

**UNIVERZITA PARDUBICE**  
**DOPRAVNÍ FAKULTA JANA PERNERA**

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

**2018**

**VOJTĚCH PORWISZ**

**Univerzita Pardubice**  
**Dopravní fakulta Jana Pernera**

**Bezpečnost na železničních přejezdech**  
**Vojtěch Porwisz**

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

**2018**

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Vojtěch Porwisz**

Osobní číslo: **D15654**

Studijní program: **B3709 Dopravní technologie a spoje**

Studijní obor: **Technologie a řízení dopravy: Technologie a řízení dopravních systémů**

Název tématu: **Bezpečnost na železničních přejezdech**

Zadávací katedra: **Katedra technologie a řízení dopravy**

### Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

#### ÚVOD

- 1) Železniční přejezdy a bezpečnost na nich
- 2) Návrhy na zvýšení bezpečnosti na železničních přejezdech
- 3) Vyhodnocení návrhů

#### ZÁVĚR

Rozsah grafických prací: 3 - 4  
Rozsah pracovní zprávy: 30 - 40  
Forma zpracování bakalářské práce: tištěná  
Seznam odborné literatury:


- 1) SOUŠEK, Jaroslav a Josef FALTUS. Stavební a technický řád drah v úplném znění. Olomouc: ANAG, 2001 Právo (ANAG). ISBN 80-7263-290-6.
- 2) ČSN 73 6380. Železniční přejezdy a přechody, změna Z1. Praha: ČNI, 2004
- 3) Zákon č. 361/2000 Sb., o provozu na pozemních komunikacích a o změnách některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů. In: Dostupné z: [portal.gov.cz](http://portal.gov.cz)
- 4) Zákon č. 266/1994 Sb., o drahách: ve znění pozdějších předpisů. In: Dostupné z: [portal.gov.cz](http://portal.gov.cz)
- 5) SŽDC (ČD) Z2. Předpis pro přejezdových zabezpečovacích zařízení. 2000. vyd. Praha: Správa železniční dopravní cesty.

Vedoucí bakalářské práce: **doc. Ing. Jaroslav Matuška, Ph.D.**  
Katedra technologie a řízení dopravy

Datum zadání bakalářské práce: **2. února 2018**  
Termín odevzdání bakalářské práce: **18. května 2018**

  
doc. Ing. Libor Švadlenka, Ph.D.  
děkan

L.S.

  
doc. Ing. Jaromír Široký, Ph.D.  
vedoucí katedry

V Pardubicích dne 3. února 2018

# PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem tuto práci vypracoval samostatně. Veškeré literární prameny a informace, které jsem v práci využil, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

Byl jsem seznámen s tím, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména se skutečností, že Univerzita Pardubice má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona, a s tím, že pokud dojde k užití této práce mnou nebo bude poskytnuta licence o užití jinému subjektu, je Univerzita Pardubice oprávněna ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložila, a to podle okolností až do jejich skutečné výše.

Beru na vědomí, že v souladu s § 47 b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, a směrnicí Univerzity Pardubice č. 9/2012, bude práce zveřejněna v Univerzitní knihovně a prostřednictvím Digitální knihovny Univerzity Pardubice.

V Pardubicích dne 18. 5. 2018

Vojtěch Porwisz

## **Poděkování**

Na tomto místě bych rád poděkoval všem, kteří mi poskytli podklady pro zpracování této bakalářské práce. Zvláště pak děkuji vedoucímu práce, a to doc. Ing. Jaroslavu Matuškoví, Ph.D. za odborné vedení a konzultování mé práce a za rady, které mi poskytoval. Dále pak děkuji za cenné rady a informace panu Miroslavu Matušovi. Děkuji za konzultace, rady a pomoc při mém psaní práce paní Bc. Kláře Pudové.

## **Anotace**

Předmětem bakalářské práce je problematika bezpečnosti na železničních přejezdech. V analytické části byly zjištěny důvody vzniku mimořádných událostí na vybraných kategoriích železničního přejezdu. Pro tyto kategorie jsou modelovány návrhy, které jsou následně zkoušeny a hodnoceny probandy na testovacím okruhu.

## **Klíčová slova**

Bezpečnost, proband, řidič, testování, virtuální realita, železniční přejezd.

## **Title**

Safety of railway crossings

## **Annotation**

The subject of the bachelor thesis is the issue of safety at railway crossings. In the analytical part the reasons of formation of extraordinary events on selected categories of railway crossings had been found out. For these categories some drafts are being modelated, than these drafts are being tested and rated by probands on the testing circle.

## **Keywords**

Safety, proband, driver, testing, virtual reality, railway crossing.

# OBSAH

<b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>	<b>10</b>
<b>SEZNAM TABULEK.....</b>	<b>11</b>
<b>SEZNAM ZKRATEK .....</b>	<b>12</b>
<b>ÚVOD.....</b>	<b>13</b>
<b>1 ŽELEZNIČNÍ PŘEJEZDY A BEZPEČNOST NA NICH .....</b>	<b>14</b>
1.1 Definice.....	14
1.2 Právní a technické předpisy .....	15
1.2.1 Právní předpisy.....	15
1.2.2 Technické normy .....	16
1.2.3 Drážní předpisy.....	16
1.3 Dělení železničních přejezdů dle normy.....	17
1.4 Základní pojmy a jejich definice .....	18
1.4.1 Otevřený, uzavřený železniční přejezd.....	18
1.4.2 Zabezpečení přejezdu.....	18
1.4.3 Výstraha přejezdu .....	19
1.4.4 Úseky železničního přejezdu .....	20
1.4.5 Prostor železničního přejezdu.....	21
1.4.6 Signály železničního přejezdu .....	21
1.4.7 Stavby železničního přejezdu .....	22
1.4.8 Ovládání železničního přejezdu .....	23
1.4.9 Komponenty PZZ .....	23
1.5 Určení typu zabezpečení železničního přejezdu.....	23
1.6 Pohled na bezpečnost.....	24
1.6.1 Pohled na bezpečnost – silniční doprava.....	25
1.6.2 Pohled na bezpečnost – železniční doprava.....	26
1.7 Bezpečnost na železničních přejezdech .....	26



1.7.1	Bezpečnost na železničních přejezdech.....	27
1.7.2	Definice různých druhů nehod.....	28
	Silniční doprava.....	28
	Železniční doprava.....	28
1.7.3	Statistika nehod na železničních přejezdech v ČR.....	28
1.7.4	Analýza mimořádných událostí.....	32
	Analýza mimořádných událostí za rok 2016.....	32
	Analýza mimořádných událostí za rok 2017.....	34
	Výsledek analýzy.....	36
1.7.5	Poruchovost PZZ.....	37
1.7.6	Prevence nehod na přejezdech.....	37
	Kampaně pro bezpečnost na přejezdech.....	38
1.8	Metoda testování chování uživatele pozemní komunikace.....	38
1.8.1	Virtuální realita – úvod.....	39
1.8.2	Postup testování – virtuální realita.....	39
1.8.3	Výpočetní technologie.....	40
1.8.4	Dotazník.....	41
1.8.5	Přímé dotazy testujícího na UPK.....	41
<b>2</b>	<b>NÁVRHY NA ZVÝŠENÍ BEZPEČNOSTI NA ŽELEZNIČNÍCH PŘEJEZDECH.....</b>	<b>42</b>
2.1	Modelování teoretického přejezdu.....	42
2.1.1	Postup modelování teoretického přejezdu.....	43
2.2	Vytvoření testovacího okruhu.....	45
2.3	Návrh nových prvků.....	46
2.3.1	Fyzická zábrana.....	46
2.3.2	Svislé dopravní značení.....	47
2.3.3	Billboard.....	48
2.3.4	Vodorovné dopravní značení.....	49

2.4	Export do grafického enginu.....	49
2.5	Vytvoření dotazníku .....	50
2.6	Průběh testování.....	51
<b>3</b>	<b>VYHODNOCENÍ NÁVRHŮ .....</b>	<b>53</b>
3.1	Navržená doporučení .....	54
	<b>ZÁVĚR .....</b>	<b>57</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÝCH INFORMAČNÍCH ZDROJŮ.....</b>	<b>59</b>
	<b>SEZNAM PŘÍLOH.....</b>	<b>61</b>

## SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1	Železniční přejezd s výstražným křížem A 32a.....	19
Obr. 2	Železniční přejezd s PZZ a pozitivním signálem .....	19
Obr. 3	Železniční přejezd s PZZ a závorami s pozitivním signálem .....	19
Obr. 4	Úseky železničního přejezdu .....	21
Obr. 5	Rozhledové trojúhelníky pro přejezd s výstražným křížem .....	25
Obr. 6	Názorné porušení pravidel silničního provozu .....	27
Obr. 7	Vývoj srážek UPK s ŽKV v jednotlivých letech.....	29
Obr. 8	Nehody na železničních přejezdech v letech .....	31
Obr. 9	Podíl na vzniku MU (Výstražný kříž) .....	33
Obr. 10	Podíl na vzniku MU (PZS 3SBI) .....	33
Obr. 11	Podíl na vzniku MU (PZS 3ZBI) .....	34
Obr. 12	Podíl na vzniku MU (Výstražný kříž, PZS 3SBI, PZS 3ZBI) .....	35
Obr. 13	Silniční vozidlový simulátor.....	40
Obr. 14	Návrh teoretického přejezdu .....	43
Obr. 15	Návrh teoretického přejezdu s texturami .....	44
Obr. 16	Segment přímé železniční tratě s teoretickým přejezdem .....	45
Obr. 17	Testovací okruh .....	46
Obr. 18	Návrh fyzické zábrany .....	47
Obr. 19	Návrh svislého dopravního značení .....	48
Obr. 20	Návrh billboardu .....	48
Obr. 21	Návrh vodorovného dopravního značení .....	49
Obr. 22	Pohled z vozidla (pohled řidiče) .....	50
Obr. 23	Dotazník s návrhem číslo 1 (fyzická zábrana) .....	51
Obr. 24	Experiment v testovacím okruhu .....	52
Obr. 25	Železniční přejezd bez návrhu (výstražník se závorami) .....	55
Obr. 26	Železniční přejezd s návrhem fyzické zábrany (výstražník se závorami) .....	55
Obr. 27	Železniční přejezd s návrhem vodorovného dopravního značení (výstražník se závorami) .....	55
Obr. 28	Železniční přejezd bez návrhu (výstražník bez závor) .....	56
Obr. 29	Železniční přejezd s návrhem fyzické zábrany (výstražník bez závor).....	56

## SEZNAM TABULEK

Tab. 1 Srážka s vlakem na železničních přejezdech (jednotlivé roky) .....	30
Tab. 2 Nehody na železničních přejezdech (jednotlivé roky) .....	31
Tab. 3 Statistika nehod na železničních přejezdech s různým druhem zabezpečení (2016) . .....	33
Tab. 4 Statistika nehod na železničních přejezdech s různým druhem zabezpečení (2017) .....	35
Tab. 5 Počet incidentů na vybraných železničních přejezdech .....	36
Tab. 6 Počet mimořádných událostí z důvodu selhání PZZ .....	37
Tab. 7 Základní informace o respondentech .....	53
Tab. 8 Výsledné hodnocení navrhovaných prvků .....	53

## SEZNAM ZKRATEK

3D	Trojrozměrný
ČSN	Česká technická norma
DV	Drážní vozidlo
ILCAD	International Level Crossing Awareness Day
LED	Light-Emitting Diode
MU	Mimořádná událost
Op	Opatrná jízda
PZZ	Přejezdové zabezpečovací zařízení
PZS	Přejezdový zabezpečovací systém
SŽDC	Správa železniční dopravní cesty
UIC	Mezinárodní železniční unie
UPK	Uživatel pozemní komunikace
ŽKV	Železniční kolejové vozidlo

# ÚVOD

Tato bakalářská práce se zabývá problematikou bezpečnosti na železničních přejezdech. Pojem bezpečnost na železničních přejezdech se objevuje už od dob, kdy železniční doprava začala úrovnově křížit tu silniční. V dnešní době se bezpečnost na železničních přejezdech potýká s neklesajícím počtem mimořádných událostí (MU), které končí majetkovou újmou, zraněním nebo usmrcením uživatele pozemní komunikace. Řešením je mimoúrovňově vést železniční dopravu od silniční dopravy pomocí nadjezdů či podjezdů. Tato forma řešení je příliš finančně nákladná, a to je také důvod, proč se na našem území stále nachází většinový podíl křížení úrovnového oproti mimoúrovňovému křížení. Tato bakalářská práce se bude v první části zabývat definicí železničního přejezdu, popisem přejezdového zabezpečovacího zařízení a jeho prvků, jednotlivými fázemi zabezpečení a popíše samotný pohled na bezpečnost ze strany silničního i železničního provozu.

Součástí teoretické části jsou formy metodiky testování nových návrhů prvků na subjektech (tj. uživatelích pozemní komunikace – řidič) ve virtuálním prostředí. Práce popíše různé formy testů chování, které lze v tomto případě využít, postup testování subjektu a následné vyhodnocení jednotlivých výsledků.

Praktická část bakalářské práce se zabývá analýzou dat mimořádných událostí, nalezením hlavního problému bezpečnosti na železničních přejezdech. Tyto údaje budou sloužit jako vstup pro návrh prvků sloužících k navýšení pozornosti a bezpečnosti v oblasti železničního přejezdu. Takto navržené prvky budou poté otestovány ve virtuální realitě, pro tyto účely bude vytvořen testovací okruh s využitím trojrozměrného modelovacího softwaru. Výsledky testovacích jízd budou sloužit jako podklad pro analýzu a výsledné doporučení o možném využití jednotlivých návrhů.

**Cílem této práce** je analýza dostupných dat mimořádných událostí na železničních přejezdech, nalezení nejrizikovějších kategorií přejezdů, návrh nových prvků pro snížení této rizikovosti, jejich otestování a následné doporučení nejvhodnějších prvků do vybraných nebezpečných přejezdů.

# 1 ŽELEZNIČNÍ PŘEJEZDY A BEZPEČNOST NA NICH

V České republice se nachází hustá síť železniční dopravní cesty, která vytváří umělou hranici pro ostatní druhy dopravy. Tuto umělou hranici je potřeba překonat, a to konkrétně v ideálních případech nadjezdem nebo podjezdem. Tato forma křížování dvou druhů dopravy však byla a je finančně náročná, proto je v České republice stále většinový podíl úrovnových železničních přejezdů, kterými se tato práce zabývá.

## 1.1 Definice

Železniční přejezd je v České Republice definován zákonem č. 361/2000 Sb., o provozu na pozemních komunikacích (zákon o silničních komunikacích).

*„Železniční přejezd je místo, kde se úrovnově kříží pozemní komunikace se železnici, popřípadě s jinou dráhou ležící na samostatném tělese, a označené příslušnou dopravní značkou.“ (1)*

Přejezd dle definice slouží k úrovnovému křížení pozemní komunikace s dráhou celostátní, regionální nebo vlečkou. Správa a údržba železničního přejezdu spadá pod provozovatele dráhy.

