

Analýza vybraných rizik v oblasti dopravy

Bc. Monika Věrná

Bakalářská práce
2015



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta logistiky a krizového řízení

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta logistiky a krizového řízení

Ústav krizového řízení

akademický rok: 2014/2015

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Monika Věrná**
Osobní číslo: **L12480**
Studijní program: **B3909 Procesní inženýrství**
Studijní obor: **Ovládání rizik**
Forma studia: **prezenční**

Téma práce: **Analýza vybraných rizik v oblasti dopravy**

Zásady pro vypracování:

1. **Soustředte informační zdroje, proveďte jejich rešerši a zpracujte teoretickou část zabývající se problematikou analýzy rizik v oblasti dopravy.**
2. **Popište současný stav řešené problematiky v oblasti dopravy, identifikujte rizika a vypracujte jejich analýzu s využitím odpovídajících metod.**
3. **Formulujte návrhy opatření ke snížení rizik v oblasti dopravy.**
4. **Zhodnoťte přínos navržených opatření.**

Rozsah bakalářské práce:

Rozsah příloh:

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

[1] PŘIBYL, Pavel, JANOTA, Aleš a Juraj, SPALEK. Analýza a řízení rizik v dopravě: tunely na pozemních komunikacích a železnici. 1. vyd. Praha: BEN – technická literatura, 2008, 528 s. ISBN 978-80-7300-214-5.

[2] SIKOROVÁ, Kateřina a Aleš, BERNATÍK. Analýza a hodnocení rizik při dopravě nebezpečných látek. 1. vyd. Ostrava: Vysoká škola báňská technická univerzita Ostrava, 2014, 85 s. ISBN 978-80-248-3492-4.

[3] PŘIBYL, Pavel a Ladislav, STÁREK. Technické podmínky: „Bezpečnost v tunelech pozemních komunikací“. Praha: Eltodo, a.s., 2010, 87 s. ISBN 978-80-254-7953-7.

Další odborná literatura dle doporučení vedoucího bakalářské práce.

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Miroslav Musil, Ph.D.

Ústav ochrany obyvatelstva

Datum zadání bakalářské práce:

6. února 2015

Termín odevzdání bakalářské práce:

16. května 2015

V Uherském Hradišti dne 20. února 2015

doc. RNDr. Jiří Dostál, CSc.
děkan



Ing. et Ing. Jiří Konečný, Ph.D.
ředitel ústavu

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby;
- beru na vědomí, že bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k prezenčnímu nahlédnutí, že jeden výtisk bakalářské práce bude uložen v příruční knihovně Fakulty logistiky a krizového řízení Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3;
- beru na vědomí, že podle § 60 odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60 odst. 2 a 3 autorského zákona mohu užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen připouští-li tak licenční smlouva uzavřená mezi mnou a Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně s tím, že vyrovnání případného přiměřeného příspěvku na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše) bude rovněž předmětem této licenční smlouvy;
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Prohlašuji,

- že jsem na bakalářské práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků budu uveden jako spoluautor.
- že odevzdaná verze bakalářské práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

V Uherském Hradišti


.....
podpis studenta

ABSTRAKT

Bakalářská práce se zabývá Analýzou vybraných rizik v oblasti dopravy, kdy se zaměří na problematiku Pisáreckého tunelu. Teoretická část je zaměřena na dopravu, terminologii týkající se tunelů a jejich bezpečnosti, popisuje mezinárodní standardy tunelů silniční dopravy a možná rizika v tunelech. Praktická část obsahuje popis Pisáreckého tunelu, aplikované bezpečnostní prvky v tunelu. Následně obsahuje SWOT analýzu, FTA analýzu a analýzu zranitelnosti za pomoci softwaru Riskan.

Klíčová slova: doprava, silniční tunely, dopravní rizika, Pisárecký tunel, bezpečnost

ABSTRACT

Thesis deals analysis of selected risk of transport, focusing on the themes Pisárky tunnel. The theoretical part is focused on transport, terminology concerning tunnels and their safety, describes the international standards of road tunnels and possible risks in tunnels. The practical part contains a description of Pisárky tunnel, security elements which are applied in the tunnel. Subsequently contains SWOT analysis, FTA analysis and vulnerability analysis with the aid of software Riskan.

Keywords: Transport, Road Tunnels, Risk of Transport, Pisárecký tunnel, Safety

Poděkování v této práci patří Brněnským komunikacím, a. s. za spolupráci a ochotné poskytnutí informací k vypracování mé bakalářské práce. Zvláštní poděkování patří vedoucímu bakalářské práce Ing. Miroslavu Musilovi, Ph.D. za vstřícný přístup, cenné rady a připomínky při řešení mé bakalářské práce a všem co mě podporovali.

Prohlašuji, že odevzdaná verze bakalářské práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

OBSAH

ÚVOD	9
I TEORETICKÁ ČÁST	10
1 DOPRAVA	11
1.1 SILNIČNÍ DOPRAVA.....	12
1.1.1 Liniové stavby.....	12
1.1.2 Tunely v dopravě.....	13
1.2 ŽELEZNIČNÍ DOPRAVA.....	14
1.3 LETECKÁ DOPRAVA.....	14
1.4 VODNÍ DOPRAVA.....	15
1.5 POTRUBNÍ DOPRAVA.....	15
1.6 KOMBINOVANÁ DOPRAVA.....	15
2 BEZPEČNOSTNÍ TERMINOLOGIE A STANDARDY	16
2.1 BEZPEČNOSTNÍ TERMINOLOGIE.....	16
2.2 TERMINOLOGIE Z OBLASTI STAVEBNÍHO ŘEŠENÍ TUNELŮ.....	16
2.3 STANDARDY.....	17
2.3.1 Směrnice Evropského parlamentu a rady na minimální bezpečnostní požadavky trans-evropské silniční sítě.....	18
2.3.2 Národní standardy.....	19
3 SILNIČNÍ TUNELY	20
3.1 DĚLENÍ SILNIČNÍCH TUNELŮ.....	21
3.2 DOPRAVNÍ STAVY TUNELŮ.....	22
3.3 DOPRAVNÍ ZNAČENÍ A DOPRAVNÍ ZAŘÍZENÍ.....	23
4 RIZIKA V SILNIČNÍ DOPRAVĚ	26
4.1 BEZPEČNOST DOPRAVY.....	26
4.2 AKCEPTOVÁNÍ RIZIKA.....	27
4.3 TYPY UDÁLOSTÍ.....	28
5 CÍL A METODY ZPRACOVÁNÍ	30
5.1 CÍL.....	30
5.2 METODY ANALÝZY RIZIK.....	30
5.3 IDENTIFIKACE RIZIKOVÝCH FAKTORŮ.....	31
5.4 METODY VYUŽÍVANÉ PŘI BAKALÁŘSKÉ PRÁCI.....	31
II PRAKTICKÁ ČÁST	34
6 PISÁRECKÝ TUNEL	35
6.1 STAVBA TUNELU.....	37
6.2 VYBAVENÍ TUNELU.....	38
6.3 STATISTIKA.....	39
7 ANALÝZA RIZIK	42

7.1	IDENTIFIKACE RIZIK	42
7.2	SWOT ANALÝZA	43
7.3	FTA - ANALÝZA STROMU PORUCH	49
7.4	PROGRAM RISKAN.....	51
8	NÁVRHY ŘEŠENÍ.....	54
9	ZHODNOCENÍ PŘÍNOSU NAVRŽENÝCH OPATŘENÍ	56
	ZÁVĚR	57
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	58
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	61
	SEZNAM OBRÁZKŮ	62
	SEZNAM TABULEK.....	63
	SEZNAM PŘÍLOH.....	64

ÚVOD

Silniční doprava je velmi rozšířenou dopravou po celém světě. S rostoucím počtem motorových vozidel na pozemních komunikacích vzrůstá i možnost výskytu rizik. Snad každý jsme se setkali při cestě do práce či do školy s dopravní nehodou, ať již jako účastník, nebo jako přihlížející. Dopravní nehoda je jedním z možných rizik vyskytujících se v silniční dopravě. Ale s dopravní nehodou mohou souviset i další rizika, jako únik provozních kapalin a následného požáru. Ale je to jenom příklad z mnoha a mnoha rizik, které se mohou při dopravě vyskytnout. Jelikož je rizik takové množství, proto je bakalářská práce zaměřena na jednu konkrétní oblast, a to rizika vyskytující se v Pisáreckém tunelu. V tomto tunelu je opravdu velký provoz a i když nepatří mezi nejstarší tunely, má mnoho nedostatků, ze kterých mohou vznikat možná rizika. Jelikož je Pisárecký tunel v neustálé rekonstrukci a je zde částečně omezen provoz i to může způsobovat nárůst možných rizik.

Důvod volby právě tohoto tématu, je skutečnost, že bezpečnost na pozemních komunikacích, konkrétně v tunelech, je velmi aktuálním a diskutovaným tématem. V dnešní době se bezpečnost v tunelech zvyšuje, rozšiřují se bezpečnostní prvky a možné únikové cesty tunelů. Právě Pisárecký tunel, i když se průběžně rekonstruuje a doplňuje potřebné vybavení, stále ještě nepatří mezi tunely, které splňují předepsané normy.

Bakalářská práce je rozdělena na část teoretickou a praktickou. Teoretická část je rozdělena celkem do pěti kapitol. První kapitola popisuje dopravu, její rozdělení a liniové stavby. Další kapitola věnuje pozornost terminologii týkající se tunelů a jejich bezpečnosti a následně standardům pro stavbu a vybavení tunelů. Následující kapitola je zaměřena na silniční tunely, jejich dělení, stavy a také dopravní značení a vybavení tunelů. Čtvrtá kapitola se věnuje rizikům v silniční dopravě a typům událostí. Poslední kapitola je zaměřena na cíl a metody zpracování bakalářské práce.

Praktická část je rozdělena do čtyř kapitol. První kapitola popisuje stavbu Pisáreckého tunelu a jeho vybavení. Další kapitola, s názvem Analýza rizik, obsahuje tři analýzy a to SWOT analýzu, FTA analýzu a analýzu zranitelnosti zpracovanou v programu Riskan. Třetí kapitola této bakalářské práce se věnuje návrhům řešení pro zmírnění rizik vyskytujících se v tunelu. A poslední kapitola této části se věnuje zhodnocení přínosu těchto opatření.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 DOPRAVA

Bakalářská práce nese název Analýza vybraných rizik v dopravě. Konkrétní zaměření je Analýza rizik v Pisáreckém tunelu. Aby bylo možné se zabývat analýzou rizik v tomto tunelu, nejprve je třeba definovat co je to doprava, její rozdělení a co jsou to liniové stavby, čímž se tato kapitola zabývá.

„**Doprava** je záměrné a organizované přemísťování věcí a osob uskutečňované dopravními prostředky po dopravních cestách.“ Doprava se rozděluje na dopravu nákladů, osob a zpráv. Dopravou se též rozumí činnost, která propojuje všechny funkční složky na daném území a uskutečňuje se za pomoci dopravní infrastruktury.

Doprava se datuje od vzniku samotného lidstva, kdy lidé se sami potřebovali přemísťovat. Doprava se vyvíjela od nejjednodušší přepravy nákladů až po současnou přepravu osob a nákladů, která je relativně komfortní a rychlá. Doprava nevyrábí žádný produkt, naopak sama spotřebovává energii, kterou potřebuje pro přesun, ale lidstvo je na funkční dopravě závislé, protože je podmínkou pro existenci a rozvoj společnosti. V závislosti na výkonnosti a rychlosti dopravy, spotřeby energie a její vliv na životní prostředí se rozvíjí společnost a území. [7]

Doprava se dělí na:

- silniční dopravu,
- železniční dopravu,
- leteckou dopravu,
- vodní dopravu,
- potrubní dopravu a
- kombinovanou dopravu.

Bakalářská práce se bude dále věnovat pouze silniční dopravě, ostatní druhy dopravy jenom definuje.

Dopravní infrastruktura obsahuje dopravní cesty, dopravní zařízení a dopravní prostředky a má významnou roli mezi veřejnou infrastrukturou, protože má velké prostorové a investiční nároky. [7]

1.1 Silniční doprava

Dle zákona o silniční dopravě je **silniční doprava**: „souhrn činností, jimiž se zajišťuje přeprava osob (linková osobní doprava, kyvadlová doprava, příležitostná osobní doprava, taxislužba), zvířat a věcí (nákladní doprava) vozidly, jakož i přemísťování vozidel samých po dálnicích, silnicích, místních komunikacích a veřejně přístupných účelových komunikacích a volném terénu.“ [8]

Silniční doprava se rozděluje dle potřeby na vlastní a cizí. Pro vlastní potřeby zajišťuje podnikatelskou činnost, k níž je osoba, která provozuje silniční dopravu, oprávněna. Při dopravě pro cizí potřeby vzniká závazkový vztah (předmětem tohoto vztahu je přeprava osob, zvířat nebo věcí) mezi provozovatelem silniční dopravy a osobou, která je přepravována. [8]

Silniční doprava je dále rozdělována na dopravu vnitrostátní a mezinárodní. Vnitrostátní dopravou je myšlena doprava, kdy výchozí a cílové místo a celá dopravní cesta se nachází na území jednoho státu. Mezinárodní dopravou je doprava, u které místo výchozí leží na území jiného státu než místo cílové, nebo místo výchozí a cílové leží na území jednoho státu, ale část dopravní cesty prochází na území státu jiného. [8]

1.1.1 Liniové stavby

Liniovou stavbou se rozumí stavba, u které významně převládá jeden rozměr, např. délka nad šířkou a výškou. Příkladem liniové stavby je pozemní komunikace, dráha aj. [9]

Dle zákona o pozemních komunikacích se **pozemní komunikací** rozumí pozemní cesta, která je určená k užívání silničními a jinými vozidly i chodci, včetně pevných zařízení, které jsou nutné pro zabezpečení tohoto užití a jeho bezpečnosti. Pozemní komunikace jsou rozděleny na dálnice, silnice, místní komunikace a účelové komunikace.

Zákon o pozemních komunikacích definuje **dálnice** jako pozemní komunikaci určenou pro rychlou dálkovou a mezistátní dopravu silničními motorovými vozidly. Dálnice je budována bez úrovnových křížení, s oddělenými místy, kde je napojení pro vjezd a výjezd vozidel a má i oddělení jízdní pásy v různých směrech.

Silnicí se rozumí pozemní komunikace, která je veřejně přístupná pro všechna silniční a jiná vozidla a chodce. Silnice se rozdělují podle tříd na:

- a) silnice I. třídy, která je slouží především pro dálkovou a mezistátní dopravu,
- b) silnice II. třídy, po kterých je zajišťována doprava mezi okresy,
- c) silnice III. třídy, která vzájemně spojuje obce nebo je napojuje na ostatní pozemní komunikace.

Místní komunikace je veřejně přístupnou pozemní komunikací, která je určená dopravě na území obce. Místní komunikace může být i rychlostní místní komunikací, která slouží k rychlé dopravě. Místní komunikace se také mohou dělat na místní komunikace I. až IV. třídy.

