných pruhov: Šírka jazdného pruhu: 3,50 m; vodiace pružky: 0,50 m Odchýlky v šírke jazdného pruhu možno zohľadniť úpravou počtu nehôd.
Topografické a meteorologické podmienky	Topografické a meteorologické podmienky treba zohľadniť pri dimenzovaní vetrania. Treba overiť, či návrh vetrania zodpovedá požiadavkám topografických a meteorologických podmienok. Ak má byť zohľadnený znížený účinok vetrania na rozsah škôd v prípade požiaru, potom treba uskutočniť doplnkové simulačné výpočty.

5.4 Príklad aplikácie

5.4.1 Vstupné údaje

- Dopravný systém: Jednosmerná doprava,
- Maximálna povolená rýchlosť v tuneli: 100 km/h,
- Dĺžka tunela: 1 800 m; LTU = 1,8 + 0,1 = 1,9 km,
- Vetrací systém: pozdĺžne vetranie,
- Dopravné zaťaženie: RPDI = 17 500 vozidiel/24h,
- Podiel osobných vozidiel: 80,0 %,
- Podiel nákladných vozidiel: 18,0 %,
- Podiel autobusov: 2,0 %,

- Podiel transportov nebezpečného nákladu na množstve nákladných vozidiel: 3,0 %,
- Početnosť dopravných zápch: 100 h/ročne = 1,14 % rokohodín,
- Vzdialenosť medzi núdzovými východmi: 300 m,
- Prepletové úseky: Výjazd bezprostredne za tunelom => spádový úsek prepletového úseku: = 70 m,
- Pozdĺžny sklon v tuneli: < 3 %.



Obrázok 4 Schéma vzorového tunela

5.4.2 Špecifická analýza nebezpečenstiev

5.4.2.1 Dopravné podklady

Špecifické parametre:	Charakteristika vzorového tunela	Analýza
Charakteristické dopravné údaje (skutočné hodnoty, prognóza):		
Priemerné dopravné zaťaženie	RPDI: 17 500 vozidiel/d	Žiadne zvláštnosti v počte účastníkov premávky (výkonnosť 4-pruhových diaľnic nie je zďaleka dosiahnutá).
Podiel ťažkej prepravy	18 %	Prekročenie referenčnej hodnoty 15 % v zmysle smernice ES.
Podiel autobusov	2 %	Žiadne zvláštnosti; hodnota je zohľadnená v analýze rizík.
Podiel prepravy nebezpečných nákladov; Zvláštnosti	3,0 %; žiadne zvláštnosti prepravy nebezpečných nákladov	Žiadne zvláštnosti; hodnota je zohľadnená v analýze rizík.
Prípustná maximálna rýchlosť	100 km/h	Žiadne zvláštnosti; hodnota je zohľadnená v analýze rizík; zodpovedá odporúčaniam PIARC.
Dopravné špičky	žiadne zvláštnosti	
Početnosť dopravných zápch	Priemerne 100 hodín/ročne	Zvýšená početnosť zápch; hodnota je zohľadnená v analýze rizík.

5.4.2.2 Smerové a výškové vedenie trasy

Špecifické parametre:	Charakteristika vzorového tunela	Analýza
Dĺžka tunela	1 800 m	Žiadne zvláštnosti; hodnota je zohľadnená v analýze rizík.

Smerové vedenie trasy	Min. R = 1000 m	Žiadne zvláštnosti; žiadny vplyv na bezpečnosť tunela.
Výškové vedenie trasy v tuneli	Max. pozdĺžny sklon: 1,5 %	Žiadne zvláštnosti; žiadny vplyv na bezpečnosť tunela.
Výškové vedenie trasy pred / za tunelom	Max. pozdĺžny sklon pred/za tunelom: 3 %	Žiadne zvláštnosti; žiadny vplyv na bezpečnosť tunela.
Počet jazdných pruhov pred / za tunelom	2 pruhy na smer jazdy; žiadne zmeny počtu	Žiadne zvláštnosti; žiadny vplyv na bezpečnosť tunela.