Železniční přejezd je definován Českou technickou normou (ČSN), konkrétně ČSN 73 6380. Definice je obdobná jako u citace ze zákona č. 361/2000 Sb., o provozu na pozemních komunikacích. Podle (2) norma ČSN 73 6380 definuje úroveň křížení silniční komunikace s dráhou, které nelze definovat jako přejezd. Mezi tyto situace patří:

- a) *Úrovnové křížení pozemní komunikace s dráhami speciálními, lanovými a trolejbusovými.*
- b) *Úrovnové křížení pozemní komunikace s tramvajovou dráhou, která je umístěná na pozemní komunikaci, na kterých se jízda tramvajových vozidel řídí dle pravidel o silničním provozu (zákon č. 361/2000 Sb.; o provozu na pozemních komunikacích).*
- c) *Uzavřené dopravní plochy sloužící pro provoz silničních a kolejových vozidel označené dopravní značkou IP 25a „Zóna s dopravním omezením“ popřípadě „Konec zóny s dopravním omezením“ (IP 25b). Tato situace může nastat např. uvnitř výrobních objektů, dep a nákladišť.*
- d) *Pokud se jedná o prostor úrovnového křížení, kde dochází k železniční nebo poštovní manipulaci anebo pokud zde dochází k pohybu cestujících či zaměstnanců provozovatele dráhy nebo drážní dopravy.*

- e) *Úrovňové křížení vnitropodnikových komunikací s důlními dráhami v obvodu důlní organizace.*
- f) *Přejezdy, které jsou opatřené uzamykatelnými zábranami (břevna závor uzamčené visacím zámkem) mimo období jejich využitelnosti.*
- g) *Plochy sloužící integrovanému záchrannému systému, konkrétně se jedná o záchranné plochy u tunelových portálů. (2)*

Z bezpečnostního hlediska je nutné vědět, že železniční kolejové vozidlo (ŽKV) má přednost nad uživatelem pozemní komunikace (UPK). Přednost na přejezdu stanovuje zákon č. 319/2016 Sb., o dráhách, který říká:

*„Při křížení železniční dráhy s pozemní komunikací v úrovni kolejí má drážní doprava přednost před provozem na pozemních komunikacích“.* (3)

V modelové situaci ani vozidla integrovaného záchranného systému i přes jejich urgenci nemají v daném místě přednostní právo průjezdu přes aktivní přejezd před ŽKV.

## **1.2 Právní a technické předpisy**

Stanovují podmínky bezpečnosti na železničních přejezdech. Chování UPK je výsledkem dodržování legislativního rámce, který se zabývá mimoúrovňovým křížením. Jednotlivé zákony a normy definují železniční přejezd a upravují chování, určují pravidla na železničních přejezdech. V České republice jde o zákony, vyhlášky, nařízení a stanovené závazné ČSN normy. Zákony spolu s normou upravují technické specifikace mimoúrovňového křížení a stanovují zařízení pro zabezpečení úrovňového přejezdu. Nedílnou součástí fungování drážní dopravy jsou drážní předpisy.

### **1.2.1 Právní předpisy**

Níže zmíněné právní předpisy zpracovávají příslušné předpisy Evropské unie (např.: Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2004/49/ES ze dne 29. dubna 2004 o bezpečnosti železnic) a zároveň upravují podmínky pro stavbu drah a pozemních komunikací, stanovují užití a jejich ochranu, práva a povinnosti vlastníků, provozovatelů a jejich uživatelů, výkon státní správy a státního dozoru.

- a) Zákon č. 13/1997 Sb., o pozemních komunikacích, ve znění pozdějších předpisů
- b) Zákon č. 266/1994 Sb., o dráhách, ve znění pozdějších předpisů



- c) Zákon č. 361/2000 Sb.; o provozu na pozemních komunikacích, ve znění pozdějších předpisů
  - d) Vyhláška č. 173/1995 Sb., dopravní řád drah, ve znění pozdějších předpisů
  - e) Vyhláška č. 177/1995 Sb., stavební a technický řád drah, ve znění pozdějších předpisů
  - f) Vyhláška č. 376/2006 Sb., o systému bezpečnosti provozování dráhy a drážní dopravy a postupech při vzniku mimořádné události na dráhách, ve znění pozdějších předpisů.
- (2)

Uvedené předpisy stanovují způsob označení a zabezpečení, podmínky stavby přejezdu, bezpečnost.

### 1.2.2 Technické normy

Nejsou závazné, ale smluvní strany se na tyto ČSN normy mohou odkazovat. Jedná se o podrobný předpis, stanovující specifikace vedoucí ke standardizaci železničních přejezdů a silničních komunikací. (6)

- a) ČSN 73 6380 Železniční přejezdy a přechody
- b) ČSN 73 6110 Projektování místních komunikací
- c) ČSN 01 8020 Dopravní značky na pozemních komunikacích
- d) ČSN 34 2650 Železniční zabezpečovací zařízení – přejezdové zabezpečovací zařízení
- e) ČSN 73 6021 Světelná a signalizační zařízení. Umístění a použití návěstidel. (2)

Uvedené normy upravují finální podobu navržených prvků (vzdálenost od železničního přejezdu, dodržení rozhledových trojúhelníků, propojení prvku s přejezdovým zabezpečovacím zařízením, dodržení rozměru dopravního značení atd.)

### 1.2.3 Drážní předpisy

Mezi drážní předpisy vydávané správou železnicí dopravní cesty (SŽDC), které zmiňují železniční přejezd jako takový patří:

- a) SŽDC (ČD) D1 Dopravní a návěstní předpis
  - b) SŽDC (ČD) D2/2 Vzory písemných rozkazů a řešení některých dopravních situací
  - c) SŽDC (ČD) Z2 Předpis pro obsluhu přejezdových zabezpečovacích zařízení
  - d) SŽDC (ČD) S 4/3 Předpis pro správu a udržování železničních přejezdů a přechodů.
- (17)

Důležitým faktorem bezpečnosti na železničních přejezdech je i přes existenci zákonů, vyhlášek, norem a předpisů lidský činitel. Ani zabezpečený železniční přejezd technicky i legislativou nemůže zabránit MU, kterou způsobí právě lidský činitel. Jedinou možností, jak zabránit interakci lidského činitele na železničním přejezdu, je vést přejezd mimoúrovňově (mostem či podjezdem).

### 1.3 Dělení železničních přejezdů dle normy

Podle (2) dělení železničního přejezdu stanovuje norma ČSN 73 6380, dle kritérií přejezdu.

- a) *Přejezdy podle počtu křižovaných kolejí:*
  - *Jednokolejné*
  - *Dvojkolejné a vícekolejné*
- b) *Přejezdy podle druhu pozemní komunikace:*
  - *Na silnici*
  - *Na místní komunikaci*
  - *Na účelové komunikaci, polní a lesní cestě*
- c) *Přejezdy podle povahy a účelu dráhy:*
  - *Přes celostátní dráhu*
  - *Přes regionální dráhu*
  - *Přes vlečku*
  - *Přes tramvajovou dráhu (v práci nebude uvažováno)*
- d) *Přejezdy podle nejvyšší dovolené rychlosti silničních vozidel na přejezdu:*
  - *Přejezdy s nejvyšší dovolenou rychlostí 30 km·h<sup>-1</sup>*
  - *Přejezdy s nejvyšší dovolenou rychlostí 50 km·h<sup>-1</sup>*
  - *Přejezdy s odlišně dovolenou rychlostí*
- e) *Přejezdy podle zabezpečení:*
  - *Přejezdy zabezpečené pouze výstražným křížem*
  - *Přejezdy vybavené přejezdovým zabezpečovacím zařízením*
  - *Přejezdy řízené světelným signalizačním zařízením ovládaným jízdou tramvaje.*

## 1.4 Základní pojmy a jejich definice

Předpis SŽDC (ČD) Z2 popisuje základní pojmy a definice železničního přejezdu. Předpis popisuje stavy, zabezpečení, fáze, výstrahu, úseky, signály a možnosti ovládání železničního úrovnňového křížení.

### 1.4.1 Otevřený, uzavřený železniční přejezd

Železniční přejezd vytváří pro UPK vizuální a fyzickou bariéru mezi ním a místem, které ohrožuje jeho bezpečnost. Tato vizuální a fyzická bariera může a nemusí UPK bránit ve vjezdu na železniční přejezd. Proto dělíme železniční přejezd na:

- a) Otevřený přejezd
- b) Uzavřený přejezd.

Otevřený přejezd je přejezdové zabezpečovací zařízení (PZZ), které nezabraňuje uživateli pozemní komunikace vstoupit na přejezd, zatímco uzavřený přejezd UPK vstoupit na přejezd nedovoluje. Systém PZZ, který nedovoluje vjezd na železniční přejezd, je opatřen závorami, které jsou v koncové fázi polohy dole (je ve výstražném stavu). Při anulaci dochází ke zdvihu břevna závory, přesto stále břevno závory zasahuje do prostoru pozemní komunikace, aby případně zabránilo vjezdu a vstupu UPK do prostoru přejezdu v době, kdy může přejezd opět vstoupit do výstrahy. Tato situace může nastat v místech, kde je intenzita železničního provozu vyšší a nachází se zde více dopravních kolejí. (4)

### 1.4.2 Zabezpečení přejezdu

Železniční přejezd musí být dle legislativy České republiky zabezpečen (zákon 266/1994 Sb. o dráhách). Z tohoto důvodu jsou železniční přejezdy dělené na přejezdy zabezpečené:

- a) Dopravní značkou (výstražný kříž)
  - A 32a
  - A 32b
- b) Přejezd s přejezdovým zabezpečovacím zařízením
  - Se závorami a výstražníkem
  - Se závorami a výstražníkem s pozitivní signalizací
  - Se závorami (bez výstražníku)
  - Bez závor s výstražníkem

- Bez závor s výstražníkem a pozitivní signalizací



Obr. 1 Železniční přejezd s výstražným křížem A 32a



Obr. 2 Železniční přejezd s PZZ a pozitivním signálem

Zdroj: (Autor)



Obr. 3 Železniční přejezd s PZZ a závorami s pozitivním signálem

Zdroj: (Autor)

Na obr. 1 je železniční přejezd s dopravní značkou, který je zabezpečený výstražným křížem typu A 32a (Výstražný kříž pro železniční přejezd jednokolejný), nebo typem A 32b (Výstražný kříž pro železniční přejezd vícekolejný). Na obr. 2 je železniční přejezd s přejezdovým zabezpečovacím zařízením vybavený výstražníkem, který signalizuje UPK světlem, případně i zvukem přejezd ve výstraze. Jde o vizuální i akustické upozornění, zatímco u železničního přejezdu s dopravní značkou je upozornění pouze vizuální. Na obr. 3 je železniční přejezd s PZZ a závorami, který signalizuje výstrahu vizuálně, akusticky a zároveň brání uživateli pozemní komunikace ve vjezdu na aktivní železniční přejezd. (5)

### 1.4.3 Výstraha přejezdu

Pokud je přejezd s PZZ aktivní, jedná se o přejezd ve výstraze. Výstraha přejezdu je projev PZZ oznamující vjezd vlaku do prostoru aktivace přejezdu (přibližovací úsek). Výstraha zakazuje UPK vjezd na přejezd, popřípadě upozorňuje UPK na urychlené opuštění železničního přejezdu. Signalizaci výstrahy rozdělujeme do několika typů:

- a) Mechanická
- b) Světelná
- c) Zvuková.

Účelem výstrahy světelné i zvukové je dávat výstrahu po celou dobu, kdy je přejezd aktivní. Světelnou výstrahu lze definovat jako přerušované svícení dvou červených světel na výstražníku. Toto přerušované svícení je směřováno na UPK. Při poruše světelné výstrahy je výstraha na přejezdu dávana buď jedním přerušovaným světlem (při poruše jednoho ze světel), nebo nepřerušované svícení jednoho či obou červených světel. Zvuková výstraha je definována jako přerušovaný zvuk houkačky, při poruše zvonce je zvuk stálý. Zvuková výstraha doprovází sklápění břevna závora do koncového režimu (dolní koncová poloha), po dosažení koncové polohy je zvuk vypnut. U mechanické výstrahy jde především o změnu polohy břevna závora ze zahajovacího režimu (sklápění) po koncový režim (dolní koncová poloha) a následné zdvihání břevna. (4)

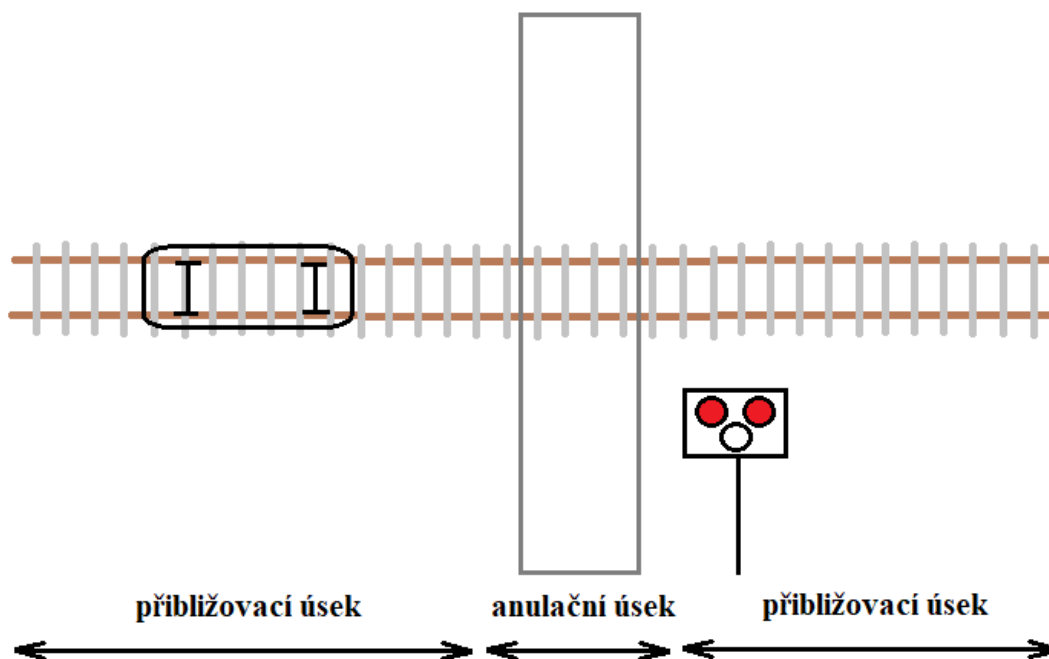
Pro UPK je výstraha základním hlediskem pro rozpoznání nebezpečí, které UPK hrozí po vstupu/vjezdu na aktivní železniční přejezd, proto by tyto signály měly být jasně pochopitelné a čitelné.

#### **1.4.4 Úseky železničního přejezdu**

Železniční přejezd ovlivňuje mnoho akčních prvků, všechny tyto prvky se nacházejí v tzv. obvodu přejezdu. Do tohoto obvodu patří především ovládací úsek přejezdu. Ovládací úsek je vybaven přejezdovým zabezpečovacím systémem (PZS). Do této oblasti patří:

- a) Přibližovací úsek
- b) Anulační úsek
- c) Vzdalovací úsek.

Přibližovací úsek je ovládací úsek železničního přejezdu vybaveného PZS, nachází se před přejezdem ve směru jízdy železničního kolejového vozidla. Anulační úsek je ovládací úsek anulačního stavu, jehož cílem je ukončení výstrahy po průjezdu ŽKV do přechodu do základního stavu nebo znovu do stavu výstražného. Vzdalovací úsek je ovládacím úsekem v místech, kde ŽKV přechází do úseku za přejezdem ve směru jízdy ŽKV. Vzdalovací úsek je totéž co přibližovací úsek pro ŽKV v opačném směru. Jednotlivé úseky jsou znázorněny na obr.4. (4)



Obr. 4 Úseky železničního přejezdu

Zdroj: (Autor)

#### 1.4.5 Prostor železničního přejezdu

Železniční přejezd je součástí dráhy dle vyhlášky č. 177/1995 Sb. Patří zde samotný železniční přejezd včetně PZZ a s ním související technické zázemí železničního přejezdu. Vlastník (provozovatel dráhy) je povinen zajistit údržbu a správu železničního přejezdu, včetně všech jeho součástí. Prostor železničního přejezdu je stanoven od osy krajní koleje ve vzdálenosti 2,5 m ve směru silniční komunikace. V případě, že železniční přejezd je vybaven závorami, pak správa přejezdu spadá na prostor mezi těmito závorami. (2)

Toto rozdělení prostoru je důležité při instalaci nových technických zařízení zvyšujících bezpečnost železničního přejezdu. Pokud je nový bezpečnostní prvek umístěn do prostoru železničního přejezdu, je tento prvek pod správou provozovatele dráhy a ten zodpovídá za jeho funkčnost. Naopak, pokud je účelové technické zařízení umístěno mimo prostor přejezdu, pak správa tohoto zařízení spadá pod provozovatele komunikace.