Účelová komunikace je pozemní komunikací, která je určena pro spojení mezi jednotlivými nemovitostmi pro potřeby jejich vlastníků nebo k propojení těchto nemovitostí s jinými pozemními komunikacemi nebo pro přístup k zemědělským a lesním pozemkům. Mezi účelové komunikace řadíme i pozemní komunikace nacházející se v uzavřeném prostoru nebo objektu, kde tato komunikace slouží k potřebám vlastníka nebo provozovatele tohoto uzavřeného prostoru nebo objektu. [10]

1.1.2 Tunely v dopravě

Tunely v silniční dopravě je součástí komunikační sítě a dopravní poměry v tunelu jsou v podstatě stejné jako poměry na pozemní komunikaci. Tunel je zvláštní dopravní stavbou, protože náklady na tunel bývají zpravidla vysoké a hlavně také proto, že je zde velké množství technologií, které mají zajišťovat bezpečnost a plynulost provozu.

Tunel je tedy dopravním systémem, který musí být přiměřeně bezpečný, ekonomicky vybudovaný a provozovaný a dostatečně ekologický. Ekologičnost tunelu není problémem, neboť tunel představuje ekologickou stavbu tím, že nahrazuje obvykle delší a křivolakou silniční trasu. Z bezpečnostní stránky zde mohou vznikat problémy, protože jsou nejen nákladné investice, ale jedná se i o jejich efektivní provozování a nahrazování modernějšími a efektivnějšími systémy v průběhu životnosti tunelu. [3]

Tunely se budují na kterémkoliv místě na světě, jakékoliv možné délky už mnoho let. Příkladem je Hollandův tunel nacházející se pod řekou Hudson v USA, který byl otevřen již v roce 1927. [22]

Ve Švýcarsku se staví Gotthardský tunel, který je považovaný za nejdelší tunel, s předpokládaným rokem otevření 2017, o délce 57 Km. [23]

1.2 Železniční doprava

„Železniční doprava je doprava uskutečňovaná železničními dopravními prostředky (osobní a nákladní vozy, hnací vozidla, pomocná a speciální vozidla) po železničních tratích. Železniční trať je obecně chápána jako dráha, která je určena k pohybu drážních vozidel včetně pevných zařízení potřebných k zajištění bezpečnosti a plynulosti dopravy. Železniční dráhy lze rozdělit podle významu, účelu a technických podmínek do čtyř kategorií:

- **dráha celostátní** je dráha, která slouží mezinárodní a celostátní veřejné železniční dopravě a je jako taková označena,
- **dráha regionální** je dráha regionálního nebo místního významu, která slouží veřejné železniční dopravě a je zaústěná do celostátní nebo jiné regionální dráhy,
- **vlečka** je dráha, která slouží vlastní potřebě provozovatele nebo jiného podnikatele a je zaústěná do celostátní nebo regionální dráhy, nebo jiné vlečky,
- **speciální dráha** je dráha, který slouží zejména k zabezpečení dopravní obslužnosti obce (např. síť tratí metra)." [14]

1.3 Letecká doprava

„Letecká doprava je využívána pro přepravu osob a nákladů vzdušnou dopravní cestou. Základními prvky dopravního systému jsou letadlo (letouny, vrtulníky, družice) a letecká dopravní cesta. Ta je tvořena letištěm, leteckými službami a vymezenou částí vzdušného prostoru.

Letiště je územně vymezená a upravená plocha, včetně staveb a zařízení, určená ke vzletům a přistáním letadel a pohybu letadel." [14]

1.4 Vodní doprava

„Vodní doprava je doprava uskutečňovaná dopravními prostředky - plavidly po vodních cestách. Vodní dopravu můžeme řadit k nejstarším druhům dopravy." [14]

1.5 Potrubní doprava

Tato doprava se využívá k přepravování surovin na velkou vzdálenost. Do této dopravy se řadí především ropovody a plynovody. O potrubní dopravě na menší vzdálenosti můžeme hovořit i o vodovodech a kanalizacích. Pro Českou republiku je potrubní doprava velice zásadní, protože veškeré suroviny, pro které je potrubní doprava určena, se musí do ČR dovážet. [21]

1.6 Kombinovaná doprava

Kombinovaná doprava představuje propojení více druhů doprav. Mezi preferované dopravy patří vodní doprava a železniční doprava. V případě kombinované dopravy se eliminuje silniční a letecká doprava.

Jde tedy o intermodální přepravu, kde zboží uloženo v jedné nákladové jednotce po celou dobu jeho přepravy a to při využití dvou nebo více doprav.

Jedná se o přepravní řetězec, jehož články jsou sladěny, aby bylo možné dosáhnout sladění k jednotnému uzpůsobení přepravovaného zboží. [20]

2 BEZPEČNOSTNÍ TERMINOLOGIE A STANDARDY

Tato kapitola představuje úvod do problematiky bezpečnosti silničních tunelů prostřednictvím jejich terminologie a popisu silničních tunelů, dále pak standardy, které mají požadavky na bezpečnost na pozemních komunikacích a v tunelech. Znalost terminologie problematiky bezpečnosti v tunelu je důležitá především pro orientaci v praktické části bakalářské práce.

2.1 Bezpečnostní terminologie

Bezpečnost je stav, kdy je riziko možného poškození sníženo na přijatelnou úroveň.

Bezpečnost tunelu je bezpečnost a ochrana osob, majetku a okolí stavby, vychází z hodnocení rizik, zdůvodněním řešení z hlediska rizik, požárně bezpečnostního řešení stavby, řešení vlivu stavby na životní prostředí, ochranu památek, přírody a krajiny; trvale se aktualizuje i po uvedení stavby do provozu - je základním materiálem pro bezpečnostní dokumentaci tunelu.

Bezpečnostní dokumentace tunelu je ucelená a přehledná součást projektové dokumentace, která řeší otázky bezpečnosti a ochrany osob, majetku a okolí stavby; zpravidla obsahuje hodnocení rizik, přehled jednotlivých hodnocení a zdůvodnění řešení z hlediska rizik, požárně bezpečnostní řešení stavby, požární resistence stavebních konstrukcí a způsob zkoušek, řešení vlivu stavby na životní prostředí, ochranu památek, přírody a krajiny; zpracovává se ve všech stupních projektové dokumentace a podléhá neustálé aktualizaci i po uvedení stavby do provozu.

Riziko je očekávaný rozsah následku nepříznivých jevů. Zpravidla se formuluje jako součin pravděpodobnosti výskytu daného jevu a jeho nežádoucích následků. [3]

2.2 Terminologie z oblasti stavebního řešení tunelů

Bezpečnostní kategorie TA, TB, TC člení stavby do bezpečnostních kategorií v závislosti na délce tunelu a intenzitě dopravy ekvivalentních vozidel, které určuje množství povinného a doporučeného technického vybavení tunelu.

Náhradní úniková cesta je úniková cesta, která umožňuje únik osob mimořádným způsobem (např. po skluzné tyči, oknem, po žebříku apod.).

Nástupní plocha je zpevněná plocha, zpravidla před vjezdem do tunelu, vně tunelové trouby, která slouží k nástupu profesionálních jednotek požární ochrany.

Nouzový chodník je komunikační prostor v tunelové troubě, který je vyhrazený pro chůzi osob (účastníků provozu a pracovníků provozovatele), slouží také jako nechráněná úniková cesta, jako přístupová cesta ke vstupům, záchranným cestám, k SOS kabinám, k hydrantům požárního vodovodu a zároveň k provádění servisní činnosti.

Nouzový pruh je připojený pruh, umístěný vpravo ve směru jízdy, který umožňuje úplné nebo částečné nouzové odstavení vozidel.

2.3 Standardy

Podkapitola Standardy pojednává o standardech věnujících se technickým parametrům tak i povinným parametrům tunelů. Porovnává standardy vydané Evropským parlamentem tak i České standardy, mezi které patří především Technické podmínky.

Požadavky na bezpečnost dopravy na pozemních komunikacích jednotnou pro evropské státy se stále vyvíjely a vyvíjejí s rozvojem lidského poznání. Mezi hlavní příčiny nehod v silničních tunelech a na pozemních komunikacích vůbec můžeme zařadit nekorektní chování osob účastnících se provozu na pozemních komunikacích, nevhodná infrastruktura, špatný provoz, závady vozidel a problémy s nákladem. Jako odezva na kritické události v minulosti v evropských silničních tunelech vznikl společenský tlak na řešení otázek jejich bezpečnosti. [3]

V návaznosti na tyto události začaly vznikat desítky směrnic či standardů, které se zabývají stavebním či technologickým vybavením tunelů, ale pouze jen v pár zemích jsou k dispozici i předpisy pro provozování tunelů. Například v České republice se můžeme setkat s technickými podmínkami TP154 „Provoz, správa a údržba tunelů pozemních komunikací“. [3]

V rámci UN ECE (United Nations Economic Commission for Europe) začala pracovat na bezpečnosti v silničních tunelech skupina expertů, která analyzovala bezpečnost v tunelech a vše publikovala v rozsáhlé zprávě. Tato skupina vytipovala 4 kategorie aspektů,

kteřé souvisejí s bezpečnostní. Ke každé kategorii byla stanovena určitá opatření pro zvýšení bezpečnosti. Tyto kategorie jsou:

- uživatelé,
- provoz,
- infrastruktura,
- vozidla. [3]

Výchozím bodem k vytvoření jednotné evropské direktivy věnované bezpečnosti v tunelech byla tzv. Bílá kniha, kde je zdůrazněna potřeba zpracování evropské směrnice zabezpečující stejnou bezpečnost pro uživatele silničních tunelů, která uvede do souladu minimální stupeň vybavení a provozování tunelů. [3]

2.3.1 Směrnice Evropského parlamentu a rady na minimální bezpečnostní požadavky trans-evropské silniční sítě

Dne 30. 12. 2002 byl předložen návrh „ Směrnice Evropského parlamentu a rady na minimální bezpečnostní požadavky trans-evropské silniční sítě". Tato směrnice byla schválena pod číslem 2004/54/ES v dubnu 2004. Překlad této směrnice je zveřejněn na web stránkách ministerstva dopravy. Směrnice se zaměřuje na aspekty stavebního a technologického vybavení, provoz a následnou kontrolu bezpečnosti tunelů ležících na trans-evropské dopravní síti delších než 500 m. Tyto požadavky jsou ovšem jen minimální, ale i tak znamenají pro řadu zemí předělání desítek tunelů. Pokud by však bylo předělání konkrétního tunelu pro danou zemi příliš nákladné, musí doložit, že je tunel bezpečný pomocí rizikové analýzy. [3]

Souhrn těchto požadavků viz. příloha P I a P II.

Dle této směrnice musí správní orgán ověřovat, zda se konají pravidelně prohlídky inspekčními orgány. Interval mezi prohlídkami nesmí být delší než šest let. [3]

Směrnice obsahuje tři přílohy: I. Bezpečnostní opatření, II. Schválení projektu, bezpečnostní dokumentace tunelu, uvedení tunelu do provozu, úpravy a pravidelná cvičení, III. Dopravní značení tunelu. [3]

Stávající normy a předpisy týkajících se tunelů v ČR splňují ustanovení této směrnice v oblasti stavební a technologické nebo jsou ještě přísnější než je ona. [3]

2.3.2 Národní standardy

V ČR byla věnována pozornost při zpracování standardů a technických podmínek souvisejících s vybavením a provozováním tunelů od poloviny 90. let minulého století.

Technické podmínky stanovují jak vybavování tunelů technickými zařízeními (TP 98), tak i požadavky na veškerou dokumentaci, zabývají se provozem v různých režimech, jako je normální či mimořádný režim a režim údržby (TP 154). Autorům knihy „Analýza a řízení rizik v dopravě“ není známo, že by kdekoli v Evropě byly vydány podobné technické podmínky jako jsou TP 154. [3]

Mezi národní standardy patří: Norma ČSN 73 7507 „Projektování tunelů na pozemních komunikacích“, Technické podmínky TP 98 „Technologické vybavení tunelů pozemních komunikací“, „Technické a kvalitativní podmínky pro dokumentaci staveb pozemních komunikací“, Technické podmínky TP 154 „Provoz, správa a údržba tunelů pozemních komunikací“, Technické podmínky TP 229 „Bezpečnost v tunelech pozemních komunikací“.

3 SILNIČNÍ TUNELY

Kapitola silniční tunely popisuje samotné silniční tunely, jejich dělení a dopravní stavy tunelů. Dále pak popisuje dopravní značení a zařízení, kterými by měl být tunel vybaven dle jednotlivých kategorií. Následně v praktické části bakalářské práce bude možné Pisárecký tunel správně zařadit do příslušné kategorie a definovat jeho vybavení.

„Silniční tunel je liniový podzemní objekt, kterým prochází pozemní komunikace (silnice, dálnice nebo místní komunikace), umožňující plynulou a bezpečnou jízdu vozidel podcházením horských masivů, vodních překážek, osídlených oblastí, kulturně-historicky či ekologicky cenných území apod.; vyznačuje se zavřeným příčným profilem.“ [1]

Dle technických podmínek (TP 98) je tunel pozemní komunikací vyskytující se ve městě, příměstských oblastech i ve volné krajině. Tunel je součástí komunikační sítě a dopravní poměry v tunelu jsou v podstatě stejné jako na komunikaci. Přínos tunelů pro společnost se nedá vyjádřit v penězích. Přínos se projevuje pomocí kvalitativních ukazatelů jako například snížení exhalací, snížení hlukových emisí, v menších zásazích do krajiny apod. Jasně přínosy tunelů jsou i zvýšení přepravní kapacity a rychlosti a mohou přispívat i ke snížení celkové úrovně znečištění ovzduší. [5]

Pro zajištění bezpečného provozu v tunelu, případně pro zaopatření účinné pomoci v případě vzniku MU v tunelu dále může sloužit:

- a) **systém dohledu (CCTV)** - zajišťuje vizuální informace zvláště o dopravních situacích v tunelové trubě a před portály; v případě MU poskytuje automaticky (prostřednictvím funkcí řídicího systému) vizuální informace o místech, kde jsou MU identifikovány,
- b) **vodní hospodářství** - zahrnuje požární vodovod, požární nádrže, čerpací stanice, standardní zásobování pitnou vodou technologických prostor s trvalou obsluhou a systémy odpadních vod,
- c) **provozně technický objekt tunelu (PTO)** - nachází se zpravidla u jednoho či obou portálů tunelu; jedná se o objekt, do kterého jsou zavedena ovládání technologie tunelu, jež je možno manuálně ovládat v případě MU,
- d) **systém větrání tunelu** - obsahuje systém provozního a havarijního větrání,
- e) **informační systém** - souhrn zařízení, které poskytuje informace pro uživatele tunelu pro běžné a mimořádné situace (značky, komunikační prostředky apod.). [1]

3.1 Dělení silničních tunelů

Tunely dělíme dle kritéria podle prováděné komunikace na pozemní komunikace a dráhy. [2]

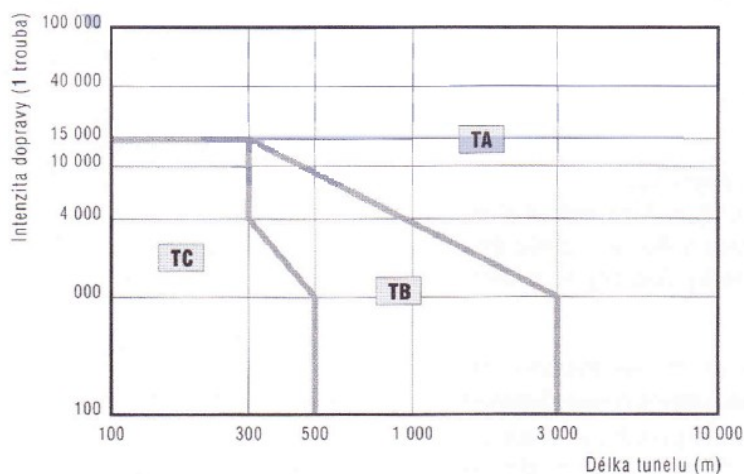
„Silniční tunely se dělí:

- podle provádění na ražené, hloubené nebo budované zvláštními způsoby,
- podle místa na horské, městské, podmořské a podřiční,
- podle délky na krátké (do 300 m), střední (300 m až 1000 m) a dlouhé (nad 1000 m),
- podle dopravního uspořádání na tunely s jednou tunelovou troubou (horizontální nebo vertikální uspořádání dopravních proudů) nebo se dvěma tunelovými troubami." [2]
- podle typu větrání se tunely dělí na tunely s větráním přirozeným a nuceným, které musí být podélné, polopříčné, příčné nebo v jejich kombinaci. [1]

„Tunely se dále rozdělují do bezpečnostních kategorií, kde se zohledňuje intenzita silniční dopravy, délka tunelu, umístění tunelu a technické vybavení tunelu.

