

Zvýšení bezpečnosti železničních přejezdů

Bc. Jiří Zahradník

Diplomová práce
2019



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta aplikované informatiky

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta aplikované informatiky
akademický rok: 2018/2019

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Jiří Zahradník**
Osobní číslo: **A16190**
Studijní program: **N3902 Inženýrská informatika**
Studijní obor: **Bezpečnostní technologie, systémy a management**
Forma studia: **kombinovaná**

Téma práce: **Zvýšení bezpečnosti železničních přejezdů**
Téma anglicky: **Improving Railway Crossing Safety**

Zásady pro vypracování:

1. Definujte pojem železniční přejezd a související problematiku.
2. Uvedte dělení železničních přejezdů podle kategorie jejich zabezpečení.
3. Zpracujte aktuální statistiku nehodovosti dle jednotlivých kategorií železničních přejezdů.
4. Popište jednotlivé prvky zabezpečovacích zařízení používaných u těchto přejezdů včetně nejnovějších trendů v této oblasti.
5. Na základě nehodovosti na železničních přejezdech navrhnete možné prvky pro zvýšení bezpečnosti.
6. Navrhnete zvýšení zabezpečení železničního přejezdu doplňkovou detekcí vozidla nacházejícího se v době výstrahy v prostoru železničního přejezdu.
7. Detekci vhodně doplňte taktéž o systém rozpoznávání registrační značky vozidel.
8. Realizaci železničního přejezdu doplněného o detekci a rozpoznávání registrační značky vozidla demonstřujte na konkrétním případu.

Rozsah diplomové práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

1. KŘIŽAN, Dušan. Zabezpečovací technika I. Vyd. 1. Praha: Nakladatelství dopravy a spojů, 1986. 220 s.
2. KŘIŽAN, Dušan. Zabezpečovací technika II. Vyd. 1. Praha: Nakladatelství dopravy a spojů, 1987. 240 s.
3. ČSN 34 2650 Ed. 2. Železniční zabezpečovací zařízení: Přejezdová zabezpečovací zařízení, 2010.
4. Zákon č. 361/2000 Sb., o silničním provozu. In: Dostupné z: portal.gov.cz
5. Webový portál Drážní inspekce. Více nehod – méně usmrčených.[online][vid.1.ledna 2017]. Dostupné z: <http://www.dicr.cz/tiskove-zpravy>.
6. Webový portál SŽDC. Přejezdy v číslech.[online][vid.31.prosince 2016]. Dostupné z: <http://www.szdc.cz/web/prejezdy/prejezdy-v-cislech.html>
7. KŘEČEK, Stanislav. Příručka zabezpečovací techniky. Vyd. 2. [S.l.: s.n.], 2003. ISBN isbn80-902938-2-4.
8. ČSN EN 50132-7 ED.2 Poplachové systémy – CCTV sledovací systémy pro použití v bezpečnostních aplikacích – Část 7: Pokyny pro aplikace, 2013.

Vedoucí diplomové práce:

Ing. Lubomír Macků, Ph.D.

Ústav řízení procesů

Datum zadání diplomové práce:

30. listopadu 2018

Termín odevzdání diplomové práce:

17. května 2019

Ve Zlíně dne 14. prosince 2018

doc. Mgr. Milan Adámek, Ph.D.
děkan



doc. RNDr. Vojtěch Křesálek, CSc.
ředitel ústavu

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové/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 diplomová/bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k prezenčnímu nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové/bakalářské práce bude uložen v příruční knihovně Fakulty aplikované informatiky Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji diplomovou/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 – diplomovou/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 diplomové/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 diplomové/bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem diplomové/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 diplomové/bakalářské práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků budu uveden jako spoluautor.
- že odevzdaná verze diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

Ve Zlíně, dne 17.05.2019

Bc. Zahradník Jiří, v.r.
podpis diplomanta

ABSTRAKT

Diplomová práce se zabývá návrhem možností zvýšení bezpečnosti provozu na železničních přejezdech pomocí doplňkových prvků monitorujících prostor železničního přejezdu v době výstrahy. V teoretické části práce je rozebráno základní dělení železničních přejezdů dle kategorie jejich zabezpečení, dále je popsána funkce základních prvků přejezdového zabezpečovacího zařízení včetně funkce systému jako celku. V praktické části jsou potom zpracovány statistiky dopravních nehod na železničních přejezdech. Na základě statistik je proveden návrh možných prvků pro zvýšení bezpečnosti provozu na železničních přejezdech. Pro konkrétní železniční přejezd je proveden návrh kamerového systému doplněný o software umožňující rozpoznání a uložení registrační značky vozidla vstupujícího do prostoru železničního přejezdu v době výstrahy.

Klíčová slova: Železniční přejezd, přejezdové zabezpečovací zařízení, kolejový obvod, počítač náprav, výstražník, kamerový systém, detekce, infrazávora, registrační značka.

ABSTRACT

The thesis deals with the suggestion of means of improvement of traffic safety at rail crossings with the help of elements monitoring area of rail crossing in the time of warning signal. In the theoretical part of this thesis there is explained the division of railroad crossings by category of their safety measures, further there is described the function of the basic elements of grade crossing signals including the explanation of the function of the system as whole. In the practical part of this thesis there are processed the statistics of traffic accidents at rail crossings. On particular rail crossing there is realized the suggestion of camera system supplemented by software that allows recognition and storage of vehicle registration plate of vehicle that enters the area of the rail crossing in the time of warning signal.

Keywords: Railway crossing, safety crossing appliance, rail circuit, digital axle counter, warning device, Closed-circuit television, detector, infra barrier, registration mark

Na tomto místě bych rád poděkoval vedoucímu diplomové práce Ing. Lubomíru Macků, Ph.D. za cenné připomínky a odborné vedení, kterým přispěl k vypracování této diplomové práce. Rád bych také poděkoval své rodině za podporu a trpělivost v průběhu celého studia.

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

OBSAH

ÚVOD	9
I TEORETICKÁ ČÁST	10
1 DEFINICE PROBLEMATIKY ŽELEZNIČNÍCH PŘEJEZDŮ	11
1.1 ZÁKLADNÍ POJMY	11
2 KATEGORIE ŽELEZNIČNÍCH PŘEJEZDŮ	17
2.1 PŘEJEZDY BEZ PŘEJEZDOVÉHO ZABEZPEČOVACÍHO ZAŘÍZENÍ	17
2.2 PŘEJEZDY VYBAVENÉ PŘEJEZDOVÝM ZABEZPEČOVACÍM ZAŘÍZENÍM	18
2.2.1 Přejezdové zabezpečovací zařízení mechanické	18
2.2.1.1 Přejezdové zařízení mechanické PZM 1	19
2.2.1.2 Přejezdové zařízení mechanické PZM 2	19
2.2.1.3 Přejezdové zařízení mechanické PZM 3	20
2.2.2 Přejezdové zabezpečovací zařízení světelné	20
3 ZÁKLADNÍ PRVKY PŘEJEZDOVÉHO ZAŘÍZENÍ SVĚTELNÉHO	24
3.1 VÝSTRAŽNÍK	24
3.2 ELEKTROMECHANICKÁ ZÁVORA	25
3.3 PŘEJEZDNÍK	27
3.4 OBVODY PRO ZJIŠŤOVÁNÍ VOLNOSTI TRATĚ	28
3.4.1 Kolejový obvod	28
3.4.2 Anulační soubor elektronický	30
3.4.3 Počítače náprav	31
II PRAKTICKÁ ČÁST	34
4 POROVNÁNÍ KATEGORIÍ ŽELEZNIČNÍCH PŘEJEZDŮ Z HLEDISKA NEHODOVOSTI	35
5 PRVKY PRO ZVÝŠENÍ BEZPEČNOSTI PŘEJEZDOVÉHO ZAŘÍZENÍ SVĚTELNÉHO	39
5.1 ZVÝŠENÍ BEZPEČNOSTI OSOB PŘECHÁZEJÍCÍ PŘES ŽELEZNIČNÍ PŘEJEZD	39
5.1.1 Dálkově ovládaná zvuková signalizace pro nevidomé	39
5.1.2 Upozornění na výstrahu mobilní aplikací „Level Crossing Alarm“	41
5.1.3 Zabezpečení centrálních přechodů	43
5.2 ZVÝŠENÍ BEZPEČNOSTI MOTOROVÝCH VOZIDEL NA ŽELEZNIČNÍCH PŘEJEZDECH	44
5.2.1 Sekvenční sklápění břevna závor	44
5.2.2 Kontrola vyklizení přejezdu KVP	46
6 MOŽNOSTI DETEKCE VOZIDLA V PROSTORU ŽELEZNIČNÍHO PŘEJEZDU V DOBĚ VÝSTRAHY	48
6.1 DYNAMICKÝ LASEROVÝ DETEKTOR	50
6.2 INFRAČERVENÉ ZÁVORY	53
7 NÁVRH KAMEROVÉHO SYSTÉMU DOPLNĚNÉHO O DETEKCI VOZIDLA V PROSTORU ŽELEZNIČNÍHO PŘEJEZDU A SYSTÉMU ROZPOZNÁNÍ REGISTRAČNÍ ZNAČKY	57

7.1	ANALÝZA SLEDOVANÉHO PROSTORU	57
7.2	VÝBĚR VHODNÝCH KAMER NA ZÁKLADĚ TECHNICKÝCH PARAMETRŮ	60
7.2.1	Technická kritéria pro výběr kamer	61
7.2.1.1	Rozlišovací schopnost.....	61
7.2.1.2	Volba objektivu.....	62
7.2.1.3	Počet snímků za sekundu	63
7.2.1.4	Komprese	63
7.2.1.5	Infračervený přísvit	64
7.2.2	Inteligentní funkce kamer	64
7.3	NÁVRH PŘENOSOVÉ CESTY A NAPÁJENÍ KAMER.....	67
7.3.1	Napájení aktivními prvky.....	67
7.3.2	Přenosová cesta	69
7.3.3	Metalické vedení	70
7.3.4	Optické vedení	70
7.4	NÁVRH ZÁZNAMOVÉHO ZAŘÍZENÍ	71
7.5	NÁVRH ZOBRAZENÍ A MOŽNOSTI OBSLUHY	72
8	PRAKTICKÁ KONSTRUKCE KAMEROVÉHO SYSTÉMU.....	76
8.1	DISPOZIČNÍ ŘEŠENÍ.....	76
8.2	POPIS FUNKCE KAMEROVÉHO SYSTÉMU	79
8.3	SPECIFIKACE POUŽITÝCH PRVKŮ	83
8.4	CENOVÁ KALKULACE SYSTÉMU	87
	ZÁVĚR	88
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	90
	SEZNAM OBRÁZKŮ	95
	SEZNAM GRAFŮ	97
	SEZNAM TABULEK.....	98

ÚVOD

V posledních letech je silniční a železniční přeprava na vzestupu. Silniční komunikace jsou čím dále více přeplněny vozidly a po vlakových tratích se přepravuje stále více osob a materiálu. Správa železniční dopravní cesty v současnosti provozuje a spravuje v České republice rozsáhlou železniční síť s celkovou délkou tratí 9408 km. Z tohoto vyplývá také spousta míst, kde dochází ke křížení dráhy s pozemní komunikací. Ve většině případů se jedná o úroňové křížení. V roce 2019 můžeme hovořit o počtu 7870 železničních přejezdů provozovaných v síti Českých drah, z celkového počtu 7870 tvoří 3782 pasivní železniční přejezdy tudíž zabezpečené pouze výstražnými kříži. I přestože legislativa jednoznačně stanovuje přednost drážního vozidla před silničním, dochází na železničních přejezdech k častým střetům s tragickými následky. Snahou provozovatele železniční sítě je v současnosti snižovat počet železničních přejezdů zabezpečených pouze výstražnými kříži výstavbou nových železničních přejezdů zabezpečených přejezdovým zabezpečovacím zařízením světelným se závorami.

Z hlediska statistik zpracovaných na základě podkladů vydaných drážní inspekcí dochází k nejmenšímu počtu střetnutí silničních vozidel s drážními vozidly na přejezdech vybavených přejezdovým zabezpečovacím zařízením světelným se závorami. Na takto zabezpečených železničních přejezdech bylo v průběhu roku 2018 zaznamenáno 22 z celkového počtu 171 mimořádných událostí. Ve většině případů je na vině nepozornost a zbytečné hazardování řidičů silničních vozidel, kteří vjíždějí do prostoru železničního přejezdu v době výstrahy, nebo objíždějí sklopené břevna závory. Tímto porušují hned několik ustanovení zákona č. 361/2000 Sb. o provozu na pozemních komunikacích.

Cílem praktické části diplomové práce je navrhnout možné doplňkové prvky pro zvýšení bezpečnosti na železničních přejezdech. Na modelovém železničním přejezdu bude proveden návrh systému pro detekci vozidla v prostoru železničního přejezdu v době výstrahy, úkolem systému bude pořídit kamerový záznam dopravního přestupku včetně rozpoznání registrační značky motorového vozidla, tento záznam bude též možno předat pomocí WIFI sítě policii české republiky k projednání přestupku.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 DEFINICE PROBLEMATIKY ŽELEZNIČNÍCH PŘEJEZDŮ

Směrnice Komise 2009/149ES ze dne 27. listopadu 2009, kterou se mění směrnice Evropského parlamentu a Rady 2004/49/ES, pokud jde o společné bezpečnostní ukazatele a společné metody pro stanovení výše škod při nehodách definuje ukazatele týkající se technické bezpečnosti infrastruktury a jejího uplatňování takto:

„Úrovňovým přejezdem se rozumí úrovňová křižovatka mezi železnicí a komunikací uznaná provozovatelem infrastruktury a otevřená pro veřejné nebo soukromé uživatele. Vyjímají se komunikace mezi nástupišti ve stanicích, jakož i přechody přes koleje určené pouze pro zaměstnance.

Komunikací se rozumí veřejná nebo soukromá cesta, ulice, silnice nebo dálnice včetně pěšin a cyklistických stezek, nebo jiné cesty určené pro přechod lidí, zvířat, vozidel nebo strojů.

Aktivním úrovňovým přejezdem se rozumí úrovňový železniční přejezd, kde jsou jeho uživatelé chráněni nebo varováni před přibližujícím se kolejovým vozidlem aktivací zařízení, není-li pro uživatele bezpečné vstoupit na železniční přejezd.

Pasívním úrovňovým přejezdem se rozumí úrovňový přejezd bez jakékoliv formy výstražného nebo zabezpečovacího systému aktivovaného pokud je pro uživatele překročení přejezdu nebezpečné.“ [1, 23]

Bakalářská práce se zabývá problematikou aktivních úrovňových železničních přejezdů.

1.1 Základní pojmy

- **Anulace** – stav, při kterém je vyloučen vliv nevyhodnocujícího zapínacího prvku ve vzdalovacím úseku na spuštění výstrahy přejezdovým zařízením.
- **Automatické ovládání** – ovládání, při kterém je popud ke spuštění a ukončení výstrahy vyvolán jízdou drážního vozidla nebo činností jiného železničního zabezpečovacího zařízení.
- **Bezanulační stav** – stav, při kterém není vyloučen vliv zapínacího prvku nevyhodnocujícího směr jízdy, nebo vyhodnocujícího směr jízdy, nikoliv však bezpečně podle ČSN 34 2600 ed. 2, ve vzdalovacím úseku na spuštění výstrahy přejezdovým zařízením. [1, 2]

- **Bezporuchový stav** – stav přejezdového zařízení v době, kdy na něm není vyhodnocen nouzový ani poruchový stav.
- **Břevno závory** – část závory, která při dávání výstrahy přejezdového zařízení zasahuje do průjezdného prostoru pozemní komunikace a tím dává mechanickou výstrahu.
- **Celé závory** – sklopená břevna závor přehrazují všechny jízdní pruhy pozemní komunikace před přejezdem i za ním, přitom není rozhodující přehrazení souběžného chodníku nebo cyklistické stezky.
- **Doba výstrahy** – doba, po kterou je přejezd uzavřen, tj. doba, po kterou přejezdové zařízení dává výstrahu.
- **Doplňková výstraha** – výstraha, kterou může být doplněna základní výstraha.
- **Dopravní klid na přejezdu** – stav, kdy ovlivnění ovládacích prvků závislých na jízdě drážního vozidla za předem stanovených podmínek nezpůsobí spuštění výstrahy přejezdovým zařízením.
- **Drážní vozidlo** – hnací nebo jiné vozidlo pohybující se po kolejích na vlastních kolech, popř. svěšená skupina více vozidel.
- **Indikace** – poskytnutí informace obsluhujícímu zaměstnanci o stavu přejezdového zařízení.
- **Kontrolní prvek** – ovládací prvek, kterým je dávana informace přejezdovému zařízení o tom, že drážní vozidlo opustilo obvod přejezdu.
- **Kritická doba** – nejdelší z dob, které odpovídají jízdě nejpomalejších drážních vozidel z přilehlých dopraven s kolejovým rozvětvením za přejezd, včetně doby plánovaného stání na trati a doby přípravy jízdní cesty v přilehlé dopravě; po této době dojde k ukončení dávání výstrahy, pokud nebyla ukončena jízdou drážního kolejového vozidla.
- **Mechanická signalizace** – signalizace dávana polohou břevna závory.
 - a) Výstražný signál – břevno závory je ve sklopené poloze, nebo se sklápí, či zvedá.
 - b) Varovný signál – břevno závory je v horní koncové poloze (dané konstrukcí zařízení).
- **Mechanická výstraha** – výstražný signál dávaný mechanickou signalizací. [1, 2]

- **Mezní výstražná doba** – nejdelší doba výstrahy vyvolaná automatickým, případně ručním ovládním pro příslušnou kolej u přejezdového zařízení s předáváním informace přímo strojvedoucímu.
- **Nouzová obsluha** – nouzovou obsluhou se rozumí:
 - a) Nouzové otevření
 - b) Nouzové vypnutí z činnosti
 - c) Nouzové zrušení závěru neprojeté jízdní cesty
 - d) Nouzové otevření závor (u PZM)
 - e) Další úkony stanovené provozovatelem dráhy
- **Nouzové otevření** – ukončení výstrahy ruční obsluhou při mimořádných okolnostech.
- **Nouzové vypnutí z činnosti** – ukončení činnosti přejezdového zařízení ruční obsluhou při mimořádných okolnostech.
- **Nouzový stav** – stav přejezdového zařízení při poruše, která nemůže ohrozit bezpečnost provozu na přejezdu.
- **Obsluhující zaměstnanec** – zaměstnanec, na jehož stanovišti jsou umístěny indikace, případně i ovládací prvky nezávislé na jízdě drážního vozidla.
- **Obvod přejezdu** – část trati, ze které je činnost přejezdového zařízení ovlivňována drážním vozidlem, nebo ve které se zařízením očekává přítomnost drážního vozidla.
- **Ovládací prvek** – technický prostředek, kterým je ovlivňována činnost přejezdového zařízení; ovládací prvek může ovlivňovat i jiná zařízení.
- **Ovládní** – stanovený způsob, jakým je přejezdovému zařízení dáván za normálních okolností popud ke spuštění a ukončení výstrahy.
- **Otevřený přejezd** – přejezd v době, kdy přejezdové zařízení nebrání provozu na pozemní komunikaci (přejezdové zařízení nedává výstrahu).
- **Pohotovostní stav** – stav přejezdového zařízení v době, kdy na něm není vyhodnocen poruchový stav.
- **Poloviční závory** - závory, u kterých sklopená břevna přehrazují jízdní pruh jen před přejezdem; přitom není rozhodující přehrazení chodníku, nebo cyklistické stezky; sklopená břevna závor přehrazují u obousměrné pozemní komunikace jen jízdní pruhy pro jízdu na přejezd, u jednosměrné pozemní komunikace přehrazují celou její šířku před přejezdem. [1, 2]

- **Poruchový stav** – stav přejezdového zařízení při poruše, která může ohrozit bezpečnost provozu na přejezdu.
- **Pozitivní signál** – informuje uživatele pozemní komunikace, že v obvodu přejezdu není drážní vozidlo, které by jej mohlo ohrozit – otevřený přejezd.
- **Předzváněcí doba** – doba od spuštění výstrahy do okamžiku, kdy se smí začít sklápět břevno závory.
- **Přejezdník** – stožárové návěstidlo na dráze, které návěstí strojvedoucímu stav přejezdového zařízení.
 - a) Kmenový přejezdník – je umístěn před přejezdem nejméně na zábrzdnu vzdálenost.
 - b) Opakovací přejezdník – je umístěn před přejezdem na vzdálenost menší, než je zábrzdná vzdálenost.
- **Přejezdové zařízení** – zařízení, které informuje uživatele pozemní komunikace o tom, zda se k přejezdu blíží drážní vozidlo a poskytuje informaci strojvedoucímu nebo obsluhujícímu zaměstnanci, zda lze jet k přejezdu nejvyšší dovolenou rychlostí.
- **Přibližovací úsek** – část obvodu přejezdu ve směru jízdy drážního vozidla před přejezdem.
- **Přibližovací doba** – nejkratší doba od okamžiku pokynu ke spuštění výstrahy do okamžiku, kdy smí vjet čelo drážního vozidla na přejezd.
- **Ruční ovládání** – ovládání, při kterém je popud ke spuštění a ukončení výstrahy vyvolán obsluhujícím zaměstnancem podle předpisu provozovatele dráhy bez spolupůsobení drážního vozidla.
- **Zvuková signalizace pro nevidomé** – zařízení, které doplňuje PZS a dává zvukové signály „Volno“ a „Stůj“ pro osoby s vadami zraku na základě dálkového povelu vydaného kompenzační pomůckou těchto osob v souladu s obecně právními předpisy.
- **Signalizace pro uživatele pozemní komunikace** – signalizace na přejezdovém zařízení dává:
 - a) Pozitivním signálem
 - b) Výstražným signálem
 - c) Varovným signálem
- **Spuštění výstrahy** – okamžik, kdy přejezdové zařízení začne dávat výstrahu. [1, 2]

- **Světelná signalizace** – signalizace dávána signály světel výstražníku.
 - a) Pozitivní signál – přerušované bílé světlo
 - b) Výstražný signál – přerušovaná červená světla
 - c) Varovný signál – žádné ze světel nesvíí
- **Světelná výstraha** – výstražný signál davaný světelnou signalizací.
- **Strojvedoucí** – osoba řídící drážní vozidlo.
- **Ukončení výstrahy** – okamžik, kdy přejezdové zařízení přestane dávat výstrahu.
- **Uzavřený přejezd** – přejezd v době, kdy přejezdové zařízení zakazuje uživatelům pozemní komunikace jízdu (chůzi) přes přejezd.
- **Varovný signál** – informace, která neposkytuje uživateli pozemní komunikace informaci, zda se k přejezdu blíží nebo neblíží drážní vozidlo, které by jej mohlo ohrozit.
- **Vyklizený přejezd** – přejezd v době, kdy bylo technickým prostředkem vyhodnoceno uvolnění prostoru pozemní komunikace mezi závorami, nebo prostoru mezi hranicemi nebezpečného pásma u přejezdového zařízení bez závor.
- **Vyklizovací doba** – doba, během které může ještě bezpečně nejdelší a nejpomalejší silniční vozidlo, cyklista nebo chodec přejet nebo projít přejezdem.
- **Vypínací prvek** – ovládací prvek, kterým je davaný zařízení podnět k ukončení výstrahy.
- **Výstraha** – vnější projev přejezdového zařízení, kterým se uživateli pozemní komunikace zakazuje vjezd (vstup) na přejezd, popř. se mu přikazuje, aby přejezd urychleně vyklidil, může být davaná signalizací světelnou, zvukovou nebo mechanickou.
- **Výstražník** – zařízení davaný uživateli pozemní komunikace světelnou, popřípadě zvukovou signalizací informaci, že na přejezd smí nebo nesmí vjet (vstoupit).
- **Výstražný signál** – varuje uživatele pozemní komunikace před ohrožením drážním vozidlem – uzavřený přejezd.
- **Vzdalovací úsek** – část obvodu přejezdu ve směru jízdy drážního vozidla za přejezdem.
- **Základní výstrahy** – výstraha, která musí být davaná po celou dobu trvání výstrahy.
- **Zapínací prvek** – ovládací prvek, kterým je davaný zařízení popud k zahájení výstrahy. [1, 2]

- **Závora** – pohyblivá překážka umístěná zpravidla rovnoběžně s kolejemi, jejíž účelem je bránit uživatelům pozemní komunikace ve vjezdu (vstupu) na přejezd.
- **Zvuková výstraha** – výstražný signál davaný zvukovou signalizací. [1, 2]

2 KATEGORIE ŽELEZNIČNÍCH PŘEJEZDŮ

Úrovnňové železniční přejezdy dělíme do kategorií dle úrovně zabezpečení takto:

- Přejezdy bez přejezdového zabezpečovacího zařízení.
- Přejezdy vybavené přejezdovým zabezpečovacím zařízením.
 - PZM –přejezdové zařízení mechanické.
 - PZM 1 přejezdové zařízení mechanické obsluhované na dálku.
 - PZM 2 přejezdové zařízení mechanické obsluhované místně.
 - PZM 3 přejezdové zařízení mechanické kombinované, lze obsluhovat místně i na dálku.
 - PZS – přejezdové zařízení světelné.
 - PZS 1 přejezdové zařízení světelné obsluhované ručně z místa přejezdu.
 - PZS 2 přejezdové zařízení světelné ovládané jízdou drážního vozidla.
 - PZS 3 přejezdové zařízení světelné ovládané jízdou drážního vozidla, nebo navazujícího zabezpečovacího zařízení. [1, 2]

2.1 Přejezdy bez přejezdového zabezpečovacího zařízení

Sem patří železniční přejezdy, jež nejsou vybaveny žádným signalizačním zařízením dávajícím výstrahu, zakazující uživateli pozemní komunikace vjezd nebo vstup do prostoru železničního přejezdu, popř. těmto uživatelům přikazuje, aby přejezd urychleně vyklidili před příjezdem drážního vozidla. Přejezdy jsou označeny výstražnými kříži.



Obr. 1. Pasivně zabezpečený žel. přejezd

Výstražné kříže se umísťují bezprostředně před železniční přejezd. V případě špatných rozhledových podmínek na přejezd, bývají výstražné kříže doplněny dopravní značkou „STOP“, která uživateli pozemní komunikace prikazuje zastavit vozidlo v místě odkud má rozhled na přejezd. [1, 2]

2.2 Přejezdy vybavené přejezdovým zabezpečovacím zařízením

V této kategorii jsou zařazeny železniční přejezdy vybavené nejen výstražnými kříži, ale i technickým zařízením, varujícím uživatele pozemní komunikace při vjezdu drážního vozidla do obvodu přejezdu.