#### 1.4.6 Signály železničního přejezdu

Akční či varovné prvky železničního přejezdu mají za úkol UPK informovat o hrozícím nebezpečí na železničním přejezdu (nebezpečí interakce železničního kolejového vozidla s účastníkem provozu). Informace je předávána pomocí výstražného, varovného a pozitivního signálu. Výstražný signál varuje uživatele pozemní komunikace před ohrožením ŽKV, konkrétně jde v tomto případě o přejezd uzavřený (přejezd s aktivní světelnou, zvukovou,

popřípadě i mechanickou výstrahou). Naopak pokud železniční přejezd neposkytuje uživateli pozemní komunikace informaci o volnosti či obsazenosti obvodu železničního přejezdu, jde pouze o varovný signál u otevřeného přejezdu. Varovný signál pouze informuje, že hrozí na přejezdu nebezpečí interakce železničního kolejového vozidla s UPK. Další forma signálu, která má za úkol předávat informaci uživateli pozemní komunikace, je pozitivní signál. Tímto signálem dává PZZ informaci uživateli pozemní komunikace, že v obvodu přejezdu není železniční kolejové vozidlo, které by UPK mohlo ohrozit (ŽKV není v obvodu přejezdu, nebo má zakázáno vjet na přejezd bez varování UPK jiným způsobem). Pozitivní signál je dáván jedním přerušovaně svítícím bílým světlem na výstražníku ve směru k uživatelům pozemní komunikace.

Všechny tyto signály jsou důležitým aspektem bezpečnosti na železničních přejezdech. Je důležité, aby tyto signály UPK vyhodnotil správně, proto je nutné, aby signály byly jasné a pro UPK pochopitelné. Špatné pochopení těchto signálů může vést ke vzniku MU. (4)

#### **1.4.7 Stavy železničního přejezdu**

Funkčnost PZZ závisí na mnoha akčních prvcích, které mají elektrickou nebo mechanickou závislost. U každé této závislosti se může objevit nějaká forma chyby, ať už z důvodu opotřebení materiálů či z důvodu chvilkového, ale extrémního namáhání součástí (relé součásti PZZ, žárovky, zvukové zařízení, břevno, mechanický pohon břeven, výpočetní technika atd.) Z tohoto důvodu byly na přejezdu definovány tyto stavy:

- a) Bezporuchový stav
- b) Pohotovostní stav
- c) Nouzový stav
- d) Poruchový stav.

Bezporuchový stav je takový, kdy není vyhodnocen nouzový ani poruchový stav železničního přejezdu. Pohotovostní stav PZS je stav, kdy není vyhodnocen poruchový stav. Nouzový stav přejezdu je stav, kdy je zařízení v závadě, ale tato závada neohrožuje bezpečnost provozu na železničním přejezdu. Poruchový stav je situace, kdy je na přejezdu indikována porucha, která ohrožuje bezpečnost provozu na železničním přejezdu. (4)

#### 1.4.8 Ovládání železničního přejezdu

Železniční přejezd je ovládán automaticky pomocí přejezdového zabezpečovacího zařízení nebo z kontrolního stanoviště, kde jsou umístěny ovládací a indikační prvky PZZ (dopravní kancelář, stavědlo, hradlo, hláska, závorářské stanoviště apod.). Další možností, jak PZZ ovládat, je dálková či místní obsluha PZS. Dálková obsluha je ruční obsluha z kontrolního stanoviště při MU (porucha, výluka, údržba, zkoušení, přidržení PZS ve výstraze při křižování apod.). Pokud provádíme obsluhu z místa, kde se přejezd nachází, pak mluvíme a obsluhuje místní. (4)

Místo, kde je železniční přejezd ovládán, vyžaduje určitý rozsah postupů a povinností. Nedodržení těchto povinností může vést ke snížení bezpečnosti, a to až k MU na železničním přejezdu. Železniční přejezd, který je ovládán automaticky, svou chybu indikuje, naopak při ovládání přejezdu z kontrolního stanoviště či ovládání přejezdu místně vstupuje do situace lidský činitel, jehož chování může vést k chybě a ta následně vede k MU.

#### 1.4.9 Komponenty PZZ

Mezi komponenty přejezdového zabezpečovacího zařízení patří:

- a) Červená světla výstražníku – varují UPK o nebezpečí na železničním přejezdu
- b) Lunobílé světlo výstražníku – informuje UPK o činnosti přejezdového zabezpečovacího zařízení.
- c) Zvonek výstražníku – dává akustickou výstrahu
- d) Břevna závor – mechanická výstraha
- e) Pohon břevna – zajišťuje sklápění, zvedání a držení břeven
- f) Napájení – přípojka 220 V/50 Hz
- g) Patice výstražníku
- h) Stožár výstražníku
- i) Skříň výstražníku (Obsahuje červené, lunobílé světlo a zvonek výstražníku)
- j) Výstražná tabulka (Pozor vlak)

(18)

### 1.5 Určení typu zabezpečení železničního přejezdu

Každý železniční přejezd musí být zabezpečen dle platné legislativy (Zákon č. 13/1997 Sb. o pozemních komunikacích, zákon č. 266/1994 Sb. o dráhách, zákon



č. 361/2000 Sb. o provozu na pozemních komunikacích), neexistuje nezabezpečený přejezd (zabezpečený přejezd = i přejezd s výstražným křížem, přejezd s výstražníkem). Úroveň zabezpečení železničního přejezdu se odvíjí od tzv. dopravního momentu. Dopravní moment lze vyjádřit podle (2) vzorcem:

$$M = 10 \cdot I_s \cdot (P_V + P_P + P_{PMD}), \quad (1)$$

kde M je dopravní moment přejezdu;

$I_s$  ... intenzita silničního provozu (vozidel  $\cdot$  hod<sup>-1</sup>);

$P_V$  ... počet pravidelných vlakových jízd v obou směrech za 24 h (vlaků  $\cdot$  24 hod<sup>-1</sup>);

$P_P$  ... počet posunů v obou směrech za 24 h (posunů  $\cdot$  24 hod<sup>-1</sup>);

$P_{PMD}$  ... průměrný počet posunů mezi dopravami v obou směrech za 24 h (PMD  $\cdot$  24 hod<sup>-1</sup>).

Pro zabezpečení pouze výstražným křížem (A 32a, A 32b) je potřeba, aby přejezd neměl více jak jednu dopravní kolej, traťovou rychlost vyšší jak 60 km·h<sup>-1</sup> a dopravní moment vyšší než 10 000. Pokud není splněno jen jedno z těchto tří pravidel, je potřeba železniční přejezd zabezpečit PZZ. Vzorec pro výpočet dopravního momentu zjišťuje, jakou formu zabezpečení lze pro daný železniční přejezd použít. Nemělo by dojít k situaci, kdy železniční přejezd má dvě dopravní koleje s dopravním momentem 20 000 a traťovou rychlostí 160 km·h<sup>-1</sup>, a není zabezpečen PZZ. Tato skutečnost zvyšuje bezpečnost UPK na železničních přejezdech. (2)

## 1.6 Pohled na bezpečnost

Železniční úrovnový přejezd je místo, kde dochází ke křížení silniční komunikace s drážní dopravou. Jde o místo, kde se střetává ve velkém nepoměru kinetická energie železničního a silničního vozidla. Z tohoto důvodu je potřeba toto úrovnové křížení zabezpečit, ať už výstražným křížem, či s využitím PZZ se závorami nebo bez závor. Zabezpečený přejezd však nemůže vyloučit jednání lidského činitele, které v mnoha případech končí újmou na majetku, a v horším případě újmou na zdraví. Uživatel pozemní komunikace nesmí zapomínat na fakt, že železniční kolejové vozidlo nemůže změnit směr své jízdy a jeho hmotnost nedovoluje okamžité zastavení ŽKV oproti silničnímu vozidlu. Toto je důvod, proč má ŽKV přednost na železničním přejezdu. Řešením je UPK varovat tak, aby toto varování dokázal správně přečíst a mohl tak adekvátně reagovat na danou situaci, která vzniká na aktivním přejezdu (přejezd ve výstraze). Důležitou složkou je osvěta v bezpečnosti na železničních přejezdech, a následně

vytváření bezpečnostních prvků tak, aby cenově i bezpečnostně uspokojily všechny ovlivněné strany.

### 1.6.1 Pohled na bezpečnost – silniční doprava

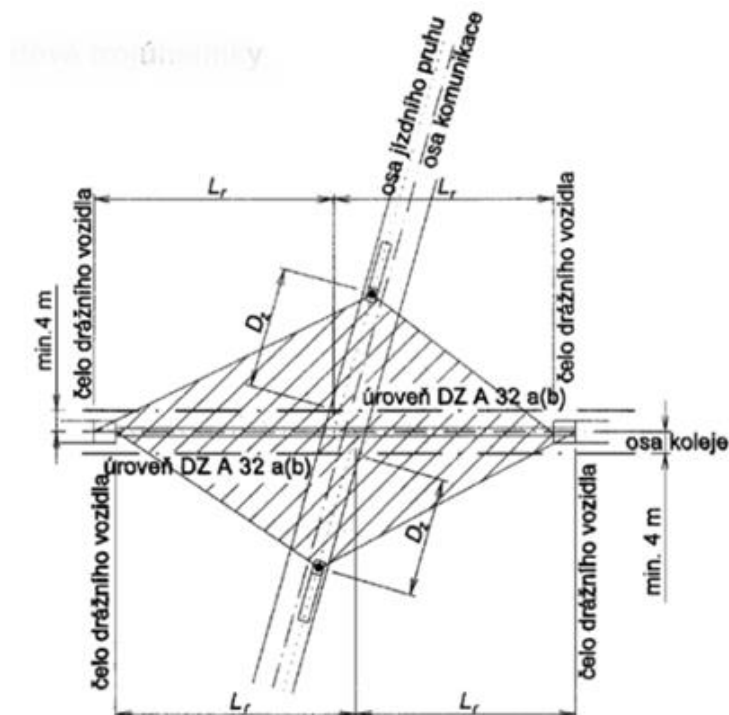
Z pohledu silniční dopavy je průjezd přes železniční přejezd limitován rychlostí. Rychlost je limitována 50 m před přejezdem až po vlastní přejezd, a to na rychlost:

- Maximálně  $50 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$  v případě aktivního pozitivního signálu
- Maximálně  $30 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$  v ostatních případech.

Součástí problematiky bezpečnosti na železničním přejezdu z pohledu silniční dopavy jsou rozhledové trojúhelníky. U přejezdů, kde se nachází pouze výstražné kříže, je potřeba čtyř rozhledových trojúhelníků, ve kterých se nesmí nacházet žádná překážka bránící rozhledu (1 m nad terénem). Tyto rozhledové trojúhelníky jsou zobrazeny na obr. 5. Pokud by rozhledové trojúhelníky nebyly dodržovány, může nastat situace, kdy na železniční vozidlo není vidět přes zástavbu či vegetaci. Je tedy potřeba, aby UPK včas zpozoroval železniční vozidlo a mohl tak bezpečně zastavit před přejezdem nebo přejezd opustit při rychlosti železničního vozidla traťovou rychlostí. (5)

Dz ... Délka rozhledu pro silniční vozidla

Lr ... Vzdálenost příslušné rozhledové délky.



Obr. 5 Rozhledové trojúhelníky pro přejezd s výstražným křížem

Zdroj:(2)

U železničního přejezdu s přejezdovým zabezpečovacím zařízením musí mít UPK rozhled na výstražník pro bezpečné zastavení a zároveň musí být dodržen rozhledový trojúhelník pro rychlost vlaku  $10 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ . (2)

### **1.6.2 Pohled na bezpečnost – železniční doprava**

Rychlost přejíždění přejezdu železničního kolejového vozidla záleží na zabezpečení železničního přejezdu. Pokud je přejezd zabezpečen výstražným křížem, pak je rychlost ŽKV max.  $60 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ . Pokud strojvedoucí získá informaci, že železniční přejezd má funkční PZZ, pak je rychlost určená jako traťová rychlost. Naopak může nastat situace, kdy strojvedoucí ŽKV nezíská informaci o funkčnosti PZZ nebo má informaci, že přejezdové zabezpečovací zařízení není v provozu, pak musí strojvedoucí jízdu přizpůsobit jízdě se zvýšenou opatrností. Informace o železničním přejezdu získává strojvedoucí buď rozkazem opatrná jízda (Op) nebo pomocí návěsti z přejezdníku.

Jízda se zvýšenou opatrností je předpisem SŽDC (ČD) D1 definována jako jízda, kdy strojvedoucí musí ve vzdálenosti 250 m před přejezdem dávat opakovaně návěst „Pozor“ a 60 m před přejezdem musí strojvedoucí jet rychlostí maximálně  $10 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ , dokud čelo ŽKV nemine železniční přejezd. (5)

## **1.7 Bezpečnost na železničních přejezdech**

PZZ je prvek dráhy, který zabezpečuje úrovně křížení dráhy se silniční komunikací. Pokud se mluví o přejezdu, kde se nachází pouze výstražník bez závor, stále jde o přejezd, který je zabezpečen. Dnešní technologie dovolují kontrolovat rizikové situace na přejezdu, dovolují kontrolovat jízdu ŽKV a včas informovat UPK o možném nebezpečí, ať už vizuálně, či akusticky. Samotné PZZ zabezpečuje železniční přejezd, ale nezabraňuje násilnému vstupu UPK na aktivní přejezd.

### 1.7.1 Bezpečnost na železničních přejezdech

V České republice se v roce 2018 nachází 7870 železničních přejezdů s různým druhem zabezpečení. Výstražným křížem je zabezpečeno 3782 přejezdů a různé kategorie PZZ má 4088 železničních přejezdů. (12) V České republice se momentálně nachází jeden ŽP na 10 km<sup>2</sup>. Hlavním důvodem takto vysokého počtu železničních přejezdů je hustá železniční, ale i silniční infrastruktura. V bodech, kde se tato infrastruktura kříží úrovnově, vzniká riziko nehody, na těchto místech je potřeba riziko co nejvíce snížit zabezpečením tohoto místa výstražným křížem nebo PZZ. Pro zvýšení bezpečnosti je potřeba brát v úvahu rozhledové poměry (přejezd pouze s výstražným křížem). Pokud nelze zaručit dostatečný rozhledový trojúhelník, je potřeba železniční přejezd opatřit svíslou dopravní značkou STOP (P6). Zabezpečení přejezdu ale neřeší největší problém, rutinu. U většiny případů je viníkem nehody někdo, kdo situaci na přejezdu dobře zná (místní), na daném přejezdu si vybuduje za určitou dobu úroveň zvyků. Tyto zvyky přerůstají v ignorování pravidel silničního provozu, jehož výsledkem je rapidní nárůst rizika v době, kdy dojde k byť minimálnímu narušení běžné rutiny (změna doby jízdy ŽKV, změna rychlosti ŽKV, změna směru jízdy na traťové koleji, změna počasí). Příklad porušení pravidel silničního provozu je znázorněn na obr. 6.



Obr. 6 Názorné porušení pravidel silničního provozu

Zdroj: (Autor)

V České republice je 4 553 km regionálních tratí (13), kde je traťová rychlost menší než na tratích celostátních drah, to je důvod, proč jsou UPK méně obezřetnější a nerespektují pravidla silničního provozu. Pokud k rizikové situaci dojde, větší počet UPK neví, že může pro nouzový únik z železničního přejezdu prorazit břevna závor, v této oblasti je potřeba UPK více informovat. Nesmíme však zapomínat, že jde stále o porušení pravidel silničního

provozu. Lidé si stále neuvědomují, že zastavit ŽKV je něco jiného, než zastavit silniční vozidlo.

V dnešní době není problém na straně přejezdového zabezpečovacího zařízení, ale problém je v UPK. Je potřeba se na tento subjekt zaměřit a vypořádat se s hlavními problémy jako je rutina, neinformovanost a nerespektování pravidel silničního provozu. (11)

### **1.7.2 Definice různých druhů nehod**

Nedílnou součástí silniční i železniční dopravy jsou nehody, proto je potřeba jednotlivé pojmy definovat.