- **TA** - tunely s intenzitou dopravy nižší než 1000 vozů/den o délce 3000 m až 10 000 m nebo všechny tunely s intenzitou dopravy převyšující 15 000 vozů/den,
- **TB** - tunely s intenzitou dopravy nižší než 1000 vozů/den o délce 500 m až 3000 m,
- **TC** - tunely s intenzitou dopravy 1000 vozů/den o délce do 500 m." [2]

Uvedené rozdělení bezpečnostních kategorií je znázorněno i Obrázkem 1.



Obrázek 1 Bezpečnostní kategorie tunelů

Zdroj: lit. [5]

3.2 Dopravní stavy tunelů

Dopravní stavy tunelů jsou závislé na nebezpečí vyplývajících z dopravních situací, které se v tunelech vyskytují a také na stavech technologických zařízení, které se v nich nacházejí. Technologická zařízení mohou ohrožovat účastníky provozu buď přímo nebo nepřímo. Přímé ohrožení představuje bezprostřední ohrožení účastníků provozu, jako například požár kabelových rozvodů v tunelu. Nepřímým ohrožením pro účastníky provozu může být například výpadek vzduchotechniky. Mezi další rizikové faktory, které mohou ohrožovat provoz v tunelu, patří počasí a mnoho dalších faktorů. [6]

Stav, který je představuje bezproblémovou činnost technologie, nenastávají dopravní problémy a v žádné části tunelu se neprovádí údržba a ani opravy, se nazývá řádný stav. Ale v tunelu mohou nastat i jiné stavy, jako například zvláštní stav, mimořádné a havarijní dopravní stavy, které nastávají za vzniku:

- výpadku vzduchotechniky, osvětlení, dopravního značení aj.,
- požáru,
- dopravních kongescí ¹,
- údržby, čištěním,
- zaplavení vozovky či jiných přírodních vlivů,
- únikem přepravované nebezpečné látky apod. [5]

Dle technických podmínek TP 154 se mohou vyskytnout 3 provozní stavy a to standardní stav, zvláštní stav a mimořádný stav.

Standardní stav je základním režimem při provozování tunelu, který představuje bezpečnost plynulost provozu a také bezproblémový chod technologií, kterými je tunel vybaven. V tunelu nebo ve služebních prostorách se neuskutečňují žádné opravy a doprava i technologie jsou v řádném stavu.

¹ dopravní zácpa, neprůjezdnost silnice

Zvláštní stav - tento stav se vyskytuje především při provádění údržby tunelu - plánované uzavření tunelu, nebo také v případech kdy systém pracuje v mimotolerančním pásmu avšak není ohrožena bezpečnost účastníků provozu a ani personálu tunelu. Práce v mimotolerančním pásmu představuje případ, kdy technologie není řízena automaticky a obsluha tuto technologii řídí manuálně, například proměnné dopravní značky.

Mimořádný stav vzniká za vzniku mimořádné události, která vyžaduje zásah složek IZS. V případě mimořádného stavu je za potřeby okamžitě uzavřít tunel. Tento stav ohrožuje životy, zdraví a majetek účastníků provozu nebo personálu, která tunel obsluhuje. Při mimořádném stavu může mít MU, která nastala, vliv na tunel a jeho širší okolí, na ŽP (životní prostředí), apod. [6]

3.3 Dopravní značení a dopravní zařízení

V této podkapitole bude soustředěna pozornost na dopravnímu značení, kterým je vybaven tunel ve 4 různých kategoriích a to minimální vybavení krátkých tunelů, minimální vybavení, základní vybavení a rozšířené vybavení. Vybavení tunelu závisí i na celkovém dopravním řešení oblasti.

Vhledem na zařazení Pisáreckého tunelu do kategorie TA, je vybaven rozšířeným vybavením tunelu.

Minimální vybavení krátkých tunelů je obvykle doporučeno pro tunely do 200 m délky a nízkou intenzitou dopravy tj. $\leq 1\ 000$ vozidel za 24 hodin. Toto minimální vybavení obsahuje svislé stálé dopravní značky:

- „Nejvyšší dovolená rychlost“,
- „Zákaz předjíždění“ (týká se obousměrných tunelů),
- „Tunel“,
- „Rozsvit' světla“,
- „Konec všech zákazů“,

případně se mohou vyskytnout další dopravní značky, které vyplývají z dopravního řešení tunelu, a to:

- „Zákaz vjezdu vozidel jejichž výška přesahuje vyznačenou mez“,

- „Zákaz předjíždění pro nákladní automobily“.

S minimálním vybavením krátkých tunelů není možné ovlivňovat dopravu na dálku, např. přesměrování nebo zastavení vozidel. [5]

Minimální vybavení tunelu musí být instalováno v tunelech delších než 200 metrů délky. Mezi minimální vybavení tunelu patří svislé stálé a proměnné dopravní značky před a za tunelem:

- „Zákaz vjezdu všech vozidel“,
- „Nejvyšší dovolená rychlost“,
- „Světelné signály“,
- „Zákaz předjíždění“ (týká se tunelů s obousměrnou dopravou),
- „Zákaz předjíždění pro nákladní automobily“,
- „Konec všech zákazů“,
- „Rozsvit světla“,
- „Tunel“,
- „Zákaz vjezdu vozidel jejichž výška přesahuje vyznačenou mez“ (týká se tunelů s výškou nižší jak 4,5 metru),
- „Signál s červeným světlem Stůj!“,
- „Signál se žlutým světlem Pozor!“. [5]

Příklad minimálního vybavení nalezneme v příloze P III.

Základním vybavením jsou vybavovány tunely kategorií TC a TB. V základním vybavení se k minimálnímu vybavení tunelu přidávají dopravní značky a zařízení:

- „Dopravní vysílání“,
- detektory, které měří dopravní data,
- mechanické zábrany, které umožňují uzavření provozu,

- další proměnné dopravní značky vyskytující se mimo tunel i v tunelu při délce ≥ 600 m,
- systém videodohledu,
- kabiny SOS,
- zařízení pro provozní informace. [5]

Příklad standardního vybavení nalezneme v příloze P IV.

Rozšíření vybavení je především používáno u tunelů zařazených do bezpečnostní kategorie TA. K Základnímu vybavení tunelu se zde ještě přidávají světelné signály označující jízdu v pruzích a mnoho jiných proměnných dopravních značek pro přesměrování dopravy mezi tunelovými troubami. [5]

Příklad rozšířeného vybavení nalezneme v příloze P V.

4 RIZIKA V SILNIČNÍ DOPRAVĚ

V silniční dopravě se vyskytuje mnoho rizik, která jsou spojena s provozem na pozemních komunikacích. Bakalářská práce zmiňuje rizika týkající se nejen dopravy, ale je třeba zmínit i pojem bezpečnost. Protože v rámci bezpečnosti je třeba rizika snižovat, či dokonce eliminovat.

Dle zákona 110/1998 Sb. o bezpečnosti České republiky, můžeme definovat bezpečnost jako stav, kdy je celý systém schopen být rezistentní vůči známým a předvídatelným vnějším i vnitřním hrozbám. Tyto hrozby mohou mít negativní vliv na jednotlivé prvky systému, kdy může být tento systém narušen. [19]

Silniční doprava slouží k přepravě osob a nákladů za pomoci silničních vozidel jako jsou osobní automobily, autobusy, nákladní automobily, motocykly aj. S postupem času na pozemních komunikacích vozidel přibývá a s tím se zvyšuje i pravděpodobnost vzniku nebezpečí.

Mezi rizika vyskytující se v dopravě můžeme zařadit:

- „bezpečnost dopravy,
- plynulost dopravy,
- stav pozemních komunikací,
- povětrnostní podmínky,
- znečištění životního prostředí." [11]

Rizika v silničních tunelech jsou stejná jako rizika v silniční dopravě, ale řadíme k nim i další rizika, která jsou spojená s tím, že tunely jsou uzavřené stavby, kde jsou omezené únikové cesty a omezený přístup pro složky integrovaného záchranného systému (IZS).

4.1 Bezpečnost dopravy

Při řešení bezpečnosti v silničních tunelech hrají roli především dva hlavní faktory, a to:

- tunelovém bezpečnostním systému (veškeré technické vybavení a organizační zajištění tunelu),

- lidském činiteli (to jest na činnostech účastníků provozu v tunelech v čase nehody zahrnující i operátory a záchranné týmy).

Lze tedy říci, že i když bude tunel vybaven nejrůznějšími bezpečnostními technologiemi, může se nečekaně zvýšit riziko tak, že vývin nehody přeroste do fatálních rozměrů s oběťmi na lidských životech. Je tedy patrné, že instalování tunelových zabezpečovacích systémů musí přinášet zvýšení bezpečnosti a budou vést svojí zvětšenou komplexností ke zvýšení pravděpodobných lidských chyb a tím ke zvýšení provozních rizik tunelu.

Statistika nehod v tunelech ukazuje, že rozhodujícím činitelem nehod v tunelech (90 - 95 %) je lidský činitel, tedy jeho chybná nebo neuvážená činnost, který může v daném případě působit jako člen řídicího týmu nebo záchranného týmu, nebo jako uživatel tunelu.

Rizikovost působení členů řídicího, nebo záchranného týmu při nehodě lze výrazně ovlivnit jejich svědomitým výběrem (psychotesty), výcvikem a poplachovými cvičeními, což by měly ustanovovat i předpisy těchto složek.

Rizikovost působení uživatelů tunelu ať aktivních (řidičů), nebo pasivních (přepravovaných osob) lze usměrňovat velmi obtížně. Přes to však všechny postupy ke zvyšování bezpečnosti je třeba: v první řadě směřovat k poklesu možnosti lidského pochybení (lidským chybám), v druhé řadě musí zajistit, aby chybná lidská činnost (či rozhodnutí) měla minimální přitěžující účinky (případně žádné). [15]

4.2 Akceptování rizika

Tento pojem definuje očekávaný rozsah následků špatných jevů pro osoby, životní prostředí nebo ekonomické hodnoty. Riziko je obvykle formulováno jako součin pravděpodobnosti vzniku události a jeho následků. V průběhu hodnocení rizika je důležité rozlišovat stupně rizik, např. individuální riziko, společenské riziko, ekonomické riziko, tolerované riziko, objektivní riziko.

Individuální riziko (dále IR) je pravděpodobnost, že osoba, která se nachází na určitém místě je usmrcena z důvodu nehody způsobené existujícím nebezpečím. IR představuje pravděpodobnost úmrtí na konkrétním místě.

Společenské riziko (dále SR) toto spojení je definováno jako vztah mezi četností událostí a počtem osob v dané populaci, které jsou postiženy specifickou úrovní poškození v dů-

sledku působení specifikovaných nebezpečí. SR udává množství usmrčených pro celou oblast. [16]

4.3 Typy událostí

Tato kapitola definuje tři typy událostí, dle Technických podmínek 229. Pozornost bude v praktické části zaměřena na všechny typy těchto událostí, protože představují hrozby pro provoz Pisáreckého tunelu. Následně požár bude v samostatné FTA analýze rozebrán jako nejzávažnější událost.

Existují tři základní události, které rozlišujeme podle možného rizika, mající vliv na zdraví účastníků nebo na materiální škody. Tyto události jsou: zastavení vozidla, nehoda a požár.

Zastavení vozidla je nejčastější a nejméně závažná ze všech uvedených událostí. Důvody zastavení vozidel bývají zpravidla různé poruchy, dojití paliva aj. Obvykle nenastávají žádné materiální škody nebo ztráty na životech. Ale zastavení vozidla je také možným zdrojem ohrožení a narůstá pravděpodobnost vzniku události „nehoda“ nebo „požár“. Proto v případě zastavení vozidla je třeba tuto událost co nejdříve podchytit a zavést nejlepší opatření, aby se dalším závažnějším událostem zabránilo. Udávaná četnost těchto poruch je 22 na 1 milion vozidel na kilometr. [16]

Nehoda představuje nenadálou změnu parametrů dopravního toku, která po výskytu na komunikaci nemusí vyvolat následnou kongesci, ale ohrožuje bezpečnost provozu na pozemních komunikacích.

Hodnocení rizika pro dopravní nehody je velmi významné pro posuzování bezpečnosti systému tunelů, neboť se nehody v silničních tunelech vyskytují často a jsou možným původcem nebezpečné situace typu „Požár“. [16]

Požár je nezávažnější události, která je ve většině případů spojená s ohrožením zdraví a časově delším uzavřením tunelu, avšak vznik této události je nejméně pravděpodobný. Tato událost je charakterizována především otevřeným ohněm vozidla nebo nákladového prostoru, která je spojená tvorbou a následným šířením kouře. Právě kouř patří mezi hlavní zdroje ztrát na životech. Předchůdcem události „požár“ často bývají události předchozí a to „zastavení vozidla“ nebo „nehoda“, ale také může požár vzniknout samovolně zapříčiněnou např. technickou závadou na vozidle. [16]

Událostí, které se mohou vyskytnout v tunelu, je mnoho. Mohou zapříčinit vznik mimořádné události či krizové situace. Tyto události mohou být zapříčiněny jak nedostatečným vybavením tunelu, nebo vybavením, které je sice instalováno, ale není v dobrém stavu. Dále pak příčiny vzniku nebezpečných událostí mohou vzniknout v důsledku nepříznivých povětrnostních podmínek. Další příčinou nebezpečných událostí v tunelu můžou být účastníci provozu na pozemní komunikaci v tunelu.

5 CÍL A METODY ZPRACOVÁNÍ

Tato kapitola definuje cíl bakalářské práce. Popisuje metody analýzy rizik a následně podrobněji definuje tři analýzy rizik, které jsou pro tuto bakalářskou práci vybrány.