Technické prostředky zabezpečení přejezdu jsou ovládány buďto manuálně nebo automaticky vyhodnocením jízdy drážního vozidla, nebo na základě stavu staničního zabezpečovacího zařízení. Signalizace, která varuje uživatele pozemní komunikace před přijíždějícím drážním vozidlem, může být mechanická v podobě závory, nejčastěji využitá u manuálně ovládaných přejezdových zabezpečovacích zařízení nebo světelná se zvukovou signalizací, popř. doplněná závorami. [1, 2]

2.2.1 Přejezdové zabezpečovací zařízení mechanické

Jedná se o přejezdové zabezpečovací zařízení označované jako PZM, dávající mechanickou výstrahu sklápěním, sklopením, nebo zvedáním břevna závory. Břevno závory má mít lehkou konstrukci uzpůsobenou tak, aby vozidlo s hybností minimálně $2800 \text{ kg}\cdot\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ jej mohlo přerazit v libovolném místě jízdních pruhů, jestliže z jakéhokoliv důvodu před přejezdem nezastaví. Břevno závory se musí zlomit dříve, než dojde k deformaci nebo změně polohy ostatních částí závory. Zkouší se v místě 0,5 m od nejbližšího kraje jízdního pruhu směrem od stojanu závory. Břevno závory musí být provedeno jako celá závora. Spojení závor s pohonem závor v místě obsluhy je realizováno mechanicky pomocí převodového zařízení, drátovodů, řetězů apod. PZM může být v odůvodněných případech doplněno o výstražníky popř. přejezdníky, toto řešení však vyžaduje napájení elektrickou energií a je třeba zvážit, není-li vhodnější použít PZS které bude rozebráno v další části.

Zařízení je ovládáno výhradně ručně obsluhujícím zaměstnancem podle předpisu provozovatele dráhy. Včasné spuštění a ukončení výstrahy není u PZM ovlivněno jízdou drážního vozidla, ale pouze obsluhujícím zaměstnancem.

PZM se dnes instaluje pouze v odůvodněných případech (jako dočasný přejezd při stavební činnosti) a to pouze jako PZM 2 uzamykatelné na místě (otevření na požádání). Není-li na pozemní komunikaci zákaz vstupu chodcům a cyklistům, musí být na přejezdu vybaveném PZM 2 uzamykatelném na místě zajištěny rozhledové poměry pro přechod pěších. [1, 2]

2.2.1.1 Přejezdové zařízení mechanické PZM 1

Mechanické přejezdové zařízení obsluhované na dálku je každé PZM, jehož závorářské stanoviště je vzdáleno více než 60 m od přejezdu, nebo z místa obsluhy není rozhled na celý železniční přejezd. Zařízení bývá doplněno o zvukovou výstrahu. Obsluhující zaměstnanec musí dodržet stanovenou rychlost obsluhy, při jejím nedodržení lze dokončit obsluhu jen po použití nouzového vybavovacího zařízení. [1, 2]



Obr. 2. Železniční přejezd zabezpečen PZM 1 [1]

2.2.1.2 Přejezdové zařízení mechanické PZM 2

Mechanické přejezdové zařízení obsluhované místně, dává pouze mechanickou výstrahu, výstraha musí splňovat ustanovení dle ČSN 34 2650 ed.2 popsané v předchozí kapitole. Výstraha u PZM 2 začíná sklápěním břevna závory, obsluhující zaměstnanec musí mít možnost přerušit sklápění břevna závory a vyčkat, až účastníci provozu na pozemní komunikaci opustí prostor železničního přejezdu. [1, 2]

Podmínky pro přejezdové zařízení mechanické obsluhované místně (PZM 2):

- Závorářské stanoviště musí být umístěno ve vzdálenosti nepřesahující 60m od přejezdu.
- Z místa obsluhy musí být zajištěn dostatečný rozhled na celý přejezd i za snížené viditelnosti.
- Obsluhující zaměstnanec musí být s ohledem na místní poměry (hladina hluku) schopen upozornit účastníky provozu na pozemní komunikaci na blížící se drážní vozidlo voláním nebo jiným vhodným způsobem. [1, 2]



Obr. 3. Železniční přejezd zabezpečen PZM 2 [1]

2.2.1.3 Přejezdové zařízení mechanické PZM 3

Mechanické přejezdové zařízení obsluhované kombinovaně, tudíž je možno měnit obsluhu z místního ovládání na dálkové a naopak. [1, 2]

2.2.2 Přejezdové zabezpečovací zařízení světelné

Zde bude popsáno přejezdové zabezpečovací zařízení, jehož základní výstraha je dávana světlem, takovéto přejezdové zařízení označujeme jako PZS. Ovládání světelné výstrahy a

doplňkových výstrah (zvuková, mechanická) je automatické, závislé na jízdě drážního vozidla, výjimku tvoří zařízení PZS 1, kde je spouštění výstrahy ovládáno manuálně. [1, 2]

Světelná výstraha

Světelná výstraha je dávana ve směru pozemní komunikace pro účastníky silničního provozu střídavě přerušovanými červenými světly (ve vzájemné protifázi) umístěnými vedle sebe. Frekvence přerušování červeného světla musí být (60 ± 15) cyklů/min. Doba svícení jednoho světla musí být 40 % až 60 % z doby jednoho cyklu. Osová svítivost červeného světla nesmí být menší než 100 cd a nesmí překročit 500 cd, výstupní činná plocha světel musí být kruhová o průměru 180 – 220mm. V případě poruchy kteréhokoliv červeného světla nesmí dojít k zamezení svícení ostatních červených světel. Světelná výstraha musí trvat po celou dobu výstrahy. V případě, kdy je přejezdové zabezpečovací zařízení vybaveno doplňkovou mechanickou výstrahou, nesmí skončit světelná výstraha dříve, než břevo závory dosáhne horní koncové polohy. [1, 2]

Pozitivní signál

Pozitivní signál dává uživateli pozemní komunikace informaci, že v obvodu železničního přejezdu se nenachází drážní vozidlo. Pozitivní signál je dáván přerušovaným svícením bílého světla. Frekvence přerušování svícení bílého světla musí být (40 ± 10) cyklů/min, doba svícení 40 % až 60% doby jednoho cyklu. Osová svítivost bílého světla musí být větší než 100 cd a nesmí překročit 500 cd, výstupní činná plocha světel musí být kruhová o průměru 180 – 220mm. Svítlna pozitivní signalizace se umísťuje pod spojnicí dvojice červených světel a to v její ose. Osová vzdálenost kruhového bílého a červeného pole smí být nejvýše čtyřikrát větší než průměr červeného pole.

Zabezpečovací zařízení může dávat pozitivní signál, pouze pokud jsou současně splněny podmínky, které jsou podrobně popsány v ČSN 34 2650 ed.2. [1, 2]

Zvuková výstraha

Zvuková výstraha je dávana charakteristickým přerušovaným zvukovým signálem nezáporného významu vycházejícího z kmitočtů 300 Hz až 3 000 Hz. Frekvence přerušování zvukového signálu musí být (60 ± 15) cyklů/min. Zvuk signálu musí být jasně slyšitelný a musí převyšovat práh maskování. Hlasitost zvukové výstrahy ve vzdálenosti 7 m od zdroje

nesmí být menší než 60 dB a větší než 80 dB. Umožňuje-li zařízení automatickou korekci hlasitosti, nastaví se hlasitost o 15 dB větší než je hluk pozadí. [1, 2]

Mechanická výstraha

Pokud je přejezdové zařízení světelné vybaveno závorami, slouží tyto pouze jako doplňková mechanická výstraha. Mechanická výstraha je dávana sklápěním, sklopením a zvedáním břevna závora. Sklápění břevna může začít až po uplynutí předzváněcí doby. Břevno závora má mít lehkou konstrukci, zvednuté nesmí zasahovat do průjezdného prostoru pozemní komunikace. Při sklopení břevna závora musí přehrazovat alespoň 90 % šířky jízdního pruhu. Doba sklápění břevna závora nesmí být kratší než 3 s a doba zvedání závora nesmí překročit 10 s. Doplňková mechanická výstraha se zřizuje na světelných přejezdech, jež kříží silnice I. nebo II. třídy a v případě více Kolejových tratí. Pro omezení hluku se doporučuje vybavení přejezdového zařízení světelného závorami a to sice v blízkosti obytných domů, nemocnic, lázní atd. Použití závora umožňuje ukončení zvukové výstrahy v okamžiku sklopení břevna závora. [1, 2]

Časová posloupnost výstrahy u přejezdového zařízení světelného

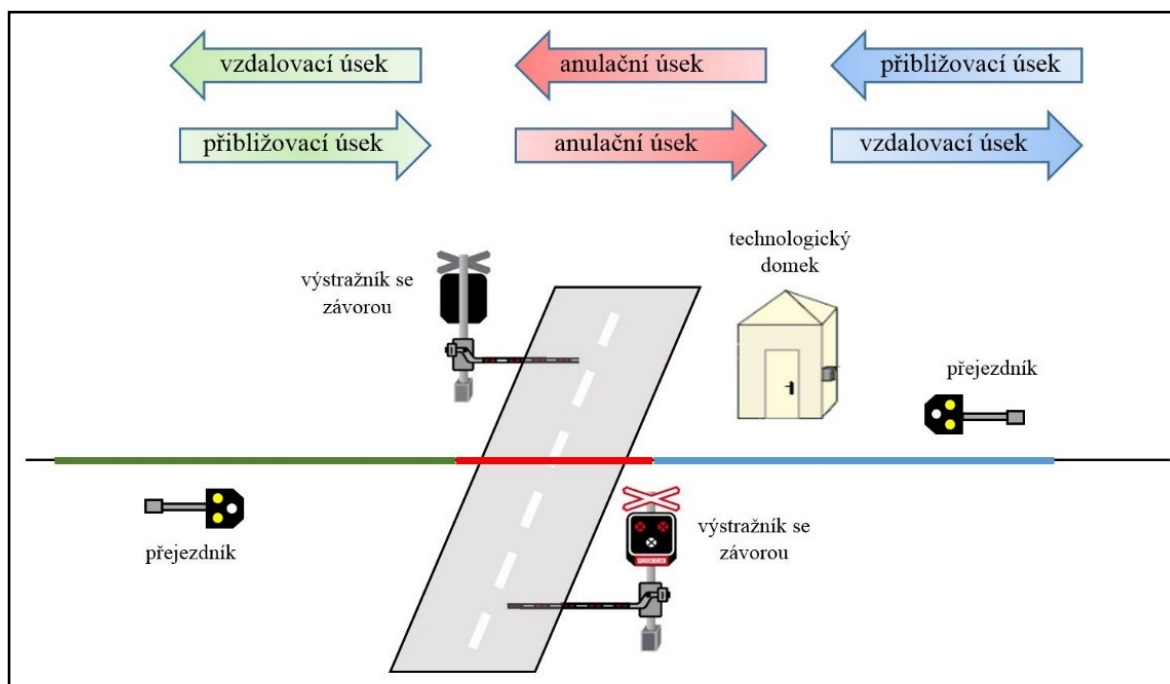
V případě přejezdového zařízení světelného, které není vybaveno závorami, dochází ihned po spuštění výstrahy k aktivaci světelné a akustické výstrahy. V případě vybavení přejezdového zabezpečovacího zařízení celými závorami, dochází ihned po spuštění výstrahy k aktivaci světelné a akustické výstrahy a v tomto okamžiku se začne odměřovat předzváněcí doba. Po vypršení předzváněcí doby je vydán povel ke sklopení břevna závora. Pokud je přejezdové zabezpečovací zařízení vybaveno dvojími polovičními závorami s postupným chodem břevna závora, dochází ihned po spuštění výstrahy k aktivaci světelné a akustické výstrahy, v tomto okamžiku se začne odměřovat předzváněcí doba. Po jejím vypršení je vydán povel ke spuštění břevna závora před přejezdem, ve směru jízdy na pozemní komunikaci. Po ukončení vyklizovací doby přejezdu je vydán povel ke spuštění závora za přejezdem a ukončení akustické výstrahy. [1]

Základní činnost přejezdového zařízení světelného

Funkce přejezdového zařízení světelného je názorně vysvětlena na obrázku č.4. Vstupem drážního vozidla do přibližovacího úseku, dochází ke spuštění světelné a akustické výstrahy. V případě vybavení přejezdu závorami, je spuštěno odměřování předzváněcí doby, po

jejím vypršení dojde ke sklopení břeven závor a ukončení akustické signalizace. Drážní vozidlo projede prostorem železničního přejezdu a tímto dojde k postupnému obsazení a následnému uvolnění anulačního úseku. Zároveň dojde k uvolnění přibližovacího úseku a obsazení úseku vzdalovacího. PZS přejde do stavu anulace, tímto se ukončí výstraha, dojde ke zvednutí břeven závor a k následnému ukončení světelné výstrahy, měří se doba anulace, drážní vozidlo projíždí vzdalovacím úsekem, po jeho uvolnění přechází PZS do základního stavu (je dáván pozitivní signál). [1]

Doba trvání anulace musí být měřena, protože informace o obsazení vzdalovacího úseku může být způsobena nejen drážním vozidlem, ale i poruchou kolejového obvodu. Pokud k této poruše dojde ve vzdalovacím úseku tehdy, když je obsazen vlakem odjíždějícím od přejezdu, zůstalo by PZS po dobu trvání poruchy obvodu v anulaci. Drážní vozidlo z opačného směru pak vstoupí do anulovaného přibližovacího úseku a přijede na přejezd bez výstrahy. Této nebezpečné směrové pasti se předchází zmíněnou kontrolou doby anulace, která nedovolí PZS zůstat trvale ve stavu anulace. Po vypršení doby anulace a z důvodu poruchy obsazeného vzdalovacího úseku, přejde PZS opět do výstrahy. [1]



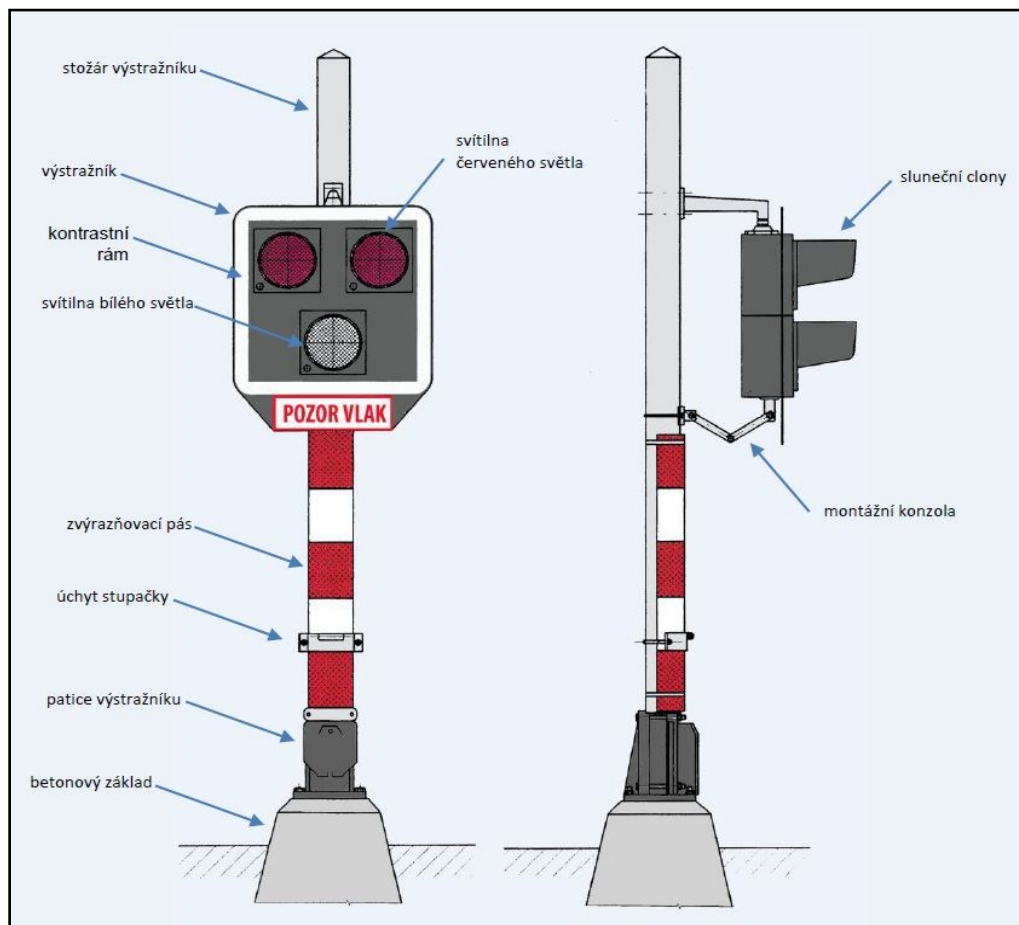
Obr. 4. Princip přejezdového zařízení světelného PZS [1]

3 ZÁKLADNÍ PRVKY PŘEJEZDOVÉHO ZAŘÍZENÍ SVĚTELNÉHO

3.1 Výstražník

Je část přejezdového zařízení světelného, které dává světelným, popřípadě akustickým signálem účastníkům silničního provozu na pozemní komunikaci informaci o výstražném popř. varovném stavu, pokud je zařízení vybaveno pozitivním signálem dává i tento signál.

V současné době se používají na nově zřizovaných přejezdových zařízeních infrastruktury SŽDC výstražníky typu AŽD 97, osazeny dvouvláknovými žárovkami a fotometrickým nebo napěťovým dohledem, který zajišťuje při poruše hlavního vlákna přepnutí na záložní vlákno žárovky, tímto je zajištěna funkčnost signalizace při poruše. Současně se informace o poruše předává prostřednictvím diagnostiky pracovníkům údržby v nejbližší obsazené železniční stanici. [1, 12]



Obr. 5. Výstražník typu AŽD 97 [1, 12]

Pro zvýšení pohotovosti a vlastní spotřeby elektrické energie zařízení, jsou doposud používané dvouvláknové žárovky svítlen výstražníku u nově budovaných PZS nahrazovány modernějšími zdroji světla. Jako řešení se ukázalo užití matice LED diod osazených na kruhové desce plošného spoje. LED diody jsou propojeny do třech nezávislých okruhů. V případě, kdy dojde k poruše jednoho okruhu, zajišťuje svit funkčních dvou okruhů diod pořad normou předepsané požadavky na svítivost. V podstatě jde o obdobné řešení jako při použití dvouvláknových žárovek. Výhodou oproti předchozímu řešení jsou tři okruhy diod. Pracovník údržby tudíž nemusí při poruše jedné sekce diod ihned vyjíždět k opravě, tak jako tomu bylo při použití dvouvláknových žárovek. [1]

3.2 Elektromechanická závora

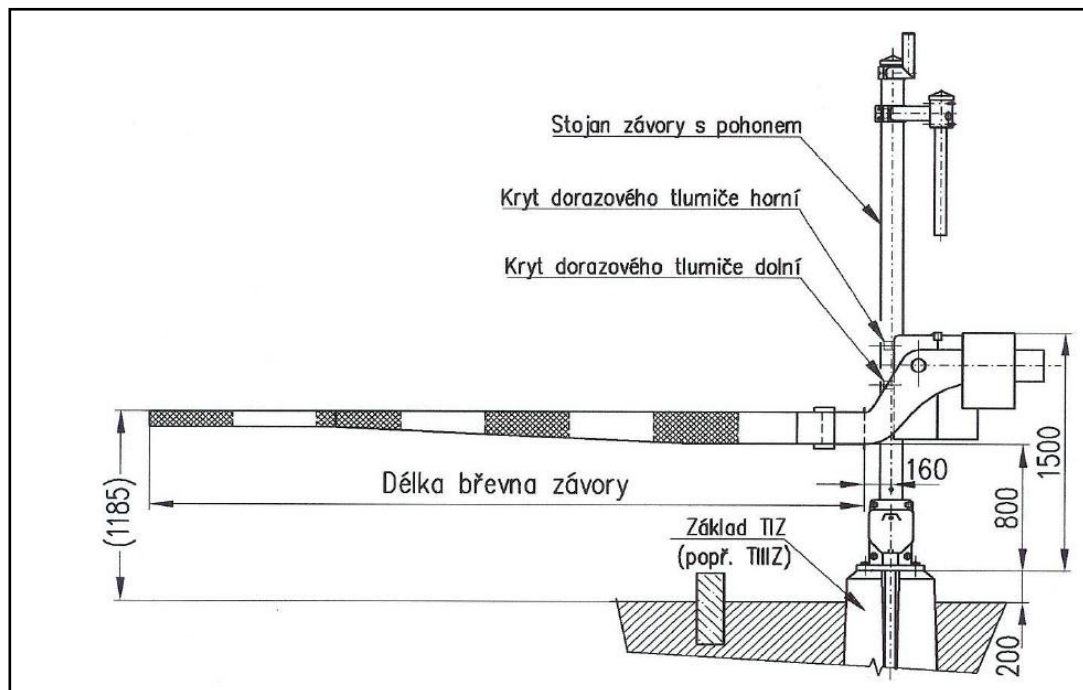
Část přejezdového zařízení, které sklopením břevna závory do průjezdného prostoru pozemní komunikace dává mechanickou výstrahu podle ČSN 34 2650 ed.2.

Základní části elektromechanické závory:

1. Stožár závory s pohonem se skládá:
 - Stožár - je ocelová trubka, která je proti korozi chráněna povrchovou úpravou. Horní konec stožáru je zakryt víkem. Místo víka lze osadit přijímač akustické signalizace pro nevidomé. Dolní konec stožáru je opatřen paticí. Patice je využita pro kotvení stožáru do terénu prostřednictvím betonového základu.
 - Nosič kříže - používá se pro připevnění svíslé dopravní značky „výstražný kříž“ na stožár.
 - Pohon závory - obsahuje pohonné, ovládací a kontrolní ústrojí.
2. Břevno závory s unašečem se skládá:
 - Břevno závory - je část závory, která ve výstražném stavu zasahuje do průjezdného prostoru pozemní komunikace a tímto dává mechanickou výstrahu. Břevno je vyrobeno ze dřeva nebo kompozitního materiálu. Břevna mohou být vybaveny o kontrolu celistvosti.
 - Unašeč břevna závory - slouží pro upevnění břevna závory ke křídům.
3. Křídla s protizávažím - jsou pohyblivé části závory, které přenášejí rotační pohyb hřídele na břevno závory a tím umožňují jeho sklápění i zvedání. Vyvažují hmotu

břevna závory, břevno závory se na ně připevňuje pomocí unašeče. Hmotnost protizávaží je volena dle délky břevna.

4. Nosič výstražníků - používá se pro připevnění jednoho nebo dvou výstražníků na stožár.
 5. Betonový základ - používá se pro zakotvení stožáru závory s pohonem do terénu.
- [1, 13]



Obr. 6. Elektromechanická závora AŽD 99 [1, 13]

Popis funkce

Základní poloha závory je přednostně definována jako otevřený přejezd, kdy se břevno závory nachází v horní koncové poloze. Po vydání příkazu ke sklopení břevna závory dojde k odpojení napájení brzdy. Břevno závory se vlivem gravitační energie začne sklápět. V úhlu 85° je signalizována ztráta horní koncové polohy. Po dosažení úhlu 75° sepne brzdící obvod elektromotoru a tím je zahájeno dynamické brzdění motorem. Po dosažení úhlu 10° je signalizováno dosažení dolní koncové polohy a zároveň se sepne brzdící obvod elektromotoru nakrátko, brzdící moment dynamického brzdění se zvýší na maximální velikost. Břevno závory dosedne na dorazový tlumič sklopené polohy břevna.

Po vydání příkazu ke zvednutí břevna závory je vybuzen stykač, který připojí obvod motoru ke svorkám napájecího napětí. Po dosažení úhlu 10° je signalizována ztráta dolní koncové polohy. Po dosažení úhlu 75° sepne obvod napájení brzdy. Brzdová hřídel s jednosměrným brzdícím účinkem umožní pokračující motorické zvedání břevna závory. Po dosažení úhlu 85° se ukončí buzení stykače, ten odpojí obvod motoru od napájecího napětí. Zároveň se uzavře obvod dohledu horní koncové polohy břevna a tím je signalizováno dosažení horní koncové polohy. Břevno závory se zastaví v poloze mezi úhlem 85° a tlumičem horní koncové polohy. Pohyb soupravy břevna z horní koncové polohy do dolní koncové polohy je tedy zajištěn gravitační energií soupravy břevna. Pohyb soupravy břevna z dolní koncové polohy do horní koncové polohy je zajištěn působením motoru. Souprava břevna je v horní koncové poloze mechanicky zapevněna a v dolní koncové poloze mechanicky nezapevněna, aby bylo možno nadzvednutí závory v případě uvíznutí vozidla na železničním přejezdu. [1, 13]

3.3 Přejezník

Jestliže se přejezdové zařízení světelné nachází v pohotovostním stavu a pro danou kolej a směr jízdy, není vyloučeno automatické spouštění výstrahy ovlivněním zapínacího prvku závislého na jízdě drážního vozidla, smí být strojvedoucí přímo informován o povolení k jízdě přes přejezd bez omezení. Tuto informaci předává strojvedoucímu návěstidlo, které dává návěst „Otevřený přejezd“ a návěst „Uzavřený přejezd“ podle předpisu ČD D1 „Předpis pro používání návěstí při organizování a provozování drážní dopravy“. [1]



Obr. 7. Návěsti přejezdníku [1]

Jelikož je návěst dávana pouze bílým světlem, jsou žlutá světla nahrazena odrazkami, tím se dosáhne úspory při výstavbě a údržbě zařízení, zvýší se i provozní spolehlivost. Návěst s

přerušovaným svícením bílého světla je použita při nouzovém stavu přejezdového zabezpečovacího zařízení vyjma případu, kdy dojde k výpadku napájení, jež trvá kratší dobu, než stanoví provozovatel dráhy. Při této návěsti se ukládá strojvedoucímu povinnost oznámit dopravnímu zaměstnanci v sousední stanici informaci o nouzovém stavu na přejezdovém zařízení světelném. [1]

3.4 Obvody pro zjišťování volnosti tratě

Ovládací prvky pro zjišťování volnosti tratě mohou mít charakter liniového nebo bodového technického prostředku vyhodnocující nebo nevyhodnocující směr jízdy. [1, 14]

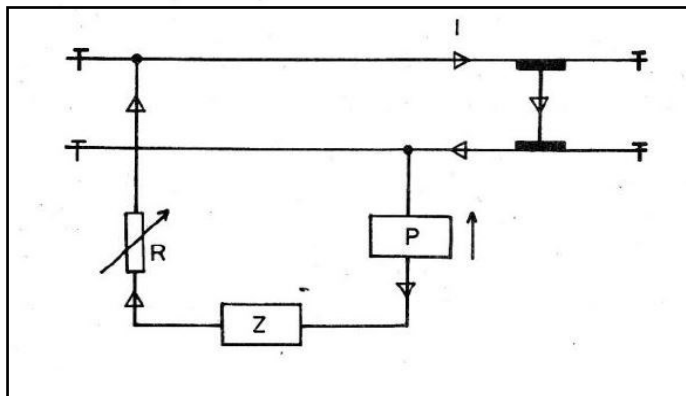
3.4.1 Kolejový obvod

Kolejové obvody patří do kategorie liniových prostředků pro detekci drážního vozidla. Kolejový obvod je složen z kolejového vedení a k němu připojené výstroje. Kolejové vedení je tvořeno určitou částí železničního svršku, u kterého kolejnicové pásy zastávají funkci vodiče a jako izolace jsou využity pražce uložené ve šterkovém loži. Konce ohraničeného kolejového obvodu jsou vymezeny takzvanými izolovanými styky, které tvoří pevné mechanické spojení kolejnic kolejového obvodu se sousedícími kolejnicemi, ale elektricky jsou vzájemně izolovány. Při vstupu drážního vozidla do kolejového obvodu spojí svým vodivým dvojkolím oba kolejnicové pásy, tímto se uzavře proudový obvod. Elektrický odpor dvojkolí a jeho přechodové odpory nejsou zanedbatelné vzhledem k odporu kolejnic, neříkáme proto, že náprava spojila oba kolejnicové pásy nakrátko, ale byl přijat název „šuntování“ říkáme že kolejový obvod je šuntován dvojkolím drážního vozidla a výslednou hodnotu odporu všech dvojkolí v kolejovém obvodu (vyjádřenou v ohmech), nazýváme vlakový šunt. [1, 14]