#### **Silniční doprava**

V silniční dopravě jsou známy pojmy:

- a) Dopravní nehoda – je událost v provozu na pozemních komunikacích, například havárie nebo srážka, která se stala nebo byla započata na pozemní komunikaci a při níž dojde k usmrcení nebo zranění osoby nebo ke škodě na majetku v přímé souvislosti s provozem vozidla v pohybu (definuje zákon č. 361/2000 Sb., o provozu na pozemních komunikacích a o změnách některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů). (14)
- b) Skoronehoda – událost, při níž mohlo dojít k ohrožení života a zdraví, majetku (případně i současně), ale v poslední chvíli došlo k odvrácení rizikové situace. (15)

#### **Železniční doprava**

V železniční dopravě definuje nehody, incidenty Zákon 266/1994 Sb., o dráhách takto:

- a) Vážná nehoda – je nehoda způsobená srážkou nebo vykolejením drážního vozidla (DV), jejímž následkem je smrt minimálně 1 osoby, újma na zdraví nejméně 5 osob, škoda velkého rozsahu (5 000 000 Kč).
- b) Nehoda – se rozumí událost, jejímž následkem je smrt, újma na zdraví nebo jiná újma.
- c) Incident – jiná událost než nehoda. (3)

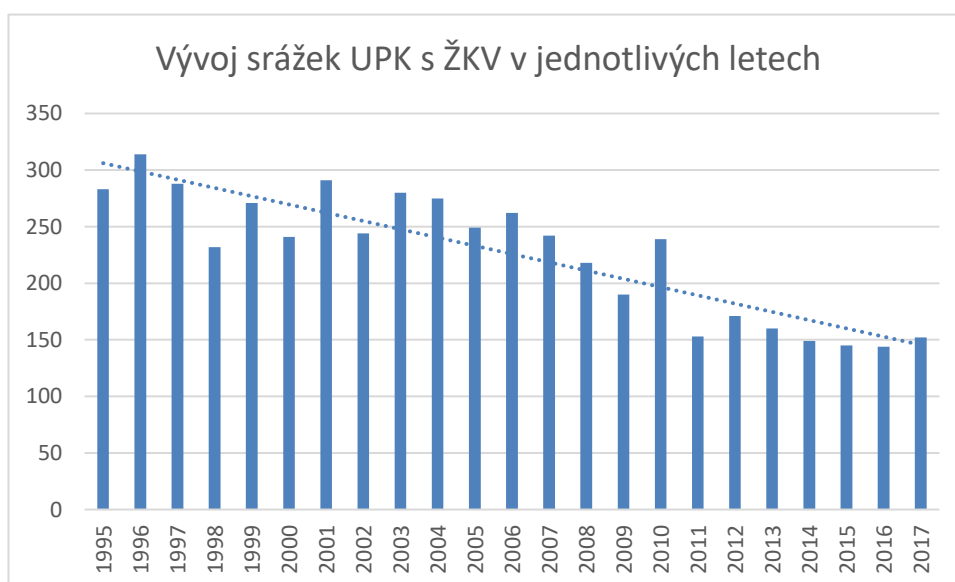
### **1.7.3 Statistika nehod na železničních přejezdech v ČR**

Statistiku nehod na silničních komunikacích i železničních přejezdech shromažďuje Policie České republiky, ta každoročně vydává ročenku s informacemi o nehodovosti na

pozemních komunikacích v České republice za daný rok. Na webových stránkách policie České republiky je možné dohledat aktuální statistiku pro rok 2018, až po rok 1995. Ročenka obsahuje obecné informace o druhu nehody v různých kategoriích, o vývoji a počtu nehod za daný rok, o vývoji počtu usmrcených osob při nehodě, o časovém rozložení nehod, příčiny nehod atd. Z této ročenky lze mimo jiné vyčíst nehodovost na železničních přejezdech. Ročenka policie České republiky tyto nehody rozděluje do dvou skupin:

- a) Srážka s vlakem na železničních přejezdech
- b) Nehody na železničních přejezdech.

Pokud je zmíněna srážka s vlakem na železničních přejezdech, jde o nehodu, kdy dojde k interakci silničního vozidla s ŽKV. Následek této nehody může být v lehčím případě újma na majetku UPK, majetku dopravce nebo provozovatele dráhy či třetí osoby. V tom horším případě dojde k újmě na zdraví nebo usmrcení UPK. Nehody na železničních přejezdech můžeme chápat jako porušení pravidel silničního provozu nebo selhání techniky zabezpečující přejezd, přičemž nemuselo dojít pouze k interakci silničního vozidla s ŽKV, ale k nehodě pouze silničního vozidla s PZZ či s jiným uživatelem pozemní komunikace. V níže uvedených tabulkách jsou vyznačeny červeně nejhorší hodnoty, zeleně nejlepší. Obr. 7 a tab. 1 níže vyobrazuje vývoj a statistiku nehod, při které došlo k interakci UPK s ŽKV v letech 1995–2016. (9)



Obr. 7 Vývoj srážek UPK s ŽKV v jednotlivých letech

Zdroj (9)

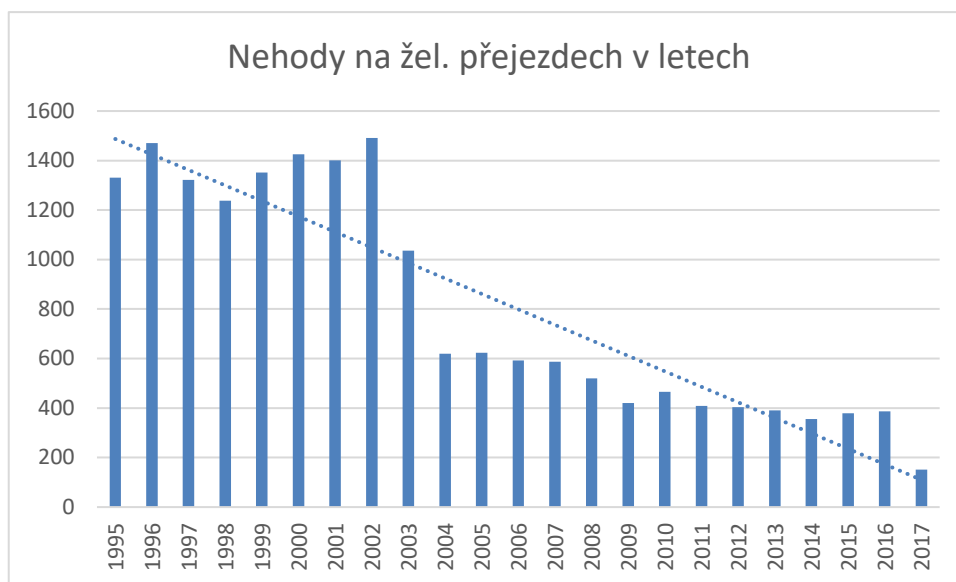
Tab. 1 Srážka s vlakem na železničních přejezdech (jednotlivé roky)

Zdroj: (9)

Srážka s vlakem na železničních přejezdech (jednotlivé roky)					
Rok	Počet dop. nehod	Usmrceno [osob]	Těžce zraněno [osob]	Lehce zraněno [osob]	Celková hmotná škoda
1995	283	39	44	136	29 962 600 Kč
1996	314	32	48	125	24 479 500 Kč
1997	288	38	54	115	30 792 800 Kč
1998	232	27	36	108	24 944 100 Kč
1999	271	34	41	88	29 514 600 Kč
2000	241	35	37	75	22 670 000 Kč
2001	291	37	35	76	38 998 900 Kč
2002	244	35	52	113	57 780 700 Kč
2003	280	44	50	105	70 481 800 Kč
2004	275	39	43	100	57 226 400 Kč
2005	249	30	28	79	43 249 900 Kč
2006	262	22	27	111	52 787 100 Kč
2007	242	22	30	99	46 612 500 Kč
2008	218	23	25	108	49 795 000 Kč
2009	190	21	22	69	42 508 100 Kč
2010	239	34	33	93	65 968 500 Kč
2011	153	15	17	84	45 206 600 Kč
2012	171	16	22	94	56 061 800 Kč
2013	160	11	17	72	40 163 100 Kč
2014	149	23	16	53	54 374 500 Kč
2015	145	20	21	96	72 190 300 Kč
2016	144	18	10	65	44 036 300 Kč
2017	152	16	?	?	?
Celkem:	5193	631	708	2064	999 805 100 Kč
Průměr:	226	28	32	94	45 445 686 Kč

Ze statistiky lze vyčíst, že srážky ŽKV s UPK mají klesající tendenci. Tento klesající trend může mít příčinu ve změnách legislativy, vývoji v oblasti aktivní bezpečnosti silničního vozidla (rozhledové poměry, účinné brzdy, kvalitní řízení atd.), vývoji a změnách v přejezdových zabezpečovacích zařízeních, ale i jednotlivých bezpečnostních kampaních zaměřených na bezpečnost v okolí železničního přejezdu. Červeně je zvýrazněn nejvyšší počet dopravních nehod

Statistiku nehod na železničních přejezdech vyobrazuje na další straně obr. 8 a tab. 2.



Obr. 8 Nehody na železničních přejezdech v letech

Zdroj: (9)

Tab. 2 Nehody na železničních přejezdech (jednotlivé roky)

Zdroj: (9)

Nehody na železničních přejezdech (jednotlivé roky)					
Rok	Počet dop. nehod	Usmrceno [osob]	Těžce zraněno [osob]	Lehce zraněno [osob]	Celková hmotná škoda
1995	1331	48	70	272	50 113 800 Kč
1996	1470	46	83	270	63 306 000 Kč
1997	1322	44	80	246	58 283 900 Kč
1998	1238	32	73	220	51 927 300 Kč
1999	1351	44	69	223	58 209 300 Kč
2000	1425	41	70	235	57 642 900 Kč
2001	1401	45	68	251	89 555 200 Kč
2002	1491	40	80	287	108 642 100 Kč
2003	1036	51	75	226	101 911 700 Kč
2004	619	44	50	128	69 961 800 Kč
2005	624	38	30	106	57 803 100 Kč
2006	592	30	36	128	63 479 200 Kč
2007	587	26	37	120	55 312 500 Kč
2008	520	27	29	124	60 741 900 Kč
2009	421	23	29	92	49 999 400 Kč
2010	466	35	39	111	72 847 100 Kč
2011	409	16	22	106	51 948 700 Kč
2012	403	17	26	130	65 971 600 Kč
2013	391	12	26	107	51 077 800 Kč
2014	356	24	21	93	67 519 400 Kč
2015	379	21	28	130	82 984 100 Kč
2016	387	18	12	98	57 361 600 Kč
2017	152	16			
<b>Celkem</b>	<b>18371</b>	<b>738</b>	<b>1053</b>	<b>3703</b>	<b>1 446 600 400 Kč</b>
<b>Průměr</b>	<b>799</b>	<b>32</b>	<b>48</b>	<b>168</b>	<b>65 754 564 Kč</b>



Tab. 2 i obr. 8 výše poukazuje na vysokou nehodovost v oblasti železničního přejezdu v letech 1995–2003. Z dat lze vyčíst klesající trend nehodovosti na železničních přejezdech, avšak v posledních sedmi letech k nějak výraznému poklesu nehodovosti na železničních přejezdech nedošlo. Je potřeba provést jiná opatření v okolí železničního přejezdu tak, aby bezpečnost pro UPK křižujícího úrovně dráhu byla navýšena a nehodovost snížena. Bakalářská práce se zabývá vybranou problematikou chování a reakcí UPK na návrh pro zvýšení bezpečnosti na železničních přejezdech. (9)

#### **1.7.4 Analýza mimořádných událostí**

Předmětem analýzy mimořádných událostí na železničních přejezdech je statistika MU v České republice, řešených drážní inspekcí za rok 2016 a 2017. Z těchto statistik je možné získat informace o počtu nehod na železničních přejezdech, důvodu nehody, kategoriích přejezdů, na kterých došlo k nehodě, o účastnících nehody, faktorech způsobující nehodu, počtu nehod na jednotlivých přejezdech. Z výše uvedených údajů lze určit rizikové přejezdy, na kterých dochází k častým nehodám. Na těchto přejezdech budou aplikovány návrhy snižující nehodovost a zvyšující bezpečnost.

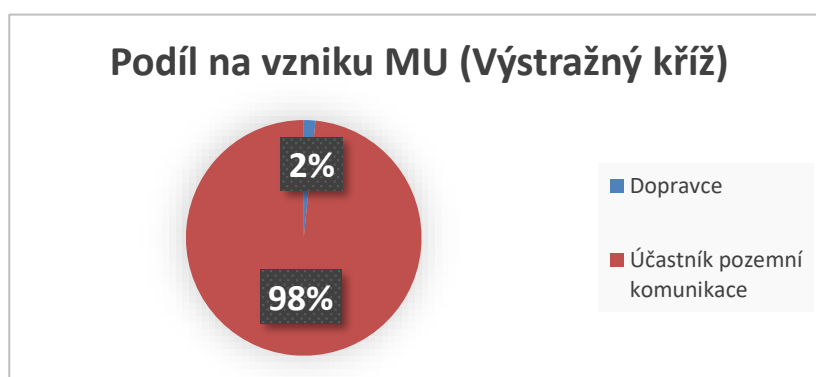
#### **Analýza mimořádných událostí za rok 2016**

V roce 2016 došlo celkově ke 142 MU na železničních přejezdech. Místem častých MU je zabezpečení pouze výstražným křížem (celkem 60 MU). Důvodem tak vysokého čísla je fakt, že tento druh zabezpečení úrovněho křížení dráhy je v České republice nejčastější. Druhy nejvyšší výsledek má zabezpečení pomocí výstražníku bez závor kategorie PZS 3SBI (celkem 48 MU). Do statistiky je započítán i výsledek zabezpečení pomocí výstražníku a závor kategorie PZS 3ZBI (celkem 12 MU). Tab. 3 níže vyobrazuje statistiku nehod na železničních přejezdech s různým druhem zabezpečení (N, PZS 3SBI, PZS 3ZBI) a jejich rozdělení do jednotlivých kategorií. Do statistiky nejsou započítány sebevrazi, přestože jsou tyto MU statistikou sledovány.

Tab. 3 Statistika nehod na železničních přejezdech s různým druhem zabezpečení (2016) Zdroj: (10)

Kategorie přejezdu	N (Výstražný kříž)	PZS 3SBI (Výstražník bez závor)	PZS 3ZBI (Výstražník se závorami)
Motocykl	1	1	0
Nákladní auto	6	3	1
<b>Osobní auto</b>	<b>49</b>	<b>39</b>	<b>8</b>
Traktor	4	2	0
Autobus	0	1	0
Chodec	0	2	3
Celkem	60	48	12

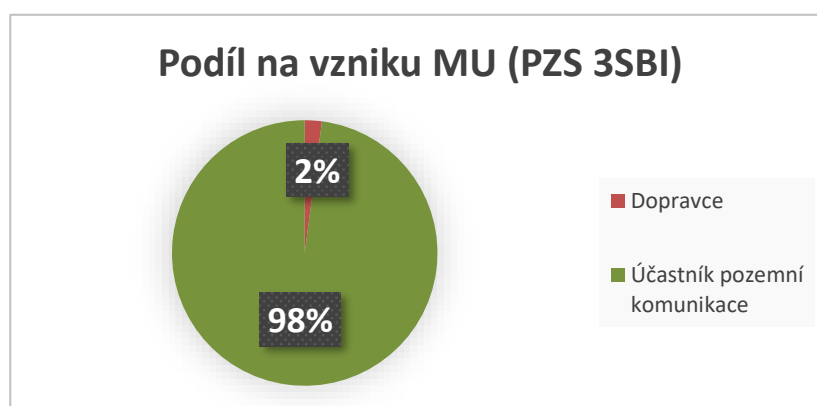
Dle obr. 9 při zabezpečení přejezdu pouze výstražným křížem došlo u 1,6 % případů (celkem 1) k chybě na straně dopravce (nedovolené zahájení posunu přes přejezd). Zbylých 98,4 % případů (celkem 59) je neupřednostnění drážní dopravy. Důvodem selhání je hlavně lidský faktor.