5.1 Cíl

Cílem této bakalářské práce je zjištění a analýza rizik, které se mohou vyskytnout v Pisáreckém tunelu z hlediska technického vybavení a provozních podmínek. Odhalit možné nedostatky, které mohou vyvolat mimořádnou událost. Na základě zjištěných nedostatků navrhnout opatření pro zmírnění těchto rizik.

5.2 Metody analýzy rizik

Metody analýzy rizik se obecně rozdělují na kvantitativní a kvalitativní.

Analýza rizik má mnoho metod. Avšak neexistuje univerzální nástroj a metody mají své limity použití.

Mezi metody analýzy rizik patří:

- a) Check List (kontrolní seznam),
- b) Safety Audit (bezpečnostní kontrola),
- c) What-If Analysis (analýza toho, co se stane, když),
- d) Preliminary Hazard Analysis - PHA (předběžná analýza ohrožení),
- e) Process Quantitative Risk Analysis - QRA (analýza kvantitativních rizik procesu),
- f) Hazard Operation Process - HAZOP (analýza ohrožení a provozuschopnosti),
- g) Event Tree Analysis - ETA (analýza stromu událostí),
- h) Failure Mode and Effect Analysis - FMEA (analýza selhání a jejich dopadů),
- i) Fault Tree Analysis - FTA (analýza stromu poruch),
- j) Human Reliability Analysis - HRA (analýza lidské spolehlivosti), atd. [13]

Konkrétní metody, které budou použité v bakalářské práci, budou popsány v následující podkapitole.

5.3 Identifikace rizikových faktorů

Analýza rizik obsahuje identifikaci a posouzení faktorů, které jsou schopny ohrozit jednotlivé aktivity a cíle podniku. V rámci ní jsou identifikována rizika, kterým je subjekt z externího i interního pohledu vystaven. Analýza rizik je založena na identifikaci zdrojů rizika, vypracování scénářů a určování pravděpodobnosti a důsledků. A ve výsledném důsledku v případě nežádoucí události jejich finančních nákladů. [13]

„Identifikace hrozeb může probíhat paralelně s identifikací ohrožených aktiv. Spočívá ve zpracování registru (seznamu) hrozeb, které mohou způsobit významnou škodu na životním prostředí, majetku a zdraví obyvatel.“

„A identifikovanými rizikovými faktory se většinou dále pracuje. Tato fáze je důležitá z pohledu identifikace a je vstupní bránou pro samotnou analýzu.“ [13]

5.4 Metody využívané při bakalářské práci

V bakalářské práci budou použity tři analýzy rizik, které jsou v kapitole popsány. Jsou to:

1. SWOT analýza

- je univerzální analytickou technikou, která je zaměřená na zhodnocení vnitřních a vnějších faktorů. Ty ovlivňují úspěšnost instituce nebo nějakého určitého záměru. [17]

Tabulka 1 SWOT analýza

	Silné stránky	Slabé stránky
Vnitřní analýza	jsou považovány skutečnosti, které jsou výhodné jak pro uživatele Pisáreckého tunelu, tak i pro společnost provozující tento tunel	jsou považovány skutečnosti, které mají určité slabiny, nebo skutečnosti, ve kterém si vedou ostatní tunely lépe

Vnější analýza	Příležitosti	Hrozby
	jsou skutečnosti, které by mohly lépe uspokojit účastníky provozu Pisáreckého tunelu a také společnosti provozující tunel by mohly přinést úspěch	tyto skutečnosti by mohly přinést nespokojenost účastníků provozu Pisáreckého tunelu

Zdroj: vlastní, zpracováno dle lit. [11]

- Tato analýza bude využita v bakalářské práci pro definování a objasnění jednotlivých silných a slabých stránek, příležitostí a hrozeb. Následný výstup této analýzy bude matice příležitostí a rizik, která stanoví v jakém bodě vývoje se momentálně Pisárecký tunel nachází.
- Výstupem analýzy budou definována rizika, ke kterým budou v následující kapitole přiděleny návrhy na snížení či dokonce eliminaci těchto rizik.

2. FTA - analýza stromu poruch

- Tato metoda je graficko-analytickou či popřípadě graficko-statistickou metodou. Metoda „FTA“ je deduktivní metodou vyhledávající jednotlivé havárie nebo systémové poruchy a určuje jejich příčiny. Jejím hlavním cílem je zhodnocení pravděpodobnosti vrcholové události, při kterém se používají analytické či statistické metody. Tato metoda je vhodná na rozsáhlé systémy, kde může určit kompletní výčet minimálních poruch. [13]
- FTA analýza bude použita v bakalářské práci pro událost „Požár automobilu“, kde bude definovat jeho možné poruchy a důsledky.
- Výstupem analýzy stromu poruch bude definování možných poruch, které mohou nastat a mohou způsobit vrcholovou událost. V tomto případě „Požár automobilu“.

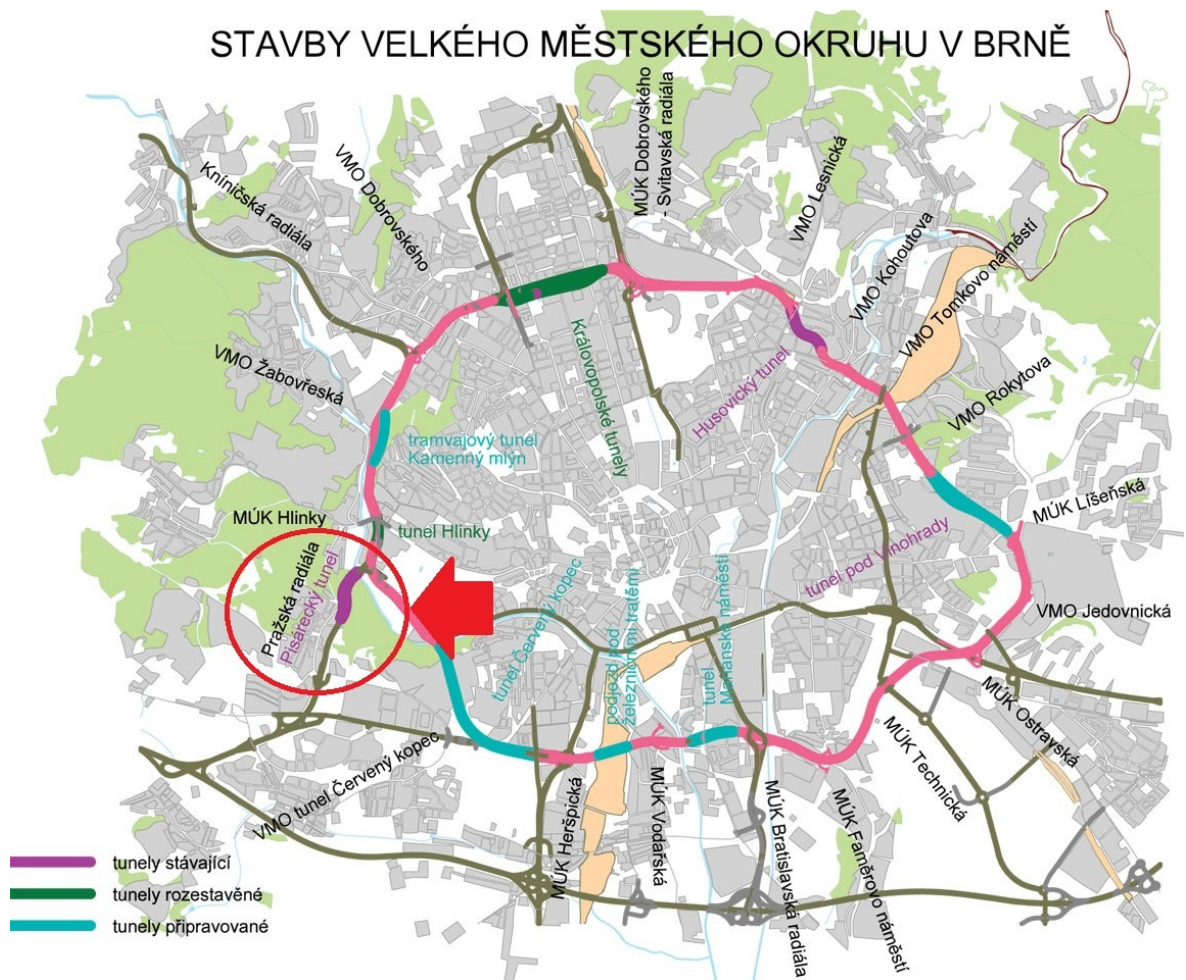
3. RISKAN

- Riskan je softwarový nástroj, který podporuje tvorbu analýzy rizik, jak orientačně, tak i detailně. Během samostatného procesu analýzy rizik funguje software Riskan s tzv. profily, které mají vztah k analyzovanému objektu. V každém z profilů se hodnotí tři zásadní bezpečnostní složky a to jsou aktivum, hrozba a zranitelnost. Zde se hodnotí zranitelnost dílčích aktiv vůči individuálním hrozbám.
- Tento nástroj podporuje výpočet rizika pro jednotlivé dvojice aktivum x hrozba na všech úrovních skupin. [18]
- „Základní algoritmus pro rychlé zhodnocení rizik v SW nástroji RISKAN zahrnuje:
 - o identifikace aktiv a jejich ohodnocení,
 - o identifikace hrozeb a ohodnocení jejich pravděpodobnosti,
 - o ohodnocení zranitelnosti aktiv jednotlivými hrozbami,
 - o výpočet výsledného rizika pro každou relevantní dvojici aktivum-hrozba,
 - o roztřídění výsledných rizik na nízká, střední a vysoká dle stanovených kritérií." [18]
- Analýza zranitelnosti, zpracovaná SW nástrojem Riskan, bude zaměřena v bakalářské práci na aktiva a hrozby, které se mohou vyskytovat v Pisáreckém tunelu a jeho okolí. Při následném střetu těchto aktiv a hrozeb se stanoví zranitelnost těchto aktiv.
- Výstupem této analýzy bude definování nejzávažnějších hrozeb (ty budou určeny dle míry zranitelnosti aktiv) a následnému návrhu na zmírnění či je jejich eliminaci.

II. PRAKTICKÁ ČÁST

6 PISÁRECKÝ TUNEL

Pisárecký tunel byl postaven v letech 1994 až 1998. Nachází v jihozápadní části Brna a je součástí stavby tzv. Pražské radiály, která je součástí „velkého městského okruhu“ (VMO). [4] Obrázek 2 představuje stavby velkého městského okruhu v Brně, kde je červeně označeno umístění Pisáreckého tunelu.



Obrázek 2 Stavby velkého městského okruhu v Brně - Pisárecký tunel

Zdroj: [12]

Je tvořen dvěma oddělenými tunelovými trubami, které se nazývají tunel A (směr dopravy od Hlinek do Nového Lískovce) a tunel B (směr dopravy od Nového Lískovce do Hlinek). Tunel A měří 512,65 m a tunel B měří 499,84 m. Tunelové trubky jsou propojeny dvěma tunelovými spojkami. Tyto tunelové spojky slouží pro únik osob při MU v Pisáreckém tunelu a jako přístupové trasy pro zasahující jednotky IZS. V tunelových spojkách jsou také umístěny technologické prostory, kde jsou uloženy rozvody. Tyto spojky jsou

zavřeny protipožárními dveřmi, které nejsou uzamykatelné a otevírají se směrem z tunelových trub do tunelových spojek s uzavíratelnými průvětrníky. [4]

Každý tunel má dva jízdní pruhy. Pouze tunel B se v jedné části rozšiřuje díky odbočovacímu pruhu. Z dopravního hlediska jde o dvě jednosměrné dvoupruhové komunikace, kde každý z jízdních pruhů má 3,50 m. Nouzový pruh PT je široký 1,25 m. Průjezdná výška tunelu je 4,80 m. Chodníky v PT jsou široké 1,20 m. Pisárecký tunel má podélný sklon, u tunelové trouby A je to 5,30 % (ve směru dopravy stoupá), u tunelové trouby B je to 5,341 % (ve směru dopravy klesá). V místě rozšíření tunelové trouby B je umístěna SOS skříň. [4]



*Obrázek 3 Portál Pisáreckého tunelu - směr od Nového Lískovce
Zdroj: [12]*



*Obrázek 4 Portál Pisáreckého tunelu - směr od Hlinek
Zdroj: [12]*

6.1 Stavba tunelu

Obě tunelové trouby Pisáreckého tunelu jsou z části ražené a z části vybudované v otevřené stavební jámě. Ražená část Pisáreckého tunelu má délku asi 300 m a dalších asi 200 metrů tunelu jsou v otevřené stavební jámě.

V každé rouře má tunel rozmístěny 4 výklenky, kde jsou umístěny ohlašovací stanoviště v SOS skříní. SOS skříně jsou vybaveny hasicími přístroji, tlačítkovými hlásiči EPS, které umožňují ohlášení MU, je zde také umístěno zařízení na měření opacity, které navazuje na samostatné spuštění ventilátorů přes řídicí systém. [4]

Kanalizační systém tunelu je veden pod vozovkou a na tuto kanalizaci jsou napojeny šterbinové žlaby, které slouží k odvodnění vozovky. Před tunelem jsou na kanalizaci instalovány lapoly².

Kompletní stavba tunelu má nehořlavý konstrukční systém. V samostatném požárním úseku je umístěn lokální velín a rozvodna s technickou chodbou. Toto pracoviště je bezúdržbové. Dozor tohoto tunelu je zajištěn na velínu CTD (centrální technický dispečink) umístěného v sídle firmy Brněnské komunikace a.s.



Obrázek 5 Budova Brněnské komunikace a. s.

Zdroj: vlastní

² odlučovače lehkých kapalin

6.2 Vybavení tunelu

Vybavení Pisáreckého tunelu je dáno zařazením tunelu do kategorií TA, TB, TC. Toto zařazení je závislé na délce tunelu a předpokládané intenzitě dopravy. Pisárecký tunel je zařazený do kategorie TA. [4]

Požadavky na vybavení tunelu kategorie TA dle technických podmínek TP 98 ve srovnání se skutečným vybavením Pisáreckého tunelu.

Tabulka 2 Vybavení tunelu ve srovnání s TP 98

	Požadavek TP 98	Skutečnost
Bezpečnostní systém		
• Hlášky nouzového volání	✓	✓
• Poplachová tlačítka	✓	✓
Systém videodohledu		
• Televizní dohledový systém	✓	✓
Dopravní systém		
• Sběr dopravních dat	✓	✓
• Dopravní značení a dopravní zařízení	✓	✓
• Zařízení pro provozní informace	✓	•
• Světelné signály pro jízdu v pruzích	✓	✓
• Měření výšky vozidel	✓	✓
• Mechanické zábrany	✓	•
• Reflexní elementy	✓	✓
• Identifikace dopravního excesu v tunelu	✓	✓
Spojovací a dorozumívací zařízení		
• Rádiové spojení	✓	✓

• Mobilní telefonní síť	✓	✓
• Ozvučovací zařízení	✓	•
Evakuační vybavení		
• Nouzové únikové osvětlení	✓	•
• Bezpečnostní značení	✓	✓
Požární zařízení		
• Automatické hlásiče požáru	✓	✓
• Tlačítkové hlásiče požáru	✓	✓
• Přenosné hasící přístroje	✓	✓
• Požární hydranty	✓	•
Další vybavení		
• Normální osvětlení	✓	✓
• Náhradní osvětlení	✓	✓

Zdroj: lit. [4]

Legenda:

- ✓ Ano
- Ne

6.3 Statistika

Vzhledem k délce Pisáreckého tunelu by se tento tunel řadil do kategorií TB až TC, avšak intenzita dopravy v tomto tunelu jak tak vysoká, že Pisárecký tunel je zařazen do kategorie TA. To si vyžaduje i nejvyšší vybavenost tunelu vzhledem k bezpečnosti.