5.4.2.3 Stavebné riešenie tunela

Špecifické parametre:	Charakteristika vzorového tunela	Analýza
Technológia výstavby	NRTM	Žiadne zvláštnosti; žiadny vplyv na bezpečnosť tunela.
Počet tunelových rúr	2 tunelové rúry; režim s jednosmernou dopravou	Žiadne zvláštnosti; je zohľadnený v analýze rizík.
Počet a šírka jazdných pruhov v tuneli	2 jazdné pruhy na smer jazdy; so šírkou 3,50 m	Žiadne zvláštnosti; žiadny vplyv na bezpečnosť tunela.
Núdzové zálivy	1 núdzový záliv v strede tunela; vzdialenosť od portálov vždy 900 m	Zodpovedá bezpečnostno-technickým požiadavkám.
Núdzový peší chodník	Zvýšený peší chodník na oboch stranách; šírka 0,90 m	Zodpovedá bezpečnostno-technickým požiadavkám.
Únikové cesty, núdzové východy	4 priechodné prepojenia, 1 prepojenie prejazdné pre záchranné sily; vzdialenosť 300 m	Zodpovedá bezpečnostno-technickým požiadavkám; hodnota je zohľadnená v analýze rizík.
Prepojenia prejazdné pre záchranné sily	1 prepojenie prejazdné pre záchranné sily v strede tunela, vzdialenosť od portálov vždy 900 m	Zodpovedá bezpečnostno-technickým požiadavkám.
Drenážny systém	Štrbinové žľaby	Zodpovedá bezpečnostno-technickým požiadavkám.

5.4.2.4 Technologické vybavenie tunela

Špecifické parametre:	Charakteristika vzorového tunela	Analýza
Vetrací systém	Pozdĺžne vetranie pomocou prúdových ventilátorov	Zodpovedá bezpečnostno-technickým požiadavkám; je zohľadnený v analýze rizík.
Osvetlenie	Údaje podľa návrhových hodnôt	Kvalitatívne posúdenie; bez zohľadnenia kvantitatívnej analýzy rizík
Stanica núdzového volania	Údaje týkajúce sa vzdialenosti a vybavenia	Kvalitatívne posúdenie; bez zohľadnenia kvantitatívnej analýzy rizík.
Monitorovacie systémy	Údaje podľa návrhových hodnôt	Kvalitatívne posúdenie; bez zohľadnenia kvantitatívnej analýzy rizík.
Detekcia požiaru	Údaje podľa návrhových hodnôt	Kvalitatívne posúdenie; bez zohľadnenia kvantitatívnej analýzy rizík.
Požiarňa voda	Údaje podľa návrhových hodnôt	Kvalitatívne posúdenie; bez zohľadnenia kvantitatívnej analýzy rizík.
Komunikačné systémy	Údaje podľa návrhových hodnôt	Kvalitatívne posúdenie; bez zohľadnenia kvantitatívnej analýzy rizík.
Označenie únikových ciest	Údaje podľa návrhových hodnôt	Kvalitatívne posúdenie; bez zohľadnenia kvantitatívnej analýzy rizík.

Rádiové zariadenie, možnosť hlásenia v rozhlase	Údaje podľa návrhových hodnôt	Kvalitatívne posúdenie; bez zohľadnenia kvantitatívnej analýzy rizík.
Vybavenie pre uzavretie tunela	Údaje podľa návrhových hodnôt	Kvalitatívne posúdenie; bez zohľadnenia kvantitatívnej analýzy rizík.
Dodávka elektrického prúdu	Údaje podľa návrhových hodnôt	Kvalitatívne posúdenie; bez zohľadnenia kvantitatívnej analýzy rizík.
Monitorovanie tunelu	Údaje podľa návrhových hodnôt	Kvalitatívne posúdenie; bez zohľadnenia kvantitatívnej analýzy rizík.

5.4.3 Analýza stromu udalostí

5.4.3.1 Analýza početnosti

A1 a A2: Počet porúch a nehôd

A1	3,5000	porúch/1 mil. voz. km
----	--------	-----------------------

	0,0360	NPO/1 mil. voz. km		
			f_{TL}	0,7958
			f_{VF}	1,0184
A2:	0,0292	NPO ¹⁾ /1 mil. voz. Km		
¹⁾ nehody so zranenými osobami				

Korekčný faktor dĺžky tunela: $f_{TL} = 0.56 * (1 + (L_{TU} - 0,2)) / L_{TU}$

Korekčný faktor prepletových úsekov: $f_{VF} = ((2L_{TU} - \Sigma V) + 2\Sigma V) / 2L_{TU}$
s $L_{TU} = 1,9$ km

$$\Sigma V = 0,07 \text{ km}$$

B1 a B2: Porucha s následnou udalosťou

B1	99,944 %	3,4980	NPO/1 mil. voz. km
B2	0,056 %	0,0020	NPO/1 mil. voz. km

B3 až B5: Rozčlenenie typov nehôd

B3	40 %	0,0117	NPO/1 mil. voz. km
B4	59 %	0,0153	NPO/1 mil. voz. Km (redukované o poruchu s nasledovnou nehodou B2)
B5	1 %	0,0003	NPO/1 mil. voz. km