Obr. 9 Podíl na vzniku MU (Výstražný kříž)

Zdroj: (10)

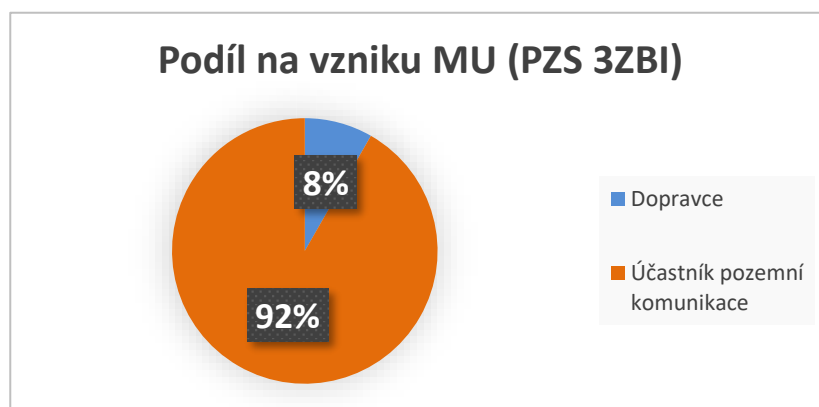
Podle obr. 10 došlo u přejezdů s kategorií zabezpečení PZS 3SBI celkem ke 48 případům, kdy 2,08 % případů (celkem 1) byla chyba na straně provozovatele dráhy. Zbylých 97,92 % případů (celkem 47) je neupřednostnění drážní dopravy. Důvodem selhání je lidský faktor.



Obr. 10 Podíl na vzniku MU (PZS 3SBI)

Zdroj: (10)

Na obr. 11 je zobrazen graf pro kategorii přejezdů PZS 3ZBI, která má 12 případů MU, z toho je v 8,3 % případů (celkem 1) chyba na straně dopravce. Zbýlých 91,7 % případů má za vinu neupřednostnění drážní dopravy.



Obr. 11 Podíl na vzniku MU (PZS 3ZBI)

Zdroj: (10)

Po shrnutí celkové analýzy MU v České republice pro rok 2016 je možné říci, že hlavním problémem bezpečnosti je nerespektování přednosti drážní dopravy před dopravou silniční. Za rok 2016 nebyla chyba na straně PZZ, pouze u jednotlivých případů byl 50% podíl z nehody na straně dopravce a provozovatele dráhy. Je potřeba se zaměřit na chování účastníků silničního provozu na úrovňovém křížení komunikace s drážní dopravou. (10)

### **Analýza mimořádných událostí za rok 2017**

Dle statistik mimořádných událostí v České republice za rok 2017 došlo celkově ke 131 MU na různých kategoriích přejezdového zabezpečovacího zařízení. K nejvíce nehodám došlo opět na přejezdech zabezpečených pouze výstražným křížem. U přejezdového zabezpečovacího zařízení kategorie PZS 3SBI došlo ke 42 mimořádným událostem a u PZZ s kategorií zabezpečení PZS 3ZBI došlo k 10 mimořádným událostem. Tab. 4 níže vyobrazuje kategorie PZZ, kde vzniklo nejvíce mimořádných událostí. Do statistiky nejsou započítáni sebevrazi.

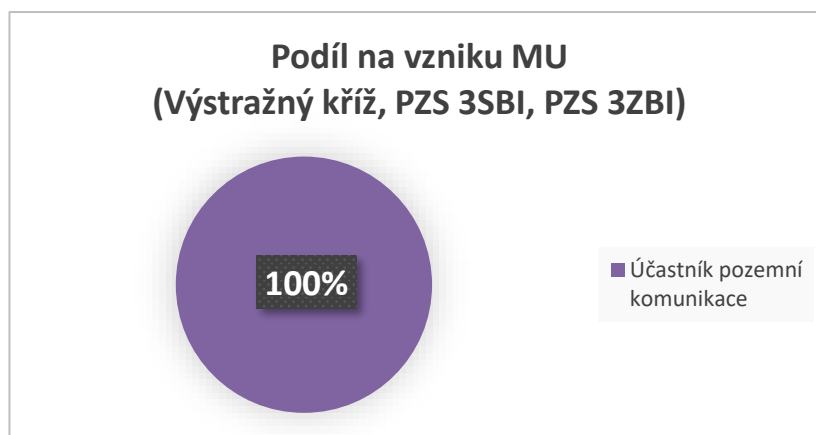
Tab. 4 Statistika nehod na železničních přejezdech s různým druhem zabezpečení (2017) Zdroj: (10)

Kategorie přejezdu	N (Výstražný kříž)	PZS 3SBI (Výstražník bez závor)	PZS 3ZBI (Výstražník se závorami)
Nákladní auto	10	4	2
<b>Osobní auto</b>	<b>37</b>	<b>34</b>	<b>6</b>
Traktor	1	0	0
Chodec	2	2	2
Jízdní kolo	2	2	0
Celkem	52	42	10

Pokud byl přejezd zabezpečen pouze výstražným křížem, na tomto místě došlo ke 100% podílu lidského faktoru na nehodě. Důvodem je opět neupřednostnění drážní dopravy. V tomto případě nedošlo k pochybení na straně dopravce či provozovatele dráhy.

U přejezdů s kategorií zabezpečení PZS 3SBI došlo ke 42 MU. 100% podílem na nehodě je neupřednostnění drážní dopravy.

Poslední kategorií zabezpečení, která je brána v analýze v úvahu, je PZS 3ZBI, kde došlo k 10 MU. 100% podíl nehod utváří nedání přednosti drážní dopravě. Graf pro tuto kategorii je zobrazen na obr. 12.



Obr. 12 Podíl na vzniku MU (Výstražný kříž, PZS 3SBI, PZS 3ZBI) Zdroj: (10)

Závěrem analýzy MU pro rok 2017 je potřeba říci, že hlavním podílem je momentálně lidský faktor a jeho neupřednostnění drážní dopravy na úrovňovém křížení silniční komunikace s dráhou. V této analýze nedošlo k podílu na nehodách ze strany dopravce či provozovatele dráhy. (10)

## Výsledek analýzy

Po započítání všech druhů zabezpečení přejezdu vedené statistikou MU Drážní inspekce v České republice (celkem 12 druhů) je očividné, že chyba, která způsobuje nehody není na straně PZZ. Z analýzy vyplývá, že hlavním problémem je lidský faktor u uživatelů pozemní komunikace a jejich nerespektování pravidel silničního provozu. Důvodem nehody je hlavně neupřednostnění drážní dopravy. Nejčastějším účastníkem nehody je silniční vozidlo, dále nákladní automobil a traktor. Ze všech typů zabezpečení železničního přejezdu, které jsou zohledněny v analýze, jsou vybrány ty, na kterých došlo k nejvíce nehodám, a jejich zabezpečení je obdobné jako u ostatních PZZ (zabezpečení pomocí výstražného kříže, výstražníku bez závor, výstražníku se závorami). Do výběru přejezdů, na kterých budou aplikována bezpečnostní vylepšení, spadá zabezpečení kategorie PZS 3SBI, PZS 3ZBI. Zabezpečení přejezdu pomocí výstražného kříže bude zanedbáno, důvodem je příliš velké množství takto zabezpečených přejezdů v České republice.

Z výsledku analýzy lze určit, na jakých přejezdech došlo k nejvíce nehodám, tab. 5 níže tyto přejezdy zobrazuje pro rok 2016-2017.

Tab. 5 Počet incidentů na vybraných železničních přejezdech

Zdroj: (10)

Číslo přejezdu	Počet incidentů	Druh PZZ
P 6547	4	Výstražný kříž
P 1673	3	PZS 3SBI
P 2960	2	PZS 3SBI
P 6086	2	Výstražné kříže
P 2899	2	Výstražné kříže
P 4574	2	Výstražné kříže
P 4659	2	Výstražné kříže
P 6655	2	Výstražné kříže
P 867	2	PZS 3SBI
P 3935	2	PZS 3SBI
P 236	2	Výstražné kříže
P 2847	2	PZS 3SBI
P 3169	2	Výstražné kříže
P 558	2	PZS 3SBI
P 5940	2	Výstražné kříže
P 6086	2	Výstražné kříže
P 7812	2	Výstražné kříže
P 8235	2	PZS 3SBI

U zbylých přejezdů došlo pouze k jednomu incidentu za dva roky analýzy MU. (10)

### 1.7.5 Poruchovost PZZ

Během analýzy statistiky MU na železničních přejezdech v České republice pro rok 2016 až 2017 nebylo zjištěno pochybení na straně PZZ. Většina železničních přejezdů s PZZ má zabudován tzv. black box (černá skříňka), jehož účelem je zaznamenání průběhu jednotlivých situací na železničních přejezdech, např.: vjezd železničního vozidla do přibližovacího úseku, aktivace světel výstražníku, aktivace spouštění břevna závory, kontrola pozitivního a varovného světla výstražníku atd. Pokud by došlo k nějaké závadě na zabezpečovacím zařízení, černá skříňka by tuto chybu zaznamenala spolu s časovým údajem. Pokud k nehodě či skoronehodě dojde, je možné zjistit, zdali bylo PZZ v danou dobu plně aktivní bez fatální chyby, nebo zdali PZZ fatální chybu vykazovalo. V dnešní době lze po skoronehodě či nehodě spárovat analýzu funkčnosti PZZ spolu s daty, které pořídilo ŽKV, a dále s daty nahrávacího obrazového zařízení (v případě, kdy je u rizikového přejezdu toto zařízení instalováno). Výsledná data lze analyzovat, a lze z těchto dat zjistit možnou příčinu vzniku MU. Tab. 6 zobrazuje počet mimořádných událostí z důvodu selhání PZZ v České republice za rok 2016, 2017.

Tab. 6 Počet mimořádných událostí z důvodu selhání PZZ

Zdroj: (10)

Rok	Celkový počet MU na ŽP	Selhání PZZ
2016	142	0
2017	131	0

Můžeme říci, že v České republice nedošlo za rok 2016, 2017 k žádné skoronehodě či nehodě z důvodů selhání PZZ. (10,11)

### 1.7.6 Prevence nehod na přejezdech

Neméně důležitou součástí bezpečnosti na železničních přejezdech jsou kampaně pro prevenci nehod na železničních přejezdech. Kampaně cílí na různé věkové kategorie, je totiž důležité, aby o riziku na železničních přejezdech věděli jak dospělí, tak i děti. V dnešní době je díky velkému rozvoji komunikačních technologií možné preventivní kampaně vést pomocí televize, radia, billboardů u silniční komunikace nebo na internetu s využitím sociálních sítí, zpravodajství, internetových stránek zaměřujících se na danou problematiku (pozor vlak).

Hlavním vstupem pro prevenci je ale autoškola, kdy je možné plně informovat budoucího řidiče o rizicích a nebezpečí na železničních přejezdech, a to přímo při výuce nebo při praktických jízdách v silničním vozidle.

Mezi další důležité kampaně prevence nehod patří informování dětí o nebezpečí na železničních přejezdech přímo ve školách. Příkladem povedené kampaně zaměřené na děti (i dospělé) je kampaň třídění odpadu. Děti se ve škole učí, jak je důležité třídít odpad, a doma to pak předávají rodičům a nutí je odpad třídít také. I když tento příklad nesouvisí s tématem této závěrečné práce, je důležité jej zde zmínit. Kampaň je vedena mnoha podniky, městy, regiony a vytváří druhé místo pro Českou republiku v třídění odpadu. Tuto kampaň je možné brát jako vzor pro vznik kampaně zvyšující bezpečnost na železničních přejezdech.

### **Kampaně pro bezpečnost na přejezdech**

Touto problematikou se zabývá mnoho národních i mezinárodních organizací. Mezi hlavní národní organizace zaštiťující bezpečnost železničních přejezdů patří Správa železniční dopravní cesty, Besip, Policie České republiky, České dráhy a.s., Drážní inspekce. Problematiku bezpečnosti na železničních přejezdech řeší naučný magazín Pozor vlak, a ve veřejném zpravodajství televize nebo noviny. V roce 2018 přišel server mapotic.com s mapou nejnebezpečnějších přejezdů v České republice, i to lze pokládat jako určitou formu prevence. Důležité je nejen kampaně dobře propracovat, ale je potřeba tyto kampaně dále šířit takovým způsobem, aby hned na začátku nebyly zapomenuty. Je potřeba klást důraz na aktuálnost informací a momentálních trendů, aby kampaň zaujala jak mladé, tak i dospělé občany.

Mezi mezinárodní organizace zaštiťující bezpečnost na železničních přejezdech patří Mezinárodní železniční unie (UIC) s kampaní Act safely at level crossings (Chovejte se bezpečně na železničních přejezdech) v rámci mezinárodního dne bezpečnosti na železničních přejezdech – International Level Crossing Awareness Day (ILCAD).

## **1.8 Metoda testování chování uživatele pozemní komunikace**

Existuje mnoho způsobů, jak UPK testovat. Převážná část testů se dnes provádí pomocí výpočetních technologií, ale své užití mají také dotazníky či přímé dotazy. Každá z těchto metod má vlastní úroveň proveditelnosti, výsledky a možnosti jejich využití. Mezi metody testování UPK podle (7) patří:

- a) Virtuální realita (vozidlový simulátor, brýle pro virtuální realitu atd.)
- b) Výpočetní technika

- c) Dotazník (zjišťování možných reakcí UPK)
- d) Přímé dotazy testujícího na UPK.

Při testování nových prvků je ideální využít kombinaci několika metod testování, čímž se sníží jeho chybovost a zvýší se důvěryhodnost. Na všechny testované osoby je přitom nutné použít všechny prováděné metody testování pro získání relevantních výsledků. Nejčastější kombinací metod je spojení dotazníku a pokusů na vozidlovém simulátoru.

### **1.8.1 Virtuální realita – úvod**

V dnešní době svět zažívá velký rozvoj v oblasti výpočetních technologií. Tyto technologie lidem usnadňují každodenní život, ať už v práci či ve volném čase. Důvodem rozmachu výpočetních technologií v mnoha oborech je preciznější, rychlejší a spolehlivější práce s daty, a hlavně snížení působení lidského činitele, který v mnoha případech zanechává v procesech chyby.

Během rozmachu výpočetních technologií vzniká nový obor, a to konkrétně obor trojrozměrného (3D) modelování, který se zabývá vytvářením a následným zobrazováním vymodelovaných 3D objektů. Uplatnění si tato vědní disciplína našla v herním i filmovém průmyslu, ale i v jiných oborech, např. v medicíně, strojírenství či stavebnictví. Všechny tyto obory mohou své nápady přenést do virtuálního modelu a jednotlivé části poté upravovat a analyzovat.

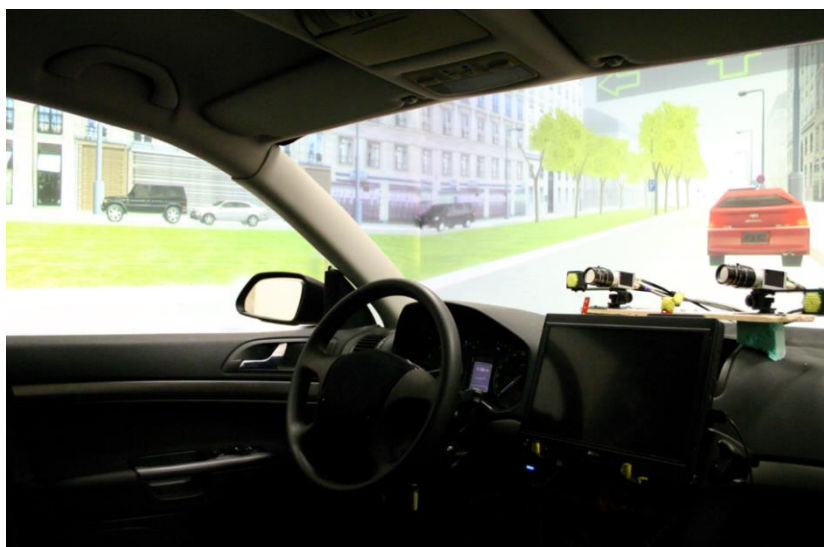
Pomocí 3D modelování je možné vytvářet a simulovat situace událostí, které mohou nastat. Tyto situace lze analyzovat, případně je možné zjistit jejich příčiny a následky bez poškození zdraví či majetku. Jedná se o mnohem bezpečnější a levnější metodu testování, než jsou reálné zkoušky. Díky těmto výhodám, které 3D modelování přináší, zažívá rozvoj v této oblasti i dopravní inženýrství, které se bez něj dnes již neobejde. Díky 3D modelování lze v dopravním inženýrství testovat a analyzovat situace v oblasti virtuální reality, například na vozidlovém simulátoru nebo výpočetní technice, kdy tyto zařízení dokážou věrně napodobit reálnou událost.