Sériový kolejový obvod

Při vstupu drážního vozidla do kolejového obvodu spojí svým dvojkolím oba kolejnicové pásy, uzavře proudový obvod, v němž kolejové relé přitáhne kotvu a indikuje obsazený obvod, při opuštění kolejového obvodu drážním vozidlem dojde rozpojení kolejnicových pásů, přerušování obvodu, odpadnutí kotvy kolejového relé a tím indikaci volného obvodu. Při špatném izolačním stavu železničního svršku, může kolejové relé přitáhnout, aniž by drážní vozidlo vstoupilo do kolejového obvodu. V opačném případě při přerušování obvodu, např. porucha kolejového relé, nebo porucha zdroje proudu, popř. přívodů, dojde

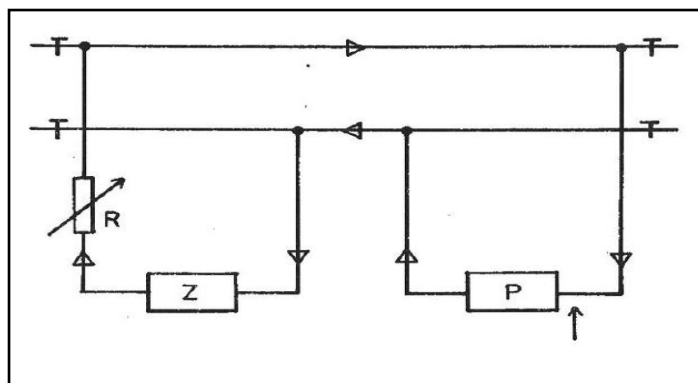
k odpadnutí kotvy kolejového relé a k nesprávnému vyhodnocení průjezdu drážního vozidla. Z těchto důvodů se nesmí sériové kolejové obvody využívat pro zjišťování volnosti na širé trati, využití připadá pouze pro železniční stanice obsazené obsluhou, výhodou je menší spotřeba elektrické energie (kotva relé není trvale přitažena) [1, 3]



Obr. 8. Sériový kolejový obvod [1, 3]

Paralelní kolejový obvod

U paralelního kolejového obvodu je proud ze zdroje přiveden na cívku kolejového relé přes obě kolejnice, kolejové relé přitáhne kotvu a indukuje volný obvod, při vstupu drážního vozidla do kolejového obvodu, svým dvojkolím šuntuje kolejový obvod, proud ze zdroje prochází přes dvojkolí drážního vozidla zpět do zdroje a dochází k odpadnutí kotvy kolejového relé a indikaci obsazení obvodu. Při jakékoliv poruše, např. špatný izolační stav žel. svršku, poruše zdroje proudu, lomu kolejnice, dojde k odpadnutí kotvy kolejového relé a indikaci obsazeného obvodu. Paralelní kolejový obvod je využíván na českých železničních tratích jako nejčastější způsob zjišťování volnosti trati. [1, 3]

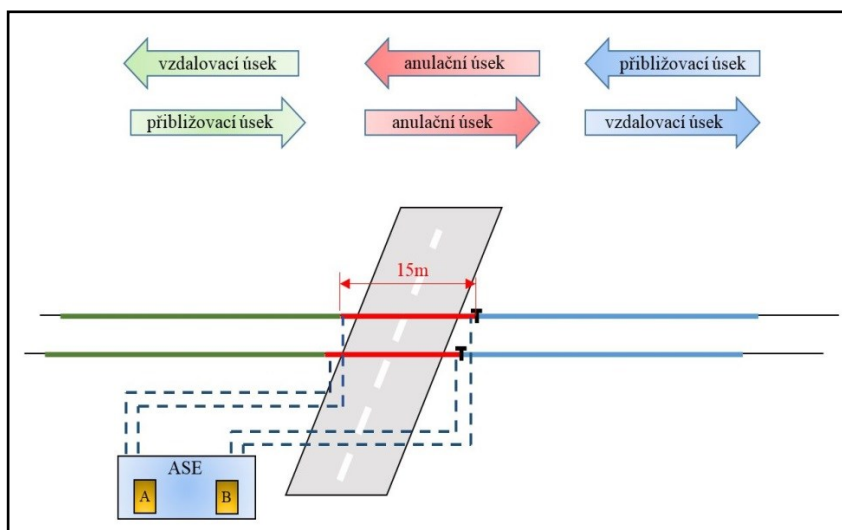


Obr. 9. Paralelní kolejový obvod [1, 3]

3.4.2 Anulační soubor elektronický

Anulační soubor elektronický patří do kategorie liniových prostředků sloužících k vyhodnocení průjezdu drážního vozidla a směru jeho jízdy malým prostorovým úsekem na tratích se všemi druhy trakce a na všech typech železničního svršku, kde je zajištěna požadovaná svodová admitance mezi kolejnicovými pásy.

Anulační soubor elektronický (ASE) pracuje na principu dvou sousedících překrývajících se neohraničených sérioparalelních kolejových obvodů pracujících na frekvenci 51,2 kHz. Kolejový obvod je umístěn přímo v prostoru křížení železniční trati s pozemní komunikací nebo v jeho bezprostřední blízkosti jak je znázorněno na obrázku č.10. [1, 16]



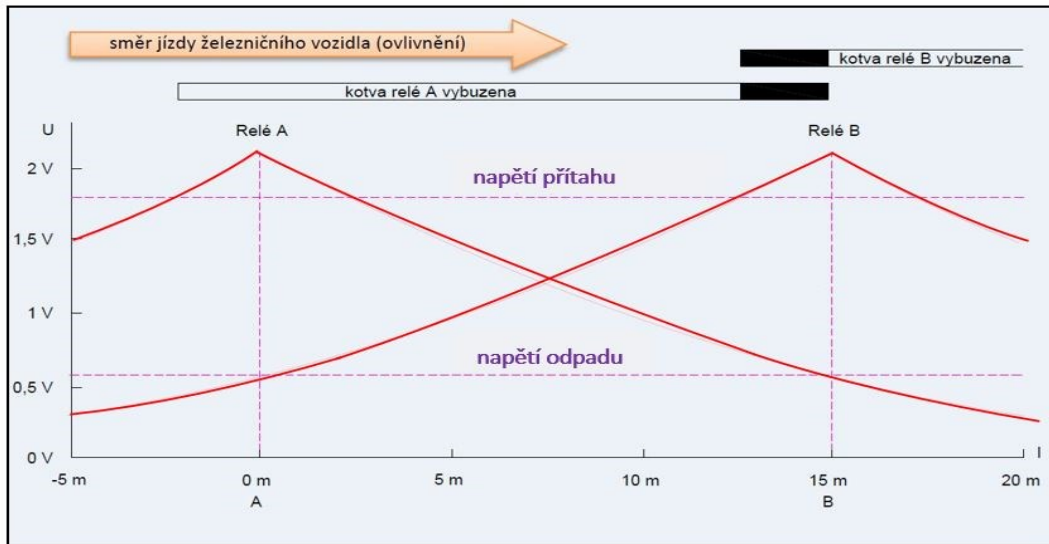
Obr. 10. Anulační soubor ASE [1, 15]

Princip obvodu spočívá v převádění okamžité hodnoty impedance kolejového obvodu na výstupní napětí. Je-li kolejový obvod volný, je impedance kolejového obvodu vysoká, buďící proud nízký a výstupní napětí snímané na normálovém rezistoru se blíží k nule. Při přibližování prvního železničního dvojkolí, dojde k postupnému snižování impedance kolejového obvodu a tím k nárůstu napětí snímaném na normálovém rezistoru.

Stav každého kolejového obvodu je vyhodnocován výstupním relé. První obvod vyhodnocuje relé **A**, druhý relé **B**. Výsledná informace o průjezdu drážního vozidla je závislá na postupném vybudění obou relé. Pomocí grafu č.1 jsou znázorněny průběhy napětí na výstupních relé při průjezdu železničního dvojkolí prostorem přejezdu. V horní části grafu je

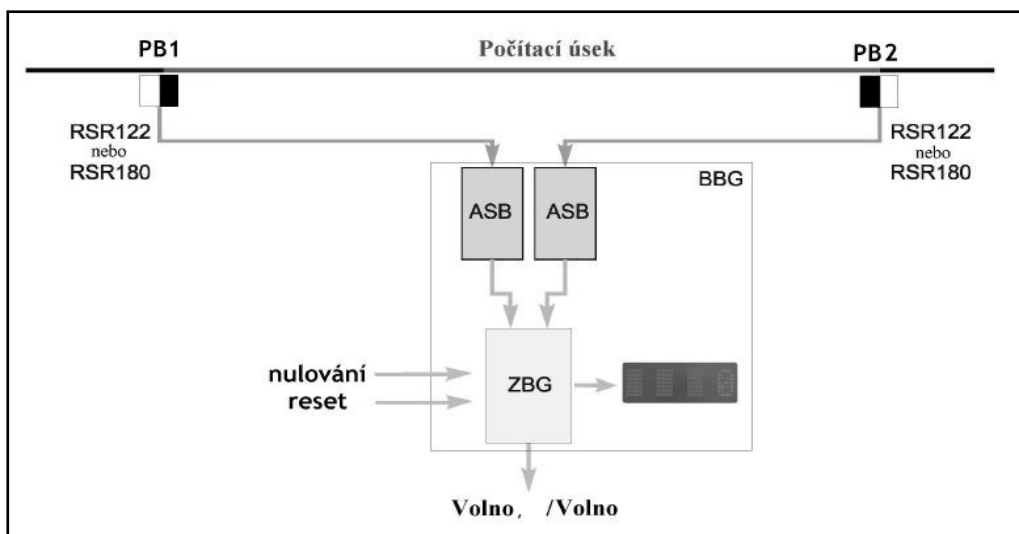
vyznačena časová osa, ve které jsou kotvy jednotlivých relé vybuzeny. Černě zvýrazněná oblast potom vyznačuje dobu, ve které jsou přitaheny kotvy relé **A** i **B** a je možno vyhodnotit výslednou informace o průjezdu drážního vozidla prostorem přejezdu. [1, 16]

Graf. 1. Průběh napětí při průjezdu drážního vozidla obvodem [1, 16]



3.4.3 Počítače náprav

Počítače náprav patří do skupiny bodových prostředků pro detekci drážních vozidel. Počítače náprav slouží k bezpečnému zjišťování volnosti a obsazení kolejových úseků. Každý úsek je ohraničen příslušným počtem počítačích bodů, které jsou tvořeny kolovými senzory. Princip činnosti počítače náprav je znázorněn na obrázku č.11

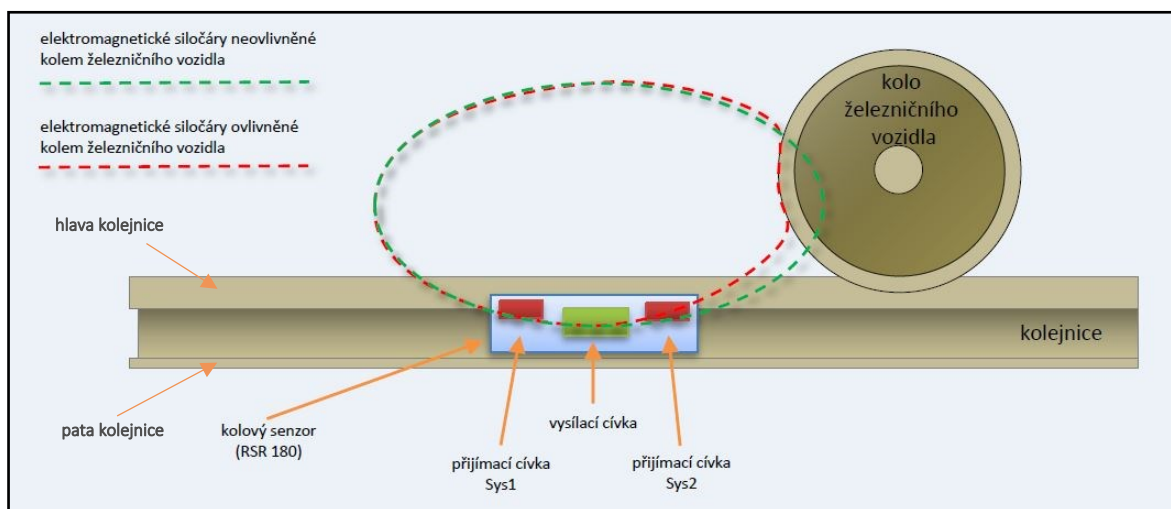


Obr. 11. Princip činnosti počítače náprav [1, 5]

Na začátku a na konci počítačícího úseku je umístěn kolový senzor, který společně s ASB jednotkou tvoří počítačící bod. Tento pomocí elektronických systémů zaznamená všechny nápravy a rozezná směr jízdy kolejových vozidel, které úsekem projíždějí. Každý kolový senzor je s vyhodnocovací jednotkou propojen pomocí čtyř vodičů, prostřednictvím tohoto vedení je senzor napájen a zároveň předává vyhodnocovací jednotce informace o nápravách.

Čítačová jednotka ZBG provádí souhrn informací o nápravách poskytovaných počítačícími body do společného výsledku. Při vstupu drážního vozidla do sledovaného úseku detekuje kolový senzor PB1 vjezd železničního dvojkolí a předá informaci čítačící jednotce ZBG, která čítá jednotlivé nápravy. Při opuštění sledovaného úseku drážním vozidlem, jsou železniční dvojkolí detekována počítačícím bodem PB2 a čítačem jednotky ZBG odpočítány. Je-li stav čítače roven nule, je sledovaný úsek volný, v opačném případě obsazený.

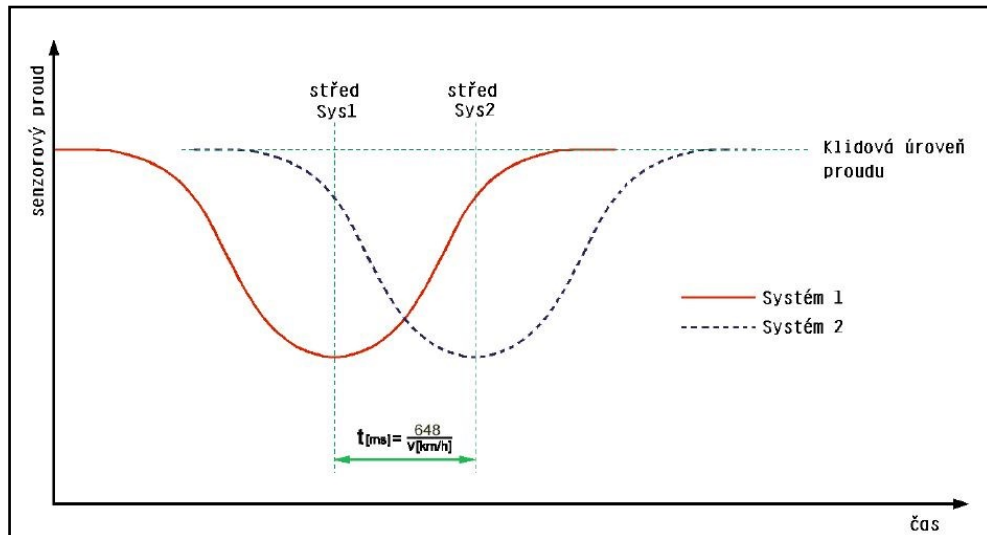
Funkce kolového senzoru spočívá ve změně naklonění siločar magnetického pole. Magnetické siločáry vysílací cívky, která se nachází uprostřed pouzdra senzoru, prochází snímacími cívkami (přijímací cívky systémů). V případě přítomnosti kovových předmětů v oblasti nad nebo pod cívkami se mění magnetická indukce ve snímacích cívkách, v důsledku naklonění siločar. Tohoto efektu je využíváno k zaznamenání železničního dvojkolí drážního vozidla. Současně je kontrolována poloha kolového senzoru na kolejnici, kterou ovlivňuje plocha paty a hlavy kolejnice pod a nad snímacími cívkami. Na úroveň zatlumení kolového senzoru má tedy vliv pata kolejnice, hlava kolejnice a železniční dvojkolí. [1, 5]



Obr. 12. Princip kolového senzoru [1, 15]

Při průjezdu železničního dvojkolí nad místem, kde je umístěn kolový senzor, dochází k postupné změně proudu Sys1 a Sys2 v pořadí v jakém k jejich aktivaci došlo. Na základě postupné změny proudu je počítač náprav schopen vyhodnotit směr jízdy drážního vozidla.

Graf. 2. Průběh proudu při průjezdu drážního vozidla [1, 5]

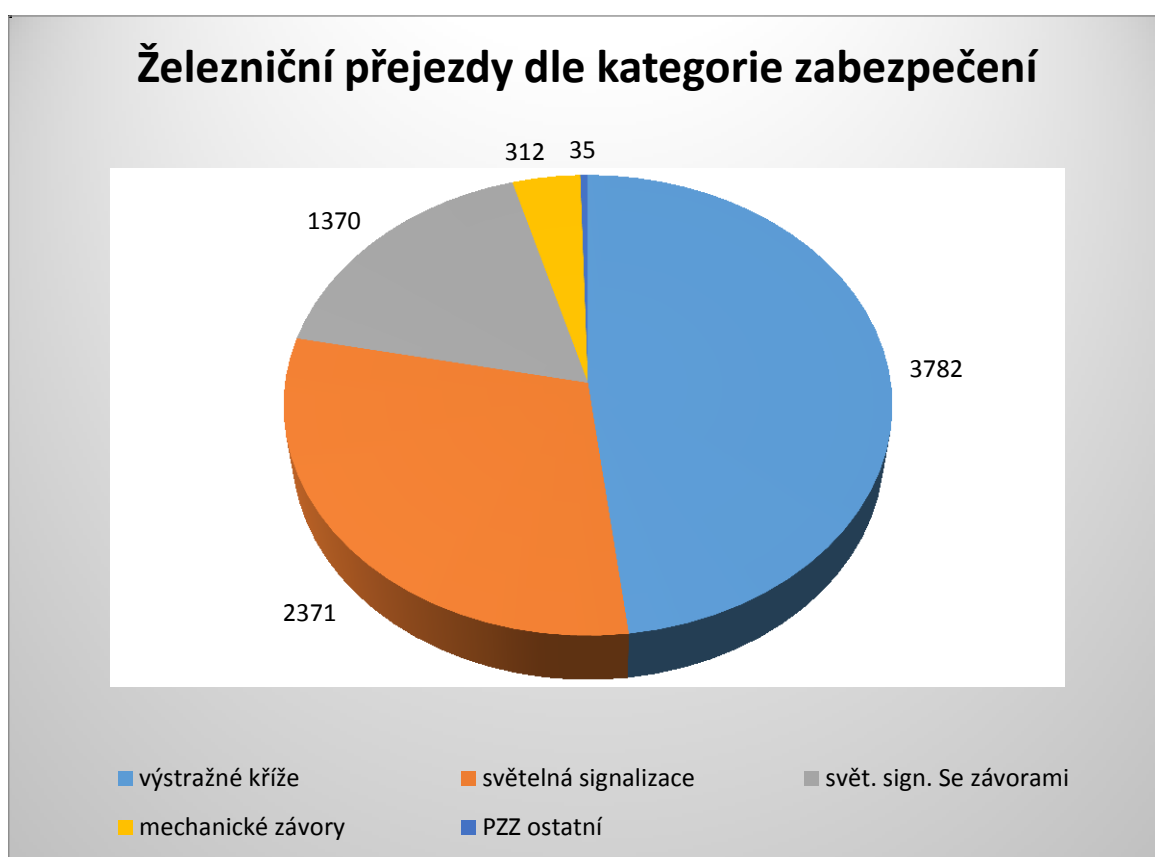


II. PRAKTICKÁ ČÁST

4 POROVNÁNÍ KATEGORIÍ ŽELEZNIČNÍCH PŘEJEZDŮ Z HLEDISKA NEHODOVOSTI

Správa železniční dopravní cesty spravuje v České republice rozsáhlou železniční síť s celkovou délkou tratí 9408 km. Z tohoto vyplývá také spousta míst, kde dochází ke křížení dráhy s pozemní komunikací. Ve většině případů se jedná o úrovnňové křížení. V roce 2019 můžeme hovořit o počtu 7870 železničních přejezdů provozovaných v síti Českých drah. [24]

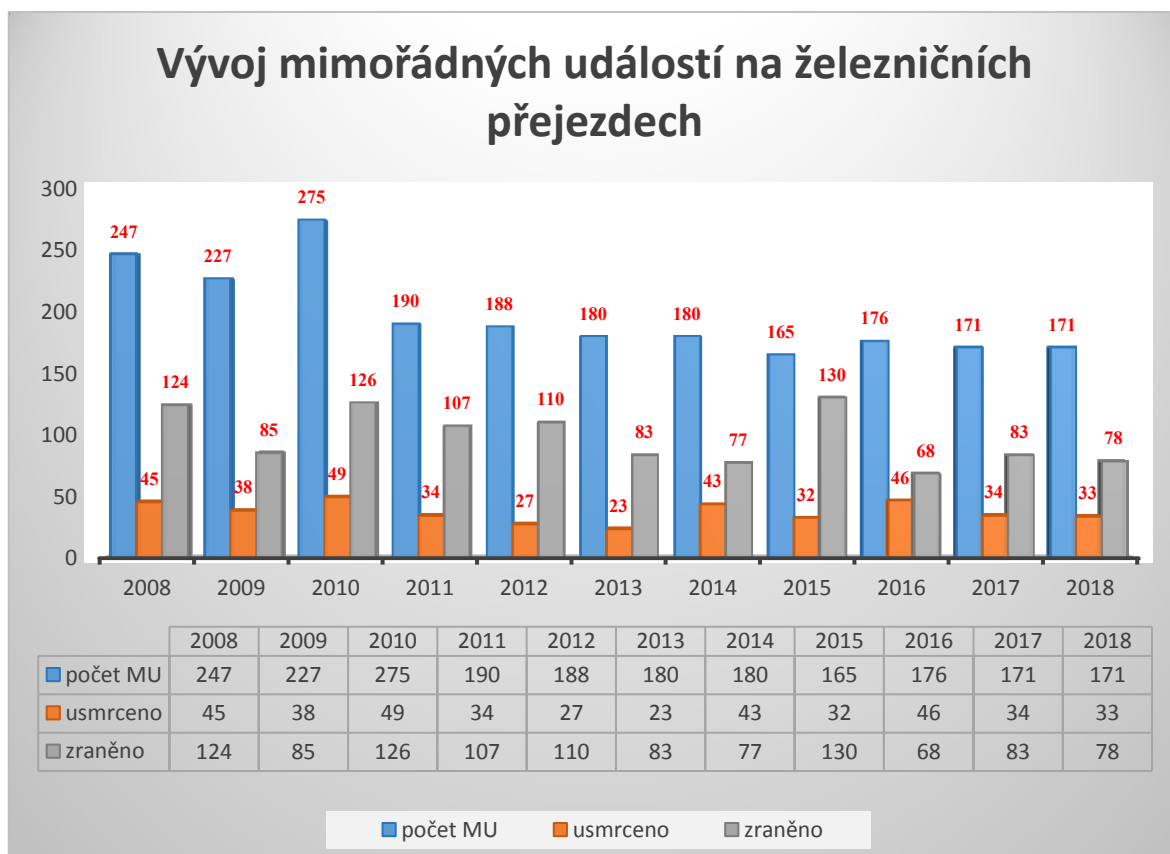
Graf. 3. Železniční přejezdy dle kategorie zabezpečení [24]



Železniční přejezdy představují svou existencí velké množství bezpečnostních rizik. Vznik nehod na přejezdech je důsledkem nejen nepozornosti a nekázní řidičů a chodců, ale také bezpečnostními riziky, které vychází z ergonomie přejezdů, místních podmínek s mnohdy již nevyhovujícími rozhledovými poměry. V roce 2018 bylo Drážní inspekcí ČR evidováno na železničních přejezdech 171 mimořádných událostí, při kterých přišlo o život 33 osob a 78 osob bylo zraněno. Při těchto nehodách dochází rovněž k vysokým škodám na

majetku a vážným komplikacím v plynulosti jak železniční, tak i silniční dopravy. Při mimořádných událostech na železničních přejezdech v roce 2018 byly škody na majetku vyčísleny na 88 918 574 Kč. [17]

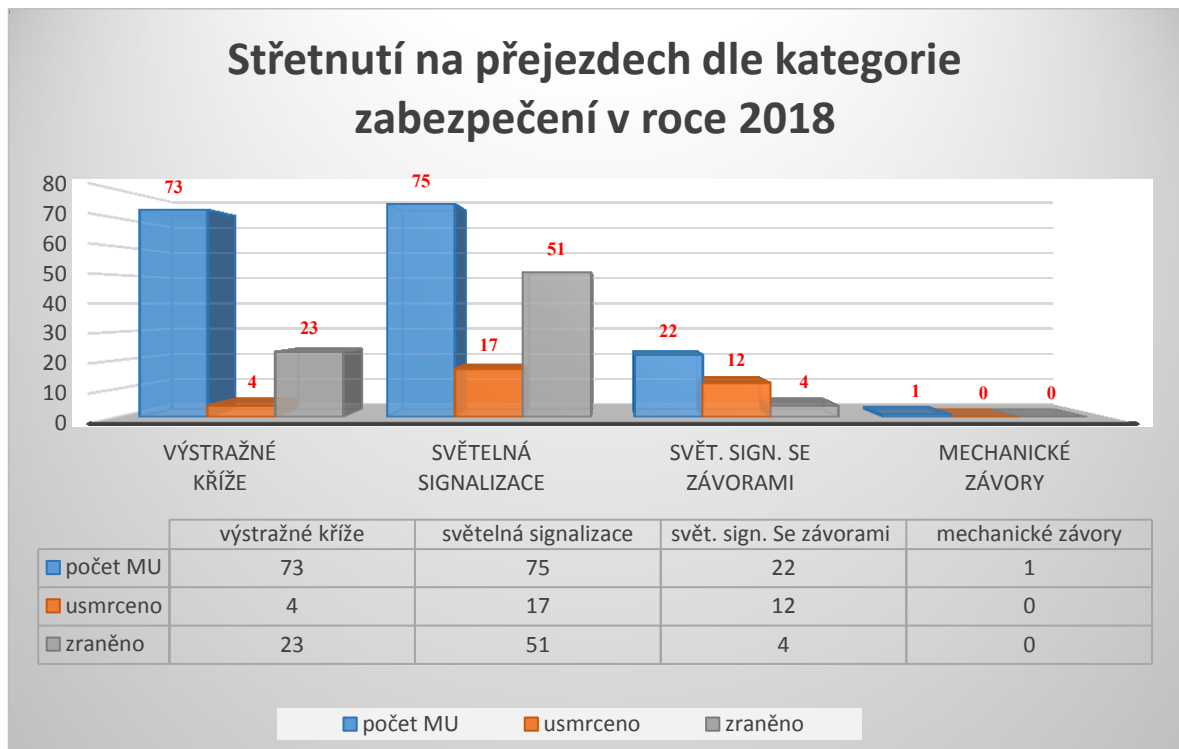
Graf. 4. Mimořádné události na železničních přejezdech 2008 – 2018 [17]



Stejně jako v přechodných letech, tak i v roce 2018 došlo k největšímu počtu nehod a usmrcení osob na železničních přejezdech zabezpečených světelnou signalizací bez závor, na kterých zemřelo 17 osob. Na přejezdech zabezpečených světelnou signalizací doplněnou závorami zemřelo 12 osob, kde jsou všichni usmrcení chodci nebo cyklisté, kteří podlézali sklopená závorová břevna a vstoupili na trať v době příjezdu vlaku a nedá se v tomto případě, na rozdíl od přejezdů nezabezpečených závorami, hovořit o omylu či přehlédnutí ze strany postižených. Na železničních přejezdech zabezpečených výstražnými kříži byly usmrceny 4 osoby, není však možné brát přejezdy zabezpečené výstražnými kříži jako nejvíce bezpečné, jedná se především o železniční přejezdy na vlečkových tratích křížící se s méně frekventovanými pozemními komunikacemi. [6]

Pomocí grafu č.5 je znázorněna statistika střetnutí, usmrcení a zranění na železničních přejezdech dle kategorie jejich zabezpečení.

