

Univerzita Pardubice

Dopravní fakulta Jana Pernera

Vliv modifikací vlastností přejezdových zabezpečovacích zařízení mimo dosavadní funkční a principiální rámec na charakteristické bezpečnostní a provozní parametry těchto zařízení.

Bc. Josef Netolický

Diplomová práce

2017

Univerzita Pardubice
Dopravní fakulta Jana Pernera
Akademický rok: 2016/2017

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Josef Netolický**
Osobní číslo: **D15555**
Studijní program: **N3708 Dopravní inženýrství a spoje**
Studijní obor: **Elektrotechnické a elektronické systémy v dopravě**
Název tématu: **Vliv modifikací vlastností přejezdových zabezpečovacích zařízení mimo dosavadní funkční a principiální rámec na charakteristické bezpečnostní a provozní parametry těchto zařízení.**
Zadávající katedra: **Katedra elektrotechniky, elektroniky a zabezpečovací techniky v dopravě**

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

Shrnout charakteristické principy a funkční vlastnosti přejezdových zabezpečovacích zařízení aktuálně provozovaných na infrastruktuře SŽDC.
Obecně shrnout problémy spojené s provozováním stávajících přejezdových zabezpečovacích zařízení dle jejich vlivu na bezpečnost i plynulost provozu na úrovňovém křížení železnice a pozemní komunikace (jak z hlediska drážní tak i silniční dopravy).
Podrobně rozpracovat následující problémy (tj. do hloubky zanalyzovat problém a provést syntézu jeho adekvátní eliminace): Absence doby bez výstrahy, detekce vyklizení nebezpečného pásma přejezdu a fyzické zamezení vjezdu vozidla na přejezd.
Zhodnotit dopad navrhovaných eliminací na provoz a bezpečnost přejezdového zařízení resp. železniční a silniční dopravy v místě a okolí přejezdu.

Rozsah grafických prací:

Rozsah pracovní zprávy:

Forma zpracování diplomové práce: **tištěná**

Seznam odborné literatury:

ČSN 34 2650 ed. 2. Železniční zabezpečovací zařízení - Přejezdová zabezpečovací zařízení. Praha : Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2010.

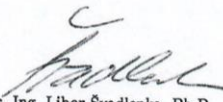
ČSN 73 6380. Železniční přejezdy a přechodu. Praha : Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2014.

TNŽ 34 2620. Železniční zabezpečovací zařízení - Staniční a traťové zabezpečovací zařízení. Olomouc : České dráhy, s.o., 2002.


Šlechta, L. Změna způsobu ovládání automatických závor na vícekolejných tratích. Diplomová práce. Univerzita Pardubice, Dopravní fakulta Jana Pernera. Pardubice 2014.

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Jan Ouředníček, Ph.D.**
AŽD Praha

Datum zadání diplomové práce: **12. ledna 2017**
Termín odevzdání diplomové práce: **26. května 2017**


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

L.S.


Ing. Dušan Čermák, Ph.D.
vedoucí katedry

V Pardubicích dne 20. února 2017

Prohlášení autora

Prohlašuji:

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

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

V Pardubicích dne 20. 5. 2017

Josef Netolický



Poděkování

Mé poděkování patří Ing. Janu Ouředníčekovi, Ph.D. za odborné vedení, trpělivost a ochotu, kterou mi v průběhu zpracování mé diplomové práce věnoval. Dále patří mé poděkování rodině za podporu, kterou mi po dobu studia poskytovali

Anotace

Tato práce si klade za cíl zhodnotit současný stav logiky železničních přejezdových zabezpečovacích zařízení s důrazem na způsoby spouštění výstrahy, její průběh a ukončení. V daných procesech se snaží upozornit na nedostatky současných koncepcí, zabývá se jejich modifikací a doplněním nových principů zabezpečení, které vedou primárně k zvýšení bezpečnosti železniční, ale i silniční dopravy.

Klíčová slova

výstraha, předzváněcí doba, Přejezdové zařízení světelné, PZS, nebezpečné pásmo přejezdu

Title

Influence of the modifications of level crossing equipment features (out of existing functional and fundamental scope) on characteristics safety and operational parameters of this equipment

Annotation

This thesis aims to evaluate the current state of the logic of level crossing railway signaling devices with emphasis on ways of triggering the warning, its continuance of termination. In processes related to the ways it highlights current concepts lacks. Next this thesis engages modifications of the concepts and it proposes new safety principles which primarily lead to increasing rail and road safety.

Keywords

Warning, Warning time, Level Crossing System, LX, Dangerous of level crossing

Obsah

Úvod	10
1 Charakteristické principy a funkční vlastnosti PZZ	11
1.1 Legislativa	11
1.2 Statistiky	12
1.3 Obecné principy.....	15
1.3.1 Hranice nebezpečného pásma přejezdu.....	15
1.3.2 Průběh výstražné doby	16
1.3.3 Vlakový zabezpečovač	20
2 Problémy spojené s provozováním stávajících PZZ.....	22
2.1 Absence minimální doby bez povelu k výstraze a absence předzváněcí doby PZS...22	
2.1.1 Absence minimální doby bez povelu k výstraze a absence předzváněcí doby na jednokolejném PZS.....	25
2.1.2 Absence minimální doby bez povelu k výstraze a absence předzváněcí doby na vícekolejném PZS	29
2.2 Detekce vyklizení nebezpečného pásma přejezdu.....	32
2.3 Fyzické oddělení pozemní komunikace od prostoru přejezdu	34
3 Podrobné rozpracování následujících problémů.....	37
3.1 Absence minimální doby bez povelu k výstraze a absence předzváněcí doby na jednokolejném PZS.....	37
3.2 Absence minimální doby bez povelu k výstraze a absence předzváněcí doby na dvojkolejném PZS.....	41
3.3 Praktické provedení úprav reléových spouštěcích obvodů.....	44
3.3.1 Zhodnocení jednotlivých metod z hlediska rychlosti jízdy žel. vozidla.....	49
3.4 Detekce vyklizení nebezpečného pásma přejezdu.....	51

3.4.1	Přenos informace o nevyklizení NPP návštěvnickem.....	51
3.4.2	Přenos informace o nevyklizení NPP vlakovým zabezpečovačem.....	57
3.4.3	Přenos informace o nevyklizení NPP vlakovým zabezpečovačem typu LS	58
3.5	Fyzické zamezení vjezdu vozidla na přejezd	62
4	Zhodnocení dopadu navrhovaných úprav na provoz.....	65
4.1	Analýza vlivu uplatnění minimální doby bez povelu k výstraze.....	65
4.2	Výpočet základních a upravených parametrů PZS bez závor, při přenosu informace o nevyklizení NPP bodovým prostředkem	66
4.3	Výpočet základních a upravených parametrů PZS bez závor, při přenosu informace o nevyklizení NPP liniovým prostředkem	68
4.4	Zhodnocení celkového dopadu parametrů přejezdu, při aplikaci silničních bariér	72
4.5	Vliv navrhovaných úprav na konkrétní přejezdové zabezpečovací zařízení.....	74
	Závěr	77
	Seznam použitých pojmů	78
	Seznam použitých zkratk	80
	Seznam použitých značení	81
	Seznam použitých obrázků	83
	Seznam použitých grafů	84
	Seznam použité literatury	86
	Přílohy DP	88
	Příloha A – tabulka modelového přejezdu	88
	Příloha B – vzdálenost skutečného zastavení žel. vozidla při hodnotě průměrného zpomalení $a = 1,3 \text{ m.s}^{-2}$	90
	Příloha C – vzdálenost skutečného zastavení žel. vozidla při hodnotě průměrného zpomalení $a = 2,5 \text{ m.s}^{-2}$	91

Příloha D – vzdálenost skutečného zastavení žel. vozidla při hodnotě průměrného zpomalení $a = 0,45 \text{ m.s}^{-2}$	92
Příloha E – Tabulka přejezdu PZZ „D“ Ohrada v km 352,447.....	93
Příloha F – Tabulka aplikovaných změn na PZZ „D“ v čase 0 hod. – 5 hod.....	94
Příloha G – Tabulka aplikovaných změn na PZZ „D“ v čase 5 hod. – 10 hod.	95
Příloha H – Tabulka aplikovaných změn na PZZ „D“ v čase 10 hod. – 15 hod.....	96
Příloha I – Tabulka aplikovaných změn na PZZ „D“ v čase 15 hod. – 20 hod.....	97
Příloha J – Tabulka aplikovaných změn na PZZ „D“ v čase 20 hod. – 24 hod	98
Příloha K – Ukázka grafu diagnostiky s patrnou absencí min. doby bez výstrahy	99
Příloha L – Ukázka grafu diagnostiky s patrnou absencí předzváněcí doby.....	100

Úvod

Česká republika disponuje jednou z nejhustších železničních sítí na světě. S tím je nutně spjato i velké množství železničních přejezdů. První používané přejezdové zabezpečovací zařízení, bylo obsluhováno ručně a vyžadovalo tak účast oprávněného zaměstnance, na kterém závisela i zodpovědnost za jeho provoz. Velký počet přejezdů a tím i obsluhujících zaměstnanců, znamenal i velké provozní náklady a tak vznikl požadavek na možnost dálkové obsluhy a později i automatickou činnost přejezdového zabezpečovacího zařízení. V průběhu let došlo k překotnému vývoji v technické úrovni zabezpečení, od mechanických vazeb, přes reléovou logiku až po současně vyvíjené a již používané mikroprocesorové prvky. Se zvyšující se úrovní zabezpečení, logicky klesal i počet mimořádných situací na přejezdech. Tento trend byl ovšem ovlivněn obrovským vzestupem silničního provozu a to jak v osobní, tak i nákladní dopravě, doprovázený nepozorností a nerespektováním výstrahy ze strany řidičů silničních vozidel. Tedy i přes technický pokrok, který zajistil z hlediska zabezpečení přejezdu maximální spolehlivost, nejsou statistiky mimořádných událostí na přejezdech uspokojivé. Alarmující je fakt, že se tak děje i na přejezdech se závorami, tedy přejezdovém zabezpečovacím zařízení s nejvyšším stupněm zabezpečení. I přes to, že dle drážní inspekce je hlavní příčinou nehod na přejezdech, nerespektování zákona o provozu na pozemních komunikacích řidiči automobilů, je snahou této diplomové práce, rozbor současných principů logiky přejezdu, možnost jejich doplnění, úprav a zhodnocení jejich dopadů na železniční i silniční provoz.

1 Charakteristické principy a funkční vlastnosti PZZ

1.1 Legislativa

Problematiku přejezdů upravuje několik právních předpisů, zákonů a vyhlášek. Mezi právní předpisy, které upravují povinnosti vlastníka žel. přejezdu a uživatele žel. přejezdu, především patří:

- Zákon č. 266/1994 Sb. o drahách
- Zákon č. 13/1997 Sb. o pozemních komunikacích
- Vyhláška MD č. 30/2001 Sb., kterou se provádějí pravidla provozu na pozemních komunikacích a úprava a řízení provozu na pozemních komunikacích
- Zákon č. 361/2000 Sb., o provozu na pozemních komunikacích a o změnách některých zákonů (zákon o silničním provozu)

Technické požadavky na řešení přejezdových zabezpečovacích zařízení používaných na celostátních, regionálních drahách a vlečkách a pro zajištění bezpečnosti a řízení pohybu drážních a silničních vozidel, cyklistů a chodců na přejezdu, stanovují následující technické normy:

- ČSN 34 2650 ed. 2 Železniční zabezpečovací zařízení – Přejezdová zabezpečovací zařízení
- ČSN 73 6380 Železniční přejezdy a přechody
- ČSN 34 2600 ed. 2 Drážní zařízení – Železniční zabezpečovací zařízení

V zákoně č. 13/1997 Sb. o pozemních komunikacích, § 37 - Styk s dráhami, je uvedena základní definice. *Přejezd je úrovněvé křížení dráhy s pozemní komunikací.* Norma ČSN 34 2650 ed. 2 dále tuto definici rozšiřuje. *Přejezdem se rozumí i úrovněvé křížení dráhy s komunikací pro pěší nebo cyklistické stezky.*

Způsoby a pravidla chování účastníků silničního provozu, ve vztahu k žel. přejezdu upravuje Zákon č. 361/2000 Sb., o provozu na pozemních komunikacích a o změnách některých zákonů (zákon o silničním provozu). Především § 28 a § 29 tohoto zákona, vymezuje pravidla o pohybu silničních vozidel v okolí přejezdu a vně přejezdu. § 29, článek 1 stanovuje podmínky, za jakých nesmí řidič silničního vozidla vjet do prostoru žel. přejezdu:

- je-li dávana výstraha dvěma červenými střídavě přerušovanými světly signálu přejezdového zabezpečovacího zařízení
- je-li dávana výstraha přerušovaným zvukem houkačky nebo zvonku přejezdového zabezpečovacího zařízení
- sklápějí-li se, jsou-li sklopeny nebo zdvihají-li se závory
- je-li již vidět nebo slyšet přijíždějící vlak nebo jiné drážní vozidlo nebo je-li slyšet jeho houkání nebo pískání; toto neplatí, svítí-li přerušované bílé světlo signálu přejezdového zabezpečovacího zařízení
- dává-li znamení k zastavení vozidla zaměstnanec dráhy kroužením červeným nebo žlutým praporkem a za snížené viditelnosti kroužením červeným světlem,
- nedovoluje-li situace za železničním přejezdem jeho bezpečné přjetí a pokračování v jízdě

Dodržování výše uvedených norem a zákonů je nezbytné pro bezpečný provoz na žel. přejezdech. Jejich bezpečný a bezporuchový provoz zajišťuje Správa železniční dopravní cesty (SŽDC), která plní funkci vlastníka dráhy a provozovatele dráhy. SŽDC mimo jiné vykonává údržbu, dohled a kontrolu stavu PZ, investuje do modernizace čímž zvyšuje bezpečnost na železničních přejezdech.