Dle bezpečnostní dokumentace Pisáreckého tunelu, která byla zpracována v roce 2012, byla evidována tato intenzita dopravy. Tabulka 3 představuje intenzitu dopravy v Pisáreckém tunelu směr D1.

Tabulka 3 Intenzita dopravy v Pisáreckém tunelu - směr D1

Čas	Osobní	N. lehké	N.stř.a těž.	Kamiony	Abus	Moto	SUMA
-06:00-	882	93	25	1	8	4	1013
-07:00-	982	110	43	14	8	4	1161
-08:00-	931	115	47	19	10	3	1125
-09:00-	906	145	44	25	4	5	1129
-10:00-	785	133	50	30	2	6	1006
-11:00-	796	93	56	35	4	8	992
-12:00-	821	110	51	31	4	8	1025
-13:00-	863	96	45	33	5	3	1045
-14:00-	1165	116	52	27	20	5	1385
-15:00-	1347	94	45	18	11	7	1522
-16:00-	1346	72	42	21	7	14	1502
-17:00-	1220	55	25	22	4	17	1343
Celkem	12 044	1232	525	276	87	84	14 248
Přepočet na 24 hod	15 296	1392	614	367	116	113	17 898

Zdroj: lit. [4]

Z tabulky je zřejmé, že nejvyšší intenzita dopravy ve směru na D1 je v odpoledních hodinách, kdy by řidiči měli dbát zvýšené pozornosti. Z tabulky také vychází, že tunelem projede nejvíce osobních automobilů a to více než 15 000 vozidel, s druhou nejvyšší intenzitou dopravy na 24 hodin jsou lehké nákladní automobily.

Celkový počet vozidel projíždějících tuto část tunelu je téměř 18 000.

V následující tabulce 4 je zaznamenána intenzita dopravy v Pisáreckém tunelu - směr Pi-sárky.

Tabulka 4 Intenzita dopravy v Pisáreckém tunelu - směr Pisárky

Čas	Osobní	N. lehké	N.stř.a těž.	Kamiony	Abus	Moto	SUMA
-06:00-	1231	64	34	34	8	6	1377
-07:00-	1656	91	47	26	11	10	1841
-08:00-	1363	95	39	38	8	7	1550
-09:00-	1016	90	48	39	8	7	1208
-10:00-	818	97	40	25	8	6	994
-11:00-	751	84	37	32	4	6	914
-12:00-	852	78	53	33	2	4	1022
-13:00-	866	79	38	35	8	5	1031
-14:00-	947	72	27	44	10	16	1116
-15:00-	1122	70	27	37	12	10	1278
-16:00-	1118	48	12	22	10	6	1216
-17:00-	1067	45	16	27	12	8	1175
Celkem	12 807	913	418	392	101	91	14 722
Přepočet na 24 hod	16 265	1032	489	521	134	123	18 564

Zdroj: lit. [4]

Intenzita dopravy v Pisáreckém tunelu ve směru na Pisárky se liší, oproti troubě ve směru na D1. Nejvyšší intenzita dopravy je zde v ranních a dopoledních hodinách. I v tomto případě je zde nejvyšší intenzita osobních automobilů a to více než 16 000 vozidel. Celkový počet vozidel projíždějících tuto část tunelu je více než 18 500.

7 ANALÝZA RIZIK

„Analýza rizika je základním prvkem rizikového inženýrství a je nutnou podmínkou rozhodování o riziku. Předmětem a cílem analýzy rizika není zkoumání skutečností jistých. Nebezpečí, která jsou známá, nemusí být vyhledávána, o pravděpodobnosti jejich výskytu se nedá hovořit. Někdy je ale zapotřebí objasnit možný scénář nebezpečí včetně následků.“ [13]

Tato bakalářská práce se zabývá analýzou rizik Pisáreckého tunelu, kde je možné se věnovat vzniku možných mimořádných událostí jak v technologii tak v dopravě. Vzhledem k tomu, že je velké množství rizik, které se tunelů týkají, je cílem si vytipovat možná nejzávažnější rizika, která se budou hlouběji analyzovat. V okolí Pisáreckého tunelu se nevyskytují trvale žijící osoby, proto se bude analýza rizik věnovat rizikům samostatného tunelu a přepravovaných osob.

7.1 Identifikace rizik

Tato podkapitola definuje rizika, která se mohou vyskytnout v Pisáreckém tunelu a následně budou analyzována pomocí následujících rizikových analýz.

Rizika budou rozdělena do několika kategorií, a to technologická nebezpečí, ekonomická nebezpečí, klimatická nebezpečí, psychologická nebezpečí a dopravní nebezpečí.

Mezi technologická nebezpečí patří chybějící nouzové únikové osvětlení, chybějící požární hydranty, výpadky dopravního značení, výpadky elektrického proudu a také fakt, že Pisárecký tunel je zastaralý a probíhá zde průběžná rekonstrukce. Další jsou ekonomická nebezpečí a mezi ně je možné zařadit nedostatek finančních prostředků. Klimatická nebezpečí mohou být živelní pohromy, mezi které jsou zařazeny povodně a zemětřesení, dále pak povětrnostní podmínky, mezi které patří přívalové deště, námraza či oslňující sluneční záření. Nepozornost řidiče je možné zařadit do psychologických nebezpečí. V tunelu se vyskytují především dopravní nebezpečí, a to velký provoz, tj. problém s plynulostí dopravy, zastavení vozidla, dopravní nehoda a požár.

7.2 SWOT analýza

Právě SWOT analýzou je možné označit a popsat všechny silné a slabé stránky Pisáreckého tunelu a také jeho možné příležitosti a hrozby, které mohou mít na tento tunel jak už menší, tak i větší vliv.

Vnitřní analýza Pisáreckého tunelu

Tabulka 5 Vnitřní analýza Pisáreckého tunelu

	Silné stránky	Slabé stránky
Vnitřní analýza	<ol style="list-style-type: none"> 1. Nová vzduchotechnika 2. Bezpečnostní stavební úpravy 	<ol style="list-style-type: none"> 1. PT je zastaralý - průběžná rekonstrukce 2. Chybí nouzové únikové osvětlení 3. Chybí požární hydranty

Zdroj: vlastní

Silné stránky Pisáreckého tunelu

Mezi silné stránky Pisáreckého tunelu každopádně patří nová vzduchotechnika a bezpečnostní stavební úpravy.

V tunelu je celkem 10 ventilátorů, kdy 6 ventilátorů se nachází v tunelové troubě A, zbylé 4 ventilátory se nacházejí v tunelové troubě B. Původní vzduchotechnika byla již zastaralá a její výpadky byly druhou nejčastější závadou Pisáreckého tunelu. Nejčastějšími závadou dle řádu údržby Pisáreckého tunelu 2013 byly výpadky dopravního značení. Stará vzduchotechnika nesplňovala technické standardy a z toho důvodu byla instalována nová. Hlavní výhodou nově instalované vzduchotechniky je chod bez větších závad, kdy vzduchotechnika odsává nebo vhání vzduch do tunelu.

Další silnou stránkou jsou provedeny bezpečnostní stavební úpravy Pisáreckého tunelu, které zahrnují dvě tunelové spojky mezi tunely, nouzové chodníky v obou tunelech (po obou stranách), čtyři SOS výklenky v tunelu A i B, dva přejezdy mezi komunikacemi,

kteřé jsou umístěny před portály tunelu A i B. Všechny tyto úpravy by měli napomoci při ochraně účastníků provozu v Pisáreckém tunelu.

Spojky mezi tunely slouží jako únikové cesty k evakuaci osob při mimořádné události, jako je např. požár. Tyto tunelové spojky vedou vždy z jednoho tunelu do druhého. Pokud není možné zabezpečit tyto únikové cesty pro případ mimořádné události nelze tento tunel provozovat. Nově vybudované nouzové chodníky byly postaveny pro možnost pohybu osob v tunelu. Dále přejezdy mezi komunikacemi jsou důležité, jsou umístěny před portály tunelů A a B. Slouží pro vozidla IZS, kdy umožňuje jednodušší přístup pro tyto zásahové jednoty IZS. Tyto přejezdy mezi komunikace neslouží pro převedení dopravy do protisměru.

Všechny tyto stavební úpravy představují silné stránky Pisáreckého tunelu, protože přispívají k bezpečnosti jak účastníků provozu v tunelu, tak si jeho samotném chodu.

Slabé stránky Pisáreckého tunelu

Slabou stránkou Pisáreckého tunelu je jeho zastaralé vybavení a je zde potřebná průběžná rekonstrukce. To se může jevit jako jeho slabá stránka, protože probíhající rekonstrukce bude znamenat omezení provozu v tomto tunelu a vzhledem na jeho vytíženost budou vznikat komplikace s tvorbou kolon. Jako další slabou stránku Pisáreckého tunelu je skutečnost, že v tunelu není nouzové únikové osvětlení, jehož úkolem je umožnit bezpečný odchod z tunelu při výpadku běžného napájení. V případě delšího výpadku proudu, kdy se UPS vybije a absence nouzového únikového osvětlení neumožňuje bezpečný odchod z tunelu, může na místě vznikat chaos a nejistotu.

V Pisáreckém tunelu také nejsou instalovány požární hydranty a ani tunelový vodovod, což představuje jeho další slabou stránku, protože v případě vzniku požáru v Pisáreckém tunelu bude muset Hasičský záchranný sbor vést vodu z místa před tunelem, kde je hydrant umístěn. Bohužel kvůli délce tunelu je toto umístění hydrantu logisticky nevhodné. Podle současné platné normy ČSN 73 7507 má být v tunelu zaveden požární vodovod s hydranty, které by měly být rozmístěny na každých 60 až 125 metrech.

Vnější analýza Pisáreckého tunelu

Tabulka 6 Vnější analýzy Pisáreckého tunelu

Vnější analýza	Příležitosti	Hrozby
	<ol style="list-style-type: none"> 1. Dopravní obslužnost 2. Dotace z fondu Evropské unie 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Příliš velký provoz - plynulost dopravy 2. Povětrnostní podmínky 3. Nedostatek finančních prostředků

Zdroj: vlastní

Příležitosti Pisáreckého tunelu

Mezi příležitosti Pisáreckého tunelu je možné zařadit dopravní obslužnost tunelu, protože úklid všech komunikací provádí Technické služby Brno, a. s. a tím pádem provádí úklid i v Pisáreckém tunelu, kde umožňují provoz bez komplikací týkající se nečistot na komunikaci.

Další příležitostí pro Pisárecký tunel, která může mít kladný vliv jak pro provozovatele tunelu, tak i pro účastníky provozu v tunelu, mohou být dotace z fondu Evropské unie. Protože poskytnuté dotace mohou příznivě ovlivnit plánovanou a prováděnou rekonstrukci v tunelu a mohlo by se aplikovat více bezpečnostních prvků pro bezpečnost účastníků provozu v tunelu. Také již zmíněný chybějící požární vodovod s hydranty by mohl být v rámci rekonstrukce tunelu zaveden.

Hrozby Pisáreckého tunelu

Za hrozbu může být považován velký provoz v Pisáreckém tunelu, kde každý den zde projede na 36 400 vozidel během 24 hodin. Z toho vyplývá, že v případě nutné opravy, nebo nějaké krizové situace či mimořádné události, kterou není možné okamžitě, nebo v krátké době odstranit, se zde budou tvořit masivní kolony, které mohou mít vliv nejen na Pisárecký tunel, ale také na jeho okolí, tzn. jak na velký brněnský okruh, tak i na dopravu v Brně.

Další hrozbu týkající se Pisáreckého tunelu představují povětrnostní podmínky, které mohou ovlivnit chod Pisáreckého tunelu. Například výskyt přívalových dešťů může způsobit zvednutí hladiny spodních vod a tím pádem i možnost výskytu vody v Pisáreckém tunelu. Také námraza vyskytující se před a za tunelovými troubami, může ohrozit provoz uvnitř tunelu. Mezi další hrozby, které nemůže provozovatel tunelu větší mírou ovlivnit, patří nedostatek finančních prostředků. Právě nedostatek finančních prostředků by mohl zamezit v plánované inovaci Pisáreckého tunelu a tím by se nemohla zvýšit jeho bezpečnost.

Tabulka 7 Tabulka SWOT analýzy

Silné stránky	Váha	Hodnocení	
Nová vzduchotechnika	0,25	2	0,5
Bezpečnostní stavební úpravy	0,75	5	3,75
<i>Součet</i>			4,25
Slabé stránky			
PT je zastaralý-průběžná rekonstrukce	0,2	-4	-0,8
Chybí nouzové únikové osvětlení	0,1	-3	-0,3
Chybí požární hydranty	0,7	-5	-3,5
<i>Součet</i>			-4,6
Příležitosti			
Dopravní obslužnost	0,1	2	0,2
Dotace z fondu EU	0,9	4	3,6
<i>Součet</i>			3,8
Hrozby			
Příliš velký provoz - plynulost dopravy	0,15	-2	-0,3
Povětrnostní podmínky	0,1	-1	-0,1
Nedostatek finančních prostředků	0,75	-3	-2,25
<i>Součet</i>			-2,65
Interní			-0,35
Externí			1,15
Celkem			0,8

Zdroj: vlastní

Pro grafické zpracování SWOT analýzy jsou nejprve vypsány všechny silné a slabé stránky, příležitosti a hrozby, ke kterým je přiřazeno hodnocení, které určuje, jaké položky jsou pro Pisárecký tunel více důležité a jaké méně. Ke každé položce v kategoriích byla později přiřazena její váha. U každé položky se vynásobí váha položky a její hodnocení. Tyto výsledky v každé kategorii je třeba sečíst a později srovnat výsledky interní a externí analýzy. Aby bylo možné tyto skutečnosti zakreslit do matice příležitostí a rizik tak bylo třeba vytvořit následující tabulku, jejíž data se následně v matici příležitostí a rizik promítla.