Graf. 5. Statistika střetnutí na přejezdech dle kategorie zabezpečení [6]



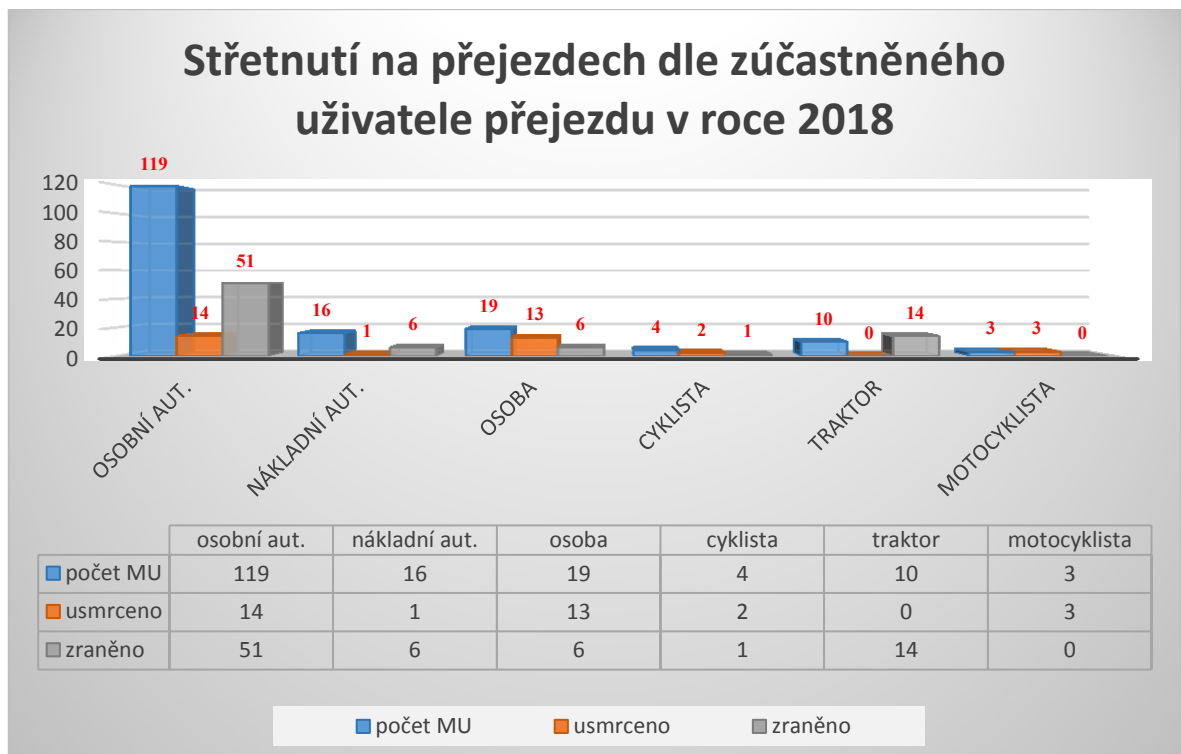
Drtivou většinu nehod na železničních přejezdech i nadále způsobují neukáznění účastníci silničního provozu, kteří fatálním způsobem porušují hned několik ustanovení zákona č. 361/2000 Sb., o provozu na pozemních komunikacích. Nejčastějším prohřeškem je ignorování světelné a zvukové signalizace přejezdového zabezpečovacího zařízení, nepřesvědčení se o tom, zda se k přejezdu neblíží vlak, případně objíždění, obcházení nebo podlézání sklopených závorových břeven.

Z hlediska dlouhodobých statistických dat mají nejtragičtější následky střetnutí na železničních přejezdech zabezpečených světelnou výstražnou signalizací bez závor. Drážní inspekce proto soustavně doporučuje, aby co největší množství přejezdů zabezpečených světelným signalizačním zařízením bylo doplněno závorami, protože tento způsob řešení úrovněho křížení silnice a železniční dráhy se z dlouhodobého hlediska jeví jako nejméně rizikový pro silniční i drážní dopravu a to zejména na těch nejfrekventovanějších tratích, nebo na tratích s vyšší traťovou rychlostí (usmrcené a zraněné osoby na těchto želez-

ničních přejezdech jsou většinou neukáznění chodci nebo osoby jednající v sebevražedném úmyslu). [6]

V následujícím grafu č.6 je vyjádřena statistika střetnutí jednotlivých uživatelů železničních přejezdů v roce 2018.

Graf. 6. Statistika střetnutí na přejezdech dle zúčastněného uživatele [6]



5 PRVKY PRO ZVÝŠENÍ BEZPEČNOSTI PŘEJEZDOVÉHO ZAŘÍZENÍ SVĚTELNÉHO

5.1 Zvýšení bezpečnosti osob přecházející přes železniční přejezd

Dle zpracovaných statistik nemalou část střetnutí s drážními vozidly na železničních přejezdech světelných tvoří osoby vstupující do prostoru železničního přejezdu v době výstrahy, kde dochází ke střetu s drážním vozidlem. V průběhu roku 2018 bylo při střetu osoby s drážním vozidlem usmrceno 13 osob, což je o 5 osob méně než v předchozím roce, kdy přišlo o život 18 osob.

5.1.1 Dálkově ovládaná zvuková signalizace pro nevidomé

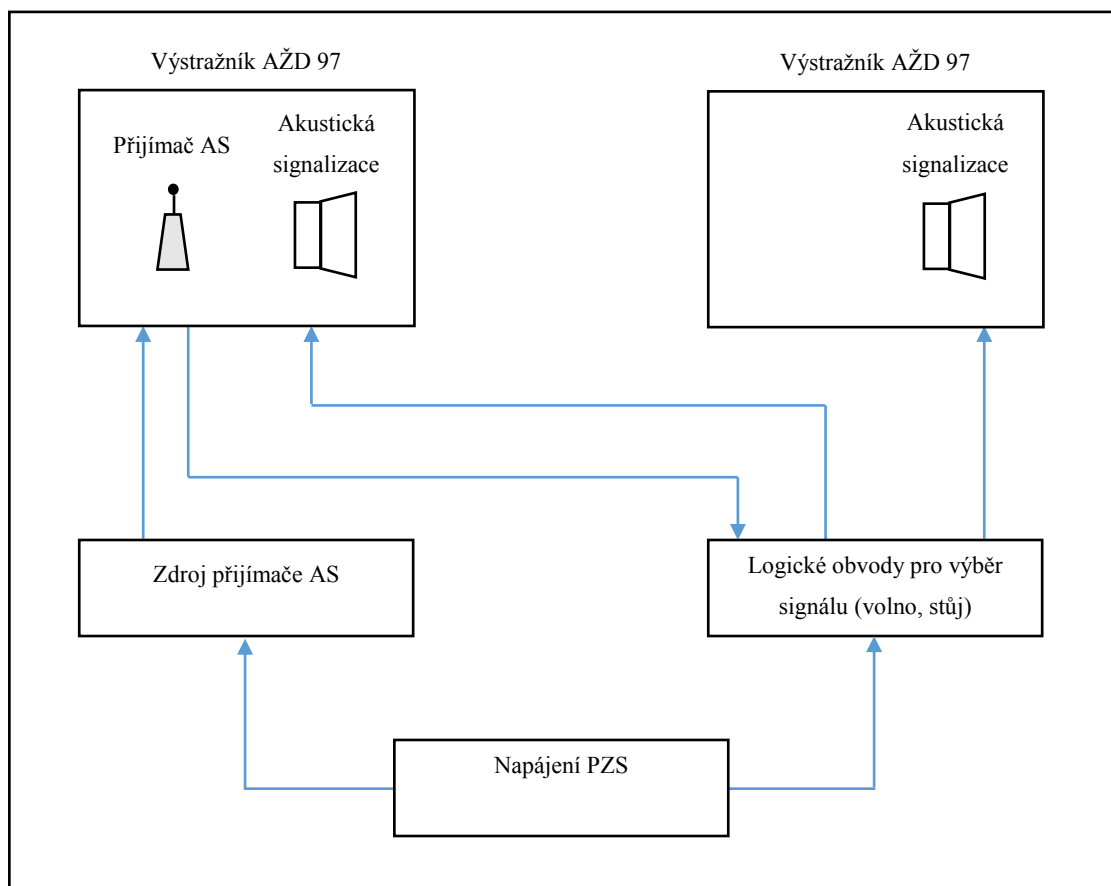
Signalizací pro nevidomé se vybavují přejezdová zabezpečovací zařízení světelná, která zabezpečují úroňová křížení dráhy s komunikací pro pěší. Za komunikaci pro pěší se v tomto případě považuje

- Chodník v intravilánu i extravilánu
- Stezka pro chodce nebo cyklisty označená příslušnou dopravní značkou
- Silnice nebo místní komunikace bez chodníku v intravilánu, pokud není na tuto pozemní komunikaci vstup zakázán
- Silnice nebo místní komunikace nebo účelová komunikace bez chodníku v extravilánu, pokud slouží jako přístupová cesta z obce k železniční stanici nebo na železniční zastávku

Signalizací pro nevidomé mohou být vybaveny železniční přejezdy světelné ve stanici nebo na trati u nichž závislost zvukové signalizace na volnosti úseků, poloze návěstidel, výhybek, výkolejek apod. je dána tabulkou přejezdu adresného projektu.

Signalizace pro nevidomé umožňuje pomocí vysílače VPN01 повеlem č.5 dle vyhl. 389/2009 Sb. aktivovat zvukovou signalizaci PZS pro nevidomé na předem stanovenou dobu, nezbytnou k orientaci nevidomé či slabozraké osoby při přechodu křížení pozemní komunikace s železniční tratí. Funkce signalizace pro nevidomé snižuje opotřebení zdroje zvukové signalizace výstrahy, spotřebu elektrické energie a nedochází ke zbytečnému rušení klidu v nočních hodinách. Na základě vnímání zvukového signálu nevidomou nebo slabozrakou osobou zařízení poskytuje jeden ze tří signálů na základě stavu přejezdového zařízení světelného.

- „Volno“ – zařízení poskytuje zvukový signál o kmitočtu 1000 Hz s frekvencí přerušování 8 Hz (poměr impuls/mezera 1/1,5)
- „Stůj“ – zařízení poskytuje zvuková signál o kmitočtu 1000 HZ s frekvencí přerušování 1,5 Hz (poměr impuls/mezera 1/12,3)
- „Bez signálu“ zařízení neposkytuje žádný zvukový signál. [7]



Obr. 13. Blokové schéma zapojení signalizace pro nevidomé [7]

Přijímač signálu s anténou se umísťuje na horní část sloupu výstražníku, jako zátka stožáru. Zdroje akustické signalizace potom do všech skříní výstražníků.

U přejezdových zařízení světelných se závorami se doplňují břevna závor o zarážku slepecké hole, tato zábrana slouží zároveň k částečnému zamezení podlézání břevna závor ve sklopené poloze, funkce je patrná z následujícího obrázku. [7]



Obr. 14. Železniční přejezd doplněný o zarážku slepecké hole

5.1.2 Upozornění na výstrahu mobilní aplikací „Level Crossing Alarm“

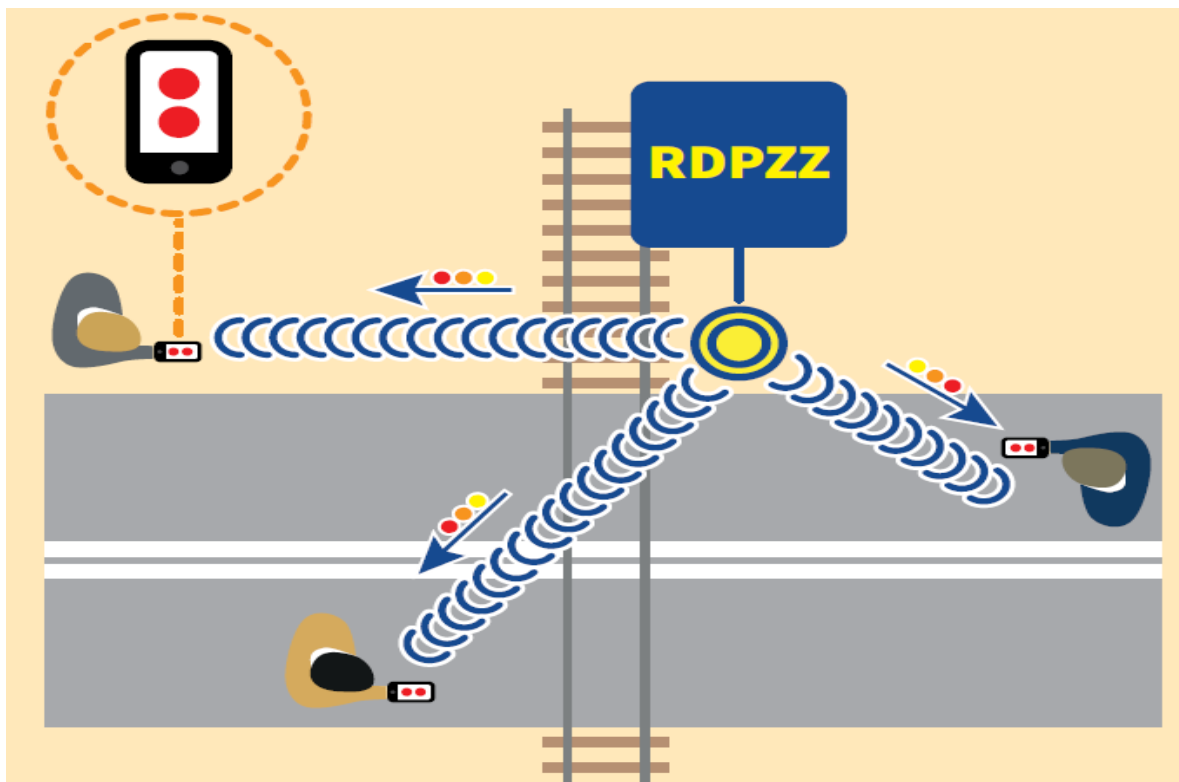
Analýzou příčin střetu osob s drážním vozidlem na železničních přejezdech bylo zjištěno, že ve významném počtu případů se jedná o nepozornost způsobenou různými vnějšími vlivy. S nástupem moderních „chytrých“ technologií a ON-LINE způsobu života ve virtuálních sociálních sítích se zvyšuje počet kolizí s vážnými důsledky na životech a zdraví jejich účastníků, a to z důvodu používání sluchátek. Lidé pak neslyší zvukovou výstrahu a vstoupí na přejezd ve výstraze přímo před vlak. Za návrhem systému Level Crossing Alarm (LCA) je snaha využít stejné chytré technologie k ochraně nejvíce ohrožené skupiny účastníků silničního provozu, to znamená děti, mládeže, cyklistů a dalších fanoušků nových technologií. [4]



Obr. 15. Aplikace Level Crossing Alarm [4]

Princip systému Level Crossing Alarm je v upozornění uživatele mobilní aplikace systému na blížící se železniční přejezd a jeho stav. Varování je generováno stacionární částí LCA (radiomajákem) umístěným v blízkosti přejezdu (technicky řešeno umístěním ve vrchlíku stožáru libovolného výstražníku). Zprávy vysílané LCA do prostoru přejezdu a jeho okolí (dosah cca 100 až 200 m) se odvozují od stavu přejezdového zabezpečovacího zařízení. Radiomaják vysílá pravidelně Advertising Packet na rádiovém rozhraní Bluetooth. Uživatel mobilní aplikace instalované na „chytrém“ mobilním telefonu, pracující na pozadí dostává varovné akustické i optické informace o výstraze na přejezdu bez ohledu na aktuální spuštěné aplikace. Tímto způsobem je naplňován záměr zvýšit pozornost uživatelů mobilní aplikace na blížící se nebezpečí v podobě drážního vozidla přijíždějícího na konkrétní železniční přejezd. Nutno však podotknout, že se nejedná o přejezdové zabezpečovací zařízení, jedná se pouze o jakési doplnění systému, které nezbavuje uživatele komunikace povinnosti sledovat a respektovat dopravní značení na železničních přejezdech.

V současné době je systém Level Crossing Alarm ve zkušebním provozu na dvou železničních přejezdech v Prostějově. [4]



Obr. 16. Princip činnosti LCA [4]

5.1.3 Zabezpečení centrálních přechodů

V železničních stanicích, kde je pro přístup cestujících na nástupiště místo mimoúrovňového podchodu nebo nadchodu vybudován úrovňový centrální přechod kolejí, je třeba na základě požadavku legislativy takový přechod nově zabezpečit výstražným zařízením pro přechod kolejí (VZPK). Důraz je kladen zejména na opatření související s možným pohybem osob s omezenou schopností orientace a pohybu.

Technické požadavky na tato zařízení stanovují příslušné legislativní předpisy, a to jak národní, tak Evropské unie. Vše pak rozpracovává připravovaná Technická specifikace SŽDC a právě z návrhu této specifikace je vycházeno při návrhu zařízení VZPK. Dle požadavků varuje VZPK uživatele přechodu s dostatečným časovým předstihem, že se k přechodu blíží drážní vozidlo, a to červeným přerušovaným světlem a pomalu přerušovaným akustickým signálem, tzv. signálem STŮJ. Druhým vydávaným signálem je signál VOLNO. Ten je vydáván pouze rychle přerušovaným akustickým signálem na základě příjmu požadavku z vysílače nevidomého, a to v případě, pokud bude možno přechod kolejí bezpečně přejít. Vlastní implementaci ve stavědle ESA 44 lze pak rozdělit na řídicí a prováděcí úroveň stavědla.

Řídicí úroveň standardně u SZZ typu ESA 44 tvoří dvojice technologických počítačů (TPC). Ovládání zařízení VZPK je odvozeno ze stávajícího SW modulu pro ovládání přejezdů, který je již implementován v dosavadních verzích systémového SW stavědla, jelikož požadavky na chování zařízení VZPK vychází právě z chování přejezdových zabezpečovacích zařízení, respektive se jedná o jejich modifikaci. Tato úroveň tedy bezpečně vyhodnocuje základní podmínky pro vydávání signálu STŮJ na základě stavu přibližovacích úseků VZPK, stavu návěstidel, která VZPK kryjí, případně odkládání vydávání signálu STŮJ nebo umožňuje vydání signálu STŮJ na základě obsluhy.

Prováděcí úroveň řeší ovládání VZPK v panelu EIP dvojicí jednotek SLI-2 pro bezpečné ovládání a dohled svícení světelného signálu STŮJ (optická část), dále jednotkou SCI-1 pro ovládání zvukového signálu STŮJ nebo VOLNO (akustická část) a nouzového otevření, a jednotkou SII-1 pro předávání informací o stavu zvukové výstrahy. Mezi TPC řídicí úrovně a panelem EIP jsou předávány jednak povely pro ovládání optické a akustické části VZPK, a dále budou z panelu EIP vraceny indikace o vydávání světelného signálu STŮJ a o tom, že na prováděcí úrovni nebyl detekován nouzový nebo poruchový stav. [8]

Jako světelné zdroje pro vydávání signálu STÚJ jsou použity LED svítilny typu LWL-1. Svítilny mají jednotlivé LED zapojeny do šesti sekcí. Na jejich čelní ploše je zobrazen symbol „panáčka“ obdobně jako u silničních přechodů pro chodce. V případě výpadku jedné sekce libovolné svítilny je indikován nouzový stav zařízení. Pokud nebudou dodrženy požadované světelné parametry při výpadku více sekcí libovolné svítilny, bude indikován poruchový stav. Detekci nouzového ani poruchového stavu však není dotčeno vlastní vydávání signálu STÚJ. [8]



Obr. 17. Pohled na centrální přechod zabezčený VZPK [8]

5.2 Zvýšení bezpečnosti motorových vozidel na železničních přejezdech

Největší počet střetnutí s drážními vozidly na železničních přejezdech světelných představují motorová vozidla ať už osobní nebo nákladní jedoucí přes železniční přejezd v době výstrahy, v průběhu roku 2018 bylo při těchto nehodách usmrceno na železničních přejezdech 15 osob, v přechozím roce to bylo o dvě osoby méně.

5.2.1 Sekvenční sklápění břevna závor

Dle zpracovaných statistik doposud největší podíl na střetnutích s železničním vozidlem na přejezdech způsobují neukáznění řidiči motorových vozidel, jež fatálním způsobem porušují hned několik ustanovení zákona č. 361/2000 Sb., o provozu na pozemních komunikacích. Nejvíce opakující se prohřešek představuje ignorování světelné a zvukové signalizace

přejezdového zabezpečovacího zařízení, nepřesvědčení se o tom, zda se k přejezdu neblíží drážní vozidlo, popřípadě objíždění sklopených závorových břeven.

Při výstavbě nových nebo obnově stávajících přejezdových zařízení světelných doplněných o závorová břevna je snahou, aby ovládací mechanismus u závor, v případě kdy jsou na železničním přejezdu na každé straně dvě poloviční závory místo jedné, využíval sekvenční sklápění, což v praxi znamená, že se závora vpravo sklápí dříve, aby bránila vjezdu na přejezd již po uplynutí předzváněcí doby (obr. č. 18), kdežto levá závora pro opačný směr je stále nahoře a sklápí se se zpožděním (obr. č. 19). Tímto je zajištěno, že automobil, který ač neměl a vjel již v době výstrahy na železniční přejezd, může bezpečně opustit prostor přejezdu bez nutnosti násilného proražení závorového břevna. Tato funkce je zajištěna pomocí programovatelných časových jednotek, kde je detailně nastaveno zpoždění sklápění břeven závor. [28]



Obr. 18. První fáze sklápění břeven při sekvenčním sklápění břeven



Obr. 19. Druhá fáze sklápění břevan při sekvenčním sklápění břevan

5.2.2 Kontrola vyklizení přejezdu KVP

Účel zařízení pro kontrolu vyklizení přejezdu spočívá v kontrole po sklopení břevan závor do dolní koncové polohy, zda do prostoru železničního přejezdu nezasahuje silniční vozidlo. Důvodem uvedené kontroly je existence železničních přejezdů v blízkosti křižovatek, kdy vozidla větší délky přijíždějící ke křižovatce po vedlejší silnici vedoucí přes železniční přejezd dávající přednost v jízdě vozidlům přijíždějícím po hlavní silnici, tyto tak mohou zůstat v prostoru železničního přejezdu v době výstrahy.

Na základě vyhodnocení volnosti prostoru železničního přejezdu v době výstrahy je umožněno rozsvícení volnoznaku na vjezdovém / odjezdovém návěstidle kryjícím železniční přejezd. Tento technický prostředek nahrazuje kontrolu pohledem zaměstnance konávajícího v železniční stanici dopravní službu a obslužení tlačítka, kterým potvrzuje vyklizení železničního přejezdu silničními vozidly. Bez tohoto technického prostředku musí v případech výše popsané blízkosti silniční křižovatky a železničního přejezdu, dopravní zaměstnanec po vydání povelu ke spuštění výstrahy na přejezdu, ještě před postavením vlakové či posunové cesty provést vizuální kontrolu prostoru přejezdu po sklopení břevan závor a poté teprve obsloužit tlačítka (musí být umístěno v místě, odkud je vidět do prostoru přejezdu), jehož stlačením potvrzuje kontrolu vyklizení přejezdu. Dochází tak k prodloužení uzavření přejezdu pro účastníky silničního provozu, vlivem časové prodlevy mezi vydáním povelu k zahájení dávání výstrahy na přejezdu a postavením vlakové cesty. Vy-

bavením přejezdu technickým prostředkem kontroly vyklizení přejezdu, dochází oproti potvrzování vyklizení přejezdu dopravním zaměstnancem konajícím službu ke zkrácení této prodlevy.



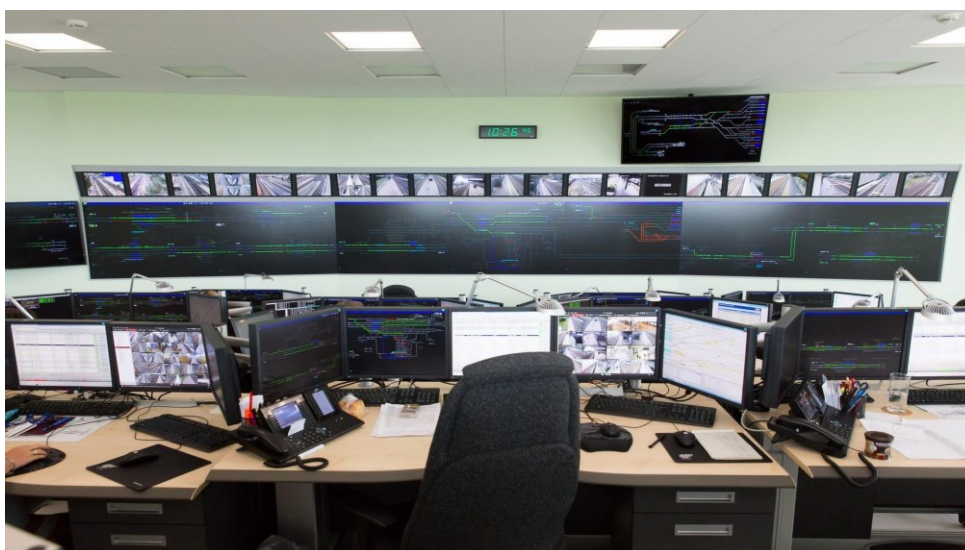
Obr. 20. Pohled na železniční přejezd s možností využití KVP [25]

6 MOŽNOSTI DETEKCE VOZIDLA V PROSTORU ŽELEZNIČNÍHO PŘEJEZDU V DOBĚ VÝSTRAHY

Ze statistik je patrné, že dochází k velkému počtu střetnutí na železničních přejezdech z důvodu nekázně uživatelů pozemních komunikací ať už vjížděním vozidel nebo vstoupením do prostoru železničního přejezdu v době výstrahy. V některých státech (Velká Británie, Polsko) při použití celých nebo čtyř polovičních závor musí být před dovolením jízdy drážního vozidla potvrzeno, že mezi závorami není uzavřeno silniční vozidlo. Volnost přejezdu potvrzuje člověk, který ze stanoviště obsluhy má náležitý rozhled na železniční přejezd, nebo zjišťuje volnost pomocí kamerového systému. Zde se nabízí možnost použití detektoru pro vyhodnocení volnosti prostoru železničního přejezdu.