1.2 Statistiky

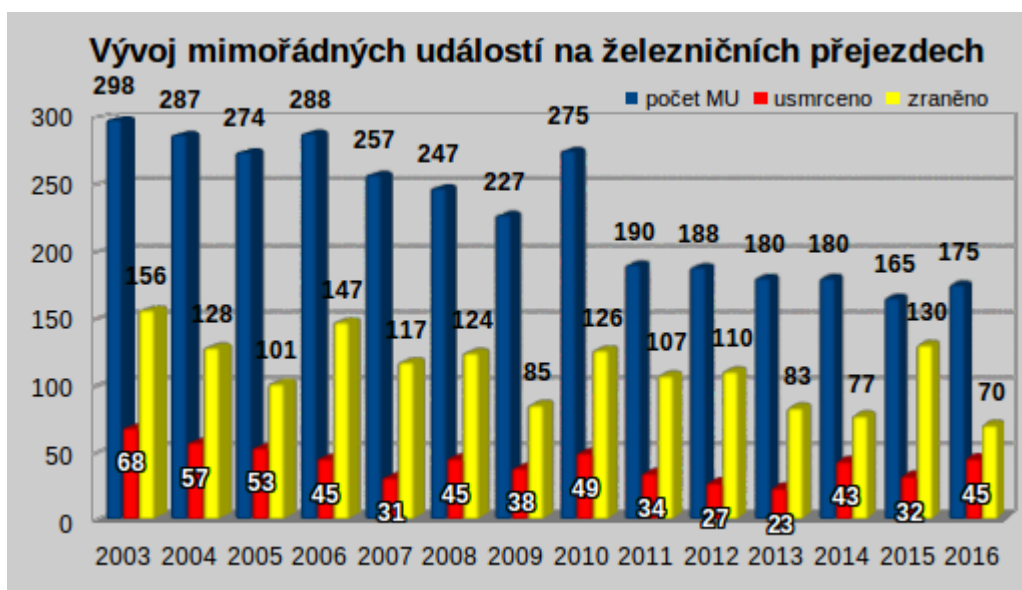
V hustotě žel. přejezdů na km tratě je česká železnice v evropském měřítku na pátém místě za železnicemi Rakouska, Švýcarska, Nizozemí a Švédska. Počet PZ, dle jednotlivých typů v ČR ke dni 31.12 2016 jsou patrné z tabulky č. 1.

Přejezdy zabezpečené pouze výstražným křížem	3 938
Přejezdy zabezpečené přejezdovým zabezpečovacím zařízením (PZZ)	4 023
Přejezdy zabezpečené světelným PZZ (PZS)	3 666
PZS se závorami	1 310
PZS bez závor	2 356
Přejezdy zabezpečené mechanickým PZZ (PZM)	326
Počet přejezdů celkem	7 961

Tabulka 1: Počet jednotlivých druhů přejezdů

S velkým počtem PZ, bohužel souvisí i velké množství mimořádných událostí. Příčinou střetů je nejčastěji nerespektování výstražného zabezpečovacího zařízení,

neopatrnost nebo dokonce ignorace základních pravidel, která jsou nutná pro bezpečný pohyb silničních vozidel v prostoru přejezdu. Neuspokojivý trend ve vývoji počtu usmrcených osob na PZ je patrný z grafu č. 1 [6].



Graf 1: Statistika mimořádných událostí na PZ [6]

Zajímavý pohled přináší srovnání následků mimořádných událostí, dle způsobu zabezpečení přejezdu, viz tabulka č. 2. Na přejezdu zabezpečeném pouze výstražnými kříži (a to i s vyšší početní převahou), došlo k méně mimořádným událostem, než na PZS. Vzhledem k určení PZ s výstražnými kříži, může být příčinou nižší rychlost a frekvence železničních i silničních vozidel, ale také díky absenci výstražného zabezpečovacího zařízení je větší pravděpodobnost, že jsou řidiči nuceni k větší soustředěnosti a opatrnosti.

Střetnutí na ŽP dle zabezpečení přejezdu - v roce 2016			
PZZ	počet MU	usmrceno	zraněno
Výstražný kříž	68	7	21
PZ světelný bez závor	78	25	34
PZ světelný se závorami	29	13	14
PZ mechanické	0	0	0
Celkem	175	45	69

Tabulka 2: MU dle způsobu zabezpečení PZ

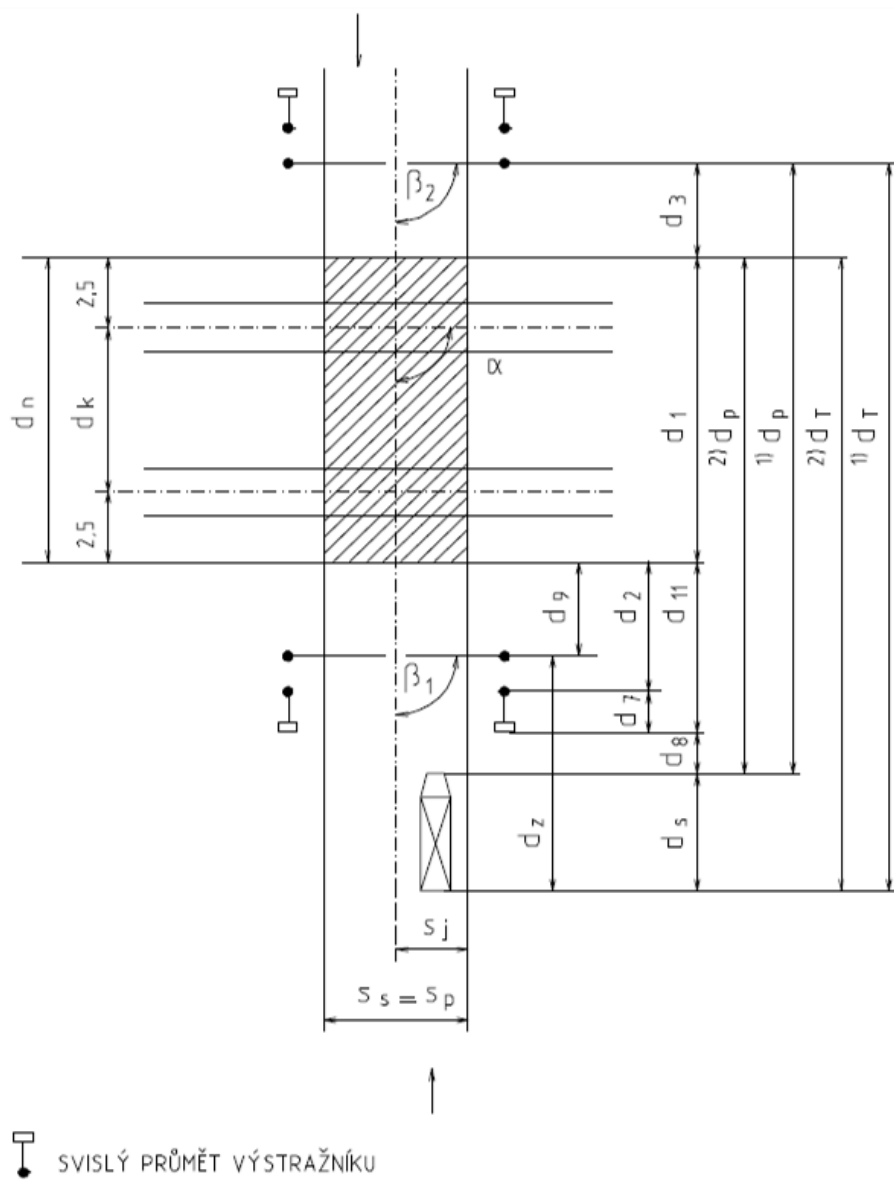
Vyšší stupeň zabezpečení, však paradoxně znamená nárůst nehod. Ze statistik Drážní inspekce vyplývá, že právě na přejezdech vybavených světelným signalizačním zařízením bez závor, jichž je čtvrtina z celkového počtu, dochází k polovině všech nehod. To jen potvrzuje

fakt, že kmitající červená světla jsou leckdy řidiči motorových vozidel brána na lehkou váhu. Účastníci silničního provozu totiž často vjíždějí na koleje ještě bezprostředně poté, když výstražná světla začnou blikat. Tyto střety kvůli velké rychlosti vlaků většinou končí smrtí či vážným poraněním posádky automobilu. Řidiči se také pokoušejí přejet přejezd ihned po průjezdu vlaku i přes to, že červená výstražná světla stále signalizují výstrahu. Neuvědomují si ale, že ve velmi krátkém časovém sledu může po stejné nebo druhé koleji přijíždět další vlak.

1.3 Obecné principy

1.3.1 Hranice nebezpečného pásma přejezdu

Pro výpočty v následujících kapitolách je nutné definovat fyzickou podobu přejezdu z hlediska jeho konstrukce, geometrického uspořádání, konfigurace výstražníků a pohonu závor.



Obrázek 1: Definice délek prostoru přejezdu s kolmým úhlem křížení [1]

Konkrétní délkové údaje použité pro následující modelové výpočty jsou uvedeny v příloze A. Důležitou oblastí prostoru přejezdu z obrázku č. 1 je vyšrafovaná část. Její dílčí délka je označena indexem d_n a definuje vzdálenost hranic nebezpečného pásma. U jednokolejného přejezdu se délka d_n rovná 5 m, u vícekolejného přejezdu (viz obrázek 1) je dána vztahem:

$$d_n = d_k + 5 \quad [\text{m}] \quad (1)$$

d_k – vzdálenost os krajních kolejí; u jednokolejného přejezdu $d_k = 0$

Šířka hranic nebezpečného pásma, je dále vymezena šířkou pozemní komunikace počítáno v místě, v kterém ji protíná osa koleje. Tento rozměr koresponduje s šířkou přejezdu S_p . V případě, že je silniční komunikace na osu koleje kolmá, koresponduje zároveň s celkovou šířkou všech jízdních pruhů pozemní komunikace S_s . Pokud není ve směru jízdy silničního vozidla za přejezdem závor, je právě hranice nebezpečného pásma, určující pro výpočet zahájení výstrahy.

Výstraha musí být zahájena tak, aby i nejdelší a nejpomalejší uživatel pozemní komunikace, který je při spuštění výstrahy 1 m před výstražníkem (nebo závorou, zasahuje-li před výstražník), minul hranici nebezpečného pásma s rezervou bezpečnostní doby před příjezdem čela drážního vozidla [1]. Tato definice tedy platí pro konfiguraci přejezdu bez závor, anebo s polovičními závorami, kde je závor umístěna v jízdním pruhu ve směru jízdy silničního vozidla, pouze před přejezdem.

U konfigurace přejezdu s celými závorami, anebo polovičními, kde je břevno závory umístěno v jízdním pruhu ve směru jízdy silničního vozidla i za přejezdem, *musí být výstraha zahájena tak, aby i nejdelší a nejpomalejší uživatel pozemní komunikace, který je při spuštění výstrahy 1 m před výstražníkem (nebo závorou, zasahuje-li před výstražník), minul závoru za přejezdem dříve, než se její břevno začne sklápět s rezervou bezpečnostní doby před příjezdem čela drážního vozidla [1].*

1.3.2 Průběh výstražné doby

Průběh výstražné doby se v závislosti na konfiguraci skládá z několika dílčích dob. Doba, za kterou musí být účastníkem silničního provozu vyklizena hranice nebezpečného pásma nebo za kterou, mine závoru za přejezdem, se nazývá dobou vyklizovací. Pro výpočet vyklizovací doby t_v , je třeba zahrnout kromě délky pásma přejezdu d_p i délku silničního

vozidla d_s , která je obvykle dána hodnotou $d_s = 22$ m pro přejezd a $d_s = 3$ m pro přechody nebo křížení s cyklistickou stezkou. Pak se výsledná délka d_T rovná:

$$d_T = d_p + d_s \quad [\text{m}] \quad (2)$$

Vyklizovací doba t_v je dána rovnicí:

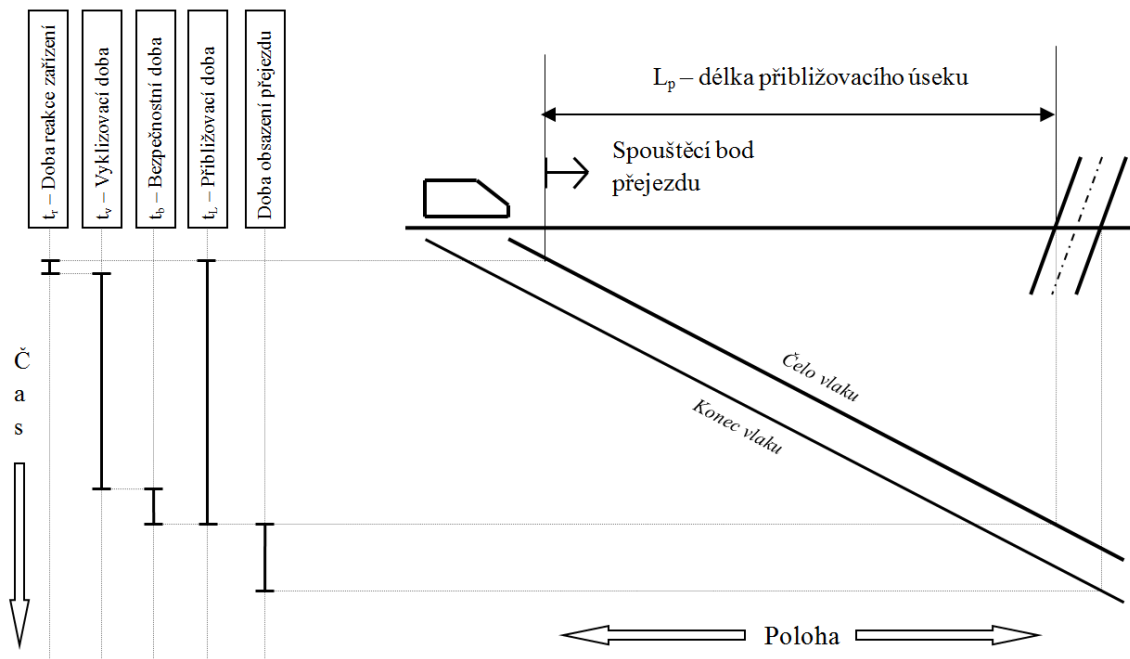
$$t_v = 3,6 \cdot d_T \cdot V_s^{-1} \quad [\text{s}; \text{m}; \text{km/h}] \quad (3)$$

d_T – délka směrodatná pro výpočet vyklizovací doby

V_s – rychlost nejpomalejšího silničního vozidla (není-li rychlost nejpomalejšího silničního vozidla určena, použije se pro chodce a cyklisty $V_s = 3 \text{ km.h}^{-1}$ pro ostatní uživatele $V_s = 5 \text{ km.h}^{-1}$) [1]

Průběh výstražné doby se dále skládá z následujících dílčích dob. Doba t_r , což je doba reakce zařízení od ovlivnění ovládacího prvku závislého na jízdě drážního vozidla do zahájení výstrahy, dále z tzv. bezpečnostní doby t_b a v případě že je přejezd vybaven polovičními závory také přidavnou dobou t_x . Součet těchto dob, které se uplatní v závislosti na použité konfiguraci přejezdu, definuje tzv. přibližovací dobu t_L . Pro jednotlivé konfigurace přejezdu bude výstražná doba vypadat následovně:

a) Průběh výstražné doby na přejezdu bez závor



Graf 2: Průběh výstražné doby na přejezdu bez závor

Průběh výstražné doby na přejezdu bez závor je součtem dílčích dob t_r , t_v , t_b a doby obsazení prostoru přejezdu železničním vozidlem. Výsledkem součtu dílčích dob t_r , t_v a t_b je v konfiguraci přejezdu bez závor, doba přibližovací, pro kterou platí rovnice:

$$t_L = t_r + t_v + t_{b1} + t_{b2} \quad [\text{s}] \quad (4)$$

t_r – doba reakce zařízení

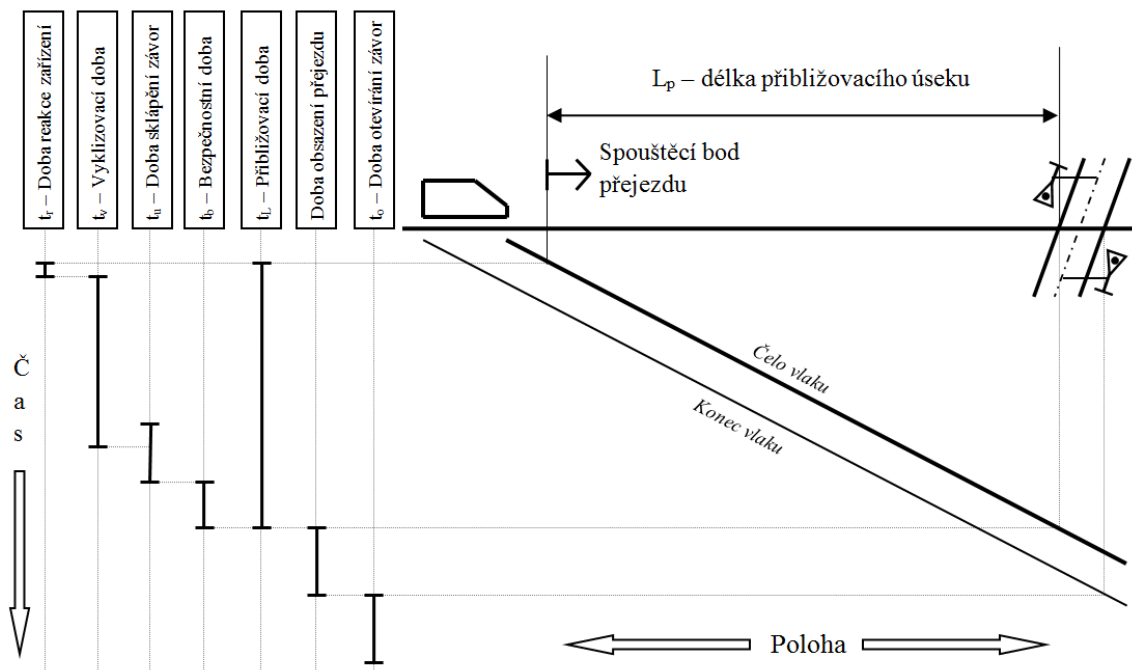
t_v – vyklizovací doba

t_{b1} – základní bezpečnostní doba ($t_{b1} = 6 \text{ s}$) [1]

t_{b2} – přídatná bezpečnostní doba ($t_{b2} = 3 \text{ s}$) [1]

Průběh výstražné doby na přejezdu bez závor vyjadřuje graf č. 2.

b) Průběh výstražné doby na přejezdu s polovičními závorami



Graf 3: Průběh výstražné doby na přejezdu s polovičními závorami

Jelikož u přejezdu s polovičními závorami, se břevno závor nachází pouze v jízdním pruhu před přejezdem ve směru jízdy silničního vozidla, je možné začít sklápění břevna závor dříve, než uplyne vyklizovací doba. Sklápění břevna závor již nijak neomezí projíždějící vozidlo, jelikož prostor před ním je volný a má možnost opustit hranici nebezpečného pásma v časovém limitu daném vyklizovací dobou. Je definován časový interval, který začíná

spuštěním výstrahy a končí v době, kdy silniční vozidlo (nebo chodec) mine závoru před přejezdem a ta se může začít sklápět. Tento interval se nazývá předzváněcí doba t_z a je dán rovnicí:

$$t_z = 3,6 \cdot d_z \cdot V_s^{-1} \quad [\text{s}; \text{m}; \text{km/h}] \quad (5)$$

d_z – je vzdálenost od konce silničního vozidla před přejezdem k nejbližší části břevna závor

V_s – rychlost nejpomalejšího silničního vozidla (není-li rychlost nejpomalejšího silničního vozidla určena, použije se pro chodce a cyklisty $V_s = 3 \text{ km.h}^{-1}$ pro ostatní uživatele $V_s = 5 \text{ km.h}^{-1}$)

Doba, za kterou musí účastník silničního provozu opustit hranici nebezpečného pásma, tedy předzváněcí doba, je v tomto případě dána vztahem:

$$t_L = t_r + t_v + t_{b1} + t_{b2} + t_x \quad [\text{s}] \quad (6)$$

t_r – doba reakce zařízení

t_v – vyklizovací doba

t_{b1} – základní bezpečnostní doba ($t_{b1} = 6 \text{ s}$)

t_{b2} – přídatná bezpečnostní doba ($t_{b2} = 3 \text{ s}$)

t_x – přídatná doba na úplné sklopení závor

Průběh výstražné doby na přejezdu s polovičními závorami je patrný na grafu č. 3.

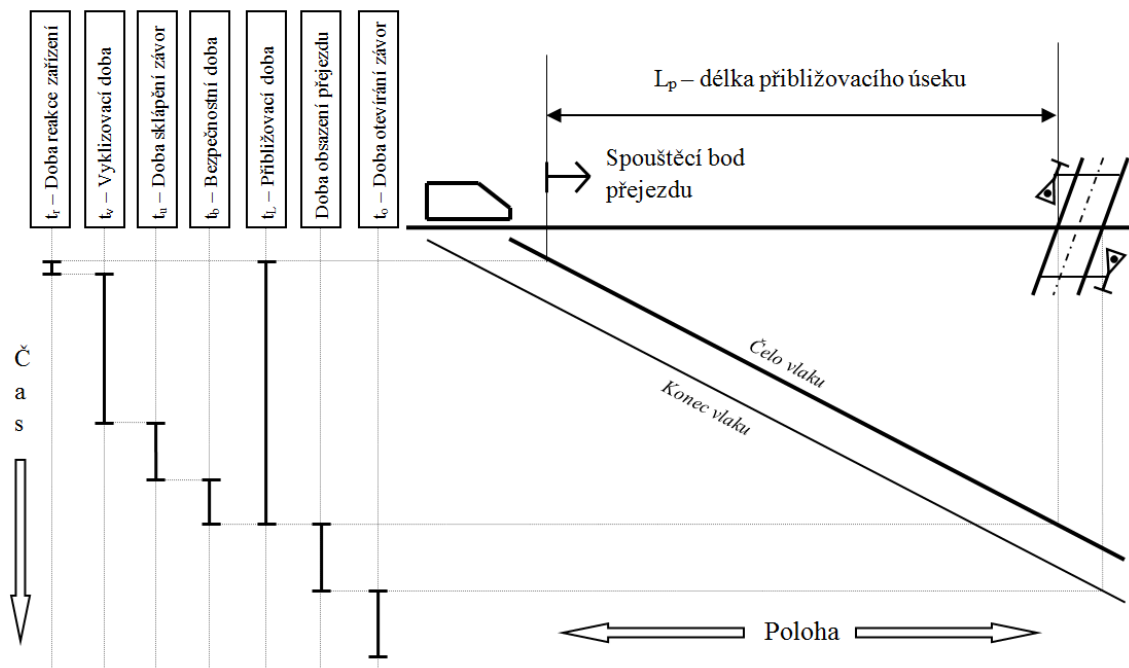
c) Průběh výstražné doby na přejezdu s celými závorami

U přejezdu s celými závorami musíme při výpočtu vyklizovací doby t_v , zohlednit fakt, že účastník silničního provozu musí za tento interval, překonat nejen vzdálenost d_T za hranici nebezpečného pásma, ale musí i minout závoru za přejezdem. Předzváněcí doba t_{zz} pro břevno závor za přejezdem se rovná vyklizovací době t_v a je tedy dána vztahem:

$$t_{zz} = t_v \quad [\text{s}] \quad (7)$$

t_{zz} – předzváněcí doba pro břevno závor za přejezdem

t_v – vyklizovací doba



Graf 4: Průběh výstražné doby na přejezdu s celými závory

Doba, za kterou musí účastník silničního provozu minout závoru za přejezdem, je v tomto případě dána vztahem:

$$t_L = t_r + t_v + t_{b1} + t_{b2} + t_u + t_{u2} \quad [s] \quad (8)$$

t_r – doba reakce zařízení

t_v – vyklizovací doba

t_{b1} – základní bezpečnostní doba ($t_{b1} = 6$ s) [1]

t_{b2} – přídatná bezpečnostní doba ($t_{b2} = 3$ s) [1]

t_u – doba sklápění jednoho břevna závory

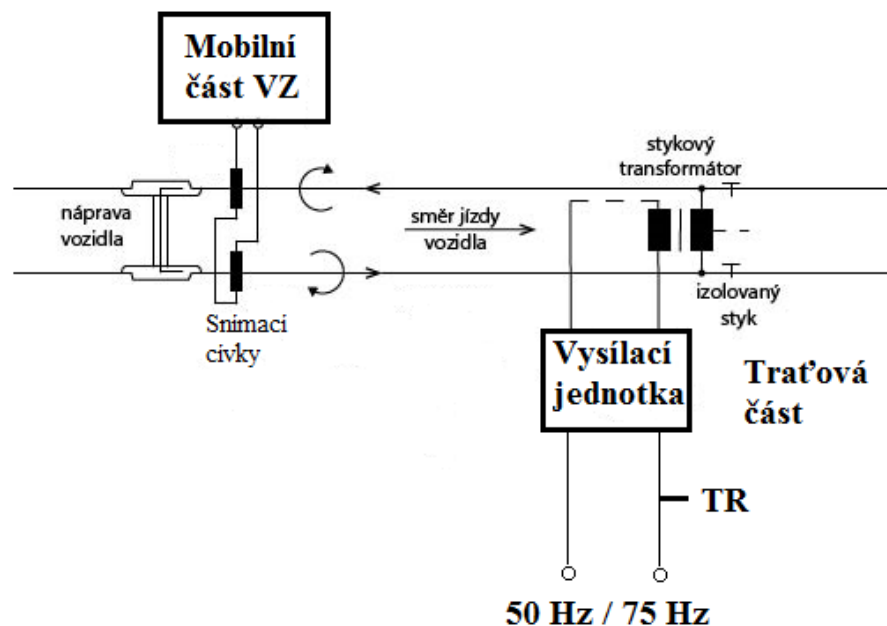
t_{u2} – doba od povelu ke sklápění břevna závory za přejezdem do povelu ke sklopení posledního břevna závory (pro současně sklápěná břevna za přejezdem platí $t_{u2} = 0$)

Průběh výstražné doby na přejezdu s celými závory je zobrazen na grafu č. 4.