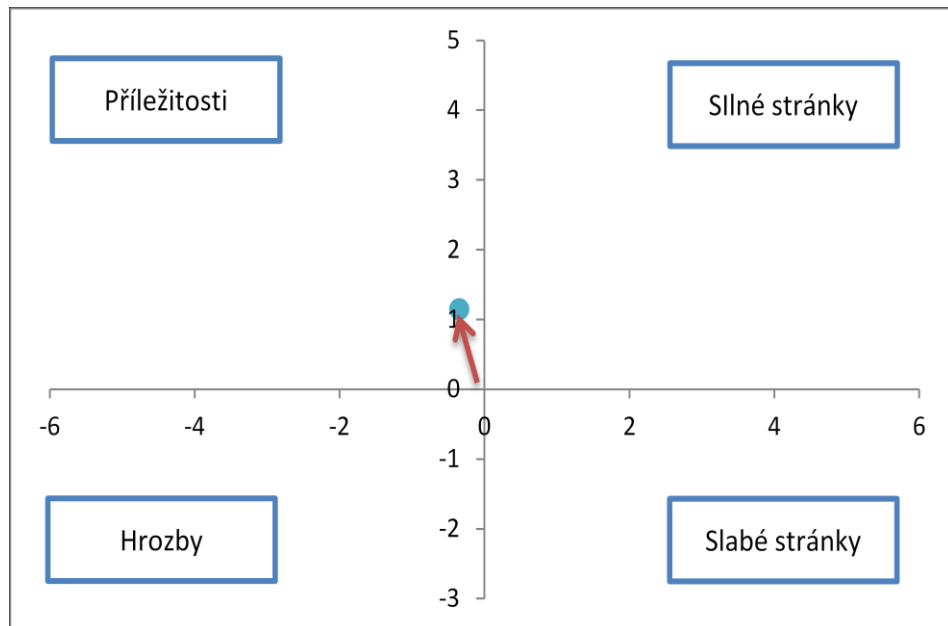
Tabulka 8 Tabulka pro vytvoření matice příležitostí a rizik

	x	y
Příležitosti	0	0
	0	3,8
Hrozby	0	0
	0	-2,65
Silné stránky	0	0
	4,25	0
Slabé stránky	0	0
	-4,6	0
Celkem	0	0
	-0,35	1,15

Zdroj: vlastní

Z vytvořené tabulky bylo možné následně v programu Microsoft Office Excel vytvořit matici příležitostí a rizik, která zobrazuje výsledek SWOT analýzy.

Dle výsledku SWOT analýzy je tento stav ideálním stavem, protože míra rizika v tomto případě se nachází pod hranicí vysokého rizika, čili v riziku nízkém a míra příležitostí se pohybuje v kladných číslech.



Obrázek 6 Matice příležitostí a rizik

Zdroj: vlastní

Zjištěná nejzávažnější rizika, která byla definována ve SWOT analýze a následně pro ně budou v kapitole 8 formulovány řešení, je především absence hydrantů a požárního vodovodu, které způsobují vážné riziko, které může mít dopad jak na tunel, tak i na účastníky provozu v tunelu. Dále pak je velmi závažným rizikem je absence nouzového únikového osvětlení. Tato skutečnost přímo nezpůsobuje závažné nehody, avšak v případě vzniku MU, může způsobit závažné nepříjemnosti.

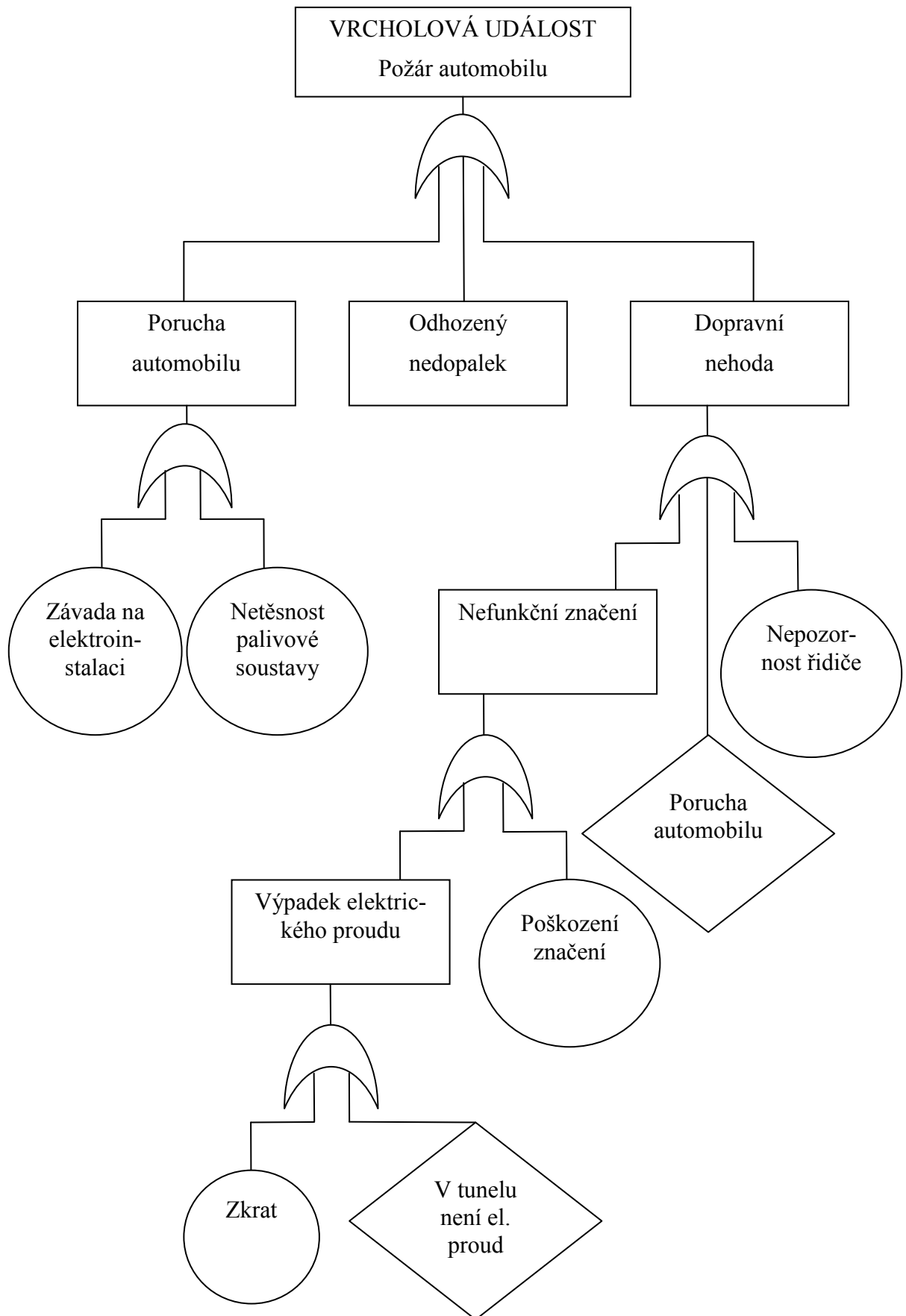
7.3 FTA - analýza stromu poruch

Vrcholovou událostí této analýzy je Požár automobilu, který se může vyskytnout v Pisáreckém tunelu. Tato událost může mít více příčin a to Porucha automobilu, Odhozený nedopalek, Dopravní nehoda.

U poruchy automobilu je více možností, které mohou způsobit požár. Mezi tyto události jsou zařazeny Závada na elektroinstalaci nebo Netěsnost palivové soustavy. U závady na elektroinstalaci se může jednat třeba jen o poškození izolace těchto vodičů, které mohou při následném kontaktu s kovovými částmi karoserie způsobit jiskru, která zapříčiní požár. Při závadě na elektroinstalaci může požár vzniknout i v případech, kdy automobil není v pohybu. Požáry zapříčiněné netěsností palivové soustavy vznikají především za jízdy, kdy může vypadnout hadička s přívodem benzínu aj.

Jako jednu možnost vzniku požáru automobilu může být i odhozený nedopalek. Zdá se to jako nemožné, ale bohužel tato nehoda byla zaznamenána a je třeba i tuto možnost brát v potaz. Touto nehodou je myšlen požár v tunelu pod horou Mont Blanc. Kdy odhozený nedopalek zapadl do nasávání vzduchu u nákladního automobilu, kde podpálil vzduchový filtr a následně vzplanul celý nákladní automobil.

Požár automobilu zapříčiněný dopravní nehodou je poměrně častým jevem a může mít více příčin. Mezi příčiny dopravní nehody jsou zařazeny události jako Nepozornost řidiče, Poruchu automobilu a nefunkční značení, které se v tunelu nebo jeho okolí vyskytuje. Nepozornost řidiče je jednou z nejčastějších příčin dopravních nehod. Nepozornost může být zapříčiněna různými faktory, například únavou řidiče, nepozorností z důvodu psaní SMS zpráv či telefonování, konzumace jídla apod. Další příčinou dopravní nehody může být Porucha automobilu, která zapříčinila zastavení vozidla a následné ohrožení provozu, nebo neovladatelnost vozidla, které mohlo dopravní nehodu způsobit. Nefunkční značení v tunelu a jeho okolí je také potenciální možností, které může dopravní nehodu zapříčinit, protože neupozorní včas řidiče na aktuální stav na vozovce. Toto značení může být mimo provoz z důvodu výpadku elektrického proudu nebo jeho samotného poškození. Jelikož Pisárecký tunel je vybavený UPS (tj. zdroj nepřerušovaného napětí) okamžitě po výpadku elektrické energie nastoupí svou činnost, avšak UPS funguje na principu akumulátoru a při delším výpadku proudu pracuje do svého úplného vybití. Takže můžeme i u výpadku elektrického proudu předpokládat, že v tunelu není elektrický proud. Další příčinou, která může způsobit výpadek elektrického proudu je zkrat.



Obrázek 7 FTA - Analýza stromu poruch

Zdroj: vlastní

Dle analýzy stromu poruch bylo zjištěno, že Pisárecký tunel je vybavený UPS. Ten funguje na principu akumulátoru a proto bude v následující kapitole navrženo vhodnější vybavení tohoto tunelu při výpadku elektrické energie. V kapitole 8 bude následně formulováno řešení tohoto rizika.

7.4 Program Riskan

Na základě provedené analýzy zranitelnosti Pisáreckého tunelu byly identifikovány následující hrozby včetně jejich hodnot, které jsou zaznamenány na obrázku níže v matici výsledných rizik. Jedná se především o Dopravní rizika (zastavení vozidla, dopravní nehoda, požár, nepozornost řidiče), dále Živelní pohromy (povodeň, zemětřesení), Povětrnostní podmínky (přívalové deště, námraza, silné sluneční záření - oslňující), mohou se vyskytnou poruchy vybavení tunelu (výpadky dopravního značení, výpadky elektrického proudu) a Absence vybavení tunelu (absence nouzového únikového osvětlení, absence dopravních hydrantů).

Hrozby		Pravděpodobnost		Aktiva																				
				AKTIVA - CELKEM																				
HROZBY - CELKEM		6	jistá	90	90	90	90	72	36	36	60	60	36	48	60	36	8	36	24	36	48	24	24	48
DR	Dopravní rizika	6	jistá	90	90	90	90	72	24	24	60	60	36	48	60	24	8	24	24	24	32	16	16	32
ZV	Zastavení vozidla	6	jistá	48	48	48	30	48	12	12	30	30	18	24	30	18	6	18	18	18	24	12	12	24
DN	Dopravní nehoda	5	velmi vysoká	60	60	60	50	60	20	20	50	50	30	40	50	15	5	15	15	15	20	10	10	20
Po	Požár	4	vysoká	60	60	60	60	48	24	24	60	60	36	48	60	24	8	24	24	24	32	16	16	32
NŘ	Nepozornost řidiče	6	jistá	90	90	90	90	72	24	12	30	30	18	24	30	18	6	18	18	18	24	12	12	24
ŽP	Živelní pohromy	2	nízká	16	10	10	10	8	4	4	10	10	6	8	10	12	4	12	12	12	16	8	8	16
Pv	Povodeň	2	nízká	16	10	10	10	8	4	4	10	10	6	8	10	12	4	12	12	12	16	8	8	16
Ze	Zemětřesení	1	zanedbatelná	8	5	5	5	4	2	2	5	5	3	4	5	6	2	6	6	6	8	4	4	8
PP	Povětrnostní podmínky	4	vysoká	40	40	40	40	32	16	8	30	30	18	24	30	12	4	12	12	12	12	6	6	12
PD	Přívalové deště	2	nízká	12	10	10	10	8	4	4	10	10	6	8	10	12	4	12	12	12	8	4	4	8
Ná	Námraza	3	střední	30	15	15	15	12	6	6	30	30	18	24	30	0	0	0	0	0	12	6	6	12
Sl	Silné sluneční záření - oslňující	4	vysoká	40	40	40	40	32	16	8	20	20	12	16	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PVT	Poruchy vybavení tunelu	4	vysoká	60	60	60	60	48	24	4	20	20	12	16	20	36	0	36	18	36	0	0	0	0
VDZ	Výpadky dopravního značení	4	vysoká	60	60	60	60	48	24	0	20	20	12	16	20	36	0	36	0	36	0	0	0	0
VEP	Výpadky elektrického proudu	2	nízká	30	30	30	30	24	12	4	10	10	6	8	10	18	0	18	18	18	0	0	0	0
AVT	Absence vybavení tunelu	6	jistá	90	90	90	90	72	36	36	60	60	36	48	60	18	6	18	18	18	48	24	24	48
ANÚO	Absence nouzového únikového osv	6	jistá	90	90	90	90	72	36	36	60	60	36	48	60	18	6	18	18	18	24	12	12	24
APH	Absence požárních hydrantů	6	jistá	90	90	90	90	72	36	36	60	60	36	48	60	18	6	18	18	18	48	24	24	48

Obrázek 8 Matice výsledných rizik - Riskan

Zdroj: vlastní

Výsledky provedené analýzy zranitelnosti Pisáreckého tunelu je možné interpretovat z pohledu možných ohrožení.

V pásmu **vysokého rizika** (označeno červenou barvou) byla identifikována tři následující rizika, a to:

- Nepozornost řidiče (Dopravní rizika),
- Absence nouzového únikového osvětlení (Absence vybavení tunelu),
- Absence požárních hydrantů (Absence vybavení tunelu).

V pásmu **středního rizika** (označeno žlutou barvou) bylo identifikováno celkem pět rizik, a to:

- Zastavení vozidla (Dopravní rizika),
- Dopravní nehoda (Dopravní rizika),
- Požár (Dopravní rizika),
- Silné sluneční záření - oslňující (Povětrnostní podmínky),
- Výpadky dopravního značení (Poruchy vybavení tunelu).