Možnosti zastavení drážního vozidla na základě detektoru volnosti přejezdu:

- Přestavit návěstidlo na stůj (Otevřený přejezd)
- Vypnou kód vlakového zabezpečovače VZ
- Vyslat nouzový stop cestou ETCS na konkrétní drážní vozidlo
- Vyslat nouzový stop cestou TRS nebo GSM-R
- U PZS v úsecích dálkově řízených oblastí z centrálního dispečerského pracoviště v Přerově nebo Praze může signál z detektoru upozornit operátora provozu na překážku v prostoru přejezdu, ten provede kontrolu pomocí kamerového systému instalovaného na přejezdu a v případě hrozícího nebezpečí vydá pokyn k zastavení drážního vozidla.



Obr. 21. Pohled na centrální dispečerské pracoviště v Přerově

Pokusy o zastavení vlaku prakticky nebudou účinné, pokud se k přejezdu blíží vlak jedoucí nejvyšší dovolenou rychlostí – vzhledem k reakčním dobám, bezpečnostním dobám a době sklápění závor by vlak nebrzdil déle než cca 10s, což je přibližně doba, po kterou brzdilo Pendolino při srážce na železničním přejezdu ve Studénce.

Pokud chceme, aby pokusy o zastavení drážního vozidla byly opravdu účinné, musela by se prodloužit doba výstrahy železničního přejezdu pro vytvoření prostoru nouzového zastavení drážního vozidla, případně pro jeho výrazné snížení rychlosti a tímto omezení následků střetnutí. Bohužel ve všech případech nízká rychlost při střetnutí nemusí vždy ochránit strojvedoucího a cestující.

Pokud požadujeme od detektorů volnosti železničního přejezdu skutečně účinný efekt, je zapotřebí vázat volnost jízdy drážního vozidla na vyhodnocení volnosti přejezdu (takto aplikují detektory překážek britské i německé železnice). Tímto se ovšem výrazně prodlužuje délka přibližovacího úseku a doba výstrahy na PZS (za 24hodin to u přejezdů na hlavních tratích může být i několik hodin). Tato skutečnost nemusí mít takový dopad v případě, kdy se přejezd nachází blízko za hlavním návěstidlem a část přibližovacího úseku PZS před návěstidlem je obsazená.

Nabízí se však otázka, jestli účastníci silničního provozu nezačnou „zneužívat“ detektory na přejezdech (např. budou více riskovat a vjíždět na přejezd i v době výstrahy, protože budou spoléhat na funkci detektoru a následné zastavení drážního vozidla). Na tuto skutečnost upozorňuje i drážní inspekce ve své zprávě o mimořádné události ve Studénce. [28]

Pro možnost zkrácení doby výstrahy se nabízí využití systému ERTMS/ETCS L2, který je v současné době v ČR budován z důvodu zvýšení bezpečnosti provozu a zajištění interoperability. ERTMS/ETCS L2 je rádiový vlakový kontrolní systém, jež se používá jako nadstavba na doposud užívané staniční a traťové zabezpečovací zařízení. Dovolení jízdy vlaku, je generováno radioblokovou centrálou na základě informací ze stavědla, automatického bloku atd. Informace jsou přenášeny prostřednictvím rádiového systému GSM-R. Systém ERTMS/ETCS L2 používá GSM-R pro komunikaci mezi tratí, vlakem a eurobalízou (balízová skupina) což je bodové vysílací zařízení umístěné v kolejišti, které převážně určuje pozici vlaku. Při současném řešení přejezdových zabezpečovacích zařízení dochází ke spouštění výstrahy na základě izolovaných styků nebo počítačů náprav, jež jsou vzdáleny od přejezdu v délce přibližovacího úseku. Pevné místo spouštění výstrahy je zdrojem nadbytečného prodlužování doby výstrahy, pokud vlak jede nižší rychlostí než traťovou. Prodloužení doby výstrahy je vyjádřeno pomocí tabulky č.1. Pro výpočet byla uvažována přibližovací doba 40 s, což je běžná přibližovací doba

pro PZS na dvojkolejně trati s traťovou rychlostí 160 km/h. Umístění počítacích bodů je zhruba ve vzdálenosti 1780 m od přejezdu. Z tabulky č.1 je patrné, že při rychlosti 80 km/h, což je zhruba rychlost nákladních vlaků, je doba výstrahy prodloužena dvojnásobně, u rychlosti 40 km/h potom až ž čtyřnásobně. Toto způsobuje nejen zpomalení silniční dopravy, ale také zde vzniká riziko vjíždění netrpělivých řidičů do prostoru železničního přejezdu v době výstrahy, nebo se mohou řidiči domnívat, že přejezdové zabezpečovací zařízení je v poruše a vjíždět tak do prostoru železničního přejezdu, i když je stále spuštěná výstraha.

Tab. 1. Vyjádření přebytečné doby výstrahy

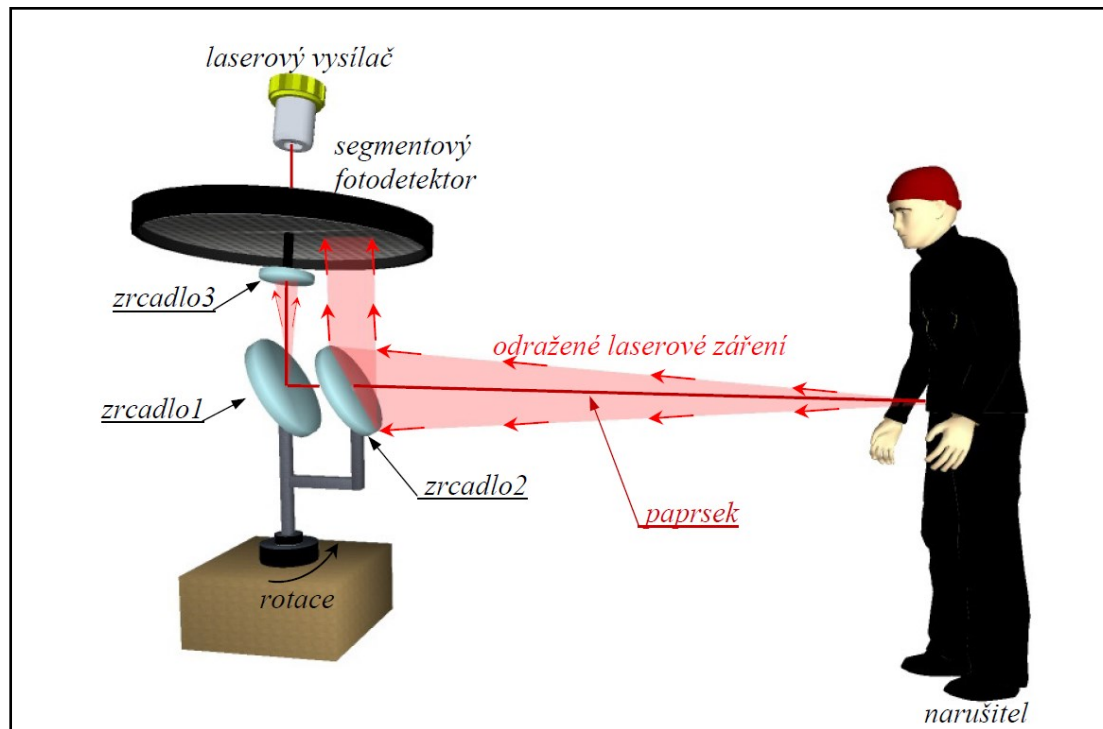
Rychlost [km.h ⁻¹]	Doba výstrahy před příjezdem čela vlaku na přejezd[s]	Přebytečná doba [s]
160	40,00	0,00
140	45,71	5,71
120	53,33	13,33
100	64,00	24,00
80	80,00	40,00
60	106,67	66,67
40	160,00	120,00

Jako řešení zkrácení přebytečné doby výstrahy se nabízí nainstalování do kolejiště pro každou možnou rychlost vlaku jednu balízovou skupinu. Rychlost vlaku by se zjistila pomocí paketu hlášení polohy vlaku, který je předáván při kontaktování balízové skupiny radioblokovou centrálou, nebo na vyžádání radioblokové centrály. Radiobloková centrála by následně vyhodnotila, jestli má nebo nemá předat přejezdovému zabezpečovacímu zařízení informaci ke spuštění výstrahy a uzavření přejezdu. Při takovémto řešení by doba výstrahy a tím i doba uzavření přejezdu byla závislá na skutečné rychlosti drážního vozidla a nedocházelo by k prodlužování doby výstrahy.

6.1 Dynamický laserový detektor

Detektor pro svou funkci využívá principu detekce volnosti definovaného prostoru pomocí laserového paprsku. Laserový paprsek se v praxi používá pro měření vzdálenosti. Jelikož dynamický laserový detektor volnosti prostoru je určen pro prostorovou ochranu, principem jeho činnosti je rovněž měření vzdálenosti statických předmětů od detektoru v chráněné zóně, tedy v prostoru železničního přejezdu. Základem detektoru je laserový senzor a segmentový fotodetektor.

Laserový vysílač tvoří laserová polovodičová dioda. Ta emituje do okolí laserový paprsek, který se odráží od prvního zrcadla a prochází otvorem ve středu druhého zrcadla. Narazí-li paprsek na překážku, z části se rozptýlí a z části se odrazí zpět, ke směru odkud působí. Odražené laserové záření dopadá na druhé zrcadlo, odkud je reflektováno na segmentový fotodetektor. Třetí zrcadlo brání průniku odraženého záření, emitovaného laserového paprsku na fotodetektor.



Obr. 22. Princip činnosti dynamického laserového detektoru

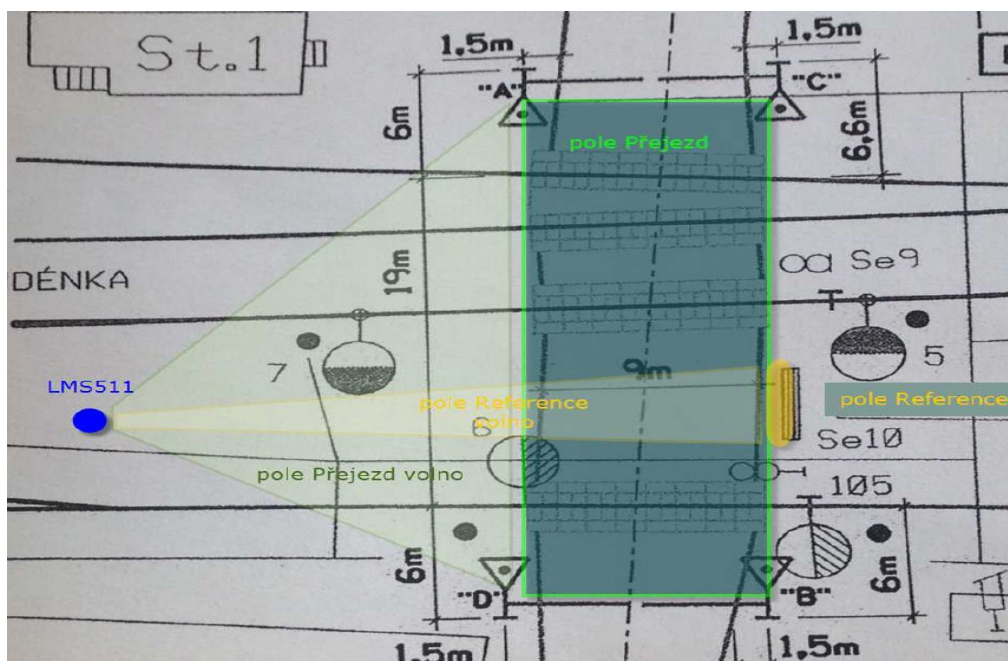
Laserová dioda pracuje v impulsním režimu, přitom elektronický vyhodnocovací obvod registruje časový interval mezi vyslaným a odraženým laserovým paprskem. Nejprve je stanoven referenční časový interval, který se nastaví při počátečním skenování okolního prostředí. V pracovním režimu pak dochází k porovnávání aktuálního časového intervalu s intervalem referenčním. V případě rozdílu obou hodnot (vlivem detekce překážky) a při překročení nastavené rozdílové meze je na výstupu detektoru generován poplachový signál. Chráněnou zónu detektoru tvoří prostor, kam až dosáhne laserový paprsek. Díky synchronní rotaci obou zrcadel lze detektorem vytvořit chráněnou zónu v rozmezí azimutu 360°.

Pro kontrolu prostoru železničního přejezdu se nabízí použití Skeneru LMS511 od společnosti SICK. Detektor je určen k detekci a měření prostoru před skenerem. Pomocí rozmítaného laserového paprsku měří pro každý úhel dle nastaveného rozlišení vzdálenost objektu v pracovním poli od skeneru. Pro každý sken je výsledkem sada hodnot od minimálního po maximální nastavený úhel v hustotě definované rozlišením. Výsledek měření může být použit pro získání číselných dat odeslaných přes zvolené komunikační rozhraní nebo pro detekci stavu definovaného pole. V aplikaci pro detekci vozidla v prostoru přejezdu je využita funkce detekce stavu definovaného pole. Parametry detekce závisí na skenovací frekvenci, úhlovém rozlišení, minimální velikosti detekovaného objektu a době, po kterou objekt musí být detekován.

Možné binární výstupy událostí detektoru:

- skener není napájen a v ustáleném stavu po náběhu
- skener je v poruše
- mezi skenerem a sledovaným polem je překážka
- skener je mimo správnou polohu
- měřicí okno je špinavé (od kolových brzd)

Pomocí softwaru SOPAZ je potom možné detailní nastavení detekčních polí tak, aby vyhovovaly konkrétní konstrukci železničního přejezdu



Obr. 23. Nastavitelné detekční pole detektoru

- Hlavní pole přejezdu – Přejezd
- Detekce překážky před hlavním polem – Přejezd volno
- Referenční kontura – Reference
- Viditelnost kontury – Reference volno

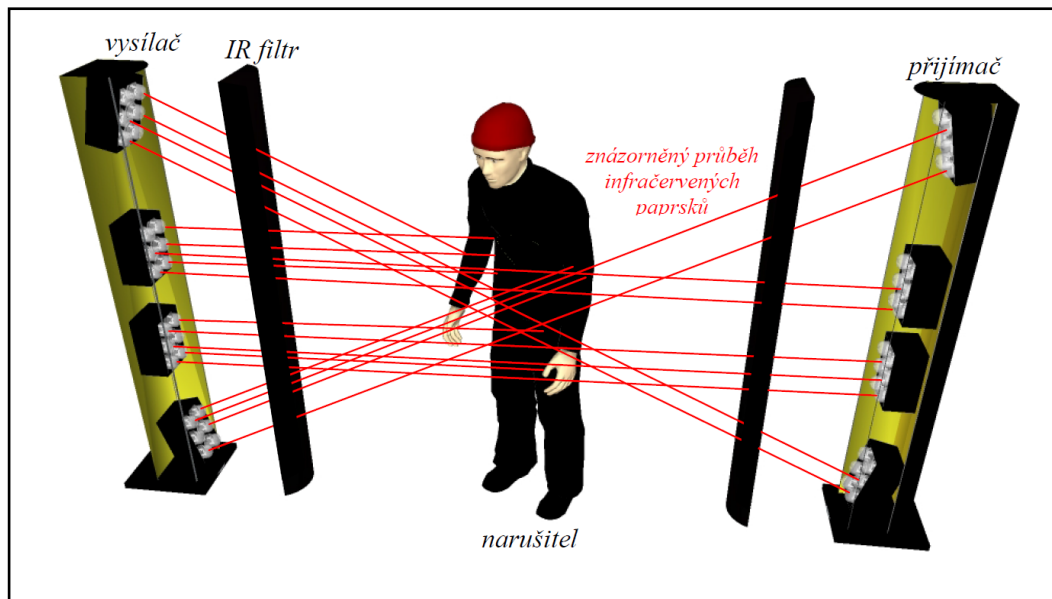


Obr. 24. Pohled na umístění detektoru na železničním přejezdu v Olomouci

6.2 Infračervené závory

Pro funkci detektoru je využit paprsek infračerveného záření. Infračervený paprsek je na vysílači emitován polovodičovou diodou a na přijímači detekován fototranzistorem. Chráněná zóna je tvořena prostorem mezi vysílačem a přijímačem. Pokud fototranzistor stále přijímá infračervené záření, logický obvod vyhodnocuje stav přijímače jako klidový. Pokud se mezi přijímačem a vysílačem objeví překážka, která přeruší paprsek, intenzita infračerveného záření na fototranzistoru poklesne nebo se úplně ztratí. Fototranzistor se přivře nebo zcela zavře a logický obvod na svém výstupu generuje poplachový signál v našem případě překážku na železničním přejezdu.

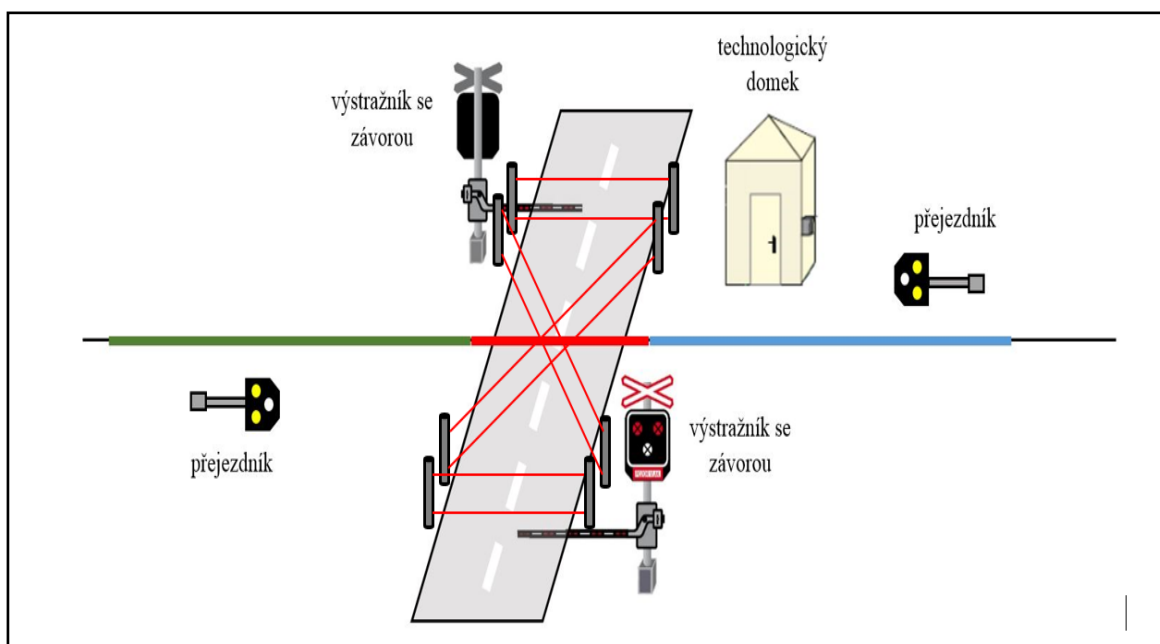
Výhodou použití tohoto detekčního prvku je pevné vymezení chráněného prostoru.



Obr. 25. Princip detekce pomocí infrazávora

Umístění vysílačů a přijímačů infrazávora v prostoru železničního přejezdu je provedeno podle geometrických poměrů na konkrétním železničním přejezdu. Vedení paprsků kontrolujících vyklizení přejezdu se z pohledu půdorysu provádí nejméně ve dvou trasách:

- 1) přibližně podél hranice železničního prostoru
- 2) minimálně jeden paprsek křížem přes prostor přejezdu (počet tras paprsků musí být voleno místně podle geometrických poměrů na konkrétním přejezdu). Šikmé vedení paprsků křížem přes prostor přejezdu je zřízeno kvůli eliminaci možného nenarušení paprsků u hranice nebezpečného pásma přejezdu např. mezerou mezi silničním (tažným) vozidlem a jeho přívěsem. Z důvodu potřeby detekce různých typů silničních vozidel je v každé trase paprsků použito dvojice infrazávora, přičemž tyto infrazávory jsou umístěny v různé výšce nad terénem. Spodní infrazávory se umísťují tak, aby jejich paprsek byl cca 70 cm nad terénem, horní infrazávory tak, aby jejich paprsek byl cca 130 cm nad terénem. Ve výšce cca 70 cm je detekována přítomnost osobních automobilů a jejich přívěsných vozíků a většiny nákladních vozidel, traktorů a autobusů. Infrazávory umístěné ve výšce cca 130 cm jsou určeny k detekování nákladních vozidel, která mají vysokou korbu a ve výšce 70 cm dochází k jejímu „podsvícení“. A samozřejmě detekují současně s níže umístěnými infrazávory autobusy, nákladní auta a další vysoká vozidla. Současně výška umístění spodní infrazávory snižuje riziko znečištění prvků infrazávora projíždějícími vozidly a tedy i snížení spolehlivosti systému jako celku.



Obr. 26. Schéma osazení infrazávora na železničním přejezdu

Vyhodnocovací reléové obvody jsou umístěny částečně v místě technologie PZS (u PZS typu PZZ-RE, PZZ-EA v reléovém domku / skříní, u PZZ-AC v kabelové skříní u přejezdu) a částečně ve stavědlové ústředně, kde jsou navázány na obvody pro postavení vlakové nebo posunové cesty.

Obvody vyhodnocují:

- 1) volnost / přerušení paprsků infrazávora
- 2) poruchu obvodů vyhodnocení vyklizení přejezdu

Volnost prostoru železničního přejezdu, je vyhodnocovacími obvody vyhodnoceno pozitivně v případě, že žádný z paprsků infrazávora není přerušen. Tato skutečnost je v okamžiku dosažení dolní koncové polohy břevna závor zaregistrována přitažením kotvy relé RKV, která je přitažena až do okamžiku ukončení výstrahy.

Porucha prvků infrazávora je vyhodnocována prostřednictvím relé DIZ, které je přitaženo, pokud není vyhodnocen příjem žádného z paprsků infrazávora.



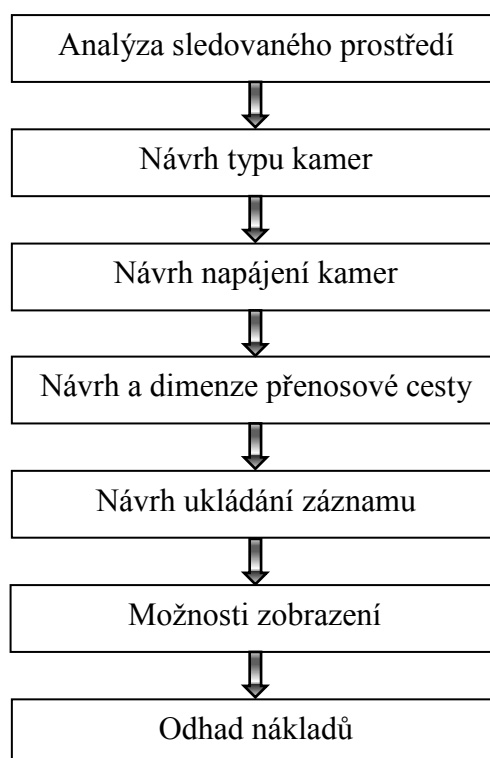
Obr. 27. Umístění infrazávor na železničním přejezdu



Obr. 28. Detailní pohled na infrazávoru

7 NÁVRH KAMEROVÉHO SYSTÉMU DOPLNĚNÉHO O DETEKCI VOZIDLA V PROSTORU ŽELEZNIČNÍHO PŘEJEZDU A SYSTÉMU ROZPOZNÁNÍ REGISTRAČNÍ ZNAČKY

Při návrhu kamerového systému je vhodné postupovat dle následujícího vývojového diagramu. Pro dosažení co nejvíce efektivního řešení kamerového systému je nejdůležitější první krok a to sice analýza sledovaného prostředí, z výsledku analýzy vychází poté návrh celého systému.



7.1 Analýza sledovaného prostoru

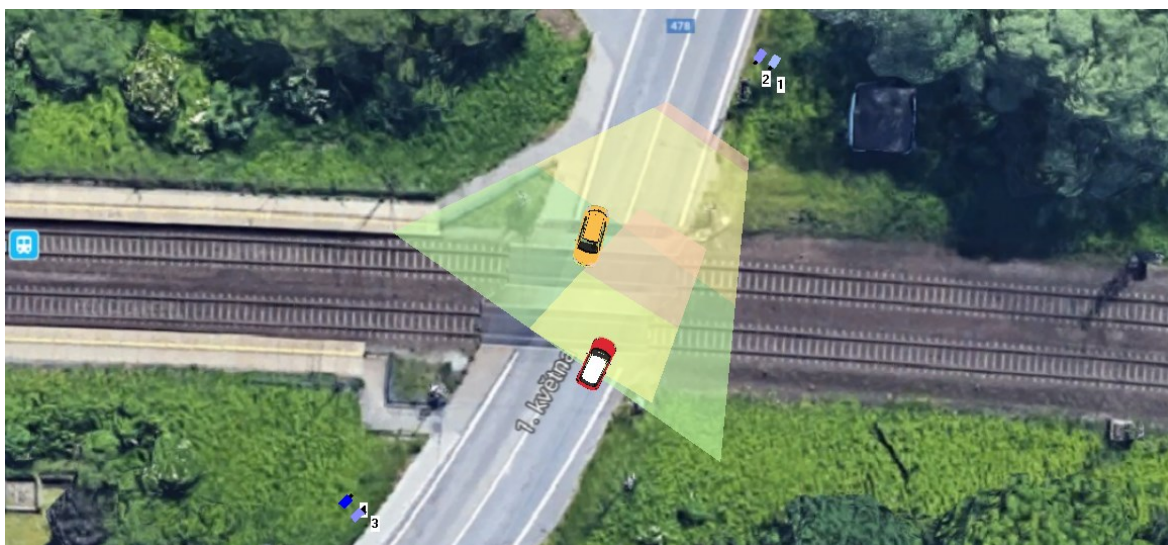
Součástí procesu zřizování kamerových systémů je prohlídka prostor, jež mají být monitorovány. Na základě prohlídky provádíme tak zvané technické a bezpečnostní posouzení, které má za cíl stanovit požadavky pro návrh, umístění a polohu komponentů systému. Nutno posoudit navržené komponenty z hlediska potenciálních vlivů prostředí, kterým budou v provozu vystaveny (teplota, vlhkost, prašnost, světelné podmínky, elektromagnetické rušení atd.).