1.3.3 Vlakový zabezpečovač

Vlakový zabezpečovač (VZ) implementovaný na žel. síti SŽDC, používá nízkofrekvenční liniový systém pro přenos informace, proto je také označován jako liniový vlakový zabezpečovač (LVZ). Jeho hlavním úkolem je zvyšovat bezpečnost dopravy tím, že kontroluje strojvedoucího, zda dodržuje limitní parametry jízdy vlaku. V případě jejich

nerespektování spustí nouzové brzdění. Dále, může sloužit k přenosu a zobrazování návěstí následujícího návěstidla ve směru jízdy vlaku, na stanoviště strojvedoucího. Skládá se ze dvou hlavních částí, mobilní a traťové, viz obrázek 2.



Obrázek 2: Principiální schéma vlakového zabezpečovače

Traťová část má za úkol vytvořit frekvenčně impulsní kód, který vzniká superponováním signální frekvence 50 Hz nebo 75 Hz a opakovací frekvence, představující kód návěstí. Kód vzniká přerušováním signální frekvence kontaktem relé TR, dříve používaným transmitním relé, nyní nahrazen bezkontaktními spínači TYS. Přenos informací VZ je uskutečněn pomocí kolejnicových pásů, které jsou protékány proudem frekvenčně impulsního kódu uzavírajícího se přes první nápravu lokomotivy. Protékající proud, vytváří kolem kolejnice magnetické pole, které se induktivní cestou přenesou pomocí snímacích cívek na lokomotivu. Indukovaný proud, který je nositelem informace je zpracován a vyhodnocen mobilní částí VZ [4].

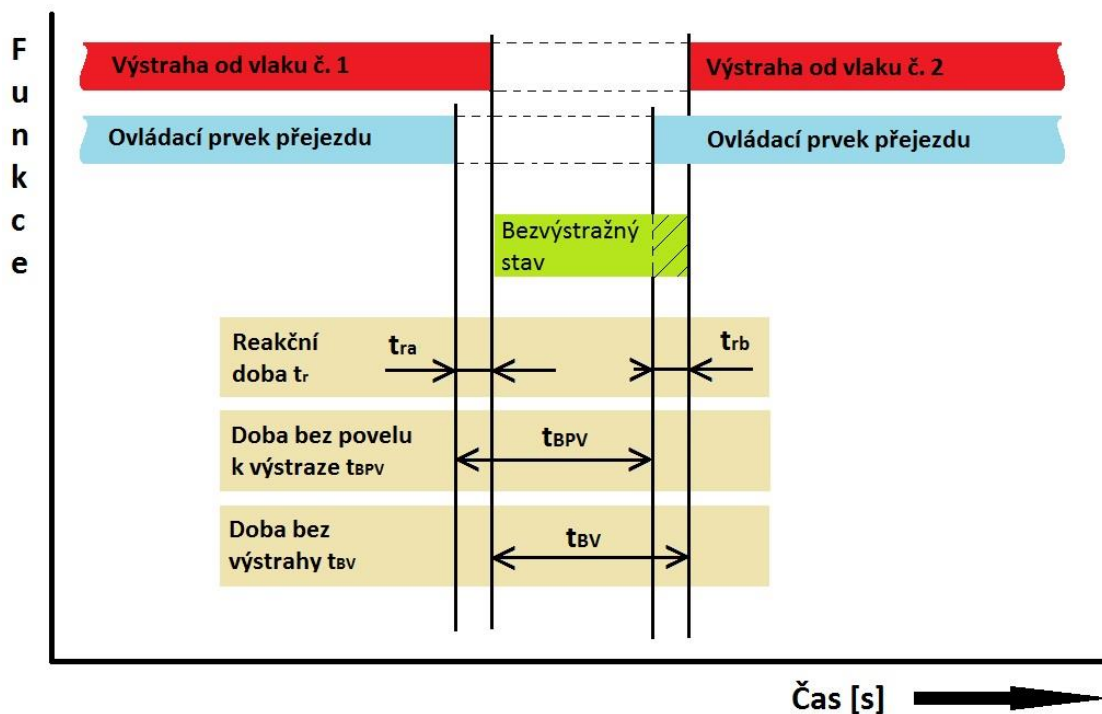
V mobilní části LVZ jsou informační kmitočty dekodovány a převedeny do znaků návěstního opakovače. Při příjmu povolujících návěstních znaků, není vyžadována obsluha tlačítka bdělosti strojvedoucím, při příjmu zakazujících návěstních znaků je vyžadována periodická obsluha tlačítka bdělosti strojvedoucím. Není-li obslouženo tlačítko bdělosti do požadovaného časového intervalu, rozezvučí se výstražná houkačka, a pokud ani bezprostředně po tomto úkonu není tlačítko bdělosti obslouženo, dojde k nouzovému brzdění. To je způsobeno otevřením elektromagnetického ventilu hlavního vzduchového potrubí.

2 Problémy spojené s provozováním stávajících PZZ

2.1 Absence minimální doby bez povelu k výstraze a absence předzváněcí doby PZS

K častému porušení pravidel silničního provozu, z hlediska zákazu vjezdu do prostoru přejezdu bez závor, dochází v době bezprostředně po průjezdu vlaku a ukončení výstrahy. Řidiči uvedou silniční vozidlo do pohybu a čelem vozidla vjedou do prostoru přejezdu, odkud již není výhled na výstražník možný. Na výstražníku však může opět dojít k aktivaci červených světel vlivem následné výstrahy, vyvolané ovlivněním zapínacího prvku přejezdu dalším vlakem, a to kdykoliv po ukončení první výstrahy. Tato situace může být policíí, na základě silničního zákona, vyhodnocena jako protiprávní jednání. Eliminace tohoto jevu spočívá v úpravě PZS, jehož výsledkem bude jasně definovaný časový interval, který zaručí konkrétní dobu mezi dvěma bezprostředně po sobě vyvolanými výstrahami, tj. od konce jedné výstrahy do zahájení výstrahy následující. Vlastností provozovaných přejezdů je nedodržení určité „minimální doby bez výstrahy“, kdy by bylo zajištěno, že po ukončení výstrahy nezačne nová výstraha dříve než po uplynutí takové minimální doby. S tím je spojen i problém eliminace situace, kdy v době ukončování výstrahy, tj. od ukončení povelu k výstraze do samotného ukončení výstrahy, se výstraha znovu aktivuje, což je záležitost přejezdů se závorami a projeví se okamžitým sklopením závor (tj. bez uplatnění předzváněcí doby) v době, kdy dochází k jejich zvedání.

Norma ČSN 34 2650, v čl. 5.3.4.11 pojednává o neuplatnění odkládání zahájení výstrahy (pro přejezdy se zapínacími prvky v polohách, na které takové odložení výstrahy vede) v situaci, kdy by přejezd byl otevřen, kratší dobu než 7 s, doslova se tam uvádí: *Pokud je zapínací prvek situován tak, že je potřebné odkládat okamžik zahájení výstrahy, neuplatní se toto odložení v případě, že je při jízdě drážního vozidla na přejezd přejezdovým zařízením ve výstraze zjištěno, že doba, po kterou by byl přejezd otevřen, bude kratší než 7 s [1].* Z toho lze odvodit požadavek na **minimální dobu bez výstrahy**, která začíná okamžikem ukončení výstrahy a která by neměla být kratší právě než 7 s. Z takové doby lze pak odvodit **minimální dobu bez povelu k výstraze**, která bude představovat další směrodatný parametr přejezdu, přičemž s minimální dobou bez výstrahy bude svázána skrze reakční dobu zařízení a u přejezdu se závorami pak zejména dobou na zvednutí břevna závor.



Graf 5: Detail části průběhu, dvou po sobě vyvolaných výstrah na přejezdu bez závor

Na grafu č. 5 je patrná situace na přejezdu bez závor, kde dochází k ukončování výstrahy od vlaku č. 1 a s respektováním doby bez povelu k výstraze začne výstraha od vlaku č. 2. Ovládací prvek přejezdu, přestane z důvodu ovlivnění vypínacího prvku vlakem č. 1, generovat povel pro výstrahu. Od tohoto okamžiku je počítána **doba bez povelu k výstraze** t_{BPV} , tedy doba, která musí zajistit, aby v případě přijetí požadavku na další výstrahu, tato byla logikou přejezdu vykonána až po stanovené době. Po uplynutí **reakční doby** t_{ra} , se začíná počítat čas intervalu t_{BV} , tedy **doby bez výstrahy**, která zaručí časový interval, ve kterém nebude z pohledu účastníka silničního provozu, vydávána výstraha. Ta bude zahájena minimálně po uplynutí **doby bez povelu k výstraze** t_{BPV} a reakční doby t_{rb} . Doba mezi ukončením povelu pro výstrahu od vlaku č. 1 a začátkem výstrahy od vlaku č. 2 se rovná:

$$t_c = t_{ra} + t_{BV} + t_{rb} \quad [s] \quad (9)$$

t_{ra}, t_{rb} – reakční doby (1 s) [1]

t_{BV} – minimální doba bez výstrahy (7 s)

Na přejezdu se závorami, viz graf č. 6, se po zahájení procesu ukončování výstrahy od ovládacího prvku přejezdu a po započítání **reakční doby** t_{ra} , začne uplatňovat interval **doby bez povelu k výstraze** t_{BPV} , ve kterém se jako v předchozím případě nesmí po stanovenou dobu v případě přijetí požadavku na zahájení výstrahy výstraha vydávat. Součástí toho

intervalu je také doba **otevření závor** t_{oz} , která je závislá na konfiguraci přejezdu. V průběhu otevírání závor je nepřipustné znovu zahájit proces výstrahy, pokud by zahájena byla v průběhu intervalu t_{oz} , došlo by k neuplatnění předzváněcí doby, se všemi výše popsánymi důsledky. Po dovršení času otevírání závor je zahájen interval **doby bez výstrahy** t_{BV} , který opět zajistí zaručenou dobu, po kterou se na přejezdu neaktivuje výstraha. Po ukončení doby bez povelu k výstraze, ovládací prvek přejezdu vydá povel a logika přejezdu zahájí proces výstrahy. Po ukončení **reakční doby** t_{rb} , je zahájena výstraha na přejezdu od vlaku č. 2. Ve stejném okamžiku je také zahájen odpočet **předzváněcí doby** t_z , po odpočtu stanovené doby, je vydán povel pro sklopení břevna závor. Celková doba mezi ukončením povelu pro výstrahu od vlaku č. 1 a začátkem výstrahy od vlaku č. 2 se rovná:

$$t_c = t_{ra} + t_{oz} + t_{BV} + t_{rb} \quad [s] \quad (10)$$

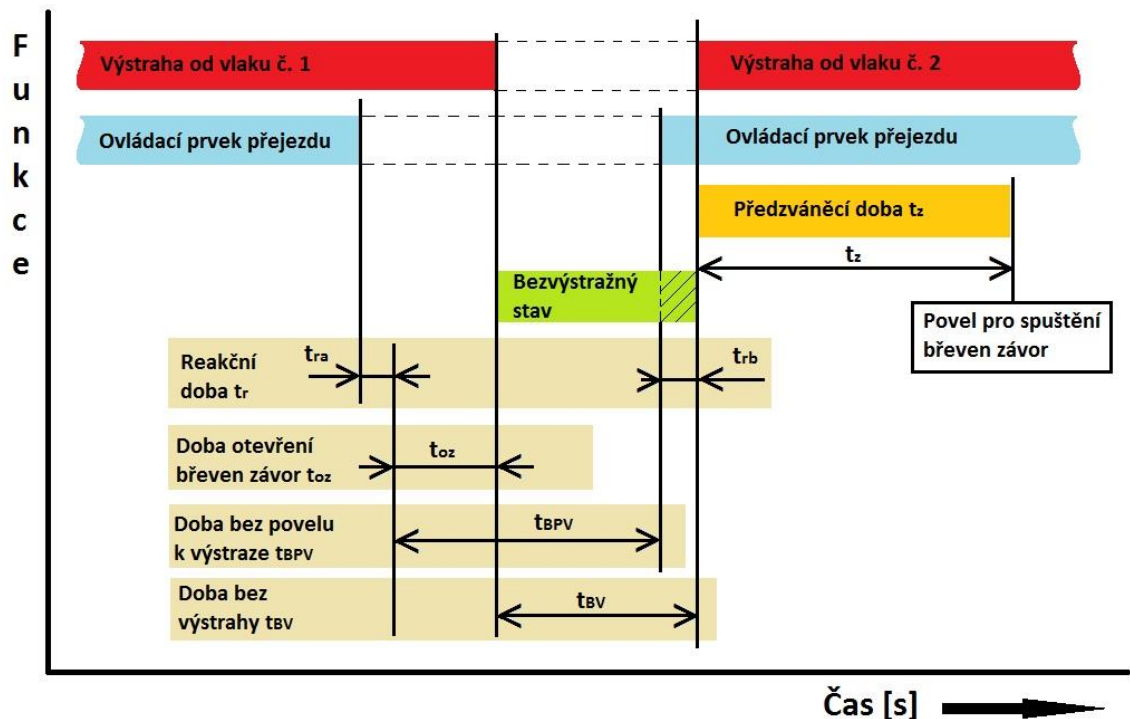
t_{ra} , t_{rb} – reakční doby (1 s)

t_{oz} – doba otevírání závor

současně zvedané závory (12 s) [15]

postupně zvedané závory (24 s) [15]

t_{BV} – minimální doba bez výstrahy (7 s)