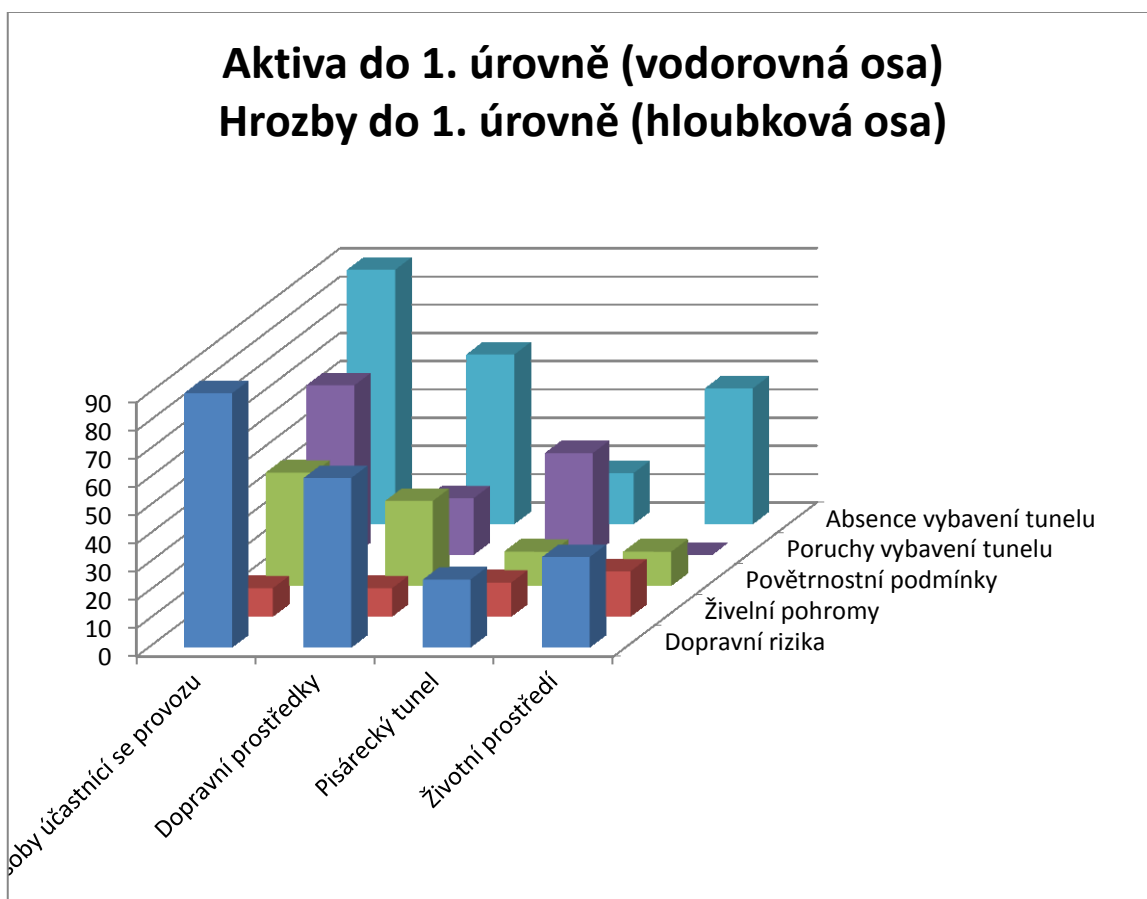
(Rizika Absence nouzového únikového osvětlení a Absence požárních hydrantů jsou určena již v rámci kategorie vysokého rizika.)

V pásmu **nízkého rizika** (označeno zelenou barvou) bylo identifikováno celkem pět rizik, a to:

- Povodeň (Živelní pohromy),
- Zemětřesení (Živelní pohromy),
- Přívalové deště (Povětrnostní podmínky),
- Námraza (Povětrnostní podmínky),
- Výpadky elektrického proudu (Poruchy vybavení tunelu).

(Ostatní rizika byla určena ve výše uvedených kategoriích.)

Vyhodnocení matice výsledných rizik názorně zobrazuje i následující graf, ve kterém jsou zaznamenány jednotlivé kategorie aktiv (osoby účastníci se provozu, dopravní prostředky, Pisárecký tunel a životní prostředí). Aktiva představují osoby, prostředky, majetek a životní prostředí, které mohou být ohroženy jednou z možných hrozeb. Dále jsou v grafu zaznamenány hrozby (dopravní rizika, živelní pohromy, povětrnostní podmínky, poruchy vybavení tunelu, absence vybavení tunelu), které mají vliv na aktiva uvedená v grafu. Tento vliv se projevuje v míře zranitelnosti jednotlivých aktiv. Např. nejvíce zranitelné jsou osoby účastníci se provozu v případech, kdy vznikne nějaká MU a v tunelu se nenachází potřebné vybavení tunelu, jako již zmíněné nouzové únikové osvětlení a požární hydranty.



Obrázek 9 Graf označující aktiva a hrozby a jejich možnou zranitelnost

Zdroj: vlastní

Pomocí analýzy zranitelnosti bylo zjištěno, že nezávažnějšími hrozbami v Pisáreckém tunelu jsou chybějící hydranty, chybějící nouzové únikové vybavení, nepozornost řidiče a dále pak výpadky dopravního značení. Budou navrženy řešení pro zmírnění nebo eliminaci těchto hrozeb v následující kapitole.

8 NÁVRHY ŘEŠENÍ

Provedené analýzy rizik definují několik závažných i méně závažných rizik, které se mohou v Pisáreckém tunelu vyskytnout.

Management rizik v Pisáreckém tunelu by se měl zabývat vyskytujícími se riziky, dle matice výsledných rizik, a to v pořadí:

- primární by měla být ta rizika, která se vyskytují v pásmu **vysokých rizik**, protože ta představují největší nebezpečí jak pro účastníky provozu v Pisáreckém tunelu, tak i pro jeho provozovatele,
- sekundárně by měla být řešena rizika ze **středního pásma**,
- nakonec by měla být věnována pozornost rizikům z pásma **nízkých rizik**, protože má tato skupina nejmenší dopad pro okolí, avšak tato rizika mohou být akceptovatelná z toho důvodu, že je u nich zanedbatelná míra nebezpečí, nebo dokonce jsou tato opatření ekonomicky neefektivní.

Rizika vyskytující se v pásmu vysokých rizik

Hlavním a opravdu závažným rizikem je skutečnost, že se v tunelu nenachází jediný požární hydrant, jak výše bylo zmíněno nejbližší hydrant, který by bylo možné v případě vzniku požáru použít, se nachází před tunelem.

Proto je třeba navrhnout, aby byl požární vodovod s hydranty zaveden do Pisáreckého tunelu, tak jak uvádí norma ČSN 73 7507, tzn. na každých 60 - 125 m.

Dalším důležitým rizikem, vyskytujícím se v tunelu, je absence nouzového únikového osvětlení, což je velmi důležité vybavení. V případě MU, při které je snížena viditelnost v tunelu, by mělo právě toto osvětlení plnit funkci „průvodce“ k portálu tunelu, nebo k únikovému východu.

Existuje důvodné přesvědčení, a z toho vyplývající návrh, že by se osvětlení mělo umístit do tunelu.

Dalším a velmi závažným rizikem je nepozornost řidiče, který následkem této nepozornosti způsobí dopravní nehodu. Tato nehoda však může mít i mnohem horší a rozsáhlejší následky, než jen pomačkaných pár plechů. Bohužel v tomto případě se management Pisá-

reckého tunelu nemůže předcházet těmto příčinám a řeší až následky těchto událostí. Z toho důvodu by se měl zaměřit na ta opatření, která jsou uvedena výše.

Rizika vyskytující se v pásmu středních rizik

Po vyřešení těchto primárních problémů by měla být pozornost věnována problémům sekundárním, které nejsou tak závažné, avšak také mají nepříznivý dopad na provoz tunelu a mohou způsobit závažné MU. Mezi tyto problémy jsou zařazeny i výpadky dopravního značení. Je možné, že se u dopravního značení vyskytne porucha, kdy by právě mělo upozorňovat na nějakou nebezpečnou situaci v tunelu, kdy by měl řidič dbát vyšší opatrnosti. V případě, že by tato situace nastala, tak by následkem mohla být nehoda v tunelu, která by mohla způsobit ohrožení životů či poškození majetku účastníků provozu v Pisáreckém tunelu. Proto by se tyto výpadky dopravního značení měly eliminovat. Faktem je, že se v současné době provádějí pravidelné kontroly tohoto značení.

Vzhledem k častým poruchám je návrhem, aby tyto kontroly probíhaly v častějších intervalech. V případě, že by tyto kontroly neměly očekávaný efekt, bylo by vhodnější se zamyslet nad tím, zda toto dopravní značení nepotřebuje rekonstrukci, či dokonce výměnu za nové.

Rizika vyskytující se v pásmu nízkých rizik

Jak již bylo zmíněno v FTA analýze, Pisárecký tunel je vybavený zdrojem nepřerušovaného napětí. Avšak tento zdroj pokryje výpadek elektrického proudu pouze po určitou dobu. V případech, kdyby nastal dlouhodobější výpadek, Pisárecký tunel by zůstal bez elektrického proudu.

Vhodnějším řešením, které by eliminovalo toto riziko, by byla instalace dieselového generátoru. Ten by byl schopný pokrýt výpadek elektrické energie trvající jakkoliv dlouhou dobu.

9 ZHODNOCENÍ PŘÍNOSU NAVRŽENÝCH OPATŘENÍ

Po praktické stránce je bakalářská práce přínosem především pro správce Pisáreckého tunelu, tj. Brněnské komunikace a. s., protože definuje rizika vyskytující se v tunelu, některá jsou více závažná, jiná méně. Na vybraná rizika jsou navržena řešení, které mají tyto rizika snížit nebo eliminovat.

Některé návrhy zahrnují montáž nového zařízení tunelu, jako například tolikrát zmiňované hydranty, které mohou být velkým zásahem do tunelu a zároveň by byl tento zásah velmi nákladný. Avšak přínosy této rekonstrukce mohou být několikanásobně vyšší. V tomto případě, i přes instalaci hydrantů, se riziko mimořádné události nesníží, avšak při vzniku MU může dopomoci k zamezení vzniku rozsáhlých škod jak na zdraví a životech, tak i na majetku. Z toho vyplývá, že z ekonomického i bezpečnostního hlediska je instalace hydrantů přínosem.

V případě nouzového únikového osvětlení nejsou náklady nijak obzvláště, v porovnání s probíhající rekonstrukcí tunelu, nákladné. V tomto případě nouzové únikové osvětlení má pouze přínos bezpečnostní, protože směřuje účastníky provozu k východu z tunelu za zabraňuje tím újmě na zdraví nebo životech účastníků, ke kterým by mohlo dojít, kdyby zůstali v tunelu. Opět tato rekonstrukce nepřispěje ke snížení rizika MU, avšak napomáhá po jejím vzniku.

Vždy při aplikaci jakýchkoliv opatření se musí zvážit jeho klady a zápory. Jestli klady převyšují je třeba zvážit uplatnění těchto opatření. Mezi další opatření, které by byly přínosné pro chod tunelu i účastníků, zavést častější kontroly dopravního značení i zavedení diesellového generátoru.

ZÁVĚR

V bakalářské práci je nastíněna problematika rizik vyskytujících se v tunelech a analýzu rizik v konkrétním tunelu, a to v Pisáreckém tunelu. Rizika v tunelech jsou zmíněna v teoretické části.

Cílem bakalářské práce byla analýza a vyhodnocení rizik, které se mohou vyskytnout v Pisáreckém tunelu a následný návrh řešení pro zmírnění těchto rizik. Analýza rizik byla provedena třemi analýzami rizika a to SWOT analýzou, FTA analýzou a analýzou zranitelnosti za pomoci softwaru Riskan. SWOT analýza popsala silné a slabé stránky Pisáreckého tunelu a také jeho možné příležitosti a hrozby. Následně byla vytvořena matice příležitostí a rizik pro Pisárecký tunel, kde jsem se z výsledku dozvěděla, že dle míry rizika a příležitostí je výsledek SWOT analýzy ideálním stavem, protože míra rizika se nachází v oblasti nízkého rizika a míra příležitostí se pohybuje v kladných číslech .

Další analýzou použitou v práci je FTA analýza, která je zaměřena pouze na požár automobilu, který se nachází v tunelu a definuje jeho možné příčiny.

Poslední použitou analýzou je analýza zranitelnosti, která definuje aktiva Pisáreckého tunelu a potenciální hrozby, které se mohou v tunelu vyskytnout. Na základě ohodnocení aktiv a hrozeb se dále hodnotí zranitelnost těchto aktiv. Tato analýza vyhodnotí míru zranitelnosti aktiv a na základě toho zjistíme, kterým hrozbám a aktivům bychom měli věnovat největší pozornost.

Na základě těchto analýz a zjištění rizik byly navrženy možnosti řešení pro zmírnění či eliminace zmíněných rizik. Vzhledem k učiněným krokům a jejich výsledkům byl stanovený cíl bakalářské práce dle očekávání splněn.

Nejvýznamnějším zjištěním v práci bylo, že v Pisáreckém tunelu nejsou instalovány požární hydranty, proto bylo navrženo řešení situace tím, že se tyto požární hydranty nainstalují i za předpokladu vysokých nákladů. Protože přínos existence hydrantů v Pisáreckém tunelu je opravdu vysoký, především z bezpečnostního hlediska.

Vzhledem k tomu, že bezpečnost v tunelu by se měla neustále kontrolovat a je-li to možné zvyšovat, bylo by vhodné uskutečnit širší šetření a analýzy rizik jako podklady pro jejich vylepšení.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] HASIČSKÝ ZÁCHRANNÝ SBOR ČR. *www.hzscz.cz* [online]. © 2014 [cit. 2014-11-09]. Dostupné z: www.hzscr.cz/soubor/s-08-silnicni-tunely-pdf.aspx
- [2] SIKOROVÁ, Kateřina a Aleš, BERNATÍK. *Analýza a hodnocení rizik při dopravě nebezpečných látek*. 1. vyd. Ostrava: Vysoká škola báňská technická univerzita Ostrava, 2014, 85 s. ISBN 978-80-248-3492-4.
- [3] PŘIBYL, Pavel, JANOTA, Aleš a Juraj, SPALEK. *Analýza a řízení rizik v dopravě: tunely na pozemních komunikacích a železnici*. 1. vyd. Praha: BEN - technická literatura, 2008, 528 s. ISBN 978-80-7300-214-5.
- [4] MENGER, Pavel, Michal, HNILIČKA a Petr, KUČERA. *Bezpečnostní dokumentace Pisáreckého tunelu*. Brno: PRAGOPROJEKT, 2012.
- [5] PŘIBYL, Pavel. *Technické podmínky: „Technologické vybavení tunelů pozemních komunikací“*. 3. vyd. Praha: Eltodo a. s., 2003, 106 s. ISBN 80-239-0110-9.
- [6] PŘIBYL, Pavel, HEISSINGER, Jindřich, KOLÁTEK, Petr, ZOBANÍK, Petr, PLIŠKOVÁ, Andrea, MINAŘÍK, Pavel a Jiří, SVOBODA. *Technické podmínky: „Provoz, správa a údržba tunelů pozemních komunikací“*. 2. vyd. Praha: Eltodo a. s., 2009, 117 s. ISBN 978-80-254-4193-0.
- [7] PRINCIPY A PRAVIDLA ÚZEMNÍHO PLÁNOVÁNÍ. *www.uur.cz* [online]. © 2012 [cit. 17. 2. 2015]. Dostupné z: <http://www.uur.cz/images/5-publikacni-cinnost-a-knihovna/internetove-prezentace/principy-a-pravidla-uzemniho-planovani/kapitolaC/C7-2012.pdf>
- [8] ČESKO. Zákon č. 111 ze dne 26. dubna 1994 o silniční dopravě. In: *Sbírka zákonů České republiky*. 1994, částka 37, s. 1154 - 1161. Dostupný také z: <http://www.psp.cz/sqw/sbirka.sqw?cz=111&r=1994>
- [9] SLOVNÍK. *www.vugtk.cz* [online]. © 2005 - 2015 [cit. 2015-02-17]. Dostupné z: https://www.vugtk.cz/slovník/4515_liniova-stavba
- [10] ČESKO. Zákon č. 13 ze dne 23. ledna 1997 o pozemních komunikacích. In: *Sbírka zákonů České republiky*. 1997, částka 3, s. 47 - 61. Dostupný také z: <http://www.psp.cz/sqw/sbirka.sqw?r=1997&cz=13>
- [11] BLAHUŠOVÁ, Lucie. *Analýza a řízení rizik dopravy města Uherské Hradiště*. Uherské Hradiště, 2013. Bakalářská práce. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, Fa-

kulta logistiky a krizového řízení, Ústav krizového řízení. Vedoucí bakalářské práce Ing. Romana Heinzová, Ph.D.