V dalším kroku je nutno vymezit sledovaný prostor a stanovit požadovanou úroveň rozlišení kamer. Volba úrovně rozlišení se odvíjí od toho, jaký detail či informaci potřebujeme

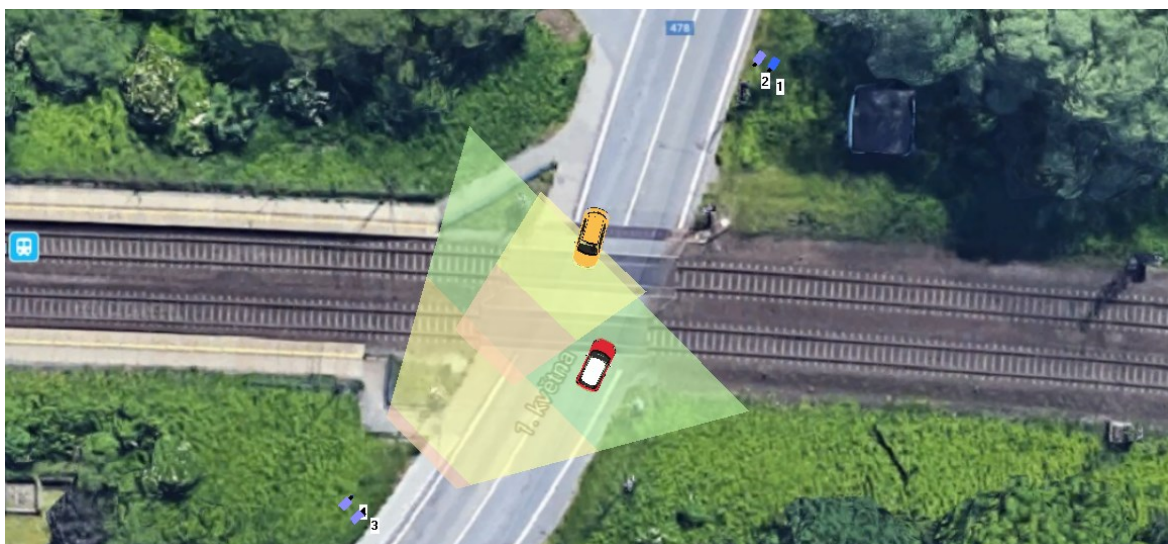
z daného záběru získat. Přímo tedy souvisí se šířkou záběru a minimálním počtem pixelů v záběru.

Pro potřebu rozpoznání dle obrysů je potřeba minimální rozlišení - 125 pixelů / 1 m, pro rozpoznání RZ potom rozlišení - 170 pixelů / 1 m. V případě monitorování provozu na železničním přejezdu bude zapotřebí použití vždy dvou kamer pro jeden jízdní směr, jedna bude sloužit jako přehledová s možností detekce vozidla v prostoru železničního přejezdu v době výstrahy na základě video analýzy snímaného obrazu, druhá potom pro rozpoznání RZ vozidla v prostoru železničního přejezdu.

Pro vizualizace pohledů jednotlivých kamer byl použitý software IP Video System Design TOOL od společnosti JVSG.com



Obr. 29. Pohled na rozmístění kamer a snímanou scénu od Polanky



Obr. 30. Pohled na rozmístění kamer a snímanou scénu od Staré Bělé



Obr. 31. Vizualizace pohledu IP kamery pro rozpoznávání RZ „A1“



Obr. 32. Vizualizace pohledu IP kamery pro přehled „A2“



Obr. 33. Vizualizace pohledu IP kamery pro přehled „B1“



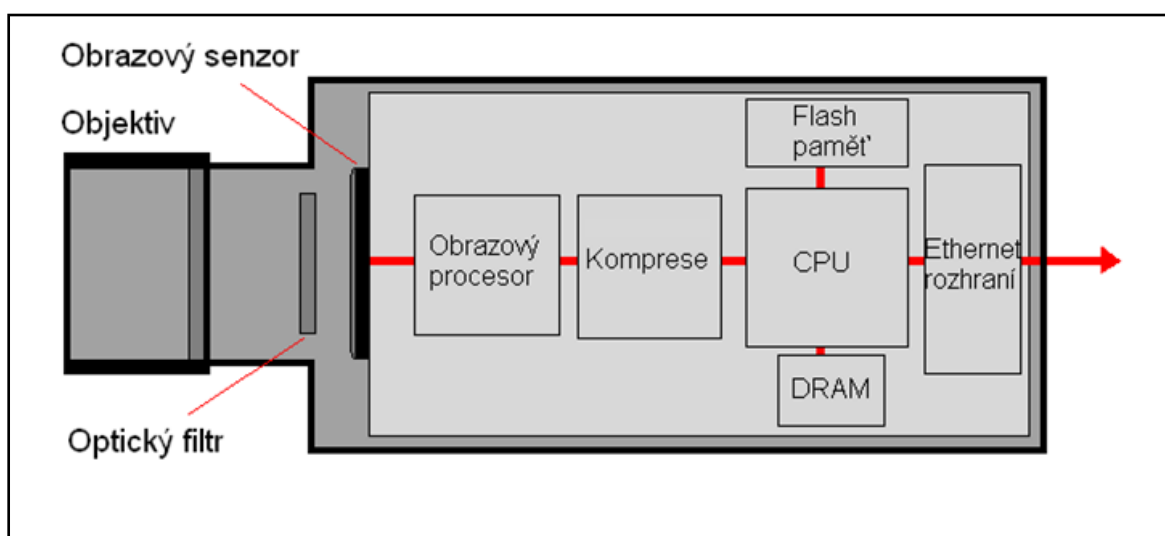
Obr. 34. Vizualizace pohledu IP kamery pro rozpoznávání RZ „B2“

7.2 Výběr vhodných kamer na základě technických parametrů

Volba vhodných kamer a jejich příslušenství je závislá na provozních podmínkách těchto zařízení a charakteru snímané scény. Důležité je jednak zohlednit výsledky analýzy sníma-

ného prostředí provedené na počátku ale i klimatické a mechanické vlivy, kterým budou zařízení při provozu systému vystaveny.

Pro dodržení požadavku detekce vozidla a rozpoznání registrační značky v prostoru železničního přejezdu je nutné volit technologii IP kamer, které mají na rozdíl od analogových kamer vyšší rozlišení, díky kterému je možné lepší získávání detailů z obrazu nutných pro rozpoznání registrační značky vozidla. Další výhodou použití IP kamer jsou inteligentní funkce integrované přímo v IP kameře, provádějící nadefinovanou analýzu obrazu, jako například vstup do vyznačené oblasti nebo překročení dané hranice.



Obr. 35. Blokové schéma IP kamery

7.2.1 Technická kritéria pro výběr kamer

7.2.1.1 Rozlišovací schopnost

Každý obrazový senzor kamery je složen z daného množství snímacích buněk v pravidelně uspořádané struktuře, tyto buňky nazýváme pixely (px). Rozlišovací schopnost kamery je potom závislá na množství aktivních buněk jejího obrazového snímače. Počet pixelů obrazového senzoru je zásadní pro výslednou kvalitu pořízeného obrazu, neboť vysoké rozlišení snímků dovoluje bezproblémovou analýzu obrazových dat a získání požadovaných informací z monitorovaného prostoru (RZ automobilů, obličej řidiče apod.) [19]

Rozlišení senzoru IP kamery pro rozpoznávání registrační značky určíme pomocí tabulky č.2. Potřebujeme 9 m široký záběr (přibližně dva jízdní pruhy) a požadujeme stupeň rozlišení „identifikace RZ“. Tento stupeň odpovídá minimálnímu rozlišení 170 pixelů na jeden

metr. Požadované rozlišení pro celou šíři záběru spočítáme tak, že vynásobíme šířku záběru v metrech požadovaným minimálním rozlišením pixelů na jeden metr, což znamená $9 * 170 = 1530$ pixelů. Obrazový senzor by měl proto disponovat rozlišením minimálně 1530 pixelů na řádek. Tomuto rozlišení nejbližší odpovídá snímač s rozlišením Full HD, který disponuje 1920 pixely na řádek a 1080 pixely na sloupec. Obdobným způsobem určíme rozlišení pro přehledovou kameru $27 * 62 = 1674$ pixelů, tomuto rozlišení odpovídá rovněž senzor Full HD 1920 x 1080px. [18]

Tab. 2. Potřebný počet pixelů dle detailu [18]

požadovaný detail záběru	rozlišení snímáče kamery
monitoring více osob	12px/m
detekce osoby	25px/m
přehled	62px/m
rozpoznání dle obrysů	125px/m
identifikace osoby	250px/m
detailní identifikace osoby	1000px/m
identifikace RZ vozidla	170px/m
identifikace bankovek	1000px/m

7.2.1.2 Volba objektivu

Objektiv kamery je vhodné volit dle daných podmínek prostředí a snímaného zájmového prostoru. Pro určení vhodné ohniskové vzdálenosti objektivu bereme v úvahu vzdálenost a velikost snímaného objektu. Pro snímání obrazu blízkých i vzdálenějších nebo pohybujících se objektů můžeme zvolit objektiv s proměnlivou ohniskovou vzdáleností (varifokální objektiv). V prostředí s často měnícími se světelnými podmínkami je možno použít objektiv s automatickou clonou, v horších světelných podmínkách je nutno použít objektiv s vyšší světelností.

Při návrhu kamerového systému je potřeba dopředu znát, jak velký prostor pokryje daný typ kamery a objektivu. Důležité je vědět, jakou reálnou šíři záběru bude možné zachytit z určité vzdálenosti. Zásadními parametry jsou v tomto ohledu ohnisková vzdálenost objektivu a velikost čipu kamery. [9]

Ohniskovou vzdálenost určíme následujícím způsobem. Ze zadání známe potřebnou šířku záběru cca 9 m a vzdálenost kamery od snímaného objektu cca 20 m. Pro zjištění ohniskové vzdálenosti použijeme tabulku č.3. V případě kamery pro snímání RZ najdeme ve svislém sloupci odpovídající vzdálenost cca 20 m, v tomto sloupci vybereme šířku záběru cca

9 m. Z řádku kde se nachází požadovaná šířka záběru zjistíme, že bychom měli použít objektiv s ohniskovou vzdáleností 12mm. Obdobným postupem zjistíme ohniskovou vzdálenost pro přehledovou kameru, kde požadujeme šířku záběru cca 27 m a vzdálenost rovněž cca 20m, výsledná ohnisková vzdálenost odpovídá 3,6mm. [18]

Tab. 3. Ohniskové vzdálenosti objektivů (snímací čip 1/3“) [18]

Objektiv (f)	Vzdálenost mezi kamerou a sledovaným objektem (m)									
	6	7	8	9	10	15	20	25	30	40
2,9 mm	9,9	11,6	13,2	14,9	16,6	24,8	33,1	41,4	49,7	66,2
3,6 mm	8	9,3	10,7	12	13,3	20	26,7	33,3	40	53,3
4 mm	7	8,4	9,6	10,8	12	18	24	30	36	48
6 mm	4,8	5,6	6,4	7,2	8	12	16	20	24	32
8 mm	3,6	4,2	4,8	5,4	6	9	12	15	18	24
12 mm	2,4	2,8	3,2	3,6	4	6	8	10	12	16
16 mm	1,8	2,1	2,4	2,7	3	4,5	6	7,5	9	12
26 mm	1,2	1,3	1,5	1,7	1,9	2,9	3,8	4,8	5,8	7,7
50 mm	0,6	0,7	0,8	0,9	1	1,4	1,9	2,4	2,9	3,8

7.2.1.3 Počet snímků za sekundu

Tento parametr určuje množství snímků, které je schopna IP kamera za 1 sekundu pořídit (FPS). Na rozdíl od analogových kamer, které vysílají konstantní tok videa, je u systémů síťového videa možné FPS měnit na základě požadavků na snímání scény, popř. z důvodů snížení vytížení přenosové cesty. Nastavení hodnoty FPS je variabilní pro jednotlivá snímací zařízení a jeho změna může být podmíněna vznikem určité události (např. zvýšení FPS na základě detekování pohybu v obraze). V praxi bývá FPS uváděno vždy ve vztahu k danému rozlišení snímku. Pro případ kamery pro snímání RZ i přehledové kamery bude nastaveno 25 snímků/s při rozlišení 1920 x 1018 px. [19]

7.2.1.4 Komprese

Se vzrůstajícím rozlišením a počtem pořízených snímků roste i celkový objem přenášených dat. Aby nedocházelo k vysokému zatěžování přenosové sítě, je důležité, aby byla při výběru IP kamery rovněž vhodně zvolena optimální komprese. Obecně také platí, že čím více detailů snímána scéna obsahuje, tím větší bude objem dat a požadavky na propustnost přenosové sítě (např. barevné listí stromu / monotónní barva stěny) V současné době je dostupná celá řada standardů, jak pro kompresi statických obrazů, tak i pro kompresi videa.

Pro kompresi statických obrazů je nejpoužívanější standard JPEG, pro kompresi videa potom H264+ nebo H265+. [9]

7.2.1.5 Infračervený přísvit

Přísvícení v IR spektru (850nm – 950nm) je vhodné použít pokud je intenzita osvětlení extrémně nízká (např. snímání v nočních hodinách v místech bez pouličního osvětlení). Přísvit je realizován prostřednictvím IR LED diod integrovaných buďto přímo v pouzdře kamery (Obrázek č. 36), nebo pomocí samostatného IR reflektoru (Obrázek 37). K aktivaci přísvícení dochází automaticky na základě režimu D/N IP kamery. Pro případ sledování provozu na vybraném železničním přejezdu byly instalovány kamery s integrovaným IR přísvitem v těle kamery, při praktickém ověření funkce se ukázalo toto jako nedostatečné, proto byl systém doplněn o externí IR přísvit. Prostor železničního přejezdu se nachází v místech, kde při setmění jsou špatné světelné podmínky, lokalita je mimo obec, tudíž není instalováno veřejné osvětlení. [9]



Obr. 36. kamera s interním IR přísvitem



Obr. 37. Externí IR přísvit

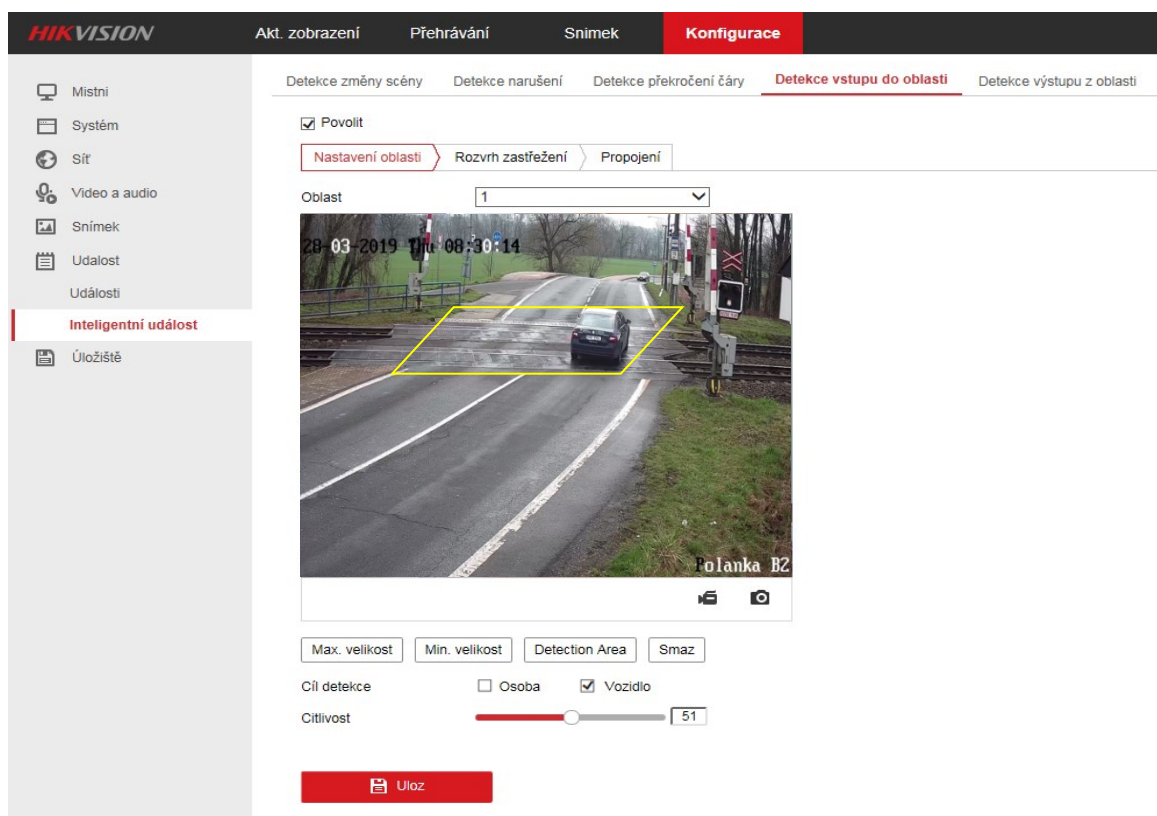
7.2.2 Inteligentní funkce kamer

Detekce vstupu do prostoru

Intelligentních funkcí kamer je dosaženo integrací procesu přímo v kameře, kde je prováděna nadefinovaná analýza snímaného obrazu. Za základní inteligentní funkce kamer považujeme detekci pohybu ve snímaném obrazu, otočení a zamaskování kamery. Za pokročilejší inteligentní funkce kamer považujeme detekci odcizených a odložených předmětů, počítání osob, upozornění v případě zaplnění sledovaného prostoru lidmi, předměty, auty, rozlišení nesprávného směru pohybu vozidla, překročení dané hranice. Sem patří rovněž

analýza obrazu s různými dopravními funkcemi jako například pohyb v protisměru nebo vybočení ze směru, překročení rychlosti, počítání vozidel, detekce překážek, rozpoznávání RZ, nesprávné parkování.

Pro modelový případ detekce vozidla nacházejícího se v prostoru železničního přejezdu v době výstrahy byla při praktické konstrukci systému využita inteligentní funkce IP kamery „Detekce vstupu do oblasti“



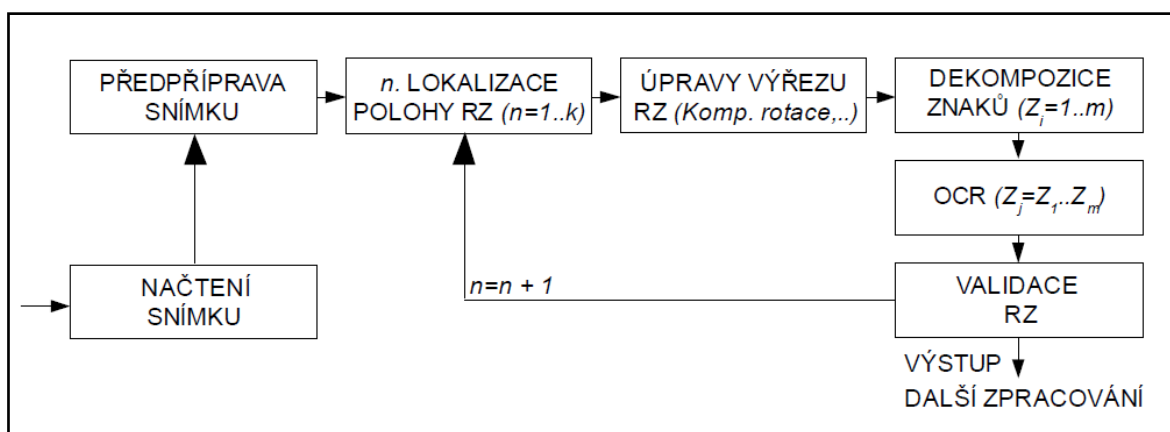
Obr. 38. Nastavení inteligentní funkce kamery detekce vozidla

V prvním kroku je nutno nadefinovat hranice sledovaného prostoru, poté pro omezení falešných událostí se nastaví velikost detekovaného objektu a cíl detekce (vozidlo nebo osoba), na závěr se provede korekce pomocí nastavení citlivosti.

Princip je potom následující, při vstupu vozidla do sledovaného prostoru je předána informace pomocí ethernetového rozhraní kamerovému serveru, ten v případě splnění i druhé podmínky a to sice přejezd se bude nacházet ve výstrahy provede zahájení záznamu. Informace o detekci vozidla je rovněž předána počítači (mini-PC) se softwarem pro rozpoznání, ukládání a vyhledávání registračních značek vozidel v prostoru železničního přejezdu v době výstrahy.

Rozpoznání registračních značek

Pro rozpoznávání RZ vozidel je vhodné z hlediska posouzení vazeb mezi jednotlivými částmi rozdělit tyto do dílčích, na sebe navazujících kroků. Pouze správná dekompozice problému a vyřešení jednotlivých částí systému rozpoznání RZ umožní dosažení dostatečné spolehlivosti celého systému a akceptovatelné pravděpodobnosti určení výsledků.



Obr. 39. Algoritmus systému rozpoznávání RZ [20]

V řetězci rozpoznání obrazové informace RZ je prvním a velmi důležitým krokem správná lokalizace polohy RZ. Přesnost lokalizace polohy významně ulehčuje navazující kroky, kterými jsou zejména přesné určení polohy jednotlivých znaků. Pravděpodobnost určení přesné polohy je také kritická pro významné zkrácení doby výpočtu, kdy navazující části algoritmu jsou úspěšně provedeny nejlépe ihned v první lokalizované pozici, maximálně v několika málo dalších iteračních krocích.

Navazujícím krokem je předúprava výřezu reprezentujícího RZ zejména ořez RZ, kompenzace natočení RZ, ekvalizace průběhu jasové funkce obrazu reprezentujícího RZ, případně kompenzace dalších zkreslení. Těmito úpravami je umožněno, při znalosti rozměrů známých typů RZ a předpokládaných pozic jednotlivých znaků, do značné míry predikovat pozice znaků, což velmi ulehčuje následnou analýzu a segmentaci znaků. V takto upraveném výřezu je posléze nutné dekomponovat jednotlivé znaky, přičemž je možné využívat nejen vlastní vyhledávání znaků, ale je možné využít i některých dodatečných informací o vzájemné poloze jednotlivých znaků. Takovýto postup dovoluje pomocí pozice okolních znaků určit pozici i těch znaků, jejichž obraz je významně poškozen.

Zpracování jednotlivých znaků je následně realizováno modulem OCR. K vlastnímu rozpoznání jednotlivých znaků je možné přistoupit mnoha způsoby. Výhodou systému OCR

určeného pro rozpoznávání znaků RZ je omezená množina pouze cca 32 až 36 vstupních znaků, navíc s poměrně jednoznačně definovaným vzhledem použitého fontu. Tyto vlastnosti umožňují využít klasických postupů korelačního porovnávání detekovaného znaku s předdefinovanými vzory s poměrně vysokou pravděpodobností správného rozpoznání, ale pouze za podmínky přesné lokalizace polohy a okrajů znaku.

Závěrečným, ale velmi důležitým krokem, je analýza rozpoznávaných znaků z hlediska jejich validity a možného výskytu v dané pozici RZ a případná korektura záměnných znaků (O-0, B-8...). [20]

7.3 Návrh přenosové cesty a napájení kamer

7.3.1 Napájení aktivními prvky

V případě navrhovaného systému hlavní využití aktivních prvků spočívá v přenosu informací mezi IP kamerami a ostatními prvky sítě, jako jsou např. kamerové servery, datová úložiště a klientské počítače. Jejich hlavním cílem je převést informaci z fyzického média (optický, metalický kabel) a následně zaslat tuto informaci prostřednictvím fyzického média k cílovému zařízení. Velmi zjednodušeně se tedy dá říci, že aktivní prvky zajišťují logiku posílání dat z jednoho místa do druhého co největší rychlostí a co nejefektivnějším způsobem.

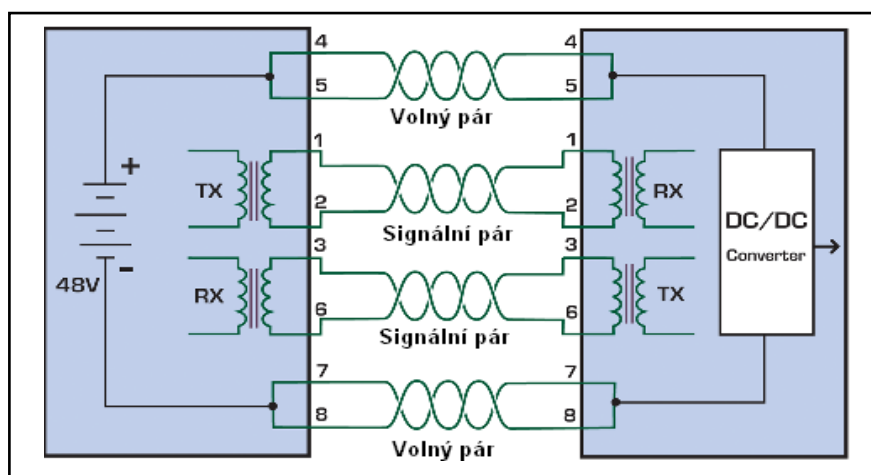
Výhodou aktivních prvků s technologií PoE (power over ethernet) je využití ethernetového kabelu vedoucího mezi aktivním prvkem a IP kamerou jak pro data, tak i pro napájení IP kamery. V ethernetovém kabelu jsou využity dva páry pro přenos signálu (oranžovo-bílý pár a zeleno-bílý pár) dále dva páry pro napájení (modro-bílý pár a hnědobílý pár) viz. obrázek č.40

Organizací IEE byly vydány dva standardy pro napájení po ethernetu a to 802.3af a 802.3at. Jak již z označení vyplývá, jsou součástí standardů vytvořených pro ethernet. Oba předpokládají kabeláž kategorie CAT5 maximální délky 100m. Rozdíly a možnosti použití jsou v následující tabulce. [10]

Tab. 4. Standardy PoE dle IEEE [10]

Parametr:	802.3af	802.3at typ 2
Výkon dostupný na napájeném zařízení (PD)	12,95 W	25,50 W
Maximální dodaný výkon (PSE)	15,40 W	30,0 W
Napěťový rozsah napáječe (PSE)	44,0–57,0 V	50,0–57,0 V
Rozsah napětí napájeného zařízení (PD)	37,0–57,0 V	42,5–57,0 V
Maximální proud	350 mA	600 mA per mode
Maximální odpor páru	20 Ω (kategorie 3)	12,5 Ω (kategorie 5)

Velkou výhodou napájení pomocí technologie PoE představuje používané vstupní napětí v rozsahu 44–57 V. Zde je potřebný menší proud zdroje, protože výsledný výkon je stejný jako po konverzi napětí pomocí DC/DC převodníku na 12V. Na vstupu tedy máme zdroj v našem případě 48V/500mA, na konci vedení za převodníkem DC/DC je výstupní napětí 12V/2A. Protože ale musíme počítat s jistou ztrátou při konverzi napětí, je skutečně použitelný proud nižší. Při přenosu vyššího napětí také vzniká menší úbytek napětí na vodičích, který nám potom na konci vedení vlastně ani tolik nevadí.



Obr. 40. Princip technologie PoE [10]

Z výše uvedeného vyplývá výhodnost použití napájení technologií PoE při větších vzdálenostech (nad 20m) mezi zdrojem napětí a IP kamerou, nebo z důvodu prostorového uspo-

řádání celého systému, odpadá totiž nutnost instalace napájecího zdroje a další kabelizace mezi kamerovou skříní a IP kamerami.

V případě výpadku síťového napětí převezme úlohu napájení kamerového systému záložní zdroj UPS. Tento je nutno správně dimenzovat na základě příkonu zálohovaných prvků systému a délky požadované doby zálohy.