C1 až C3: Účasť vozidiel pri poruchách

	Základná hodnota P	P pri zmenenej skladbe motorových vozidiel		
C1	75,7 %	79,37 %	2,7780	udalostí/1 mil. voz. km
C2	20,9 %	18,62 %	0,6518	udalostí/1 mil. voz. km
C3	3,4 %	1,94 %	0,0680	udalostí/1 mil. voz. km

C4 až C6: Účasť vozidiel pri nárazoch po poruche

	Základná hodnota P	P pri zmenenej skladbe motorových vozidiel		
C4	63,6 %	70,10 %	0,0014	udalostí/1 mil. voz. km
C5	34,4 %	31,85 %	0,0006	udalostí/1 mil. voz. km
C6	2,0 %	1,15 %	0,0000	udalostí/1 mil. voz. km

C7 až C15: Účasť vozidiel na nehodách

Dopravná nehoda jedného vozidla:

	Základná hodnota P	P pri zmenenej skladbe motorových vozidiel		
C7	90,6 %	94,75 %	0,0111	udalostí/1 mil. voz. km
C8	9,3 %	8,37 %	0,0010	udalostí/1 mil. voz. km
C9	0,1 %	0,06 %	0,0000	udalostí/1 mil. voz. km

Nehody v jednosmernej premávke:

	Základná hodnota P	P pri zmenenej skladbe motorových vozidiel		
C10	63,6 %	70,10 %	0,0107	udalostí/1 mil. voz. km
C11	34,4 %	31,85 %	0,0049	udalostí/1 mil. voz. km
C12	2,0 %	1,15 %	0,0002	udalostí/1 mil. voz. km

Nehody v obojsmernej premávke:

	Základná hodnota P	P pri zmenenej skladbe motorových vozidiel		
C13	37,7 %	41,55 %	0,0001	udalostí/1 mil. voz. km
C14	59,0 %	54,63 %	0,0002	udalostí/1 mil. voz. km
C15	3,3 %	1,90 %	0,0000	udalostí/1 mil. voz. km

D1 až D6: Požiar ako následok poruchy

D1	98,81 %	2,7449	udalostí/1 mil. voz. km
D2	1,19 %	0,0331	udalostí/1 mil. voz. km
D3	98,81 %	0,6441	udalostí/1 mil. voz. km
D4	1,19 %	0,0078	udalostí/1 mil. voz. km
D5	98,81 %	0,0672	udalostí/1 mil. voz. km
D6	1,19 %	0,0008	udalostí/1 mil. voz. km

D7 až D30: Požiare ako následok nehody

D7	99,5 %	0,0014	udalostí/1 mil. voz. km
D8	0,5 %	0,0000	udalostí/1 mil. voz. km
D9	99,5 %	0,0006	udalostí/1 mil. voz. km
D10	0,5 %	0,0000	udalostí/1 mil. voz. km
D11	99,5 %	0,0000	udalostí/1 mil. voz. km
D12	0,5 %	0,0000	udalostí/1 mil. voz. km
D13	97,7 %	0,0108	udalostí/1 mil. voz. km
D14	2,3 %	0,0003	udalostí/1 mil. voz. km
D15	97,7 %	0,0010	udalostí/1 mil. voz. km
D16	2,3 %	0,0000	udalostí/1 mil. voz. km
D17	97,7 %	0,0000	udalostí/1 mil. voz. km
D18	2,3 %	0,0000	udalostí/1 mil. voz. km
D19	99,5 %	0,0106	udalostí/1 mil. voz. km
D20	0,5 %	0,0001	udalostí/1 mil. voz. km
D21	99,5 %	0,0048	udalostí/1 mil. voz. km
D22	0,5 %	0,0000	udalostí/1 mil. voz. km
D23	99,5 %	0,0002	udalostí/1 mil. voz. km
D24	0,5 %	0,0000	udalostí/1 mil. voz. km
D25	95,1 %	0,0001	udalostí/1 mil. voz. km
D26	4,9 %	0,0000	udalostí/1 mil. voz. km
D27	95,1 %	0,0002	udalostí/1 mil. voz. km
D28	4,9 %	0,0000	udalostí/1 mil. voz. km
D29	95,1 %	0,0000	udalostí/1 mil. voz. km
D30	4,9 %	0,0000	udalostí/1 mil. voz. km