Graf 6: Detail části průběhu, dvou po sobě vyvolaných výstrah na přejezdu se závorami

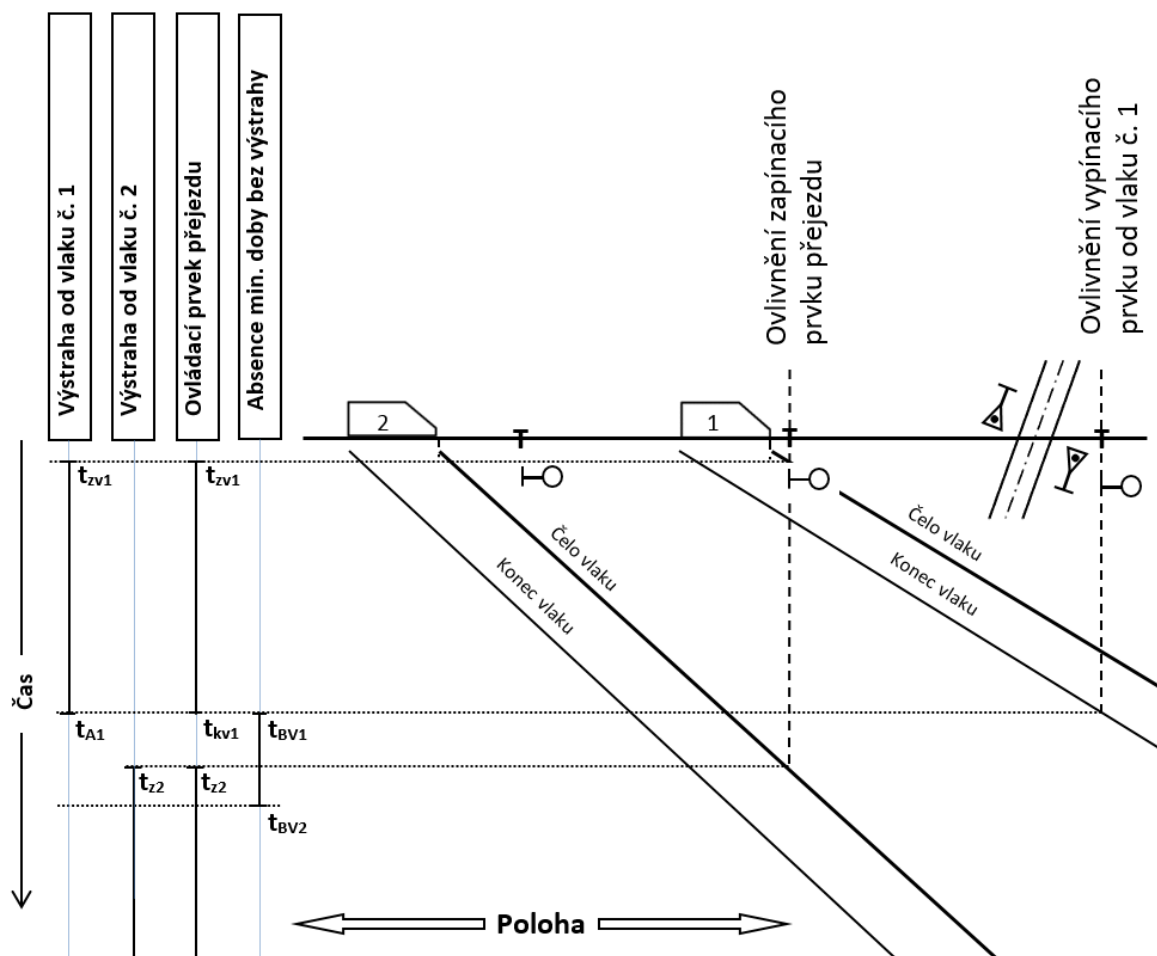
Vzhledem k potřebám této diplomové práce a velikostem reakčních dob t_{ra} a t_{rb} , především u přejezdu se závorami, nebudou dále uvažovány.

2.1.1 Absence minimální doby bez povelu k výstraze a absence předzváněcí doby na jednokolejném PZS

V kapitole 1.3.2 je popsán průběh výstražných dob, pro jednotlivé konfigurace PZS. Na jednokolejném přejezdu bez závor je průběh výstražné doby patrný z grafu č. 2. Složení jednotlivých částí je neměnné a opakuje se, při každé vyvolané výstraze. Zásadní z hlediska minimální doby bez výstrahy ovšem bude okamžik ovlivnění zapínacího prvku, od následujícího vlaku. Ten může nastat v okamžiku:

- a) kdy ještě na PZS probíhá výstraha od prvního vlaku
- b) který se nachází v intervalu minimální doby bez povelu k výstraze
- c) který následuje za intervalem minimální doby bez povelu k výstraze

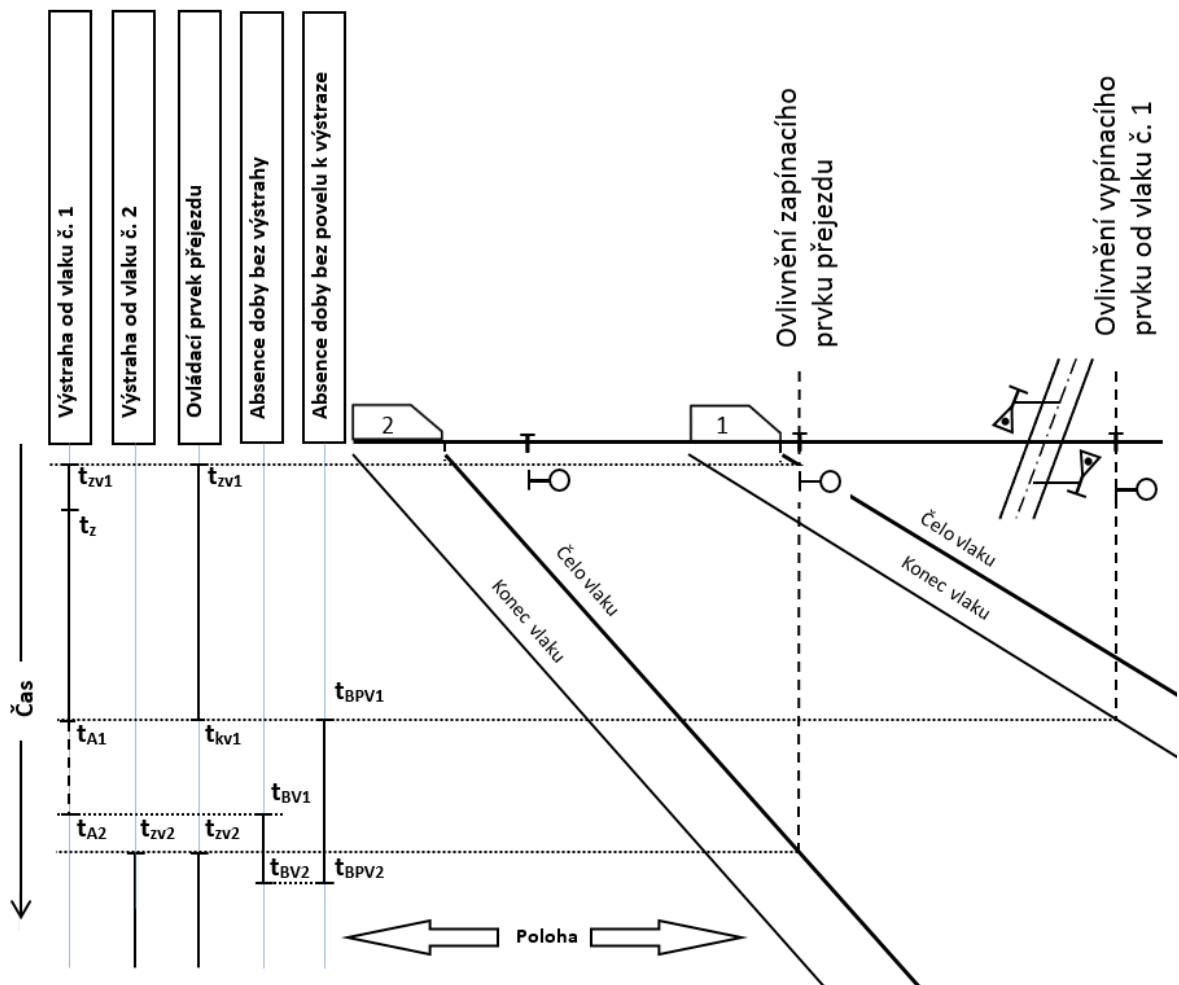
V případě bodu a) zůstane přejezd ve výstraze, bez přerušení. Původní výstraha od prvního vlaku, přejejde plynule bez přerušení do výstrahy od ovlivnění zapínacího prvku druhého vlaku. Výstraha na přejezdu je tedy pro účastníky silničního provozu jednoznačná. V případě bodu c) je interval doby bez povelu k výstraze dodržen a je zaručena doba, v které může účastník silničního provozu vjet do prostoru přejezdu, aniž by došlo k bezprostřední následující výstraze a tím potencionálnímu porušení zákona. Z hlediska jednoznačnosti vnímání výstrahy je nejméně příznivý případ, popsáný v bodu b), kde není zaručena minimální doba bez povelu k výstraze. Bližší pohled na celou situaci v konfiguraci jednokolejného přejezdu, bez závor a návěstídlů s permisivní návěstí stůj, nabízí graf č. 7.



Graf 7: Neuplatnění minimální doby bez povelu k výstraze na jednokolejném PZS bez závor

Legenda: t_{zv1} – ovlivnění zapínacího prvku od prvního vozidla; t_{A1} – ovlivnění vypínacího prvku; t_{zv2} – povel pro výstrahu od dalšího žel. vozidla; t_{kv1} – ovlivnění vypínacího prvku od vlaku č. 1; $(t_{BV1} - t_{BV2})$ – interval minimální doby bez povelu k výstraze

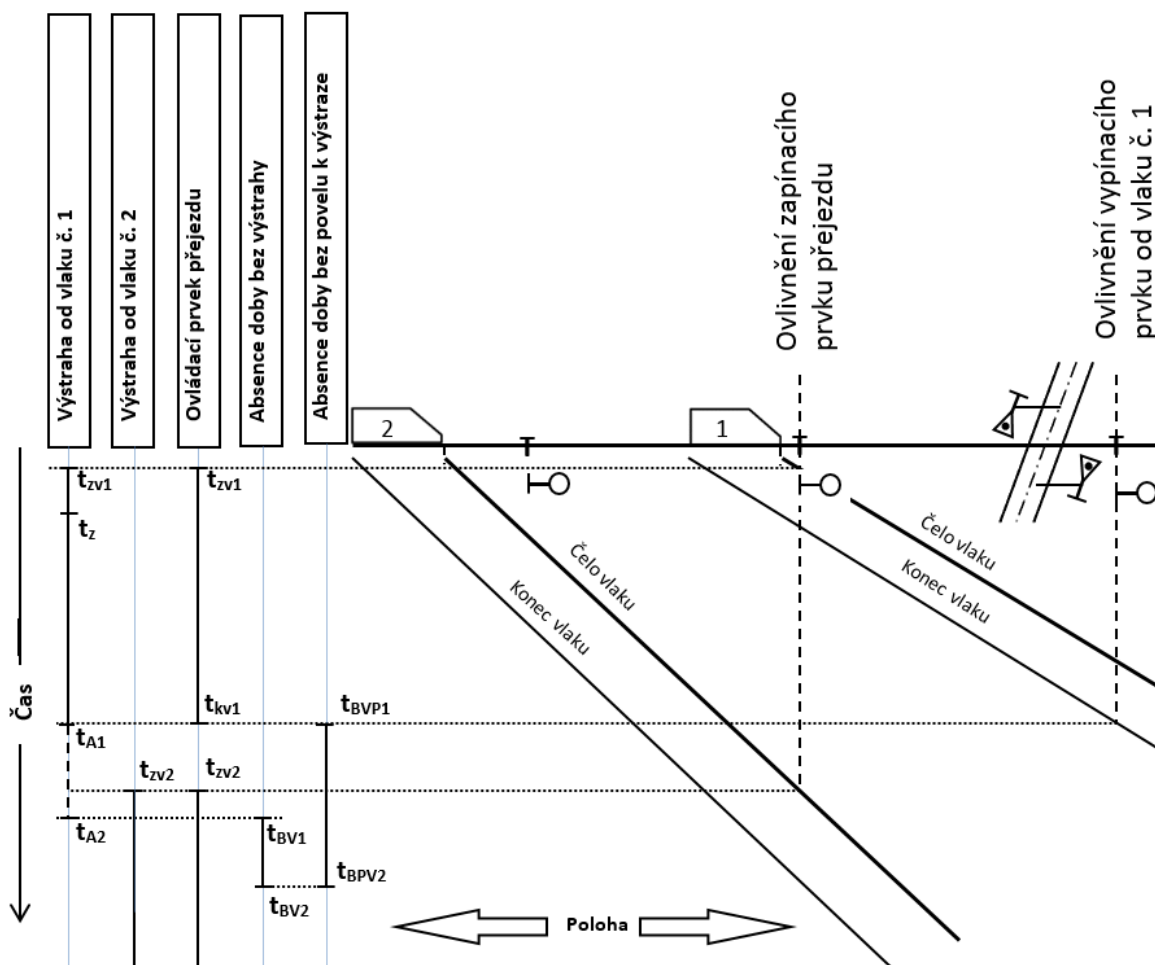
Situace z grafu č. 7 naznačuje jízdu vlaku č. 1, který opouští prostor přejezdu, ovlivní vypínací prvek a tím dojde k ukončení výstrahy. Účastníci silničního provozu mohou vjet do prostoru přejezdu. V bezprostředně následujícím okamžiku však dochází k ovlivnění zapínacího prvku přejezdu od vlaku č. 2. Ten zahájí proces následné výstrahy ve chvíli, kdy není splněna podmínka minimální doby bez povelu k výstraze. Což znamená, že bez výstražný stav trvá tedy v tomto případě velmi malý okamžik, pro řidiče silničních vozidel je nejednoznačný. Ti již na nově vyvolanou výstrahu nestačí zareagovat a vjíždí do prostoru přejezdu v době, kdy je již jízda přes přejezd zakázána.