Pro výpočet bereme v úvahu prvky, jež budou napájeny prostřednictvím zdroje UPS

IP kamera	15W
Kamerový server	80W
Centrální SWITCH	160W
Kamerový SWITCH	120W
Mini PC	65W

Ze zadaných hodnot vypočteme celkový příkon zařízení

$$P = 4 * 15 + 80 + 160 + 120 + 65 \quad (W)$$

$$P = 485 \quad W$$

Dobu zálohy vypočteme na základě napětí akumulátoru, kapacity akumulátoru, příkonu prvků systému a výkonového faktoru UPS, což je účinnost konverze UPS zpravidla 93%

$$\text{Doba zálohy} = \text{napětí akumulátoru} * \text{kapacita akumulátoru} * \text{účinnost konverze} / \text{příkon}$$

$$\text{Doba zálohy} = 24 * 50 * 0,93 / 485 \quad (\text{hod})$$

$$\text{Doba zálohy} = 2,3 \text{ hod} \quad [26]$$

7.3.2 Přenosová cesta

Přenosová cesta je nedílnou součástí všech IP kamerových systémů. V rámci našeho modelového případu jsou použity tři typy vedení a to sice drátové, optické i rádiové. Při volbě typu vedení záleží především na délce požadovaného vedení, možnosti uložení vedení a vlivu elektromagnetického rušení.

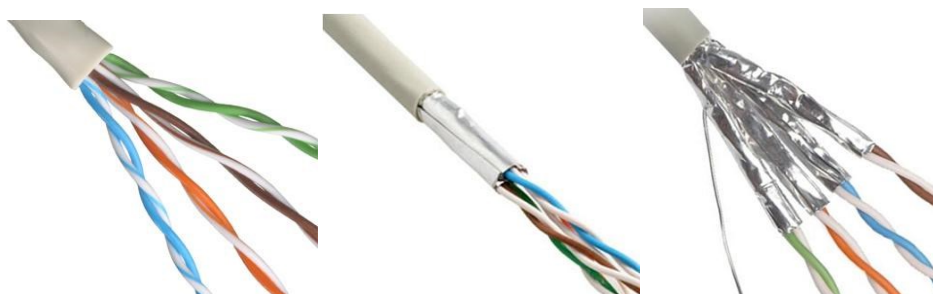
Pro propojení centrálního SWITCHE umístěného v přejezdovém domku a kamerových skříní umístěných na betonových sloupech je zvoleno optické vedení. Tato volba vyplynula z důvodu vzdálenosti zařízení (více jak 90m) a možnosti rušení vlivem trakčního vedení. Propojení IP kamer a kamerových skříní je zvoleno metalické vedení STP o délce cca 3m.

V přejezdovém domku je potom umístěn WIFI router, prostřednictvím kterého je možnost přístupu do kamerového systému např. pomocí servisního notebooku PČR.

7.3.3 Metalické vedení

Jedná se o nejběžnější způsob, kterým jsou realizovány strukturované kabeláže. Instalace těchto rozvodů má však několik omezení. Kvalitu datového přenosu může ovlivňovat rušení, které se eliminuje použitím vhodného typu stíněného kabelu. Dále potom maximální délka metalického vedení, která může být mezi aktivními prvky max. 90 m. Pro instalaci lze použít jeden z následujících typů kabelu:

- UTP - Unshield Twisted Pair (nestíněný kabel)
- STP - Shield Twisted Pair (stíněný kabel)
- FTP - Foiled Twisted Pair (stíněný každý pár) [10]



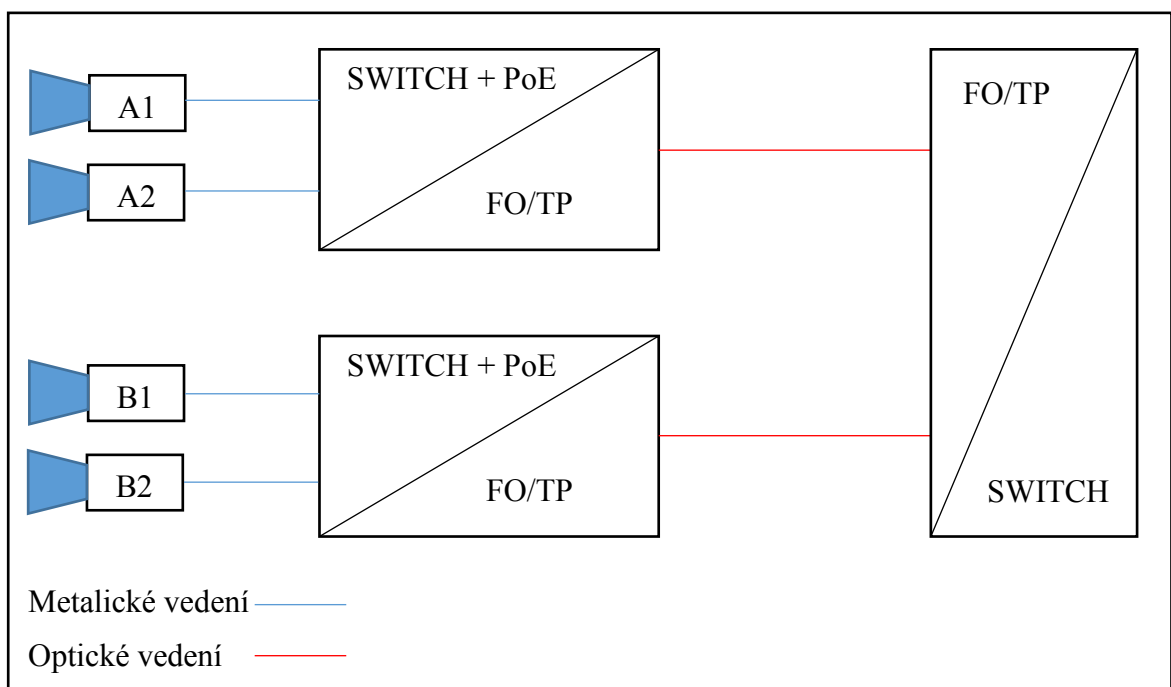
Obr. 41. Typy datových kabelů UTP, STP, FTP [11]

7.3.4 Optické vedení

Optická vlákna se používají pro stavbu přenosových datových sítí, výhodou je jejich ohebnost a možnost vyvázání do svazků stejně jako metalické kabely. Jejich využití je především na dlouhé vzdálenosti, protože světlo prochází přes vlákno s malým útlumem ve srovnání s elektrickým proudem v metalickém vedení. Nespornou výhodou je přenos dat rychlostí až 100 GB/s, i když v aplikovaných systémech jsou typické rychlosti 10 nebo 40 GB/s. Jednotlivé vlákno může přenášet mnoho nezávislých signálů, každý signál s použitím jiné vlnové délky světla. Vytváření sítí na krátké vzdálenosti pomocí optických kabelů (např. v budovách) šetří prostor (množství použitých kabelů) v kabelovém vedení, protože jediné vlákno může přenést mnohem více dat než jeden metalický kabel. Optická vlákna jsou také imunní vůči elektromagnetickému rušení. Optické kabely nejsou elektricky vodi-

vé, což je dobré řešení pro ochranu komunikačních zařízení, umístěných na přenosové soustavě vysokého napětí a kovových konstrukcích náchylných na úder blesku. Využití optických kabelových tras je rovněž ideální v prostředí, kde hrozí nebezpečí vznícení či výbuchu.

Pro přenosové cesty se používají jak mnohavidová MM (*Multi – Mode*), tak i jednovidová SM (*Single – Mode*) vlákna, přičemž mnohavidové vlákno je vhodné převážně na kratší vzdálenosti a jednovidové vlákno pro delší vzdálenosti. [11]



Obr. 42. Blokové schéma přenosové cesty kamerového systému

7.4 Návrh záznamového zařízení

Kapacita a parametry záznamového zařízení (kamerového serveru) by měly korespondovat s počtem připojených kamer, délkou požadovaného záznamu, způsobem vyhodnocování záznamu a režimem pořizování záznamu (kdy, jak a z které IP kamery bude záznam aktivován).

Pro případ monitorování provozu na železničním přejezdu nejlépe vyhovuje možnost záznamu na základě alarmového vstupu. Informaci pro zahájení a ukončení záznamu kamerový server získá na základě výstrahy PZS. Tato informace je převzata z logiky přejezdového zabezpečovacího zařízení pomocí vazebního relé SR které je součástí PZS. Kontakt

relé je přiveden na alarmový vstup kamerového serveru. Z důvodu potřeby záznamu provozu na železničním přejezdu ještě 3s před spuštěním výstrahy a 3s po ukončení výstrahy je využito funkce kamerového serveru tzv. „předalarm“ a „poalarm“.

Umístění kamerového serveru bylo zvoleno v přejezdovém domku v 19“ skříni společně s ostatními prvky vnitřní technologie. Uvnitř přejezdového domku je rovněž umístěno mini-PC se softwarem pro rozpoznávání, ukládání a vyhledávání RZ vozidel nerespektujících výstrahu železničního přejezdu.

Velmi důležitým krokem při návrhu kamerového serveru je vhodná volba kapacity hard disku, návrh provedeme na základě tabulky č.5 , kde jsou uvedeny orientační datové toky dle parametrů IP kamer.

Tab. 5. Datové toky kamer [21]

Průměrné datové toky [kbps] pro kompresi H.265+						
rozlíšení kamery	25fps	20fps	15fps	12,5fps	10fps	1fps
4Mpx (2688x1520, 2560x1440)	2.048	1.856	1.440	1.440	1.136	1.136
3Mpx/QXGA (2048x1536)	1.856	1.544	1.136	1.136	908	908
2Mpx/FullHD/1080p (1920x1080)	1.440	1.136	832	832	648	648
1.3Mpx (1280x960)	832	648	464	464	354	354
1Mpx/HD ready/720p (1280x720)	832	648	464	464	354	354

- Vycházíme ze zadání, máme instalované 4 IP kamery, rozlišení kamer 2Mpx, počet snímků za sekundu 25fps, komprese H265+ potom datový tok určíme z tabulky č.5 následujícím postupem, $4 \text{ IP kamery} * 1440\text{kbps} = 5760\text{kbps} / 8 = 720\text{kBps}$
- Vypočteme velikost pro hodinový záznam $720\text{kBps} * 3600 = 2\,592\,000\text{kBph}$
- Převédeme na GB $2\,592\,000\text{kBph} / 1\,048\,576 = 2,472\text{GBph}$
- Pro potřebu záznamu $168\text{h} * 2,472\text{GBph} = 415,27\text{GB}$
- Hard Disk pro nepřetržitý záznam s rezervou pro doplnění IP kamer odpovídá 1TB [21]

7.5 Návrh zobrazení a možnosti obsluhy

Dohledové pracoviště je nutno specifikovat s ohledem na provoz bezpečnostního kamerového systému. Provoz kamerového systému může být tzv. bezobslužný, tzn. pouze s požadavkem na záznam, bez ohledu na vyhodnocování aktuální situace. Některá praco-

višťe bývají jen s částečnou obsluhou (např. pouze v pracovní době), anebo s nepřetržitou obsluhou, která vyhodnocuje aktuální vzniklou situaci a přijímá odpovídající opatření. V úvahu může přicházet i kombinace částečné obsluhy s dálkovým dohledem (např. prostřednictvím internetu a klientských pracovišť se softwarem IVMS-4200).

V popisované modelové situaci byl zvolen „bezobslužný provoz“, tudíž není obraz z IP kamer nepřetržitě sledován z dohledového pracoviště. Záznam z IP kamer je využíván pouze v případě vzniku mimořádné události na železničním přejezdu, nebo pro potřeby vyhodnocení přestupků (vjezd vozidla do prostoru železničního přejezdu v době výstrahy) policií české republiky. Rovněž je možno záznamu využít pro zpracování statistik porušování dopravních předpisů, nebo pro návrh možného doplnění prvků pro zvýšení bezpečnosti provozu na železničním přejezdu.



Obr. 43. Pohled na monitor kamerového systému

Software pro registraci, ukládání a vyhledávání RZ

Software byl zvolen od společnosti NITTA Systems s.r.o., tento je běžně využíván pro řízení vjezdů do objektu nebo pro monitoring provozu na pozemních komunikacích. SW je instalován na mini PC se samostatným monitorem umístěným na stole v přejezdovém domku. Informace o výstraze PZS (převzata z logiky PZS z relé SR) je systému předávána

prostřednictvím ethernetového relé QUIDO ETH 4/4. Pomocí SW funkce je potom nastaveno ukládání RZ až po vypršení doby pro průjezd vozidel, jež by nebyly schopny bezpečně zastavit před hranicí přejezdu. Doba je uživatelsky nastavitelná v rozsahu 1s – 20s. Na monitoru je potom zobrazen seznam RZ vozidel, jež nerespektovaly výstrahu PZS. Po označení daného záznamu je zobrazen buďto obrázek nebo krátké video události jak z přehledové kamery, tak i z kamery pro rozpoznání RZ. Záznamy je možno vyhledávat pomocí filtrů (den, hodina, typ vozidla, barva vozidla).

The screenshot displays the NITTA software interface for recording violations (RZ). The interface is divided into several sections:

- Search Filter (Parametry vyhledávání):** Includes dropdown menus for 'Stаницe' (Station), 'RZ', 'Průjezd od' (Start time), 'Průjezd do' (End time), 'Zapsáno' (Recorded), 'Stav záznamu' (Record status), and 'Archivní záznamy' (Archive records). There are also buttons for 'Výhled' (View) and 'Export'.
- Table of Recorded Violations (Zaznamenané RZ (počet záznamů: 805)):** A table with columns: 'RZ', 'Stаницe', 'Kamera', 'Čas průjezdu' (Time of passage), 'Kategorie' (Category), 'Výrobce / Typ' (Manufacturer / Type), and 'Barva' (Color). The table lists various violations with their respective IDs and timestamps.
- Photo Gallery (Fotografie):** A large image showing a car at a crossing. The timestamp '2019-05-08 08:30:15' is overlaid on the image.
- Detail View:** A section below the photo gallery showing details for the selected violation, including 'Stаницe' (Station), 'Kamera' (Camera), 'Průjezd od' (Start time), 'Průjezd do' (End time), 'Vozidlo' (Vehicle), 'Vlastník' (Owner), 'Regist.' (Registration), and 'Kraj / Okres' (Region / District).

Obr. 44. Pohled na SW pro evidenci RZ

Prohlížení a stahování záznamu je řešeno následujícími možnostmi:

- V místě železničního přejezdu prostřednictvím 21“ LCD monitoru umístěného v přejezdovém domku, na polici v 19“ skříní společně s prvky vnitřní technologie kamerového systému. Monitor je připojen přímo na výstup kamerového serveru prostřednictvím rozhraní HDMI. Ovládání kamerového serveru je řešeno pomocí standartního polohovacího zařízení (PC myš). Kamerový server je vybaven USB rozhraním pro připojení externího disku pro případnou potřebu stažení záznamu. Zde je rovněž možnost vyhledání RZ vozidel, které nerespektovaly výstrahu železničního přejezdu a vjízděly v této době do prostoru železničního přejezdu.
- V dopravní kanceláři nedaleké železniční stanice Polanka nad Odrou, kde je umístěno klientské pracoviště propojené pomocí přenosové cesty SŽDC s kamerovým serverem

umístěným v přejezdovém domku. Zde pomocí softwaru IVMS-4200 je možno vzdáleně nahlédnout na reálný obraz z kamerového systému, náhled do záznamu, popřípadě stažení záznamu. Z klientského pracoviště je rovněž možný vzdálený přístup na mini-PC pro rozpoznání RZ, ovládání a funkce jsou obdobné jako při lokálním přístupu.

- Pomocí mobilního klientského pracoviště (notebooku) v blízkosti přejezdového domku, v dosahu WIFI routeru instalovaného v rámci přenosového systému. Možnosti ovládání jsou shodné jako u stacionárního klientského pracoviště v žst. Polanka nad Odrou. Popisovaná možnost je zřízena zejména z důvodu stahování záznamu PČR, jež nemá přístup do objektu přejezdového domku ani dopravní kanceláře v žst. Polanka nad Odrou, neboť dopravní kancelář již není obsazena personálem z důvodu dálkového řízení traťového úseku z centrálního dispečerského pracoviště v Přerově (CDP Přerov), odkud je rovněž možná obsluha celého kamerového systému.

8 PRAKTICKÁ KONSTRUKCE KAMEROVÉHO SYSTÉMU

Pro modelovou situaci byl vybrán železniční přejezd v km 256,861 Polanka nad Odrou na trati Přerov – Petrovice u Karviné, jež křížuje krajskou komunikaci III/4804. Železniční přejezd je zabezpečen přejezdovým zabezpečovacím zařízením světelným typu AŽD-RE se čtyřmi polovičními závory. Přejezd byl vybrán z důvodu velkého vytížení jak z pohledu železniční, tak i silniční dopravy.

Vybudovaný IP kamerový systém je nasazen zejména pro účel sledování dodržování dopravních předpisů účastníků silničního provozu. Systém umožňuje monitorování, jak činnosti přejezdového zabezpečovacího zařízení, tak pohyb silničních vozidel a chodců v prostoru železničního přejezdu. Systém je vybaven schopností rozpoznání RZ vozidel projíždějících přes železniční přejezd v době výstrahy. Uložená data jsou po dobu 168 hodin (doba uchování záznamu stanovena na základě směrnice SŽDC o provozování kamerových systémů) k dispozici PČR a vyšetřujícím orgánům v případě železniční nehody.

Kamerový systém pracuje jako lokální se záznamovým zařízením umístěným v přejezdovém domku, jež se nachází v prostoru přejezdu. Uložená data je možno ze záznamového zařízení stahovat pomocí přenosného média. V případě potřeby jsou data poskytována prostřednictvím WIFI routeru příslušným složkám PČR.

V přejezdovém domku s technologií PZS je instalován jednoduchý PZTS zajišťující jak prostorovou (detektor pohybu) tak i plášťovou (magnetický kontakt) ochranu uvedeného objektu.

Kamerový systém i PZTS jsou připojeny do přenosové soustavy SŽDC prostřednictvím které jsou provozní informace o systému předávány do nejbližší obsazené dopravní a na centrální dispečerské pracoviště v Přerově.

8.1 Dispoziční řešení

V prostoru železničního přejezdu jsou na dvou betonových sloupech umístěny čtyři statické IP kamery. Pro monitoring provozu ze směru Polanka nad Odrou IP kamera „A1“ pro rozpoznání RZ a „A2“ pro přehled dopravy. Ze směru Stará Bělá potom IP kamera „B1“ pro rozpoznání RZ a „B2“ pro přehled dopravy.

Vnitřní část kamerového systému (kamerový server, centrální SWITCH, napájecí část včetně UPS a monitor pro zobrazení záznamu) jsou umístěny uvnitř přejezdového domku v 19“ skříni.



Obr. 45. Celkový pohled na umístění kamerového sloupu „A“



Obr. 46. Celkový pohled na umístění kamerového sloupu „B“

Spolu s IP kamerami jsou na betonových sloupech umístěny i průmyslové rozvodné skříně, ve kterých je osazeno napájení IP kamer a aktivní prvky přenosové cesty mezi kamerovým serverem a IP kamerami.



Obr. 47. Detailní pohled na kamerový sloup



Obr. 48. Rozmístění zařízení v kamerové skříni

8.2 Popis funkce kamerového systému

System pracuje v plně automatickém režimu. Záznam obrazu z IP kamer je závislý na výstražném stavu PZS, pro rozpoznání a ukládání RZ vozidel jsou potom stanoveny dvě podmínky, přejezd musí být ve výstražném stavu a vozidlo musí vstoupit do prostoru železničního přejezdu. Informaci o výstraze získává kamerový server a software pro rozpoznání RZ z vazebního relé SR, které je součástí logiky přejezdového zabezpečovacího zařízení, o vstupu vozidla do prostoru železničního přejezdu je informace získávána přímo z IP kamery, pomocí pokročilých funkcí videoanalýzy obrazu (vstup do oblasti) popsané v bodě 7.2.2.

Video signál je přímo v kameře převeden na digitální a po metalickém kabelu distribuován do media konvertoru TP/FO umístěném v kamerové skříni na betonovém sloupu. Dále po optickém kabelu přiveden do přejezdového domku. Zde je optický kabel ukončen v optickém rozvaděči a pomocí konvertoru TP/FO převeden na metalický. Z konvertoru je signál přiveden do centrálního 8-portového SWITCHE 10/100, prostřednictvím něhož je do přenosové sítě připojen kamerový server a mini-PC se softwarem pro rozpoznání, ukládání a vyhledávání RZ vozidel jedoucích v prostoru železničního přejezdu v době výstrahy.

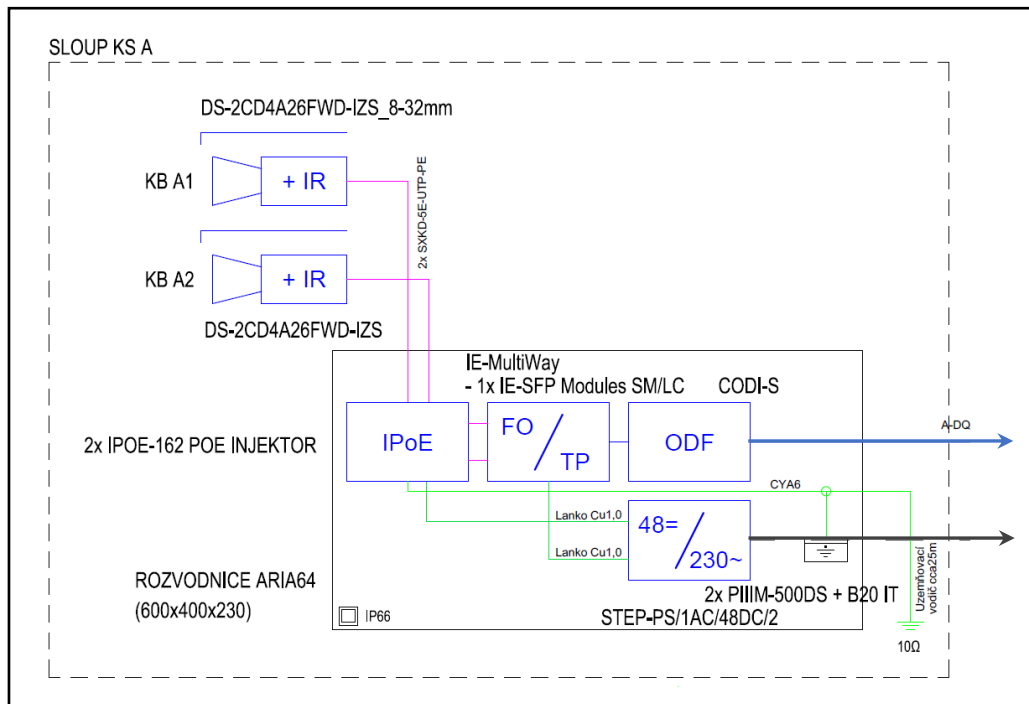
V přejezdovém domku je instalován WIFI router s externí anténou připojený rovněž do centrálního SWITCHE, jehož prostřednictvím je možné stahovat kamerový záznam a seznam RZ vozidel do servisního notebooku (PČR). V prostorách RD je instalována ústředna PZTS, na kterou je napojen jeden pohybový detektor a jeden magnetický kontakt. System PZTS je ovládán prostřednictvím klávesnice a čtečky karet umístěné v zádveři.

Napojení kamerového systému do přenosové sítě SŽDC je realizováno optickým kabelem, který je zafouknutý do stávající HDPE s DOK GSM optickým kabelem. Na jedné straně je optický kabel ukončen na optickém rozvaděči v přejezdovém domku v 19“ skříni, na druhé straně je ukončen na optickém rozvaděči ve skříni místní kabelizace v žst. Polanka nad Odrou. Ve skříni je umístěn mediakonvertor FO/TP od kterého pokračuje metalické vedení ke klientskému pracovišti umístěnému v dopravní kanceláři.

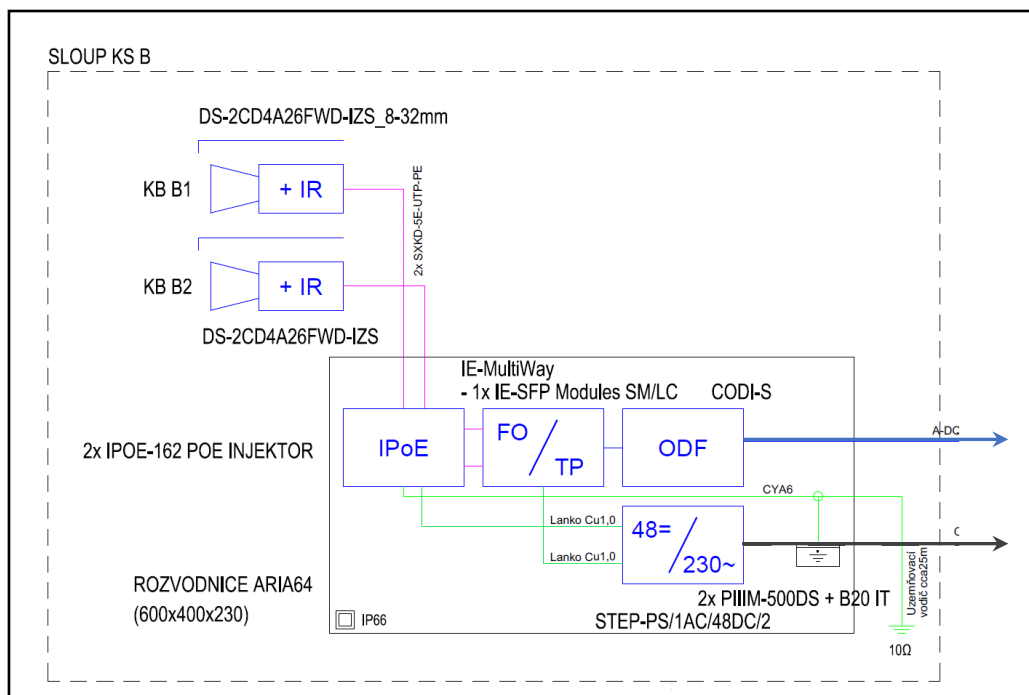


Obr. 49. Vnitřní výstroj kamerového systému

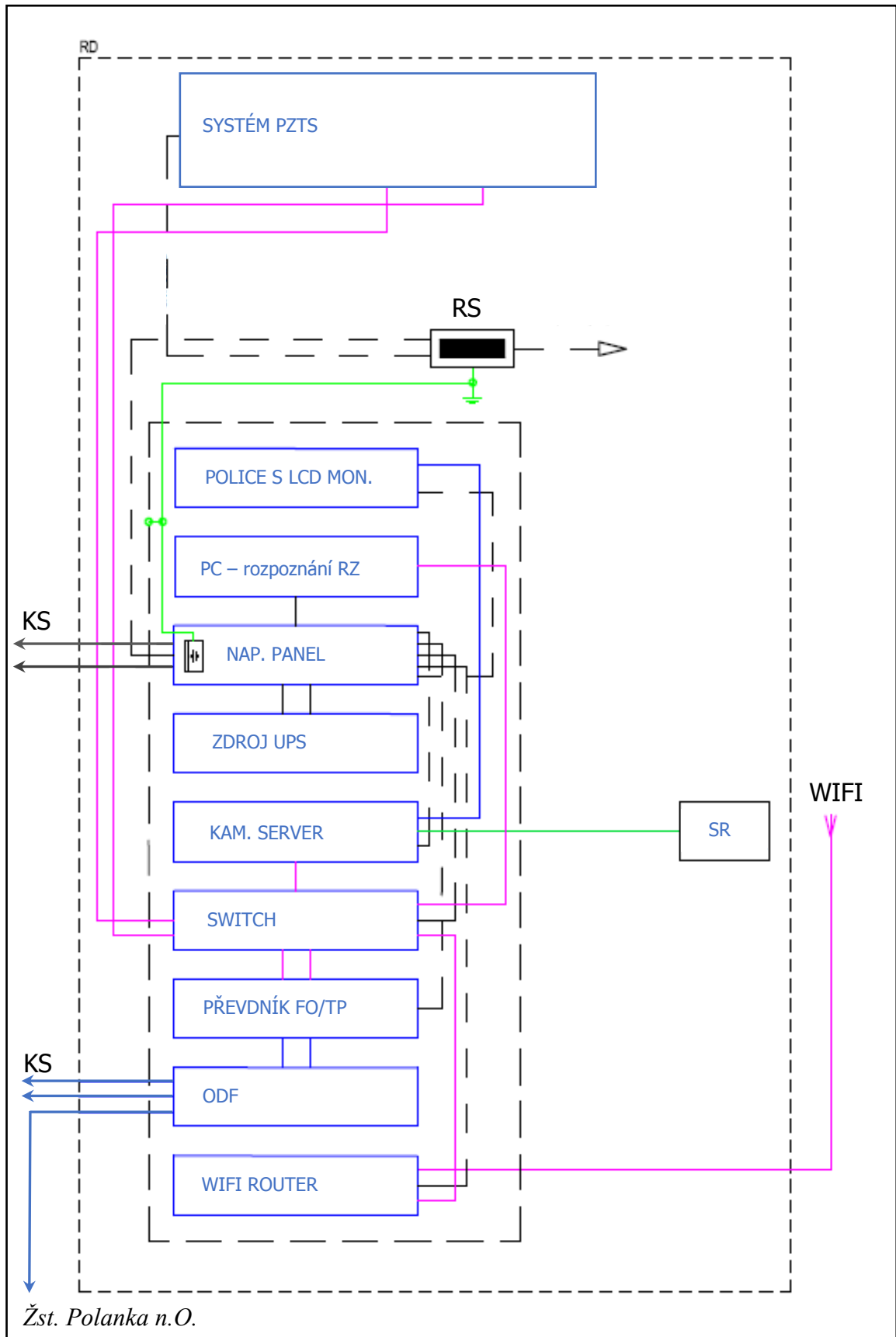
Napájení kamerového systému je vedeno z rozvaděče RS vybudovaného pro napájení obvodů logiky přejezdového zabezpečovacího zařízení. V případě výpadku napájení je celý systém zálohován prostřednictvím UPS KPREMIUM1000R na cca 2 hodiny provozu.