E1 až E18: Účasť prepravy nebezpečných nákladov na udalosti

E1	98,875%	0,0077	udalostí/1 mil. voz. km
E2	1,125 %	0,0001	udalostí/1 mil. voz. km
E3	99,940 %	0,0006	udalostí/1 mil. voz. km
E4	0,060 %	0,0000	udalostí/1 mil. voz. km
E5	98,875%	0,0000	udalostí/1 mil. voz. km
E6	1,125 %	0,0000	udalostí/1 mil. voz. km
E7	99,940 %	0,0010	udalostí/1 mil. voz. km
E8	0,060 %	0,0000	udalostí/1 mil. voz. km
E9	98,875%	0,0000	udalostí/1 mil. voz. km
E10	1,125 %	0,0000	udalostí/1 mil. voz. km
E11	99,940 %	0,0048	udalostí/1 mil. voz. km
E12	0,060 %	0,0000	udalostí/1 mil. voz. km
E13	98,875%	0,0000	udalostí/1 mil. voz. km
E14	1,125 %	0,0000	udalostí/1 mil. voz. km
E15	99,940 %	0,0002	udalostí/1 mil. voz. km
E16	0,060 %	0,0000	udalostí/1 mil. voz. km
E17	98,875%	0,0000	udalostí/1 mil. voz. km
E18	1,125 %	0,0000	udalostí/1 mil. voz. km

F1 až F6: Ohrozenie osôb pri požiari ako následku poruchy

F1	95,0 %	0,0314	udalostí/1 mil. voz. km
F2	5,0 %	0,0017	udalostí/1 mil. voz. km
F3	5,0 %	0,0004	udalostí/1 mil. voz. km
F4	95,0 %	0,0073	udalostí/1 mil. voz. km
F5	5,0 %	0,0000	udalostí/1 mil. voz. km
F6	95,0 %	0,0008	udalostí/1 mil. voz. km

5.4.3.2 Analýza rozsahu škôd

Na určenie rozsahu škôd pri požiaroch sú prevzaté údaje z tabuľky 10 (dĺžka tunela: 1,5 km, pozdĺžne vetranie, hodnoty pre núdzové východy sú určené interpoláciou).

		Rozsah škôd SA
S P1	Požiar osobného vozidla v dôsledku poruchy s ohrozením osôb	0,0247
S P2	Požiar nákladného vozidla v dôsledku poruchy s ohrozením osôb	0,1064
S P3	Požiar nákladného vozidla s nebezpečným nákladom v dôsledku poruchy s ohrozením osôb	0,3269
S P4	Požiar autobusu v dôsledku poruchy s ohrozením osôb	0,1653
S U1	Náraz osobného vozidla zozadu	0,0267
S U2	Náraz osobného vozidla zozadu s následným požiarom	0,0514
S U3	Náraz nákladného vozidla zozadu	0,2483
S U4	Náraz nákladného vozidla zozadu s únikom nebezpečného nákladu	0,4687
S U5	Náraz nákladného vozidla zozadu s následným požiarom	0,3547
S U6	Náraz nákladného vozidla zozadu s následným požiarom a s účasťou nebezpečného nákladu	0,5752
S U7	Náraz autobusu zozadu	0,267
S U8	Náraz autobusu zozadu s následným požiarom	0,4323
S U9	Dopravná nehoda jedného osobného vozidla	0,4673
S U10	Dopravná nehoda jedného osobného vozidla s následným požiarom	0,4920
S U11	Dopravná nehoda jedného nákladného vozidla	0,2216
S U12	Dopravná nehoda jedného nákladného vozidla s únikom nebezpečného nákladu	0,4420
S U13	Dopravná nehoda jedného nákladného vozidla s následným požiarom	0,3280
S U14	Dopravná nehoda jedného nákladného vozidla s následným požiarom a s účasťou nebezpečného nákladu	0,5485
S U15	Dopravná nehoda jedného autobusu	0,2670
S U16	Dopravná nehoda jedného autobusu s následným požiarom	0,4323
S U17	Nehoda osobného vozidla v jednosmernej premávke	0,0267
S U18	Nehoda osobného vozidla v jednosmernej premávke s následným požiarom	0,0514
S U19	Nehoda nákladného vozidla v jednosmernej premávke	0,2483
S U20	Nehoda nákladného vozidla v jednosmernej premávke s únikom nebezpečného nákladu	0,4687
S U21	Nehoda nákladného vozidla v jednosmernej premávke s následným požiarom	0,3547
S U22	Nehoda nákladného vozidla v jednosmernej premávke s následným požiarom a účasťou prepravy nebezpečného nákladu	0,5752
S U23	Nehoda autobusu v jednosmernej premávke	0,2670