Graf 8: Neuplatnění min. doby bez výstrahy na jednokolejném přejezdu se závorami

Legenda: t_{zv1} – ovlivnění zapínacího prvku od prvního vozidla; t_z – předzváněcí doba; t_{A1} – ovlivnění vypínacího prvku; t_{A2} – definitivní ukončení výstrahy; $(t_{A1} - t_{A2})$ – interval ukončení mechanické výstrahy; t_{zv2} – povel pro výstrahu od dalšího žel. vozidla; t_{kv1} – ovlivnění vypínacího prvku od vlaku č. 1; $(t_{BV1} - t_{BV2})$ – interval minimální doby bez výstrahy; $(t_{BPv1} - t_{BPv2})$ – interval neuplatnění minimální doby bez povelu k výstraze

Na jednokolejném přejezdu se závorami (viz graf č. 8), se kromě povelu k ukončení výstrahy a jeho vykonání, uplatňuje definitivní ukončení výstrahy, což je okamžik, kdy přejezd ukončí mechanickou výstrahu a následuje definitivní konec výstrahy. Od tohoto okamžiku je nutné zajistit, aby výstraha nebyla znovu zahájena v čase, než uplyne doba $t_{BV1} - t_{BV2}$, tedy interval minimální doby bez výstrahy, a tím zajistí jednoznačnost vydané výstrahy.



Graf 9: Neuplatnění předzváněcí doby na jednokolejném přejezdu se závorami

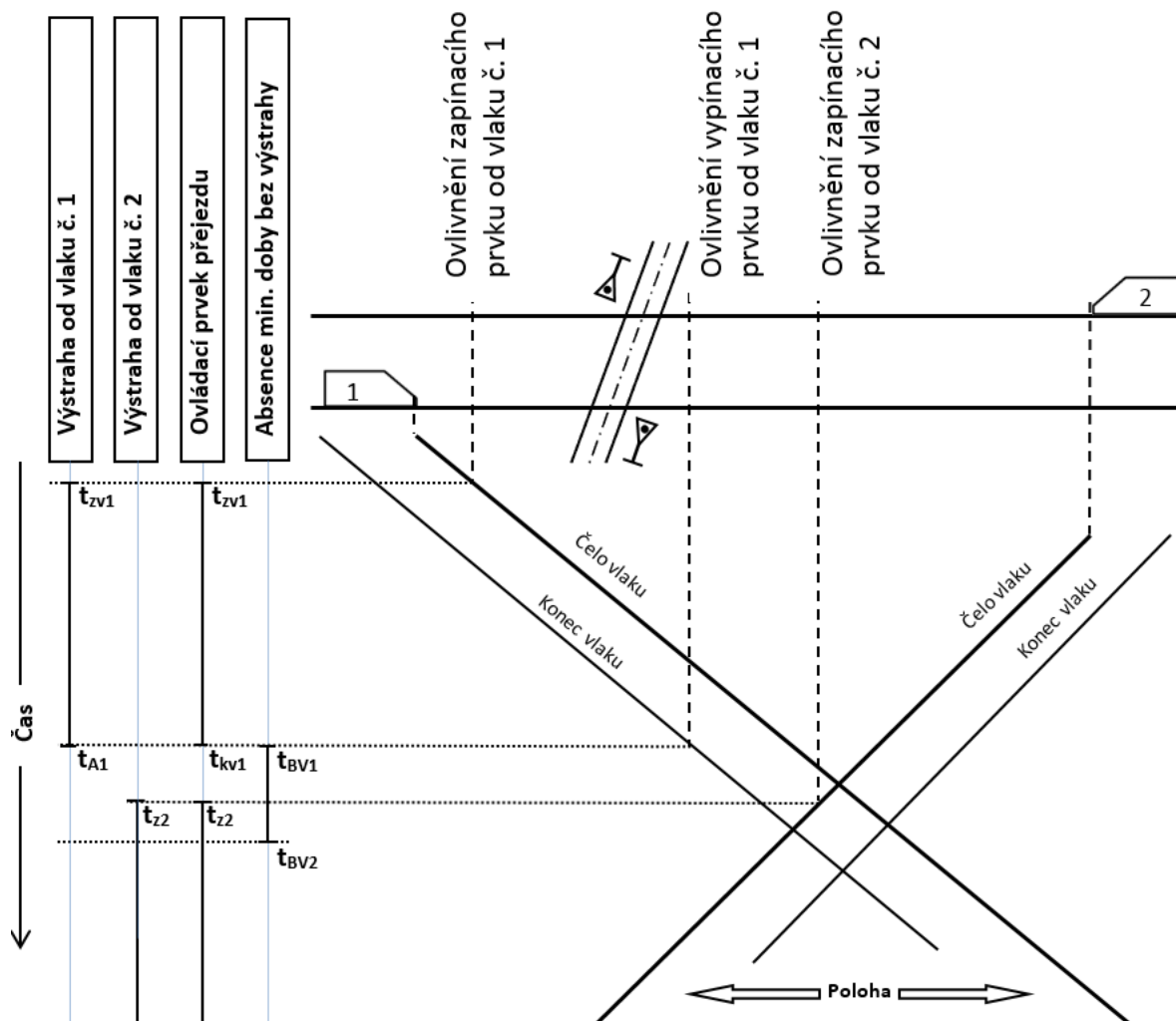
Legenda: t_{zv1} – ovlivnění zapínacího prvku od prvního vozidla; t_z – předzváněcí doba; t_{A1} – ovlivnění vypínacího prvku; t_{A2} – definitivní ukončení výstrahy; $(t_{A1} - t_{A2})$ – interval ukončení mechanické výstrahy; t_{zv2} – povel pro výstrahu od dalšího žel. vozidla; t_{kv1} – ovlivnění vypínacího prvku od vlaku č. 1; $(t_{BV1} - t_{BV2})$ – interval minimální doby bez výstrahy; $(t_{BVP1} - t_{BVP2})$ – interval neuplatnění minimální doby bez povelu k výstraze

Na jednokolejném přejezdu se závorami může nastat situace (viz graf č. 9), kdy v průběhu ukončování výstrahy od vlaku č. 1, dojde k ovlivnění zapínacího prvku od vlaku č. 2. Tím dojde k tzv. neuplatnění předzváněcí doby. To může mít v závislosti na použité logice přejezdu a typu výstražníku, za následek okamžité sklopení břevna závor, bez předchozí předzváněcí doby, tedy doby, která je nezbytná pro vyklizení přejezdu. Hrozí uzavření silničního vozidla v prostoru přejezdu, břevny závor a tím k přímému ohrožení bezpečnosti.

2.1.2 Absence minimální doby bez povelu k výstraze a absence předzváněcí doby na vícekolejném PZS

Ovládací prvek, kterým je dáván logice přejezdu podmět k zahájení výstrahy, je zřizován pro každou kolej zvlášť. Vede-li přejezd přes více kolejí, vyhodnocuje se stav zapínacího ovládacího prvku pro každou kolej samostatně a stav PZ musí odpovídat nejzávažnější situaci. Neuplatnění minimální doby bez povelu k výstraze, nemusí v tomto případě dojít pouze z důvodu jízdy dvou, po sobě jedoucích žel. vozidel stejným směrem, k přejezdu. Ale tento jev, může nastat i v kombinaci jízd žel. vozidel v první nebo druhé, případně další koleji a to při jízdách libovolným směrem. Je tak možné, tuto situaci navodit souběžnou jízdou vlaků. Při ní dochází k pohybu dvou žel. vozidel, stejným směrem, ovšem každé se pohybuje po jiné koleji. První žel. vozidlo jedoucí směrem k přejezdu, například v první koleji, projede prostorem přejezdu a ovlivní jeho vypínací prvek. Logika přejezdu ukončí výstrahu vyvolanou prvním vlakem, jedoucím v první koleji. V krátkém okamžiku následuje začátek výstrahy, vyvolaný druhým vlakem jedoucím stejným směrem jako první, ale v druhé koleji. Časový interval mezi po sobě jdoucími výstrahami, nemusí dle současných koncepcí logiky přejezdu, zajistit minimální dobu bez povelu k výstraze. Budou-li parametry pro výpočet přibližovacího úseku pro obě koleje stejné, je možné uvažovat principy neuplatnění minimální doby bez povelu k výstraze, jako v případě jednokolejného přejezdu, popsaného v kapitole 2.1.1 a graficky vyjádřeného v grafu č. 7.

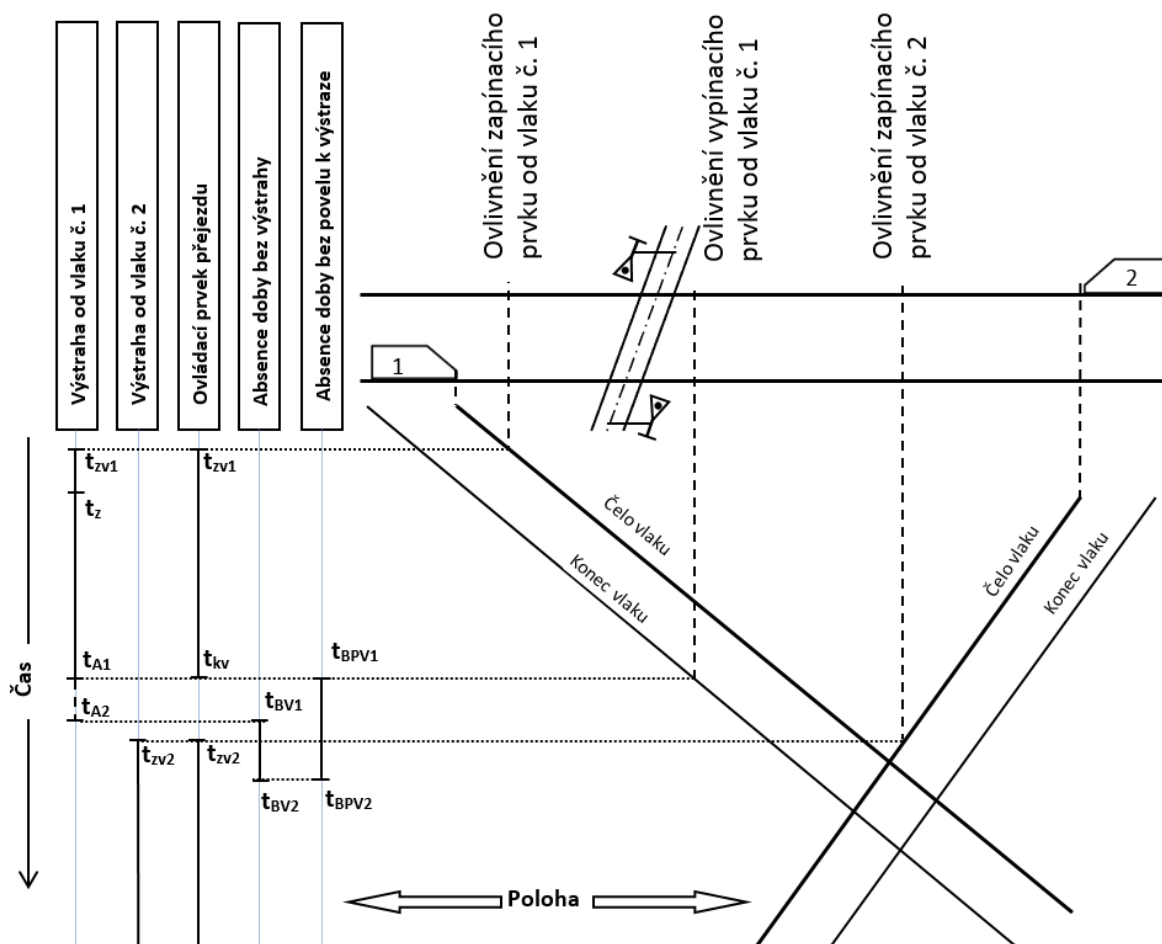
Obvyklá jízda vlaků v dvoukolejném provozu je ovšem koncipována tak, že v první koleji je veden vlak jedním směrem a ve druhé, směrem opačným. Situace je patrná z grafu č. 10. Žel. vozidlo č. 1 jedoucí v první koleji směrem k přejezdu bez závor, ovlivní zapínací prvek v době t_{ZV1} , čímž zahájí proces výstrahy na přejezdu. Po průjezdu prostorem přejezdu, ovlivní vypínací prvek a ten zahájí proces ukončení výstrahy. Výstraha od vlaku č. 1 je ukončena v čase t_{KV1} . Nyní, by měl následovat časový úsek, který zajistí přesně definovanou dobu bez výstrahy na přejezdu tzv. minimální dobu bez povelu k výstraze, danou intervalem $t_{BV1} - t_{BV2}$. Ovšem ještě před ukončením toho intervalu dojde k ovlivnění zapínacího prvku přejezdu vlakem č. 2 jedoucím ve druhé koleji. Tak je zahájen proces následné výstrahy, ještě před dosažením času t_{BV2} a tudíž není minimální doba bez výstrahy na přejezdu bez závor uplatněna. Graf č. 11 zobrazuje, stejnou situaci na přejezdu se závorami.