### **1.8.2 Postup testování – virtuální realita**

K testování uživatelů pozemní komunikace (testovaná osoba = proband) je ideální využít vozidlový simulátor, který probandovi dokáže navodit pocit pokusu v reálném světě díky virtuální realitě. Příklad vozidlového simulátoru je vyobrazen na obr. 13. Z počátku je zapotřebí pomocí dostupných statistik analyzovat problematiku a vyhodnotit jednotlivé



situace, zjistit nejčastější příčiny a druhy excesů (nehod). Tyto poznatky osoba provádějící pokus analyzuje, a snaží se najít optimální řešení, které tyto rizikové situace vyloučí nebo omezí. Návrhy řešení je zapotřebí přenést do virtuální reality, aby byly připraveny k testování. K tomuto účelu slouží nesčetné množství modelovacích programů (Rhinoceros, 3DS Max apod.). Hotové modely je zapotřebí importovat do scénáře (tj. virtuální prostředí, ve kterém se proband pohybuje), který má za úkol navodit testovanému subjektu pocit reálného světa. Předposlední fází je samotný test, kdy je testováno probandovo chování při jednotlivých modelových situacích a jeho reakce na návrhy nových prvků. Chování probanda je během testu sledováno a analyzováno. Poslední úrovní je vyhodnocení výsledků prováděného testu nových bezpečnostních prvků a jejich následná interpretace. (7)



Obr. 13 Silniční vozidlový simulátor

Zdroj:(8)

### 1.8.3 Výpočetní technologie

Testovat probanda lze i pomocí výpočetní technologie. Oproti testování na vozidlovém simulátoru se postup liší v tom, že test je prováděn přímo prostřednictvím počítače. Stále je potřeba modelové excesy analyzovat, aby mohla osoba provádějící test najít optimální řešení. Toto řešení je opět potřeba přenést do virtuálního prostředí pomocí modelovacích programů. Hotové modely následně osoba provádějící test importuje do scénáře. Samotné testování probanda lze přirovnat k hraní počítačové hry. Rozdíl je oproti testování v silničním simulátoru v realitě, kterou proband vnímá. Výpočetní technika zobrazuje scénář pouze pomocí obrazovky počítače a ovládaní vozidla je zúženo pouze na hardware počítače (klávesnice, myš, herní konzole – volant s pedály, joystick). Reakce na situace s nově navrženými prvky lze však opět pozorovat přímo při jednotlivých pokusech probanda. V dnešní době je možnost kombinovat brýle pro virtuální realitu s výpočetní technikou, díky

kterým je vnímání virtuální reality o něco intenzivnější. Tato kombinace vyžaduje výkonnější počítač, aby nedocházelo k přerušovanému pohybu prostředí, což značně snižuje celkový dojem z virtuální reality.

#### **1.8.4 Dotazník**

Dotazník je jedna z možností, jak nové prvky testovat na větším počtu osob, bez využití virtuální reality na silničním simulátoru či výpočetní techniky. Bez analýzy problémových excesů (nehod) se tato forma testování opět neobejde. V případě dotazníku již není potřeba danou situaci modelovat a vkládat do scénáře. Osoba provádějící test může k vytvoření situace využít jeden z mnoha grafických editorů (Photo Zoner Studio, Photoshop atd.) a danou situaci s řešením zobrazit graficky. Osoba provádějící test následně sestaví dotazník tak, aby testovaný mohl na nové akční prvky reagovat buď pozitivně, nebo negativně. Výhodou je, že tyto dotazníky lze šířit pomocí online dotazníku na internetu, nebo je možné dotazník ve vytištěné formě předávat osobám, na kterých bude prováděn test, a jejich pozitivní či negativní reakce osoba provádějící test zaznamenává přímo na místě. Nevýhodou je množství chyb v měření, protože se testovaný nepřiblíží k realitě tak, jako při testech ve virtuálním prostředí, a jeho reakce mohou být zkreslené.

#### **1.8.5 Přímé dotazy testujícího na UPK**

Přímé dotazy testujícího na UPK mají opět výhodu v možnosti testování většího počtu osob. Osoba provádějící test pokládá testovanému dotazy ohledně nových prvků a očekává zpětnou vazbu (domnělou reakci testovaného na novou situaci) – např.:

„Vjel byste na přejezd s aktivním varovným přerušovaným červeným světlem, který ale ještě nemá dolů spuštěná břevna závor?“

Tato metoda závisí na způsobu interpretace situace od osoby provádějící test k probandovi, jehož reakce závisí na pochopení a vlastním vyobrazení dané situace. Forma přímých dotazů počítá s vyšší chybou, důvodem je rozdílné chápání dané situace testovanou osobou. (7)

## 2 NÁVRHY NA ZVÝŠENÍ BEZPEČNOSTI NA ŽELEZNIČNÍCH PŘEJEZDECH

Výsledky analýzy v kapitole 1.7.4 Analýza mimořádných událostí jsou považovány jako základní vstupní informace, ze kterých se vychází při návrhu prvků, které mají za cíl zvýšit bezpečnost na železničních přejezdech. Z těchto vstupních informací vyplývá, že hlavním problémem, který způsobuje vznik MU na železničních přejezdech, je nerespektování pravidel silničního provozu a nedání přednosti drážní dopravě. Z této analýzy je patrné, že problémovou skupinou jsou hlavně uživatelé pozemních komunikací v silničních vozidlech. Praktická část se zaměří na návrh prvku pro zvýšení pozornosti a bezpečnosti UPK na železničních přejezdech.

### 2.1 Modelování teoretického přejezdu

Za rok 2016–2017 vzniklo v České republice celkem 273 mimořádných událostí na různých kategoriích železničních přejezdů (celkem 12 kategorií). V kapitole 1.7.4 Analýza mimořádných událostí (výsledek analýzy) byl výběr kategorií železničních přejezdů zúžen na dvě kategorie (PZS 3SBI, PZS 3ZBI), na které budou návrhy pro navýšení pozornosti a bezpečnosti aplikovány, přesto by bylo časově náročné modelovat každou kategorii železničního přejezdu zvlášť. Tento problém řeší tzv. **teoretický přejezd**.

Teoretický přejezd je virtuální model běžně využívaného reálného železničního přejezdu. Tvoří jej čtverec o velikosti 100 x 100 m, přes nějž vede část přímé silniční komunikace, kterou úrovnově kříží železniční trať. Tento železniční přejezd je vybaven výstražníkem bez závor a do jeho okolí je možné přidat různé druhy vegetace umožňující rozmanitost výsledného prostředí (železniční přejezd v lese, mezi poli či kombinace). Do teoretického přejezdu jsou vkládány návrhy pro zvýšení pozornosti a bezpečnosti v okolí železničního přejezdu, přičemž segment teoretického přejezdu s návrhem je vložen do finálního testovacího scénáře.

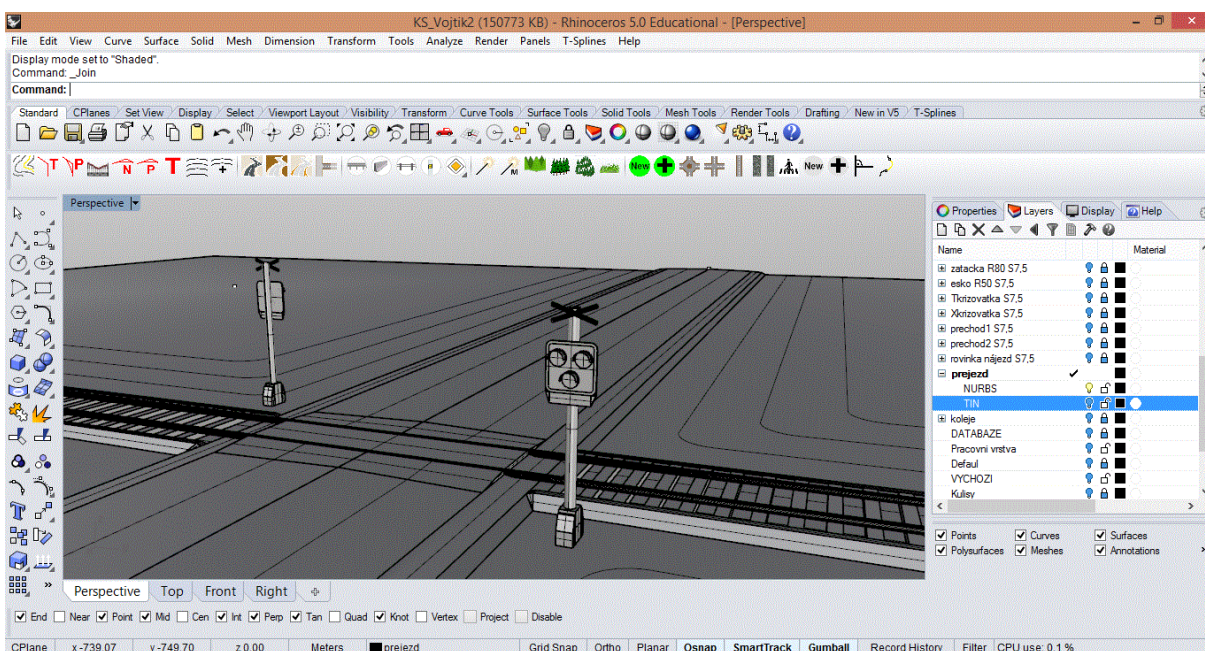
Pro vymodelování teoretického přejezdu byl vybrán 3D modelovací program Rhinoceros. Tento program je na trhu od roku 1998. Jeho předností je jednoduché ovládní s širokou škálou pluginů (tj. rozšiřující funkce programu) a možností využití KS Softwaru vyvinutého Bc. Klárou Pudovou (16), k němuž byl umožněn přístup autorkou. Tento software slouží pro tvorbu testovací trasy a okolního prostředí (vegetace). Výhodou je možnost exportu

vytvořeného modelu do grafického enginu Unity, ve kterém je možné provést následné testování navržených prvků pro železniční přejezd.

### 2.1.1 Postup modelování teoretického přejezdu

KS Software funguje na principu hry Carcassonne, tedy skládání jednotlivých segmentů komunikace za sebe, za účelem vytvoření celistvého testovacího okruhu. Pokud by tento princip skládání segmentů nebyl dodržen, došlo by k vytvoření spojových nesrovnalostí (nenávaznost silniční komunikace). Mezi tyto segmenty je možné na stejném principu vložit segment obsahující teoretický přejezd, který je potřeba od základu vymodelovat.

Z počátku je potřeba stanovit plochu teoretického přejezdu, tak aby byla dodržena celistvost jednotlivých segmentů. V tomto případě je ideální plocha 100 x 100 m. Přes tuto plochu je potřeba vést silniční komunikaci a kolmě k ní pak vést dráhu. V místě, kde se setkají nivelety silniční komunikace a tělesa dráhy vzniká prostor pro modelování železničního přejezdu. Silniční komunikaci je potřeba nadefinovat příčnou šířku 7,5, ale i příčný sklon komunikace 2,5 %. Tyto parametry je nutné dodržet, jelikož jsou použity u silničních komunikací v KS Softwaru, a je potřeba zajistit návaznost. Délka komunikace je rovná délce celého segmentu (100 m). V programu Rhinoceros existuje plugin (rozšiřující funkce programu), který umožňuje generování silniční komunikace, ale plugin na generování dráhy a železničního přejezdu se zde nenachází, proto tyto dva objekty spolu se zařízením železničního přejezdu autor namodeloval. Součástí modelované dráhy je násep dráhy, jednotlivé kolejnice, pražce a výstražná zařízení PZZ, jak je vidět na obr. 14. (16)



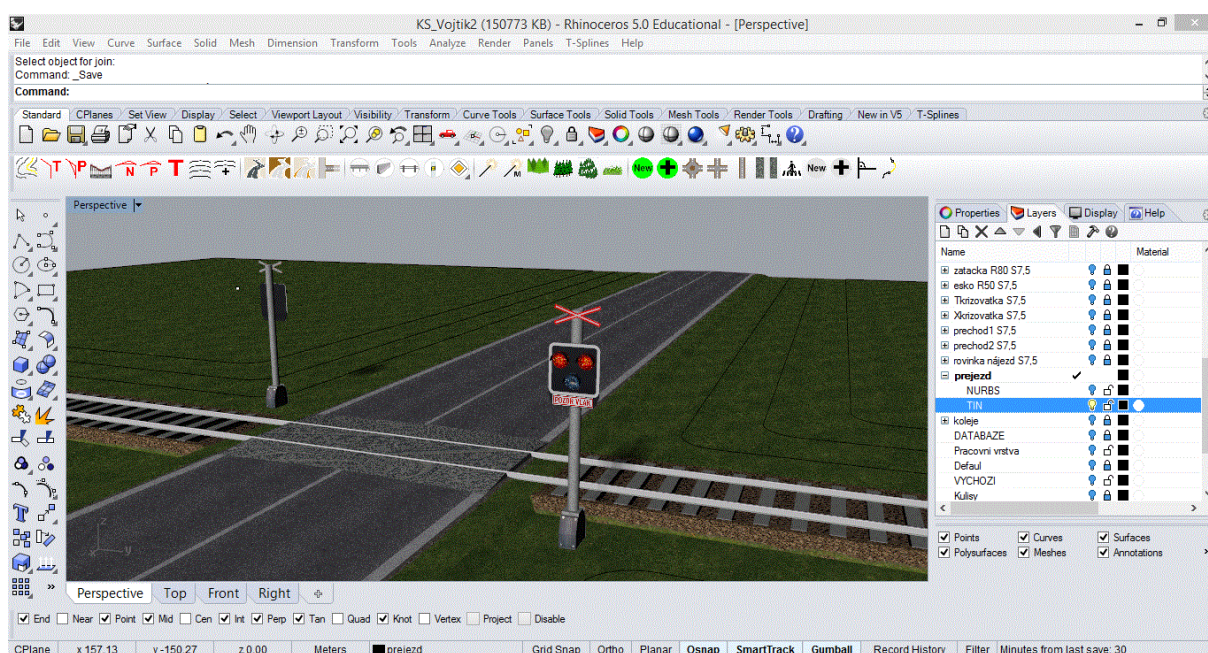
Obr. 14 Návrh teoretického přejezdu

Zdroj: (Autor)



Tyto modely mají definované rozměry odpovídající skutečnosti. V místě, kde železniční trať kříží silniční komunikaci, je výškový rozdíl způsobený sklonem silniční komunikace vyrovnán plochou s odlišným povrchem využívaným i u reálných železničních přejezdů.