S U24	Nehoda autobusu v jednosmernej premávke s následným požiarom	0,4323
S U25	Nehoda osobného vozidla v obojsmernej premávke	0,6675
S U26	Nehoda osobného vozidla v obojsmernej premávke s následným požiarom	0,6922
S U27	Nehoda nákladného vozidla v obojsmernej premávke	1,1454
S U28	Nehoda nákladného vozidla v obojsmernej premávke s únikom nebezpečného nákladu	1,3658
S U29	Nehoda nákladného vozidla v obojsmernej premávke s následným požiarom	1,2518
S U30	Nehoda nákladného vozidla v obojsmernej premávke s následným požiarom a účasťou prepravy nebezpečného nákladu	1,4723
S U31	Nehoda autobusu v obojsmernej premávke	2,0025
S U32	Nehoda autobusu v obojsmernej premávke s následným požiarom	2,1678

Napr. dopravná nehoda jedného nákladného vozidla s následným požiarom: $S U13 = SA_{\text{mech}} + SA_{\text{Brand}} + SA_{\text{Brand,Stau}} \cdot p_{\text{Stau}} = 0,2216 + 0 + 9,336 \cdot 1,14/100 = 0,3280$

5.4.3.3 Výpočet rizika

Riziko jednotlivého scenára je výsledkom súčinu početnosti a príslušného rozsahu škôd:

Početnosť		Rozsah škôd		Riziko
F2	0,0017	S P1	0,0247	0,0000
F3	0,0004	S P2	0,1064	0,0000
E2	0,0001	S P3	0,3269	0,0000
F5	0,0000	S P4	0,1653	0,0000
D7	0,0014	S U1	0,0267	0,0000
D8	0,0000	S U2	0,0514	0,0000
E3	0,0006	S U3	0,2483	0,0001
E4	0,0000	S U4	0,4687	0,0000
E5	0,0000	S U5	0,3547	0,0000
E6	0,0000	S U6	0,5752	0,0000
D11	0,0000	S U7	0,2670	0,0000
D12	0,0000	S U8	0,4323	0,0000
D13	0,0108	S U9	0,4673	0,0050
D14	0,0003	S U10	0,4920	0,0001
E7	0,0010	S U11	0,2216	0,0002
E8	0,0000	S U12	0,4420	0,0000
E9	0,0000	S U13	0,3280	0,0000
E10	0,0000	S U14	0,5485	0,0000
D17	0,0000	S U15	0,2670	0,0000
D18	0,0000	S U16	0,4323	0,0000
D19	0,0106	S U17	0,0267	0,0003
D20	0,0001	S U18	0,0514	0,0000

E11	0,0048	S U19	0,2483	0,0012
E12	0,0000	S U20	0,4687	0,0000
E13	0,0000	S U21	0,3547	0,0000
E14	0,0000	S U22	0,5752	0,0000
D23	0,0002	S U23	0,2670	0,0001
D24	0,0000	S U24	0,4323	0,0000
D25	0,0001	S U25	0,6675	0,0001
D26	0,0000	S U26	0,6922	0,0000
E15	0,0002	S U27	1,1454	0,0002
E16	0,0000	S U28	1,3658	0,0000
E17	0,0000	S U29	1,2518	0,0000
E18	0,0000	S U30	1,4723	0,0000
D29	0,0000	S U31	2,0025	0,0000
D30	0,0000	S U32	2,1678	0,0000
				0,0075

Výsledkom sčítania rizík všetkých scenárov je špecifické riziko pre tunel na 1 mil. voz. km; prispôbením k dĺžke tunela, k hodnote RPDI a k počtu dní prevádzky v roku možno zistiť ročnú štatistickú hodnotu rizika:

$0,0075 * L_{TU} * RPDI * \text{počet dní prevádzky/rok} = 0,0075 * 1,90 * 17.500 * 365 / 1000000 = 0,0910$
štatisticky očakávaná hodnota počtu obetí/ročne.

POZNÁMKA - Na základe čiastočne veľmi nízkych hodnôt početnosti, ktoré je potrebné vynásobiť veľkou hodnotou rozsahu škôd vzniká pri zaokrúhľovaní zodpovedajúco veľká chyba. Preto odporúčame použiť elektronické výpočtové programy (napr. Excel), výpočet treba realizovať s presnosťou aspoň na 7 desatinných miest.