Graf 10: Neuplatnění minimální doby bez povelu k výstraze na vícekolejném PZS bez závor

Legenda: t_{zv1} – ovlivnění zapínacího prvku od prvního vozidla; t_{A1} – ovlivnění vypínacího prvku; t_{zv2} – povel pro výstrahu od dalšího žel. vozidla; t_{kv1} – ovlivnění vypínacího prvku od vlaku č. 1; $(t_{BV1} - t_{BV2})$ – interval minimální doby bez výstrahy

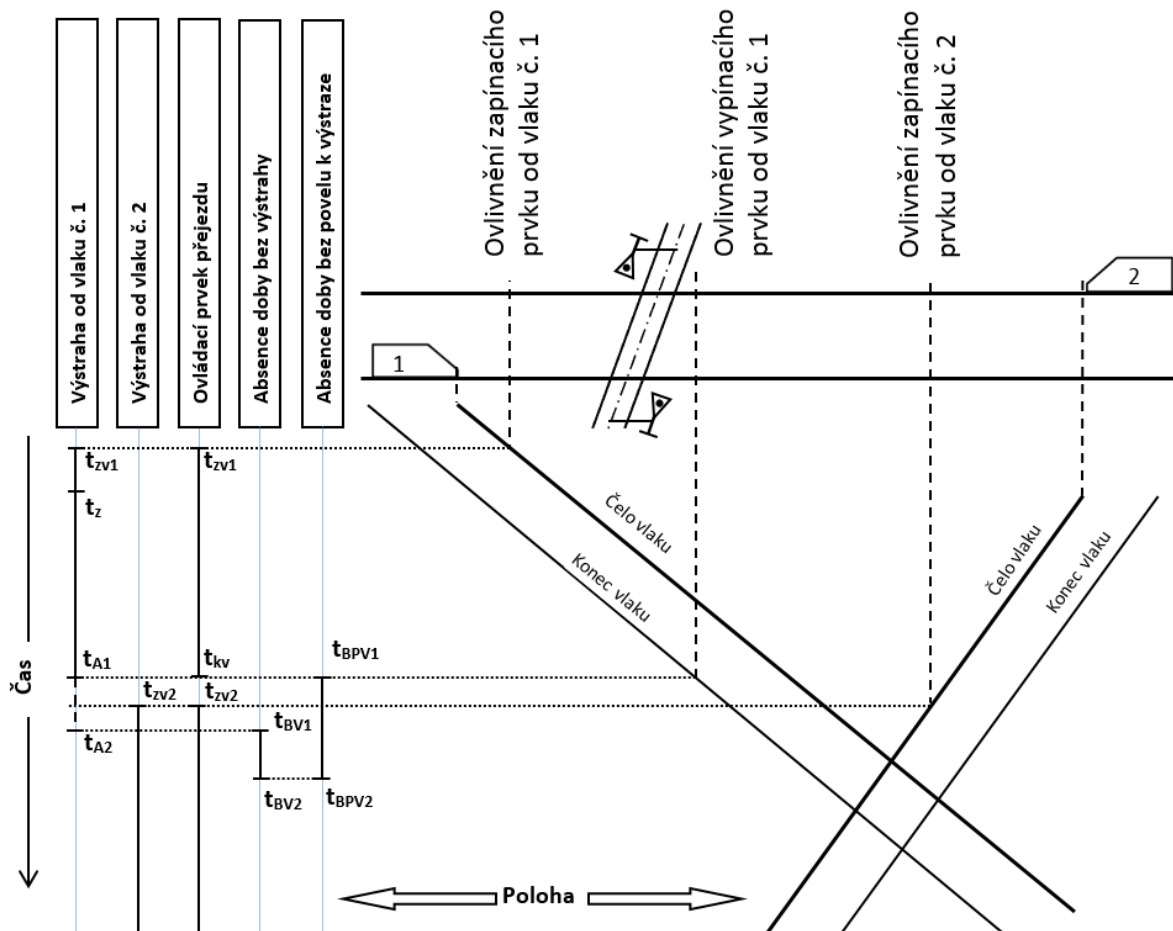
U přejezdu se závorami, dojde navíc po ovlivnění zapínacího prvku a spuštění procesu výstrahy k měření tzv. předzváněcí doby, což je doba od začátku výstrahy do okamžiku, kdy se smí začít sklápět břevna závor. Graf č. 11 popisuje situaci, v které vlak č. 1 jedoucí v první koleji směrem k přejezdu ovlivní zapínací prvek, tím dojde k zahájení výstrahy. Po uplynutí předzváněcí doby je vydán povel pro sklopení břevna závor. Vlak č. 1 po průjezdu prostorem přejezdu, ovlivní vypínací prvek a tím je vydán povel k ukončení výstrahy. Ukončení výstrahy je u PZS se závorami, probíhá tak, že je nejdříve ukončena mechanická výstraha, tedy je vydán povel pro otevření břevna závor a až po dosažení požadované polohy je ukončena i světelná výstraha, čímž dojde k definitivnímu ukončení výstrahy na PZS.



Graf 11: Neuplatnění min. bez výstrahy na vícekolejném PZS se závorami

Legenda: t_{zV1} – ovlivnění zapínacího prvku od prvního vozidla; t_z – předzváněcí doba; t_{A1} – ovlivnění vypínacího prvku; t_{A2} – definitivní ukončení výstrahy; $(t_{A1} - t_{A2})$ – interval ukončení mechanické výstrahy; t_{zV2} – povel pro výstrahu od dalšího žel. vozidla; t_{kv1} – ovlivnění vypínacího prvku od vlaku č. 1; $(t_{BV1} - t_{BV2})$ – interval neuplatnění minimální doby bez výstrahy; $(t_{BPV1} - t_{BPV2})$ – interval neuplatnění minimální doby bez povelu k výstraze

Současná logika přejezdu však umožňuje, aby informace od vlaku č. 2, jedoucího ve druhé koleji, která vyvolá následující výstrahu, byla akceptována v kterémkoliv časovém úseku bez ohledu na stav, ve kterém se přejezdové zabezpečovací zařízení nachází. A právě přijetí informace o nové výstraze a její vykonání v době, kdy ještě není definitivně ukončena původní výstraha má za následek, neuplatnění předzváněcí doby s důsledky, které byly popsány v kapitole 2.1.1, pojednávající o jednokolejném PZS se závorami.



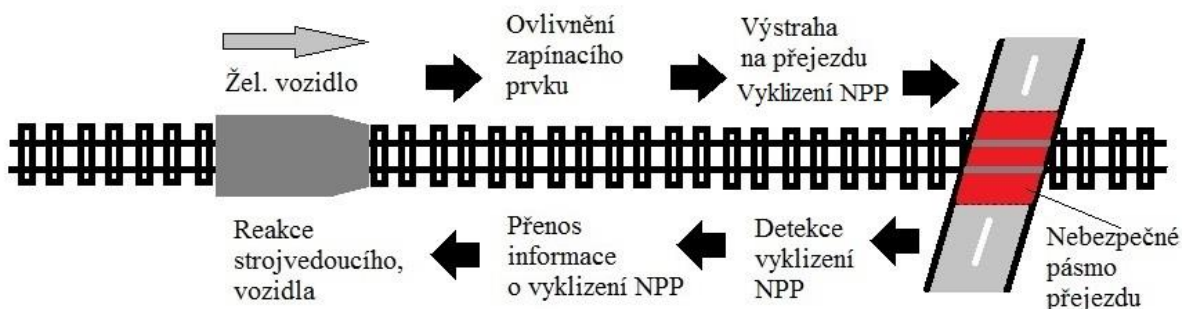
Graf 12: Neuplatnění předzváněcí doby na vícekolejném PZS se závorami

Legenda: t_{zv1} – ovlivnění zapínacího prvku od prvního vozidla; t_z – předzváněcí doba; t_{A1} – ovlivnění vypínacího prvku; t_{A2} – definitivní ukončení výstrahy; $(t_{A1} - t_{A2})$ – interval ukončení mechanické výstrahy; t_{zv2} – povel pro výstrahu od dalšího žel. vozidla; t_{kv1} – ovlivnění vypínacího prvku od vlaku č. 1; $(t_{BV1} - t_{BV2})$ – interval neuplatnění minimální doby bez výstrahy; $(t_{BPv1} - t_{BPv2})$ – interval neuplatnění minimální doby bez povelu k výstraze

2.2 Detekce vyklizení nebezpečného pásma přejezdu

Z hlediska bezpečnosti železniční i silniční dopravy má zásadní význam prostor přejezdu, v kterém dochází ke křížení dráhy a pozemní komunikace. Bližší specifikace je uvedena v kapitole 1.3.1, kde je mimo jiné definováno tzv. nebezpečné pásmo přejezdu. Nebezpečné pásmo přejezdu má pevně dané parametry, vztahující se ke konfiguraci kolejiště a je ohraničeno svislými plochami vedenými rovnoběžně s osami vnějších kolejí, čímž jsou stanoveny hranice nebezpečného pásma. Z průběhu výstražné doby, viz kapitola 1.3.2, je patrné, uplatnění vyklizovací doby, *během které může ještě bezpečně nejdelší a nejpomalejší silniční vozidlo, cyklista nebo chodec přejet nebo projít přejezdem* [1]. Po

uplynutí této doby, by již mělo být nebezpečné pásmo přejezdu (NPP), vyhrazeno výhradně pro jízdu žel. vozidla. V tento okamžik, by mělo být technickým prostředkem zjištěno, zda je přejezd tzv. vyklizen, tedy zda je uvolněn prostor pozemní komunikace mezi závorami, nebo mezi hranicemi NPP u přejezdu bez závor. Princip detekce vyklizení je na obr. č. 3.



Obrázek 3: Princip přenosu informace o vyklizení nebezpečného pásma přejezdu

Začátek detekce vyklizení NPP je určen vyklizovací dobou, detekce započne po její uplynutí. Stanovení konce detekce, bude záviset na způsobu přenosu informace o vyklizení NPP na vozidlo. Bude-li pro přenos použit bodový prostředek je možné ukončit detekci NPP v okamžiku, kdy čelo vlaku mine umístění bodového prostředku, jelikož poté, nebude možnost informaci na vozidlo předat. V případě přenosu informace o vyklizení NPP liniovým prostředkem je možné provádět detekci po celou dobu jízdy žel. vozidla, přibližovacím úsekem. Liniový prostředek umožňuje přenést informaci na žel. vozidlo v kterémkoliv okamžiku a tím zmírnit případné následky, způsobené nevyklizením NPP. Detekci je nutné ukončit před vjezdem čela žel. vozidla do kontrolovaného prostoru, kde by jinak došlo k falešnému ovlivnění samotnou jízdou vlaku.

Jako technické prostředky sloužící k detekci vyklizení NPP mohou být použity např. induktivní smyčky, UWB radary nebo kamerové systémy. Induktivní smyčky se umísťují pod povrch hlídaného prostoru (pod vozovku), kde při průjezdu silničního vozidla dochází ke změně indukčnosti, která po vhodné úpravě v detektoru, představuje indikaci překážky. Nevýhodou detektoru s induktivními smyčkami je poměrně komplikovaná realizace a údržba samotné smyčky. Další nevýhoda plyne s její fyzikální podstaty – detekuje pouze magnetické materiály. V praxi, byly vyzkoušeny detektory využívající UWB radary. UWB (Ultra Wide Band) radary pracují se signálem, jehož šířka frekvenčního pásma s poklesem o 10 dB je větší než 500 MHz, nebo přesahuje 20 % rozsahu střední frekvence. Detekce UWB radarem využívá dvou základních principů a těmi jsou přerušování vysílaného signálu a detekce oblasti

přejezdu, kdy po vjezdu do sledované oblasti dojde k odrazení elektromagnetické vlny od objektu a tím jeho detekci [7]. Výhodou je snazší montáž a definice libovolného kontrolovaného prostoru. Zatím pouze teoreticky, lze za detektor vyklizení NPP považovat kamerový systém. Ten je stále častěji doplňován o inteligentní funkce zpracování obrazové situace. Pomocí analýzy obrazu sledovaného objektu, lze vytvořit tzv. segmentaci, která nám definuje konkrétní podobu objektu v kontrolované oblasti, dojde-li ke změně očekávaného objektu, dojde i k vyhodnocení nevyklizení NPP. Nevýhodou systému je malá spolehlivost, daná např. nepříznivým počasím [7].