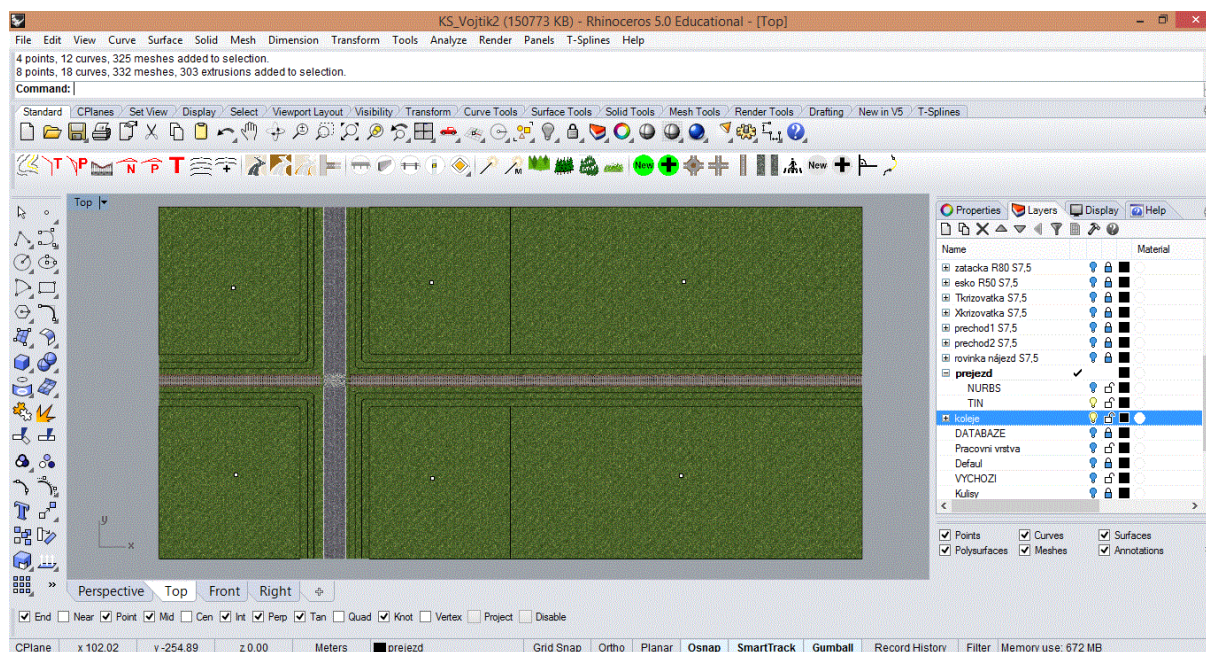
Dalším krokem je texturování vytvořených 3D modelů. Jedná se o potažení modelů obrázkem (texturou), který jim dodá reálný vzhled. Textury působí nejlépe, pokud jsou vytvořeny z reálných fotografií; autor proto nafotil detailně různé objekty a povrchy na skutečném železničním přejezdu (železniční přejezd Stéblová). Fotografie byly poté upravovány v programu Photoshop, kde z nich byly vytvořeny potřebné textury, které byly poté aplikovány na jednotlivé 3D modely na teoretickém přejezdu. Modely s texturami jsou zobrazeny na obr. 15.



Obr. 15 Návrh teoretického přejezdu s texturami

Zdroj: (Autor)

Stejným způsobem bylo potřeba vytvořit segment s přímou železniční tratí. Tento segment, zobrazený na obr. 16 níže, dále tvoří součást testovacího okruhu.



Obr. 16 Segment přímé železniční tratě s teoretickým přejezdem

Zdroj: (Autor)

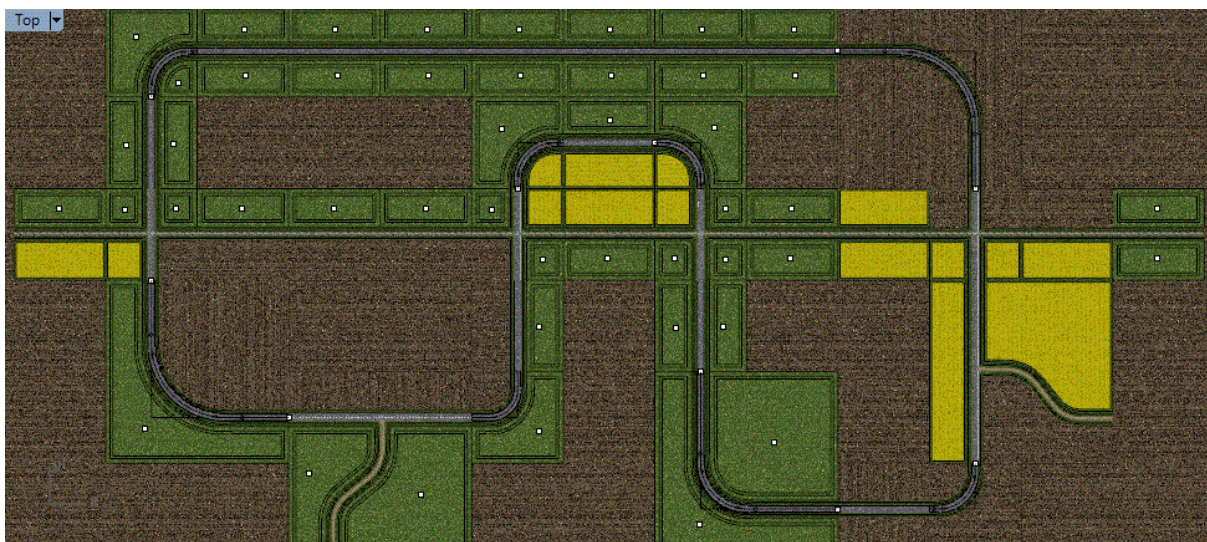
Výše zmíněné segmenty byly vloženy do databáze segmentů KS Softwaru, který generuje segmenty se silniční komunikací a umožňuje vytváření vegetace. Díky tomuto kroku bylo možné generovat vegetaci i v okolí teoretického přejezdu a přímé tratě. (16)

## 2.2 Vytvoření testovacího okruhu

Nejdříve je potřeba provést návrh podoby testovacího okruhu. Součástí okruhu je jedna přímá kolej, kterou ve čtyřech místech úrovnově kříží silniční komunikace. Tuto komunikaci je potřeba vést v okruhu, proto je ideální volbou esovitý tvar. Tento tvar nutí probanda zatáčet, díky čemuž je stimulována probandova pozornost. V návrhu je zohledněna potřeba vést probanda koridorově (bez možnosti úniku z testované oblasti) tak, aby během jeho jízdy byly testovány všechny navrhované prvky pro železniční přejezdy.

Po návrhu testovacího okruhu se přešlo k jeho realizaci pomocí KS Softwaru, který generuje jednotlivé segmenty se silniční komunikací a volbou vegetace. Ze široké nabídky je možné vybrat různé poloměry oblouků či přímou silniční komunikaci. Každý segment byl doplněn vegetací (stromy různého druhu, orba, řepkové pole), a z těchto segmentů byl vytvořen testovací okruh podle návrhu, který je vidět na obr.17. Během sestavování okruhu je nutné dbát na návaznost jednotlivých segmentů.





Obr. 17 Testovací okruh

Zdroj: (Autor)

## 2.3 Návrh nových prvků

Součástí bakalářské práce je návrh prvků pro zvýšení pozornosti a bezpečnosti na železničních přejezdech. Celkový počet návrhů byl stanoven na čtyři prvky, aby testovací okruh nebyl příliš dlouhý, kvůli čemuž by nepřímo docházelo k ovlivnění pozornosti a výsledků testu. Návrhy prvku jsou voleny tak, aby na probanda působily různým způsobem, a on tak na ně mohl adekvátně reagovat během jízdy v testovacím okruhu. Mezi prvky, které byly navrženy pro jednotlivé železniční přejezdy, patří fyzická zábrana, svislé dopravní značení, billboard a vodorovné dopravní značení.

### 2.3.1 Fyzická zábrana

Fyzická zábrana je prvek využívaný v zahraničí (Rusko). Tento prvek slouží jako inspirace, zároveň je doplněn o několik vylepšení, přičemž v České republice není doposud využíván. Hlavní charakteristikou tohoto prvku je fyzické zabránění vjezdu, a to mechanickým vysunutím prvku před prostorem aktivního železničního přejezdu (přejezd ve výstraze). Pokud by vozidlo chtělo vjet na aktivní železniční přejezd, došlo by k interakci s fyzickou zábranou. Funkčnost této zábrany může být přímo vázána na proces spouštění břeven závor, je totiž stále potřeba dodržet předzváněcí dobu železničního přejezdu. Fyzická zábrana je mechanické zařízení, které vytváří výškový rozdíl oproti silniční komunikaci. Na čelo této fyzické zábrany byl vložen velký nápis STOP, který dostatečně dopředu informuje UPK, že je prvek aktivní. Horní povrch prvku je opatřen žlutou lomenou čarou upozorňující na místo vysunutí fyzické zábrany (na tomto místě nesmí stát silniční vozidlo). Celý proces aktivace prvku je doplněn běžnou světelnou výstrahou PZZ. Prvek umožňuje nouzové

opuštění železničního přejezdu, jelikož jsou prvky situovány pouze ve směrech jízdy silničního vozidla, nikoliv v protisměrném jízdním pruhu. Pokud by vozidlo uvízlo v prostoru přejezdu po aktivaci tohoto prvku, je možné zařízení váhou vozidla při nouzovém opuštění železničního přejezdu sklopit a přejezd tak opustit v protisměrném jízdním pruhu. Fyzické zábrany mohou být v protisměrném jízdním pruhu doplňkově opatřeny ještě břevny závor, což umožňuje úplné uzavření železničního přejezdu s možností nouzového opuštění. Obr. 18 ukazuje vizualizaci přejezdu s fyzickou zábranou.



Obr. 18 Návrh fyzické zábrany

Zdroj: (Autor)

### 2.3.2 Svislé dopravní značení

Svislé dopravní značení železničního přejezdu je v České republice běžně využíváno. Piktogram na této dopravní značce (parní lokomotiva) je však již dlouhodobě neměnný, proto může dojít k určité ztrátě autority vůči tomuto svislému dopravnímu značení. Tomuto problému se snaží předejít návrh změny piktogramu ve svislém dopravní značení, přičemž tvar a orámování zůstávají nezměněny. Piktogram je doplněn modernějším železničním vozidlem, které znázorňuje interakci (náraz) se silničním vozidlem, které neupřednostnilo drážní vozidlo. Vizualizace tohoto návrhu je na obr. 19. Návrh nového piktogramu může zvýšit autoritu vůči blížícímu se železničnímu přejezdu. Svislé dopravní značení lze doplnit zvýrazňujícím fluorescenčním prvkem v obvodu dopravního značení. Pro zvýraznění ve dne lze využít světélkujících Light-Emitting Diode (LED).





Obr. 19 Návrh svislého dopravního značení

Zdroj: (Autor)

### 2.3.3 Billboard

Třetí návrh se zaměřuje na osvětu vůči řidičům ohledně bezpečnosti a pozornosti na železničních přejezdech. Do návrhu billboardu byla vložena skutečná fotografie interakce železničního vozidla se silničním, doplněná textem: „RISK není vždy ZISK“. Vizualizace tohoto billboardu je na obr. 20. Tato osvěta má vyvolat v UPK otázku, zda nezvýšit pozornost před blížícím se železničním přejezdem a zdali tuto pozornost neudržel i nadále. Nevýhodou tohoto opatření je novela zákona definovaná v § 30 odst. 2 písm. a) zákona o pozemních komunikacích, která zakazuje provozování a zřizování billboardů v ochranném pásmu dálnic a silnic 1. třídy. Na ostatních komunikacích je stále možné billboardy zřizovat a provozovat.



Obr. 20 Návrh billboardu

Zdroj: (Autor) (19)

### 2.3.4 Vodorovné dopravní značení

Posledním návrhem je vodorovné dopravní značení. Návrhem je lomená čára aplikována na povrchu silniční komunikace po stranách jízdního pruhu, a to v dostatečné vzdálenosti před železničním přejezdem. Vizualizace tohoto prvku je na obr. 21. Tento prvek má za cíl vytvořit psychologický dojem, že řidič projíždí zúženým profilem, a měl by proto uzpůsobit svoji jízdu snížením rychlosti a zvýšením opatrnosti a pozornosti. Prvek by měl navodit dojem, že se vozidlo příliš rychle blíží k místu, kde vzniká riziko nehody na železničním přejezdu. Nevýhodou tohoto varovného prvku je možnost ztráty viditelnosti vodorovného značení v zimním období. Výhodou je naopak snadná a levná aplikace. K navýšení efektu je možné aplikovat plastické vodorovné značení, které při přejetí upozorní řidiče navíc doprovodným akustickým signálem.



Obr. 21 Návrh vodorovného dopravního značení

Zdroj: (Autor)

## 2.4 Export do grafického enginu

Aby bylo možné využít vymodelovaný testovací okruh pro experiment, byl proveden export celého modelu okruhu z 3D modelovacího programu Rhinoceros do grafického enginu Unity. Tento program umožňuje vložení funkčního 3D modelu silničního vozidla do vytvořeného prostředí, nastavení fyzických vlastností jednotlivých modelů (průjezdnost, průhlednost), generování stínů a možnost vložení skyboxu (obloha). Pro jednoduchost testování byly nastaveny stromy, řepka, silniční směrové sloupky jako průjezdné, neprůjezdnost byla přiřazena navrhovaným prvkům, výstražníkům a všem vodorovným plochám včetně železniční tratě.



Do takto připraveného prostředí byl vložen 3D model silničního vozidla, se kterým bude prováděna testovací jízda. Toto vozidlo má běžné fyzikální vlastnosti (akcelerace, brždění, změna směru). Tomuto vozidlu byla definována kamera, která sleduje jízdu vozidla. Pohled kamery je nastaven tak, aby simuloval jízdu vozidla z pohledu místa řidiče, jak je vidět na obr. 22.



Obr. 22 Pohled z vozidla (pohled řidiče)

Zdroj: (Autor)

Grafický engine Unity umožňuje vykreslovat prostředí více se přibližující realitě, a to díky stínům, průhlednosti modelů, nasvícení scény, lepšímu vykreslování textur a přidanému skyboxu.

## 2.5 Vytvoření dotazníku

Jako doprovodnou součást testovacího procesu nově navržených prvků byl vytvořen dotazník pro sběr dat od jednotlivých probandů. Dotazník obsahuje základní informace o nadcházejícím testování a návod, jak navržené prvky hodnotit. Součástí dotazníku jsou dále rozřazovací otázky týkající se pohlaví, věku probanda a délky doby držení řidičského oprávnění. Dotazník se dělí na dvě poloviny, kdy první část dotazníku je hodnocena před provedením testovací jízdy ve virtuálním prostředí a druhá část se vyhodnocuje po provedení testovací jízdy. Toto vyhodnocení se provádí z důvodu možné změny hodnocení navržených prvků po provedeném testu ve virtuální prostředí. Poslední otevřená otázka umožňuje probandovi přidat nové poznatky či návrhy na vylepšení pozornosti a bezpečnosti na železničních přejezdech.

Hodnocení prvků proband provádí přidělováním hvězd (jedna až čtyři), kdy jedna hvězda vyjadřuje hodnocení nejhorší, naopak čtyři hvězdy definují hodnocení nejlepší. Tímto způsobem jsou seřazeny prvky od nejhoršího po nejlepší. Informace získané z dotazníku poté slouží jako výstup pro výsledné hodnocení nově navržených prvků. Náhled části dotazníku je na obr. 23.