Obr. 50. Blokové schéma kamerové skříně KS A



Obr. 51. Blokové schéma kamerové skříně KS B



Obr. 52. Blokové schéma vnitřní technologie

8.3 Specifikace použitých prvků

IP kamera pro rozpoznání RZ DS-2CD4A26FWD-IZS_8-32mm, 2.0 Megapixelová den/noc venkovní válečková IP kameras LED Array přísivitem, funkcí WDR a motorzoom objektivem (Dark Fighter), 1/3" Progressive CMOS, citlivost barva: 0.002Lux@F1.2 (AGC ZAP), 0Lux s IR, Podpora ICR, 1920x1080:25fps, objektiv: 8-32mm, úhel záběru: 31.2°-10.2°, Trojitý-Stream H.265+ /MPEG4/ MJPEG,ROI, SVC, 3D DNR, BLC, HLC, Smart Defog, EIS, WDR 120dB, Integrovaná detekce RZ, dosah IR 40-50M, podpora Micro SD/SDXC karty až 128GB, audio I/O 1/1, poplachové I/O 1/1, DC12V/920mA, PoE (802.3af), IP67, standardy: PSIA, ONVIF, HIK CGI, Provozní teplota: -30 °C – 60 °C

IP kamera pro přehled dopravy DS-2CD4B26FWD-IZS, 2.0 Megapixelová den/noc venkovní válečková IP kameras LED Array přísivitem, funkcí WDR a motorzoom objektivem (Dark Fighter), 1/3" Progressive CMOS, citlivost barva: 0.002Lux@F1.2 (AGC ZAP), 0Lux s IR, Podpora ICR, 1920x1080:25fps, objektiv: 2.8-12mm, úhel záběru: 92°~32°, Trojitý-Stream H.265 /H.265+/ MJPEG, ROI, SVC, 3D DNR, BLC, HLC, EIS, WDR 120dB, detekce překročení přímky a narušení, dosah IR 20-30M, podpora Micro SD/SDXC karty až 128GB, audio I/O 1/1, poplachové I/O 1/1, DC12V/1,25A, PoE (802.3af), IP67, standardy: ONVIF (PROFILE S, PROFILE G), PSIA, CGI, ISAPI, Provozní teplota: -30 °C – 60 °C



Obr. 53. Kamera Hikvision [22]

Kamerový server DS-7716NI-I4, 16 kanálový síťový 4K digitální videorekordér, záznam video&audio, komprese H.265+, vstupní/odchozí šířka pásma 160M/256Mbps, 4K HDMI výstup monitoru: 4K(3840×2160)/60Hz, HDMI a VGA výstup na hlavní monitor, podpora 4x HDD o kapacitě 6TB, 2*USB 2.0, 1*USB 3.0, RS485. RS232, 2* Gigabit NIC, bez HDD, poplachový I/O: 16/4, lokalizace v čj., napájení: 220V AC / 80W, 1.5U/19“



Obr. 54. Kamerový server [22]

Záložní zdroj UPS KPREMIUM1000R + UPS KPRE715, Rack 1000VA/800W, přetížení 110 - 150% 30 sekund, On-Line, vstup/výstup 1F, rozměr (šxvxh) 447x89x450 mm + Bateriový box včetně baterií rozměr (šxvxh) 127x438x439 mm



Obr. 55. Záložní zdroj [27]

Centrální switch Cisco Catalyst 2960C 8 10/100 + 2 T/SFP / 160W

Obr. 56. Centrální switch [29]

Kamerový switch LAN-RING, 2x SFP slot, 3x GE port / 1000Base-X / 802.3at 120W / DIN / IP30

Obr. 57. Kamerový switch s PoE [30]

Mini počítač Intel Pentium Quad Core J3710 Braswell / RAM 4GB / Intel HD Graphics 405 / SSD 128GB / DisplayPort, USB 3.0 / USB klávesnice a myš / 65W



Obr. 58. Mini-PC pro rozpoznání RZ [31]

Monitor DELL P2219H Professional (210-APWR) Úhlopříčka 21" / Rozlišení 1920 x 1080 (FullHD) / Poměr stran 16:9 / Nedotýkový / IPS / PLS / Matný / LED / Odezva 5 ms / Obnovovací frekvence 60 Hz / Jas 250 cd/m²



Obr. 59. Monitor pro zobrazení kamerového systému

8.4 Cenová kalkulace systému

Cenová kalkulace systému pro monitoring silničního provozu v prostoru železničního přejezdu				
název položky	mj	množství	cena	celkem
IP kamera pro rozpoznání RZ DS-2CD4A26FWD-IZS 8-32mm	ks	2,000	19 900,000 Kč	39 800,000 Kč
IP kamera pro přehled dopravy DS-2CD4B26FWD-IZS	ks	2,000	11 800,000 Kč	23 600,000 Kč
Kamerový server DS-7716NI-I4	ks	1,000	17 800,000 Kč	17 800,000 Kč
Záložní zdroj UPS KPREMIUM1000R + UPS KPRE715	ks	1,000	10 200,000 Kč	10 200,000 Kč
Centrální switch Cisco Catalyst 2960C	ks	1,000	12 300,000 Kč	12 300,000 Kč
Kamerový switch Planet IGS-624 HPT PoE	ks	2,000	8 900,000 Kč	17 800,000 Kč
Mini počítač Intel Pentium Quad Core J3710 Braswell	ks	1,000	8 250,000 Kč	8 250,000 Kč
Monitor DELL P2219H Professional (210-APWR)	ks	2,000	4 090,000 Kč	8 180,000 Kč
Kamerová skříň včetně vybavení	ks	2,000	25 690,000 Kč	51 380,000 Kč
Datový rozvaděč 19" nástěnný 400x600	ks	1,000	6 900,000 Kč	6 900,000 Kč
Betonový sloup 6m	ks	2,000	15 900,000 Kč	31 800,000 Kč
Kabelizace	kpl	1,000	23 000,000 Kč	23 000,000 Kč
Výkopové práce	kpl	1,000	28 000,000 Kč	28 000,000 Kč
Montážní práce	kpl	1,000	35 200,000 Kč	35 200,000 Kč
SW rozpoznávání RZ licence pro 2 kamery	ks	1,000	12 000,000 Kč	12 000,000 Kč
Celkem				326 210,000 Kč

ZÁVĚR

Správa železniční dopravní cesty ve spolupráci s Policií České republiky a Drážním úřadem ročně provádí vytipování desítek železničních přejezdů, u kterých je možná modernizace či zvýšení úrovně bezpečnosti. Nejčastěji jde o přejezdy, na nichž v minulém období docházelo k opakovaným dopravním nehodám. Zaměřuje se zejména na přejezdy vybavené staršími typy zabezpečovacího zařízení či pouze výstražnými kříži. Zároveň je snahou snižovat počet železničních přejezdů v obvodu železnice a nahrazovat je silničními nadjezdy nebo podjezdy.

Pozitivní je tedy fakt, že počet přejezdů zabezpečených pouze výstražnými kříži dlouhodobě klesá, a stále více se zvyšuje počet železničních přejezdů vybavených přejezdovým zabezpečovacím zařízením se závory. Tento způsob zabezpečení se z hlediska dlouhodobých statistik jeví jako nejvíce bezpečný.

S rozvojem elektrotechniky a její aplikace v řízení jak silniční tak i drážní dopravy je snahou správy železniční dopravní cesty zaměřit se i na další možnosti zvyšování úrovně bezpečnosti na železničních přejezdech. S kladnými výsledky například probíhá dlouhodobé testování detektorů překážek na přejezdech, jejichž úkolem je včas rozpoznat přítomnost vozidla na přejezdu v době výstrahy. Bohužel plošné aplikaci detektorů zatím brání výrazně delší doba uzavření železničního přejezdu, což má negativní vliv na plynulost silniční dopravy a především na trpělivost řidičů a chodců.

V praktické části této diplomové práce je navržen komplexní systém pro monitorování provozu na železničních přejezdech v době výstrahy. Pomocí kamerového systému je zajištěna detekce vozidla v prostoru železničního přejezdu v době výstrahy a pořízení záznamu o porušení ustanovení zákona č. 361/2000 Sb o provozu na pozemních komunikacích (§ 29 odst. 1 vjíždění na železniční přejezd v případech, kdy je to zakázáno). Systém dále dokáže rozpoznat a uložit do databáze RZ vozidla dopouštějícího se přestupku. Záznamu je poté možno využít pro analýzu zvýšení bezpečnosti a např. následné doplnění přejezdu závory, nebo vybudování silničního nadjezdu či podjezdu. Záznam je možné rovněž předat PČR k dořešení přestupku (např. prostřednictvím WIFI sítě), bohužel v současnosti PČR o tyto záznamy neprojevuje zájem. Každopádně lze na základě vyhodnocených statistických dat vysledovat preventivní funkci tohoto systému, neboť po jeho instalaci došlo k výraznému poklesu přestupků na sledovaném železničním přejezdu. Po cca půlročním provozu systému došlo k poklesu počtu přestupků z počátečních cca 8 za den na cca 3 za

den. Když vezmeme v úvahu, že systém je nastaven tak, aby zaznamenával RZ vozidel až 5s po spuštění výstrahy železničního přejezdu, jedná se o čísla vcelku vysoká a ukazující na nepřiměřené hazardování řidičů motorových vozidel. Preventivně působí sama přítomnost kamer, řidiči se zřejmě domnívají, že získaná data putují k PČR.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] Bc. Jiří Zahradník: *Možnosti zabezpečení železničních přejezdů v oblastech bez přípojky elektrického proudu*. Bakalářská práce, UTB Zlín, 2016.
- [2] ČSN 34 2650 Ed. 2. *Železniční zabezpečovací zařízení - Přejezdová zabezpečovací zařízení*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2010. 68 s.
- [3] KŘÍŽAN, Dušan. *Zabezpečovací technika II*. vyd. Praha: Nakladatelství dopravy a spojů, 1987. 240 s.
- [4] AŽD Praha s.r.o.. *Reporter 18/02*. [online]. 2018 [cit. 2019-05-02]. Dostupné z: <https://www.azd.cz/admin-data/storage/get/115-2018-2.pdf>
- [5] TECHNICKÝ POPIS T 80 373: *Počítač náprav AZF*. AŽD Praha, s.r.o., 2006, revize 2007. 42 s.
- [6] DICR. *Výroční zpráva 2018*. [online]. 2018 [cit. 2019-05-02]. Dostupné z: http://www.dicr.cz/uploads/Zpravy/VZ_2018_DI_fin.pdf
- [7] TECHNICKÝ POPIS T 70 890: *Zvuková signalizace pro nevidomé*. AŽD Praha, s.r.o., 2012. 27 s.
- [8] AŽD Praha s.r.o.. *Reporter 18/01*. [online]. 2018 [cit. 2019-05-02]. Dostupné z: <https://www.azd.cz/admin-data/storage/get/114-2018-1.pdf>
- [9] LOVEČEK, Tomáš a Peter NAGY. *Bezpečnostné systémy: kamerové bezpečnostné systémy*. 1. vyd. Žilina: Žilinská univerzita, 2008. ISBN 978-80-8070-893-1
- [10] Dipolnet. *IEE 802 3af and IEE 802 3at*. [online]. 2018 [cit. 2019-05-02]. Dostupné z: https://www.dipolnet.cz/poe_-_iee_802_3af_and_iee_802_3at_bib746.htm
- [11] Bc. Martin Hodina: *Kamerové zabezpečovací systémy*. Diplomová práce, Bankovní institut vysoká škola Praha, 2014.

- [12] TECHNICKÝ POPIS T 70 828: *Výstražník AŽD 97*. AŽD Praha, s.r.o., 1998, revize 2003. 26 s.
- [13] TECHNICKÝ POPIS T 70 840: *Závora AŽD 97*. AŽD Praha, s.r.o., 2001, revize 2004. 27 s.
- [14] KŘÍŽAN, Dušan. *Zabezpečovací technika I*. vyd. Praha: Nakladatelství dopravy a spojů, 1986. 220 s.
- [15] Bc. Jindřich Červený: *Přejezdové zabezpečovací zařízení pro regionální trať*. Diplomová práce, Univerzita Pardubice, 2011.
- [16] TECHNICKÝ POPIS T 71 478: *Anulační soubor ASE 5*. AŽD Praha, s.r.o., 1997, revize 2007. 39 s.
- [17] Webový portál Drážní inspekce. *Rok 2018 – méně usmrcených, více zraněných – letos již první oběť*. [online]. 2018 [cit. 2019-05-02]. Dostupné z: <http://www.dicr.cz/rok-2018-mene-usmrcenych-vice-zranenych-letos-jiz-prvni-obet>
- [18] Viacom. *Objektivy výpočet úhlu ukázky*. [online]. 2018 [cit. 2019-05-02]. Dostupné z: https://www.viacom.cz/katalogy/Objektivy_vypocet_uhlu_ukazky.pdf
- [19] Veria. *IP kamerové systémy*. [online]. 2018 [cit. 2019-05-02]. Dostupné z: <http://www.veria.eu/portfolio-produktu/kamerove-systemy>
- [20] UPCE. *Rychlý algoritmus rozpoznávání registračních značek vozidel*. [online]. 2009 [cit. 2019-05-02]. Dostupné z: http://pemerscontacts.upce.cz/15_2009/Dobrovolny.pdf
- [21] Wondrex. *Doporučené datové toky*. [online]. 2017 [cit. 2019-05-02]. Dostupné z: <http://wonderex.com/navody/392>
- [22] STASANET. *IP kamery Hikvision*. [online]. 2019 [cit. 2019-05-02]. Dostupné z: <https://www.stasanet.cz/Kamerove-systemy/IP-systemy/IP-Hik-vision/Kamery-2-Line/4-Mpx/DS-2CD2T42WD-I5-6-venkovni-kompaktni-IP-kamera-4Mpx-objektiv-f6mm-EXIR-IR-50m-WDR-Hikvision.html>

- [23] Webový portál Drážní inspekce. *Směrnice komise 2009/149/ES ze dne 27.listopadu, kterou se mění směrnice Evropského parlamentu a Rady 2004/49/ES, pokud jde o společné bezpečnostní ukazatele a společné metody pro stanovení výše škod při nehodách*. [online]. 2009 [cit. 2019-05-02]. Dostupné z: <http://www.dicr.cz/dokumenty>
- [24] Webový portál SŽDC. *Přejezdy v číslech*. [online]. 2019 [cit. 2019-05-02]. Dostupné z: <https://www.szdc.cz/o-nas/bezpecnost/bezpecnost-na-prejezdech/prejezdy-v-cislech>
- [25] Mapy.cz. *Letecká mapy*. [online]. 2016 [cit. 2019-05-02]. Dostupné z: <https://mapy.cz/letecka-2012?x=17.0825674&y=49.1495554&z=19&source=muni&id=5969>
- [26] Anders elektro. *Vzorec pro výpočet doby zálohy UPS*. [online]. 2018 [cit. 2019-05-02]. Dostupné z: <https://www.anders-elektro.cz/6577/vzorec-pro-vypocet-doby-zalohy-ups/>
- [27] S Power export - import cz, s.r.o.. *Kpremium 1000*. [online]. 2019 [cit. 2019-05-02]. Dostupné z: [https://www.spower-exim.cz/produkty/281/kpremium1000r.html#prettyPhoto\[pp_gal\]/0/](https://www.spower-exim.cz/produkty/281/kpremium1000r.html#prettyPhoto[pp_gal]/0/)
- [28] SŽDC. *Možnosti použití nových prostředků pro zvýšení bezpečnosti na přejezdech*. [online]. 2016 [cit. 2019-05-02]. Dostupné z: https://fel.zcu.cz/export/sites/fel/_old/events/seminars/DE/doc/2016/03.pdf
- [29] Senetic. *WS-C2960*. [online]. 2019 [cit. 2019-05-02]. Dostupné z: <https://www.senetic.cz/product/WS-C2960C-12PC-L>
- [30] ADI global. *Průmyslový switch*. [online]. 2019 [cit. 2019-05-02]. Dostupné z: <https://adiglobal.cz/cz/produkty113:13049587/prumyslovy-switch-lan-ring-2x-sfp-slot-3x-ge-port-2x-di-12v-24v>
- [31] TS BOHEMIA. *Mini PC*. [online]. 2019 [cit. 2019-05-02]. Dostupné z: https://www.tsbohemia.cz/hp-260-g3-mini-pc-5bm35ea-_d310849.html

Seznam použitých symbolů a zkratek

PZM	Přejezdové zařízení mechanické.
PZS	Přejezdové zařízení světelné.
SŽDC	Správa železniční dopravní cesty.
ASE	Anulační soubor elektronický.
ASB	Vyhodnocovací jednotka kolového senzoru.
ZBG	Čítačová jednotka.
LED	Dioda emitující světlo.
PZZ-RE	Přejezdové zabezpečovací zařízení reléového typu.
CJ	Časová jednotka.
EOS	Elektronické ovládání světel.
AS	Akustická signalizace.
LCA	Level Crossing Alarm.
RD PZZ	Přejezdový domek.
VZPK	Výstražné zařízení pro přechod kolejí.
ESA	Elektronické stavědlo.
EIP	Panel elektronického rozhraní.
SW	Software.
PC	Osobní počítač.
SCI-1	Ovládací jednotka elektronického rozhraní stavědla.
SLI-2	Dohledová jednotka elektronického rozhraní stavědla.
SII-1	Komunikační jednotka elektronického rozhraní stavědla.
TPC	Technologický počítač.
VZ	Vlakový zabezpečovač.

ETCS	Evropský vlakový zabezpečovací systém.
TRS	Trat'ový rádiový systém.
GSM-R	Eurorádio.
IP	Internet protokol.
PX	Pixel.
RZ	Registrační značka.
FPS	Počet snímků za sekundu.
IR LED	Dioda emitující infračervené světlo.
WIFI	Bezdrátová komunikace v počítačových sítích.
UTP	Unshielded twisted pair.
STP	Shielded twisted pair.
FTP	Foiled twisted pair.
Mpx	Megapixel.
PoE	Power over ethernet.
FullHD	Full high definition.
GB	Gigabit.
PZZ-RE	Přejezdové zabezpečovací zařízení reléové.
PZZ-EA	Přejezdové zabezpečovací zařízení elektronické.
PZZ-AC	Přejezdové zabezpečovací zařízení staniční.
SZZ	Staniční zabezpečovací zařízení.
D/N	Denní nebo noční režim kamery.
OCR	Optické rozpoznávání znaků.
ODF	Optický rozvaděč.
UPS	Záložní zdroj napětí.

SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obr. 1. Pasivně zabezpečený žel. přejezd</i>	17
<i>Obr. 2. Železniční přejezd zabezpečen PZM 1 [1]</i>	19
<i>Obr. 3. Železniční přejezd zabezpečen PZM 2 [1]</i>	20
<i>Obr. 4. Princip přejezdového zařízení světelného PZS [1]</i>	23
<i>Obr. 5. Výstražník typu AŽD 97 [1, 12].....</i>	24
<i>Obr. 6. Elektromechanická závora AŽD 99 [1, 13].....</i>	26
<i>Obr. 7. Návěsti přejezdníku [1]</i>	27
<i>Obr. 8. Sériový kolejový obvod [1, 3]</i>	29
<i>Obr. 9. Paralelní kolejový obvod [1, 3]</i>	29
<i>Obr. 10. Anulační soubor ASE [1, 15]</i>	30
<i>Obr. 11. Princip činnosti počítače náprav [1, 5]</i>	31
<i>Obr. 12. Princip kolového senzoru [1, 15]</i>	32
<i>Obr. 13. Blokové schéma zapojení signalizace pro nevidomé [7].....</i>	40
<i>Obr. 14. Železniční přejezd doplněný o zarážku slepecké hole</i>	41
<i>Obr. 15. Aplikace Level Crossing Alarm [4]</i>	41
<i>Obr. 16. Princip činnosti LCA [4]</i>	42
<i>Obr. 17. Pohled na centrální přechod zabezpečený VZPK [8]</i>	44
<i>Obr. 18. První fáze sklápění břevna při sekvenčním sklápění břevna</i>	45
<i>Obr. 19. Druhá fáze sklápění břevna při sekvenčním sklápění břevna.....</i>	46
<i>Obr. 20. Pohled na železniční přejezd s možností využití KVP [25]</i>	47
<i>Obr. 21. Pohled na centrální dispečerské pracoviště v Přerově</i>	48
<i>Obr. 22. Princip činnosti dynamického laserového detektoru.....</i>	51
<i>Obr. 23. Nastavitelné detekční pole detektoru.....</i>	52
<i>Obr. 24. Pohled na umístění detektoru na železničním přejezdu v Olomouci</i>	53
<i>Obr. 25. Princip detekce pomocí infrazávor.....</i>	54
<i>Obr. 26. Schéma osazení infrazávor na železničním přejezdu</i>	55
<i>Obr. 27. Umístění infrazávor na železničním přejezdu</i>	56
<i>Obr. 28. Detailní pohled na infrazávoru</i>	56
<i>Obr. 29. Pohled na rozmístění kamer a snímanou scénu od Polanky</i>	58
<i>Obr. 30. Pohled na rozmístění kamer a snímanou scénu od Staré Bělé.....</i>	58
<i>Obr. 31. Vizualizace pohledu IP kamery pro rozpoznávání RZ „A1“</i>	59
<i>Obr. 32. Vizualizace pohledu IP kamery pro přehled „A2“</i>	59

<i>Obr. 33. Vizualizace pohledu IP kamery pro přehled „B1“</i>	60
<i>Obr. 34. Vizualizace pohledu IP kamery pro rozpoznávání RZ „B2“</i>	60
<i>Obr. 35. Blokové schéma IP kamery</i>	61
<i>Obr. 36. kamera s interním IR přísvitem</i>	64
<i>Obr. 37. Externí IR přísvit</i>	64
<i>Obr. 38. Nastavení inteligentní funkce kamery detekce vozidla</i>	65
<i>Obr. 39. Algoritmus systému rozpoznávání RZ [20]</i>	66
<i>Obr. 40. Princip technologie PoE [10]</i>	68
<i>Obr. 41. Typy datových kabelů UTP, STP, FTP [11]</i>	70
<i>Obr. 42. Blokové schéma přenosové cesty kamerového systému</i>	71
<i>Obr. 43. Pohled na monitor kamerového systému</i>	73
<i>Obr. 44. Pohled na SW pro evidenci RZ</i>	74
<i>Obr. 45. Celkový pohled na umístění kamerového sloupu „A“</i>	77
<i>Obr. 46. Celkový pohled na umístění kamerového sloupu „B“</i>	77
<i>Obr. 47. Detailní pohled na kamerový sloup</i>	78
<i>Obr. 48. Rozmístění zařízení v kamerové skříni</i>	78
<i>Obr. 49. Vnitřní výstroj kamerového systému</i>	80
<i>Obr. 50. Blokové schéma kamerové skříně KS A</i>	81
<i>Obr. 51. Blokové schéma kamerové skříně KS B</i>	81
<i>Obr. 52. Blokové schéma vnitřní technologie</i>	82
<i>Obr. 53. Kamera Hikvision [22]</i>	83
<i>Obr. 54. Kamerový server [22]</i>	84
<i>Obr. 55. Záložní zdroj [27]</i>	84
<i>Obr. 56. Centrální switch [29]</i>	85
<i>Obr. 57. Kamerový switch s PoE [30]</i>	85
<i>Obr. 58. Mini-PC pro rozpoznání RZ [31]</i>	86
<i>Obr. 59. Monitor pro zobrazení kamerového systému</i>	86

SEZNAM GRAFŮ

<i>Graf. 1. Průběh napětí při průjezdu drážního vozidla obvodem [1, 16]</i>	<i>31</i>
<i>Graf. 2. Průběh proudu při průjezdu drážního vozidla [1, 5]</i>	<i>33</i>
<i>Graf. 3. Železniční přejezdy dle kategorie zabezpečení [24]</i>	<i>35</i>
<i>Graf. 4. Mimořádné události na železničních přejezdech 2008 – 2018 [17]</i>	<i>36</i>
<i>Graf. 5. Statistika střetnutí na přejezdech dle kategorie zabezpečení [6]</i>	<i>37</i>
<i>Graf. 6. Statistika střetnutí na přejezdech dle zúčastněného uživatele [6]</i>	<i>38</i>

SEZNAM TABULEK

<i>Tab. 1. Vyjádření přebytečné doby výstrahy.....</i>	<i>50</i>
<i>Tab. 2. Potřebný počet pixelů dle detailu [18]</i>	<i>62</i>
<i>Tab. 3. Ohniskové vzdálenosti objektivů (snímací čip 1/3“) [18]</i>	<i>63</i>
<i>Tab. 4. Standarty PoE dle IEEE [10]</i>	<i>68</i>
<i>Tab. 5. Datové toky kamer [21]</i>	<i>72</i>