- [12] ČASOPIS STAVEBNICTVÍ. *www.casopisstavebnictvi.cz* [online]. © 2007 [cit. 2015-02-19]. Dostupné z: http://www.casopisstavebnictvi.cz/podzemni-urbanismus-reseni-problematiky-mestske-infrastruktury_N197
- [13] ŠEFČÍK, Vladimír. Analýza rizik. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2009, 104 s. ISBN 978-80-7318-696-8.
- [14] ŠIROKÝ, Jaromír a kolektiv. Technologie dopravy. 5. rozšířené vydání. Pardubice: Institut Jana Pernera, o. p. s., 2012, 252 s. ISBN 978-80-86530-82-6.
- [15] ANALÝZA A ŘÍZENÍ RIZIK TUNELŮ POZEMNÍCH KOMUNIKACÍ. *www.lss.fd.cvut.cz* [online]. © 2009 [cit. 2015-02-23]. Dostupné z: <http://www.lss.fd.cvut.cz/publikace/publikace-ke-stazeni/analyza-a-rizeni-rizik-tunelu-pozemnich-komunikaci.-vyzkumna-zprava-c.-lss-108-2001/view>
- [16] PŘIBYL, Pavel a Ladislav, STÁREK. Technické podmínky: „Bezpečnost v tunelech pozemních komunikací“, Praha: Eltodo, a. s., 2010, 87 s. ISBN 978-80-254-7953-7.
- [17] SWOT ANALÝZA. *www.managementmania.com* [online]. © 2011 - 2013 [cit. 2015-03-09]. Dostupné z: <https://managementmania.com/cs/swot-analyza>
- [18] SKŘIVÁNKOVÁ, Kristina, POLÁŠKOVÁ, Johana a Tomáš Fröhlich. Metodický manuál Riskan. Praha: T-Soft, 2012, 39 s.
- [19] BEZPEČNOST. *www.mvcr.cz* [online]. © 2015 [cit. 2015-03-22]. Dostupné z: <http://www.mvcr.cz/clanek/pojmy-bezpecnost.aspx>
- [20] KOMBINOVANÁ DOPRAVA. *www.obordopravni.webzdarma.cz* [online]. © 2015 [cit. 2015-03-30]. Dostupné z: www.obordopravni.webzdarma.cz/Pred/Kombinovana%20doprava.doc
- [21] DOPRAVA. *www.hajduch.net* [online]. © 2010 [cit. 2015-04-29]. Dostupné z: <http://www.hajduch.net/cesko/doprava>
- [22] HOLLAND TUNNEL FACTS & INFO. *www.panynj.gov* [online]. © 2001 - 2015 [cit. 2015-05-05]. Dostupné z: <http://www.panynj.gov/bridges-tunnels/holland-tunnel-facts-info.html>

- [23] SWITZERLAND HAS ITS RECORD-BREAKING TUNNEL. *www.swissinfo.ch*
[online]. © 2010 [cit. 2015-05-05]. Dostupné z:
<http://www.swissinfo.ch/eng/switzerland-has-its-record-breaking-tunnel/28532002>

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

MU	Mimořádná událost
IZS	Integrovaný záchranný systém
PT	Pisárecký tunel
ŽP	Životní prostředí
IR	Individuální riziko
SR	Společenské riziko
CTD	Centrální technický dispečink
UPS	Zdroj nepřerušovaného napětí
SW	Software

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 Bezpečnostní kategorie tunelů	21
Obrázek 2 Stavby velkého městského okruhu v Brně - Pisárecký tunel	35
Obrázek 3 Portál Pisáreckého tunelu - směr od Nového Lískovce	36
Obrázek 4 Portál Pisáreckého tunelu - směr od Hlinek	36
Obrázek 5 Budova Brněnské komunikace a. s.	37
Obrázek 6 Matice příležitostí a rizik.....	48
Obrázek 7 FTA - Analýza stromu poruch	50
Obrázek 8 Matice výsledných rizik - Riskan.....	51
Obrázek 9 Graf označující aktiva a hrozby a jejich možnou zranitelnost	53

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 SWOT analýza.....	31
Tabulka 2 Vybavení tunelu ve srovnání s TP 98	38
Tabulka 3 Intenzita dopravy v Pisáreckém tunelu - směr D1	40
Tabulka 4 Intenzita dopravy v Pisáreckém tunelu - směr Pisárky.....	41
Tabulka 5 Vnitřní analýza Pisáreckého tunelu	43
Tabulka 6 Vnější analýzy Pisáreckého tunelu	45
Tabulka 7 Tabulka SWOT analýzy	46
Tabulka 8 Tabulka pro vytvoření matice příležitostí a rizik.....	47

SEZNAM PŘÍLOH

P I: Souhrn minimálních požadavků na vybavení tunelu - stavební opatření

P II: Souhrn minimálních požadavků na vybavení tunelu - technologická opatření

P III: Minimální vybavení tunelu

P IV: Základní vybavení tunelu

P V: Rozšířené vybavení tunelu

PŘÍLOHA P I: SOUHRN MINIMÁLNÍCH POŽADAVKŮ NA VYBAVENÍ TUNELU - STAVEBNÍ OPATŘENÍ

SOUHRN MINIMÁLNÍCH POŽADAVKŮ		Provoz ≤ 2000 vozidel v jednom jízdním pruhu		Provoz > 2000 vozidel v jednom jízdním pruhu < Dod			Dodatečné podmínky pro povinné provedení nebo poznámky
		500–1000 m	>1000 m	500–1000 m	1000–3000 m	>3000 m	
Dvě trouby nebo více							Povinné, jestliže prognóza na 15 let ukazuje, že intenzita dopravy přesáhne 10 000 vozidel v jednom jízdním pruhu
Sklon ≤ 5 %		*	*	*	*	*	Povinné, jestliže to geograficky není možné jinak
Nouzové chodníky		*	*	*	*	*	Povinné, kde není nouzový pruh, jestliže není respektována podmínka odst. 2.3.1. V stávajících tunelech, kde není ani nouzový pruh, ani
Nouzové východy alespoň každých 500 metrů		o	o	*	*	*	Zřízení nouzových východů v stávajících tunelech je hodnoceno případ od případu
Příčná propojení pro záchranné služby alespoň každých 1 500 metrů		o	o/•	o	o/•	•	Povinné v tunelech s dvěma troubami delších než 1 500 m
Přejezd středního dělicího pásu před každým portálem tunelu		•	•	•	•	•	Povinné před tunely s dvěma nebo více troubami, kde je to geograficky možné
Nouzové zálivy alespoň každých 1 000 metrů		o	o	o	o/•	o/•	Povinné v nových obousměrných tunelech > 1 500 m bez nouzových pruhů. V stávajících obousměrných tunelech > 1 500 m: v závislosti na analýze. Jak pro nové, tak stávající tunely, v závislosti na dodatečně využitelné šířce tunelu.
Odvodnění pro hořlavé a toxické kapaliny		*	*	*	*	*	Povinné, kde je povolena doprava nebezpečných věcí
Pozární odolnost stavební konstrukce		•	•	•	•	•	Povinné, kde místní zhroucení může mít katastrofické následky

• – povinné pro všechny tunely
* – povinné s výjimkami

o – nepovinné
[– doporučené

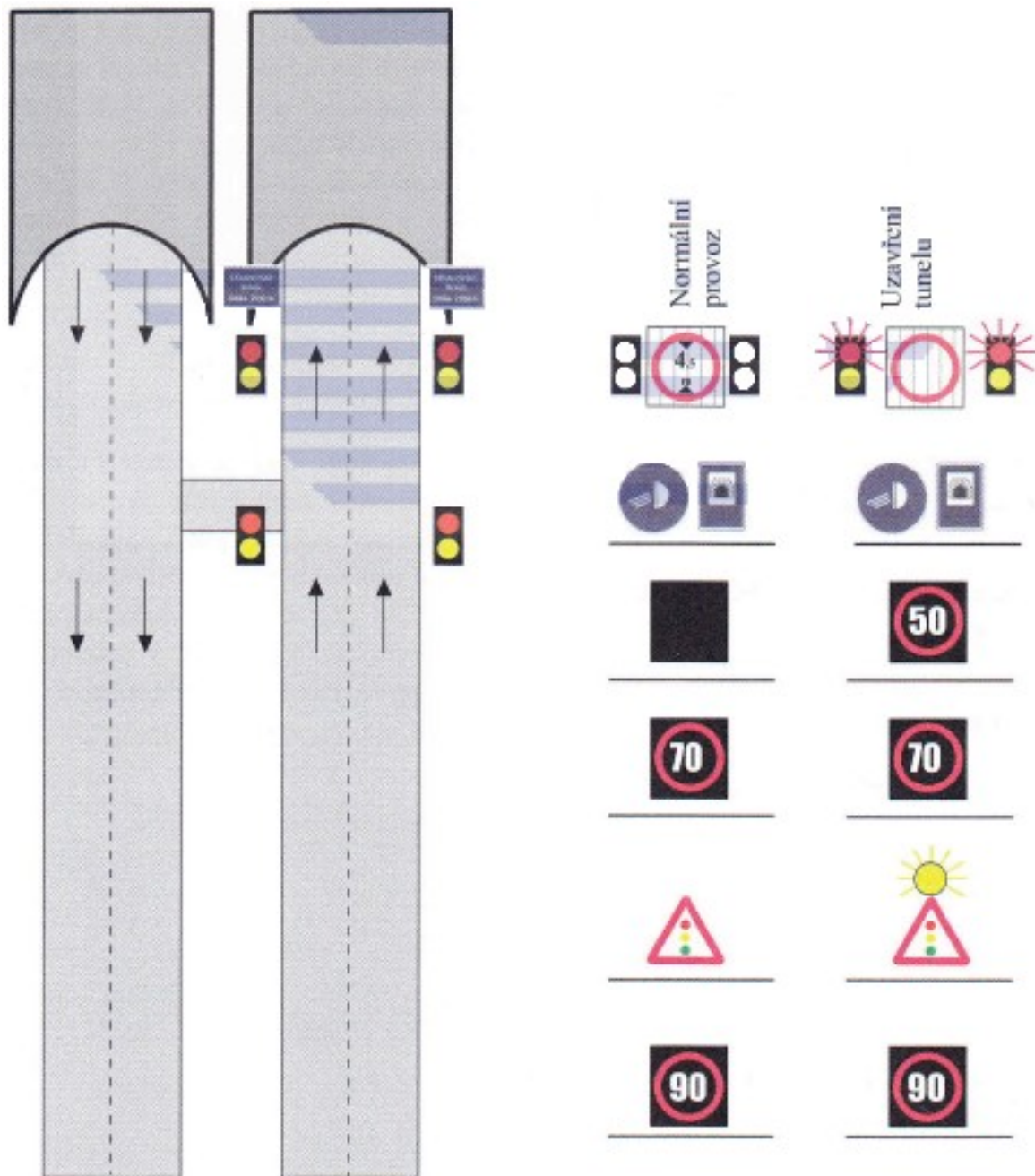
STAVEBNÍ OPATŘENÍ

PŘÍLOHA P II: SOUHRN MINIMÁLNÍCH POŽADAVKŮ NA VYBAVENÍ TUNELU - TECHNOLOGICKÁ OPATŘENÍ

SOUHRN MINIMÁLNÍCH POŽADAVKŮ		Provoz ≤ 2000 vozidel v jednom jízdním pruhu		Provoz > 2000 vozidel v jednom jízdním pruhu			Dodatečné podmínky pro povinné provedení nebo poznámky
		500–1000 m		500–1000 m		1000–3000 m	
		500–1000 m	>1000 m	500–1000 m	>1000 m	>3000 m	
Osvětlení	Běžné osvětlení		•	•	•	•	
	Nouzové osvětlení		•	•	•	•	
	Nouzové únikové osvětlení		•	•	•	•	
Větrání	Mechanické větrání	○	○	○	○	•	
	Zvláštní opatření pro příčnou nebo polopříčnou ventilaci	○	○	○	○	•	Povinné v obousměrných tunelech, kde je řídicí centrum
Hlášky nouzového volání	Alespoň každých 150 metrů	*	*	*	*	*	Vybavené telefonem a dvěma hasicími přístroji. U stávajících tunelů je povolen největší odstup 250 m
	Alespoň každých 250 metrů	•	•	•	•	•	Není-li k dispozici, je povinné zajistit dostatek vody k hašení jiným způsobem
Zásobování vodou		•	•	•	•	•	U všech bezpečnostních zařízení k dispozici uživatelům tunelu (viz příloha III)
Dopravní značení		•	•	•	•	•	Dozor nad více tunely může být soustředěn do jedného řídicího centra
Řídicí centrum		○	○	○	○	•	
Systémy dohledu	Videoohled	○	○	○	○	•	Povinné kde je řídicí centrum
	Automatické systémy zjišťování mimořádných událostí a požárů	•	•	•	•	•	V tunelech bez řídicího centra je povinný alespoň jeden zedvou systémů
Zařízení pro zavírání tunelu	Světelná signalizace před vjezdy do tunelu	○	•	○	•	•	
	Světelná signalizace uvnitř tunelu alespoň každých 1000 metrů	○	○	○	○	○	Doporučeno, jestliže je zřízeno řídicí centrum a délka tunelu překračuje 3 000 metrů
Spojovací a dorozumivací systémy	Přenos rozhlasového vysílání pro záchranné služby	○	○	○	○	•	
	Bezpečnostní rozhlasové zprávy pro uživatele tunelu	•	•	•	•	•	Povinné, kde je pro uživatele tunelu přenos rozhlasového vysílání a kde je zřízeno řídicí centrum
	Reproduktory v úkrytech a u východů	•	•	•	•	•	Povinné, kde evakuovani uživatelé musí čekat před opuštěním tunelu
Nouzové zásobování proudem		•	•	•	•	•	K zajištění fungování nenahraditelných bezpečnostních zařízení alespoň během evakuace uživatelů tunelu
Požární odolnost zařízení		•	•	•	•	•	Cílem je zachovat nezbytné bezpečnostní funkce
TECHNOLOGICKÁ OPATŘENÍ							

- – povinné pro všechny tunely
- * – povinné s výjimkami
- – nepovinné
- [– doporučené

PŘÍLOHA P III: MINIMÁLNÍ VYBAVENÍ TUNELU



PŘÍLOHA P IV: ZÁKLADNÍ VYBAVENÍ TUNELU