Obr. 23 Dotazník s návrhem číslo 1 (fyzická zábrana)

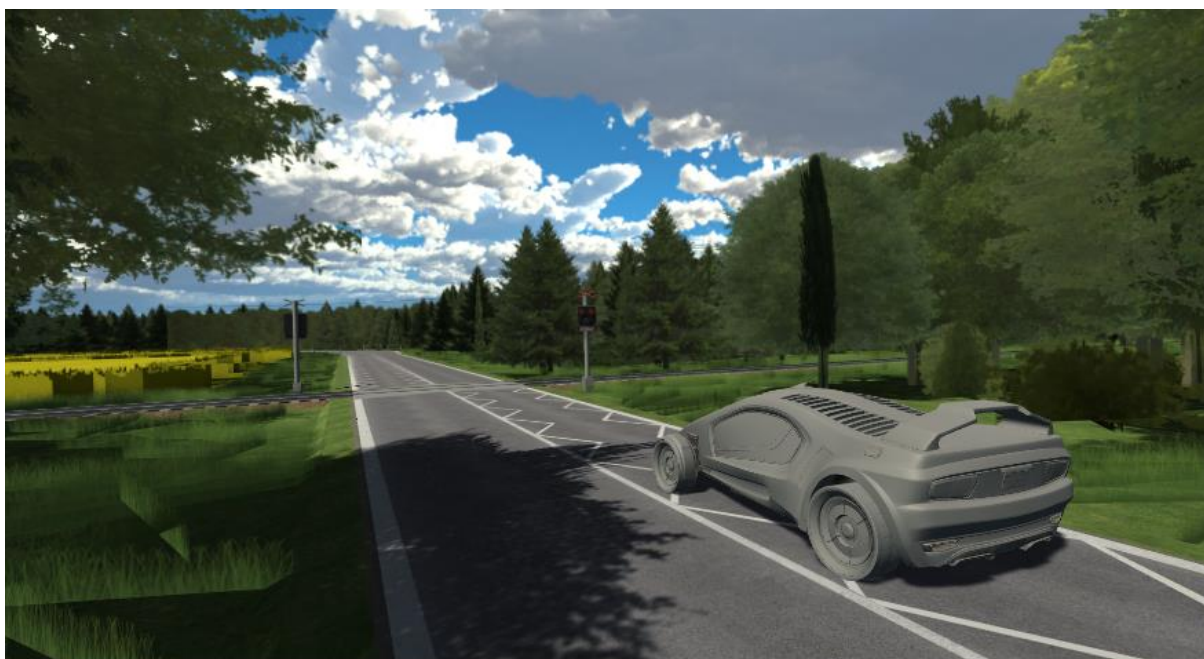
Zdroj: (Autor)

## 2.6 Průběh testování

Testování začíná vyplněním první části dotazníku, kde proband zadává základní osobní informace. Poté je vyzván k ohodnocení všech čtyř navrhovaných prvků na základě fotografií.

Samotná jízda v testovacím okruhu probíhá v polovině hodnoceného dotazníku, kdy je proband vyzván k jízdě ve virtuálním prostředí. Testování probandi byli informováni, jak se silniční vozidlo v simulátoru ovládá (pomocí šipek na klávesnici), a byli upozorněni na velkou citlivost ovládání. Jízda probanda probíhá bez zásahu testujícího, což snižuje možné ovlivnění výsledku. V průběhu jízdy proband postupně vyzkouší všechny čtyři návrhy prvků díky koridorovému vedení silniční komunikace. Doba jízdy na testovacím okruhu je odhadována na 5 minut.

Po skončení testovací jízdy (projetí všech čtyř navrhovaných prvků) je proband vyzván k dokončení druhé části doprovodného dotazníku, kde znovu ohodnotí navrhované prvky. Náhled virtuálního prostředí pro uskutečnění experimentu je na obr. 24.



Obr. 24 Experiment v testovacím okruhu

Zdroj: (Autor)

### 3 VYHODNOCENÍ NÁVRHŮ

Po provedení experimentu na testovacím okruhu a vyplnění dotazníku všemi respondenty byla provedena analýza získaných výsledků. Ze získaných dat vyplývá, že se experimentu zúčastnilo 21 probandů. Je tedy plněna podmínka minimálního počtu probandů pro daný experiment (min. 15). Probandi se skládají z 9 žen a 12 mužů různého věku a délky vlastněného řidičského oprávnění. Tab. 7 zobrazuje základní informace získané prostřednictvím dotazníku o respondentech; nezobrazuje kategorie, které nebyly obsazeny.

Tab. 7 Základní informace o respondentech

Zdroj: (Autor)

<b>Základní informace o respondentech</b>			
	<b>Kategorie</b>	<b>Počet respondentů</b>	<b>[%]</b>
<b>Pohlaví</b>	Muž	12	57,1
	žena	9	42,9
<b>Věk</b>	18–26 let	15	71,4
	46–55 let	3	14,3
	56–55 let	3	14,3
<b>Doba vlastněného řidičského oprávnění</b>	1 rok	1	4,8
	2–5 let	7	33,3
	6–10 let	5	23,8
	11–20 let	1	4,8
	21–30 let	2	9,5
	31–50 let	2	9,5
	Nevlastní	3	14,3

Probandi hodnotili jednotlivé návrhy udělováním hvězd (1-4). Výsledné hodnocení vychází z celkového počtu hvězd udělených danému prvku všemi probandy. Tab. 8 níže zobrazuje výčet hodnot před a po experimentu. Kompletní vyhodnocení je součástí přílohy.

Tab. 8 Výsledné hodnocení navrhovaných prvků

Zdroj: (Autor)

<b>Návrhy</b>	<b>Před experimentem</b>	<b>Po experimentu</b>
Fyzická zábrana	68	68
Svislé dopravní značení	40	34
Billboard	36	46
Vodorovné dopravní značení	65	65

Z tabulky vyplývá, že probandi udělili nejvíce hvězd návrhu fyzické zábrany, a to před i po provedení experimentu na testovacím okruhu. Vysoké hodnocení získal i návrh vodorovného dopravního značení, u kterého nedošlo ke změně hodnocení před a po experimentu. Naopak ke změně názoru probandi dospěli u návrhu svislého dopravního značení, kterému po provedení experimentu jeho hodnocení snížili. U návrhu billboardu pak došlo k navýšení hodnocení po provedení experimentu na testovacím okruhu.

Hodnocení probandů se odvíjelo od vnímání dané situace ve virtuálním prostředí, kdy například svislé dopravní značení nebylo včas zpozorováno, protože zvolený vizualizační software neumožňuje dostatečně rychlé vykreslování modelů. Toto mohlo částečně ovlivnit hodnocení probandů u návrhu billboardu. Billboard získal nejrozporuplnější hodnocení, kdy část probandů na tento návrh reagovala, a část kolem něj projela téměř bez povšimnutí. Vodorovné dopravní značení a fyzickou zábranu probandi hodnotili pozitivně, přičemž jejich hodnocení se nezměnilo ani po provedení experimentu na testovacím okruhu.

### **3.1 Navržená doporučení**

Z vyhodnocených dat je patrné, že na probandy nejvíce působí fyzická zábrana. Tento návrh se téměř nedá přehlédnout, zároveň fyzicky uzavírá nebezpečný prostor železničního přejezdu a dokáže tak nejlépe zabránit střetu silničního vozidla s drážním vozidlem. Nevýhodou tohoto návrhu je vysoká pořizovací cena, nutnost destrukce silniční komunikace, nutnost legislativní úpravy a včasného informování uživatelů pozemní komunikace. Stále je ale toto řešení méně nákladné než výstavba nadjezdu či podjezdu.

Druhé nejvyšší hodnocení získal návrh vodorovného dopravního značení, jehož hlavní předností je psychické působení na řidiče. Zavedení tohoto návrhu není tak nákladné jako fyzická zábrana. Samotné vodorovné značení lze doplnit o akustické upozorňovací vlastnosti, čímž je efektivita tohoto prvku navýšena.

Proto byly tyto dva návrhy použity v dalším kroku, tj. doplnění výstražných a bezpečnostních prvků na výše zvolených kategoriích železničního přejezdu, které byly vyhodnoceny jako nejrizikovější. Pro názornou ukázkou byly návrhy vloženy do fotografií skutečných přejezdů z těchto zvolených kategorií. Tyto výsledné upravené fotografie jsou na obr. 25 až obr. 29.





Obr. 25 Železniční přejezd bez návrhu (výstražník se závorami)

Zdroj: (Autor)



Obr. 26 Železniční přejezd s návrhem fyzické zábrany (výstražník se závorami) Zdroj: (Autor)



Obr 27 Železniční přejezd s návrhem vodorovného dopravního značení (výstražník se závorami) Zdroj: (Autor)





Obr. 28 Železniční přejezd bez návrhu (výstražník bez závor)

Zdroj: (Autor)



Obr. 29 Železniční přejezd s návrhem fyzické zábrany (výstražník bez závor)

Zdroj: (Autor)

## ZÁVĚR

**Cílem této bakalářské práce** byla analýza dostupných dat mimořádných událostí na železničních přejezdech, nalezení nejrizikovějších kategorií přejezdů, návrh nových prvků pro snížení této rizikovosti, jejich otestování a následné doporučení nejvhodnějších prvků do vybraných nebezpečných přejezdů.

V úvodních kapitolách byla objasněna definice železničního přejezdu, která je stanovena zákonem i ČSN normou. Byl popsán legislativní rámec právních i technických předpisů, které jsou nedílnou součástí bezpečnosti na železničních přejezdech, a je potřeba z nich i nadále vycházet, dodržovat je. Bylo stanoveno dělení železničního přejezdu dle ČSN normy. Bakalářská práce definovala pojmy a komponenty přejezdového zabezpečovacího zařízení a zabývala se pohledem na bezpečnost ze strany železniční i silniční dopravy. Dále byly popsány metody testování uživatele pozemní komunikace na nové návrhy prvků.

Druhá část práce se zabývala bezpečností na železničních přejezdech, byla analyzována data Policie České republiky, data mimořádných událostí, a z těchto vstupních informací byly vybrány kategorie nejrizikovějších železničních přejezdů a hlavní příčiny vzniku mimořádné události. Výsledek analýzy poukazuje na řidiče silničního vozidla jako na riziko způsobující nehody, proto se tato práce zaměřila na návrh prvků působících na řidiče v okolí železničního přejezdu. V této souvislosti byly navrženy čtyři prvky:

- a) Fyzická zábrana
- b) Svislé dopravní značení
- c) Billboard
- d) Vodorovné dopravní značení.

Aby bylo možné návrhy otestovat, bylo autorem potřeba vymodelovat teoretický přejezd a následně zbylou část testovacího okruhu. Součástí okruhu byly čtyři železniční přejezdy s jednotlivými návrhy. Všechny tyto návrhy si probandi během testovací jízdy vyzkoušeli, aby je mohli následně ohodnotit prostřednictvím dotazníku. Testováním probandů byla získána data, která sloužila jako výstup pro určení nejlepšího návrhu. Jako nejlepší návrh probandi zvolili fyzickou zábranu a vodorovné dopravní značení. Tyto návrhy byly vloženy do fotografií vybraných železničních přejezdů z rizikových kategorií.

**Přínosem práce** je hlubší pochopení jednotlivých pojmů železničního přejezdu, pochopení právního i technického rámce, který úzce souvisí s bezpečností. Získané poznatky z teoretické oblasti a z analýzy dat mimořádných událostí byly poté využity pro zjištění, že

nejrizikovějším faktorem na železničních přejezdech je řidič silničního vozidla, a proto byly navrženy prvky působící právě na něj. Jelikož instalace těchto prvků je výrazně levnější než výstavba mimoúrovňového křížení, mohly by tyto návrhy být reálnou inspirací při řešení otázky zvyšování bezpečnosti na železničních přejezdech.

## SEZNAM POUŽITÝCH INFORMAČNÍCH ZDROJŮ

- (1) Zákon č. 361/2000 Sb., o provozu na pozemních komunikacích (zákon o silničních komunikacích), ve znění pozdějších předpisů
- (2) ČSN 73 6380. Železniční přejezdy a přechody, změna Z1. Praha: ČNI, 2004
- (3) Zákon č. 266/1994 Sb., o dráhách, ve znění pozdějších předpisů.
- (4) SŽDC (ČD) Z2. Předpis pro obsluhu přejezdových a zabezpečovacích zařízení. Olomouc, Jerid spol. s.r.o., 2000. Správa železniční dopravní cesty.
- (5) Železniční provoz, 6-41. [online]. 2014 [cit. 2017-10-18]. Dostupné z: <<https://www.fd.cvut.cz/personal/novoŽtvo4/wp-content/uploads/2014/02/ZELP-cvičení-6-2015-2016-download.pdf>>.
- (6) Co je to technická norma? [online]. [cit. 2017-12-12]. Dostupné z: <<http://www.unmz.cz/urad/co-je-to-technicka-norma->>
- (7) Konzultace o problematice: metody testování chování UPK, Bc. Klára Pudová, 18. 10. 2017, Laboratoř interaktivních vozidlových simulátorů Praha.
- (8) Laboratoř interaktivních vozidlových simulátorů. [online]. [cit. 2017-18-11]. Dostupné z: <<https://www.fd.cvut.cz/o-fakulte/laborator/41>>
- (9) Policie České Republiky, Statistika nehodovosti 2016,2017. [online]. [cit. 2017-02-12]. Dostupné z: <<http://www.policie.cz/clanek/statistika-nehodovosti-900835.aspx?q=Y2hudW09Mg%3d%3d>>
- (10) Statistiky mimořádných událostí v České republice za rok 2016-2017 (SŽDC). Odbor šetření mimořádných událostí, Územní pracoviště Brno. [cit. 2018-02-18]
- (11) Konzultace o problematice: mimořádné události na železničních přejezdech, Miroslav Matuš (SŽDC), 3. 11. 2017, Odbor šetření mimořádných událostí, Územní pracoviště Brno
- (12) Železniční přejezdy, přejezdy v číslech [online]. [cit. 2018-02-03]. Dostupné z: <<http://www.szdc.cz/web/prejezdy/prejezdy-v-cislech.html>>
- (13) Správa železniční dopravní cesty, základní charakteristika železniční sítě SŽDC. [online]. [cit. 2018-02-03]. Dostupné z: <<http://www.szdc.cz/o-nas/zeleznice-cr/zeleznici-sit-v-cr.html>>
- (14) Zákon č. 361/2000 Sb., o provozu na pozemních komunikacích a o změnách některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů, § 47, Dopravní nehoda. [cit 2018-04-05]

- (15) NOVOTNÝ, Karel. Slovník vybraných pojmů vztahujících se k hodnocení rizik podle § 132a odst. 3 zákoníku práce. Rožnov pod Radhoštěm: Rožnovský vzdělávací servis, 2000. 104 s. [cit 2018-04-05]
- (16) Bc. PUDOVÁ, Klára. Tvorba počítačových 3D modelů segmentů komunikací pro vozidlové simulátory. ČVUT: Fakulta dopravní, 2017
- (17) Správa železniční dopravní cesty (SŽDC), předpisy. [online]. Dostupné z: <<http://provoz.szdc.cz/portal/ViewArticle.aspx?oid=136>>
- (18) Ing. VOLF, Josef a Ing. Jaroslav JAKL. Výstražná světelná zařízení typu AŽD 71. Praha: NADAS, 1975.
- (19) Dopravní nehoda 12. 4. 2010, Nehoda mezi Třebechovicemi pod Orebem a Týništěm nad Orlicí. [online]. Dostupné z: <<http://www.policie-cr.cz/1572-dalsi-tragicka-dopravni-nehoda-na-zeleznicnim-prejezdu.html>>

## **SEZNAM PŘÍLOH**

Příloha A Kompletní výsledky hodnocení jednotlivých návrhů

## **PŘÍLOHY**

	Výsledky dotazník PŘED experimentem				Výsledky dotazník PO experimentu			
	Možnosti odpovědí	Response	Podíl	Průměrné hodnocení	Možnosti odpovědí	Response	Podíl	Průměrné hodnocení
1. Návrh (Fyzická zbrana)	1/4	2	9,5	3.2/4	1/4	1	4,8	3.2/4
	2/4	1	4,8		2/4	1	4,8	
	3/4	8	38,1		3/4	11	52,4	
	4/4	10	47,6		4/4	8	38,1	
2. Návrh (Svislá dopravní značka)	1/4	9	42,9	1,9/4	1/4	12	57,1	1,6/4
	2/4	6	28,6		2/4	7	33,3	
	3/4	5	23,8		3/4	0	0,0	
	4/4	1	4,8		4/4	2	9,5	
3. Návrh (Billboard)	1/4	10	47,6	1,7/4	1/4	6	28,6	2,2/4
	2/4	8	38,1		2/4	8	38,1	
	3/4	2	9,5		3/4	4	19,1	
	4/4	1	4,8		4/4	3	14,3	
4. Návrh (Vodorovná dop. značka)	1/4	1	4,8	3,1/4	1/4	1	4,8	3,1/4
	2/4	5	23,8		2/4	5	23,8	
	3/4	6	28,6		3/4	6	28,6	
	4/4	9	42,9		4/4	9	42,9	