Způsob přenosu informace, jak bylo napsáno výše, může být provedeno pomocí bodových nebo liniových prostředků. Jako bodový prostředek přenosu informace o vyklizení NPP může být použito návěstidlo, v jehož návěstním obvodu, bude vytvořena závislost na informaci z detektoru vyklizení, který v případě detekce nevyklizení NPP způsobí nerozsvícení popř. zhasnutí povolující návěsti. K přenosu informace o vyklizení NPP, lze použít liniové prostředky např. liniový zabezpečovač nebo systém ETCS.

Na způsobu přenosu informace do jisté míry závisí i samotná reakce žel. vozidla, či strojvedoucího. U přenosu návěstěním, bude zodpovědnost za reakci na případnou změnu návěstního znaku, na strojvedoucím. Při přenosu liniovými prostředky se kromě očekávané reakce strojvedoucího, mohou uplatnit prvky vedoucí k samočinnému zastavení vozidla.

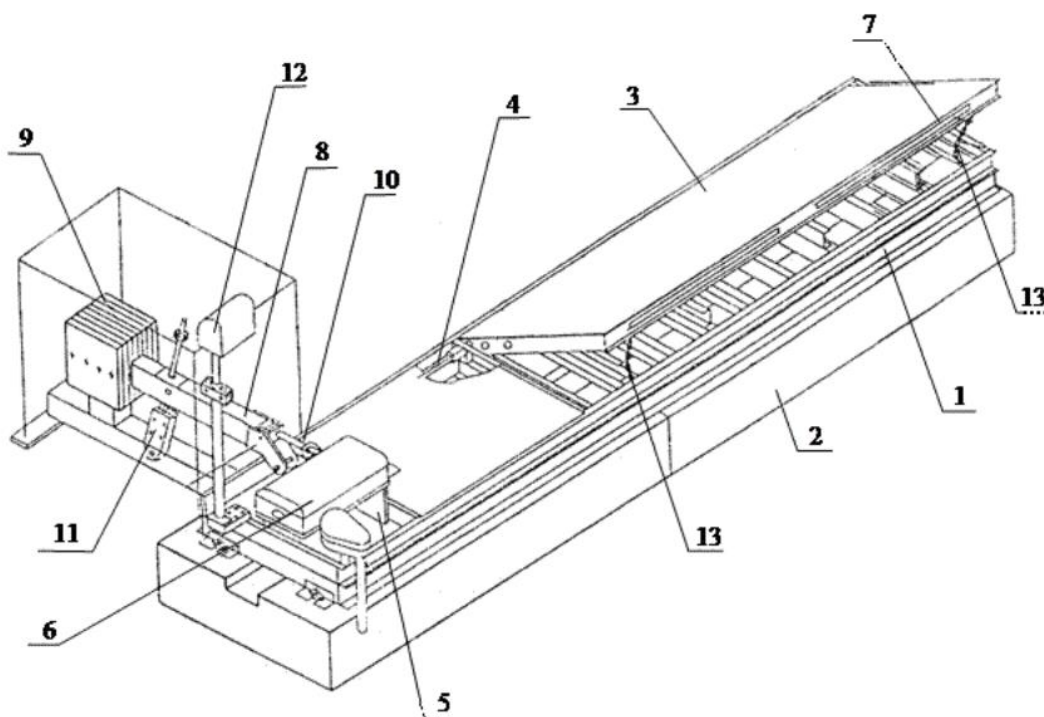
2.3 Fyzické oddělení pozemní komunikace od prostoru přejezdu

Fyzické oddělení pozemní komunikace má za úkol, přímo eliminovat neoprávněný vstup pohybujících se silničních vozidel do NPP. Příklad praktické realizace na obrázku č. 4.



Obrázek 4: Aplikace silniční bariéry [10]

Silniční bariéry jsou již v běžném provozu používány na některých ruských a rumunských žel. tratích. Jsou zřizovány z obou stran žel. přejezdu a v obou jízdnicích pruzích, tak aby bariéra nešla překonat jízdou v sousedním jízdnicím pruhu a slouží jako dodatečná ochrana u přejezdů se závorami. V klidovém stavu, tedy pokud nebude na přejezdu probíhat výstraha, bude silniční bariéra sklopená a její vrchní pohyblivá část bude ve stejné úrovni, jako povrch okolní silniční komunikace. Při výstraze na přejezdu, dojde po sklopení břevna závor k vyklopení silniční bariéry. Její přední část, v které dochází ke změně výšky, je situována proti jízdě silničního vozidla, tak aby došlo k jeho případnému zastavení. Opačná část silniční bariéry je v úrovni vozovky i při výstraze, to umožňuje její přjetí ve směru od přejezdu, v případě uvíznutí silničního vozidla v prostoru, mezi bariérami.



Obrázek 5: Detail silniční bariéry [11]

Legenda: 1 – rám konstrukce; 2 – základnový železobetonový blok; 3 - polohovatelný kryt; 4 – hnací hřídel; 5 – držák; 6 – elektropohon; 7 – reflexní prvky; 8 – rameno protizávaží; 9 – protizávaží; 10 – element pro nastavení; 11 – omezovač zdvihu ramene; 12 – kontrolní zařízení polohy; 13 – ochranný prvek polohovatelné části

Na obrázku č. 5 je detail silniční bariéry používané na ruské železnici. Polohovatelný kryt, je jednostranně přes ložisková pouzdra, připojen k hnací hřídeli. Ta přes převodové ústrojí přenáší kroutící moment od elektropohonu, který vyvolá stoupání nebo klesání bariéry,

tyto úrovně je možno definovat nastavením polohovatelného čepu. Horní hranice vysunuté bariéry je 45-50 cm na úrovni vozovky. Aby se snížilo zatížení motoru, je hnací hřídel spojena s protizávažím, které vyrovnává váhu krytu zábrany. Kryty jsou ve vyklopené poloze jištěny, aby při případné kolizi se silničním vozidlem nedošlo k jejím přetočením ve směru jízdy vozidla a tím i k možnosti ohrožení jízdy vlaku. Bariéra obsahuje blok vyhodnocení polohy, který na základě požadovaného stavu vyhodnotí korektní činnost či poruchu.

V rámci České republiky, se tímto tématem zabývá např. úsek pro Silniční telematiku AŽD Praha, který oproti výše popsanému systému navrhuje, aby bariéra ve směru jízdy vlaku byla vyklopena do výšky 650 mm, ovšem v levém jízdním pruhu pouze 200 mm [12]. Důvodem je, aby případné uvízlé silniční vozidlo v prostoru mezi bariérami, mohlo snáze tento prostor opustit. Vizualizace výklopné silniční bariéry v podmínkách České republiky je na obr. 6.

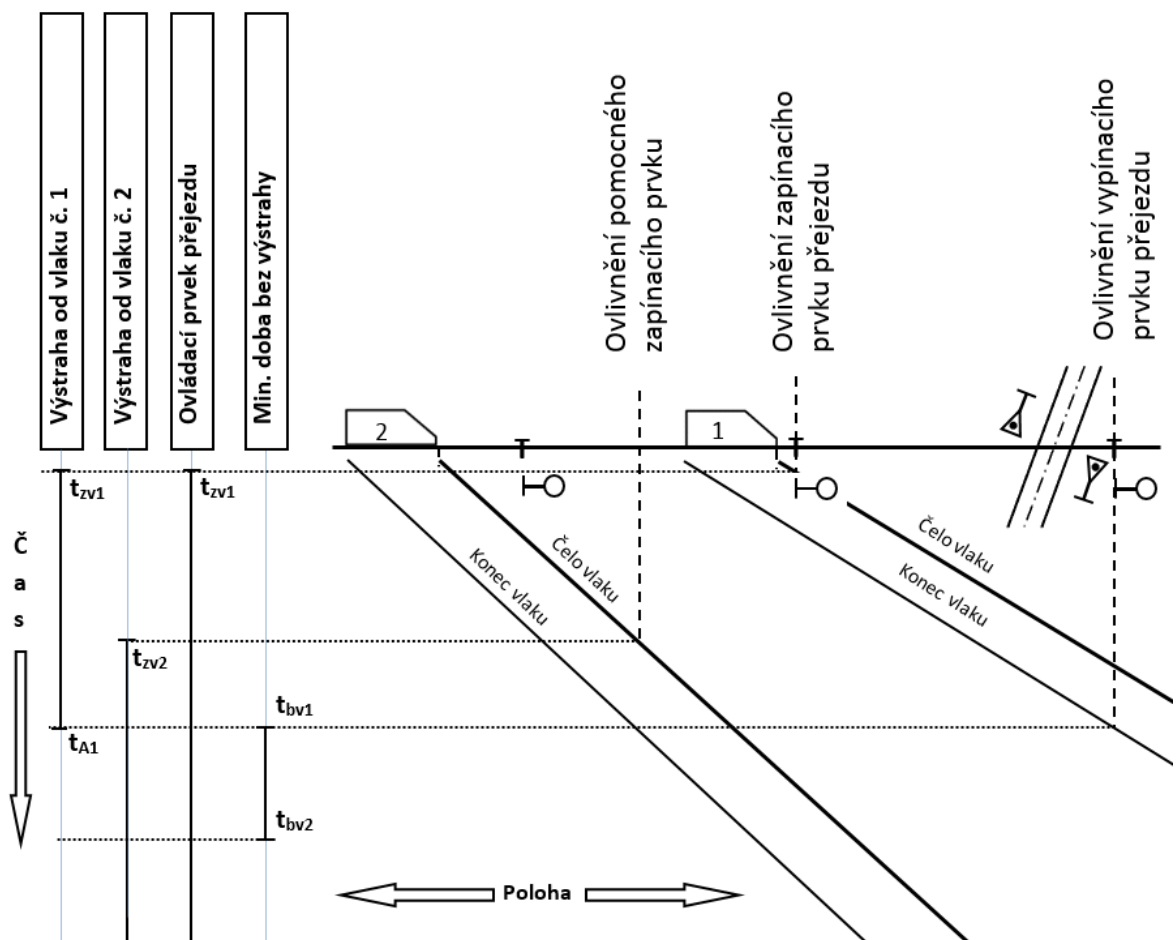


Obrázek 6: Vizualizace výklopné silniční bariéry na českých přejezdech [12]

3 Podrobné rozpracování následujících problémů

3.1 Absence minimální doby bez povelu k výstraze a absence předzváněcí doby na jednokolejném PZS

V kapitole 2.1 jsou popsány základní problémy spojené s neuplatněním minimální doby bez povelu k výstraze a neuplatněním předzváněcí doby. Jedním z možných řešení, jak eliminovat výše zmíněné nedostatky koncepčních principů spouštění výstrahy na přejezdu je detekce žel. vozidla blížící ho se k přejezdu, v době kdy ještě nevstoupilo do přibližovacího úseku a zároveň má být ukončena výstraha vyvolaná předchozí jízdou vlaku.



Graf 13: Vliv modifikace jednokolejného přejezdu, situace I.

Legenda: t_{zv1} – ovlivnění zapínacího prvku od prvního vozidla; t_{A1} – ovlivnění vypínacího prvku; t_{zv2} – povel pro výstrahu od dalšího žel. vozidla; $(t_{bv1} - t_{bv2})$ – interval neuplatnění minimální doby bez výstrahy

Na časovém sledu událostí z grafu č. 13 je patrná jízda dvou vlaků jedoucích po stejné koleji stejným směrem. Kolejové úseky jsou kryty oddílovými návěstidly s permissivní návěstí stůj. Nemají tedy žádnou vazbu na proces spouštění výstrahy a výstraha je zahájena až po ovlivnění zapínacího prvku. Tato úprava obnáší doplnění původního spouštěcího prvku umístěného na začátku vypočteného přibližovacího úseku, o prvek pomocný. Ten je umístěn v takové vzdálenosti od původního zapínacího prvku, kterou projede žel. vozidlo maximální povolenou rychlostí za dobu, která se rovná době bez povelu k výstraze. Ta se v případě přejezdu bez závor rovná:

$$t_{BPV} = t_{BV} + t_r \quad [s] \quad (11)$$

t_{BV} – zaručená doba bez výstrahy 7 s

t_r – doba reakce zařízení 1 s

Vlak č. 2 ovlivnil pomocný zapínací bod v době, kdy na přejezdu je původní výstraha od vlaku č. 1. Úpravou logiky přejezdu, docílíme toho, že spouštěcí prvek přejezdu bude ovlivněn již vlakem č. 2 i přes to, že ještě nedosáhl začátku přibližovacího úseku. Logika přejezdu je upravena tak, aby na základě ovlivnění pomocného spouštěcího prvku byla vyvolána výstraha od vlaku č. 2 souběžně s vlakem č. 1. Přejezd bude tedy ve výstraze i po ovlivnění vypínacího prvku prvního vlaku, čímž nemůže dojít k neuplatnění zaručené doby otevření přejezdu. Bez této úpravy by vlak č. 2 ovlivnil původní zapínací prvek v době, kdy by od ukončení výstrahy od vlaku č. 1, neuplynula požadovaná doba t_{bpv} bez povelu k výstraze.

V konfiguraci jednokolejného přejezdu se závorami, musíme do celkové doby bez povelu k výstraze, započítat také dobu otevírání závor. Vztah pro výpočet doby bez výstrahy pro PZ se závorami se pak bude rovnat:

$$t_{BPV} = t_{BV} + t_{oz} \quad [s] \quad (12)$$

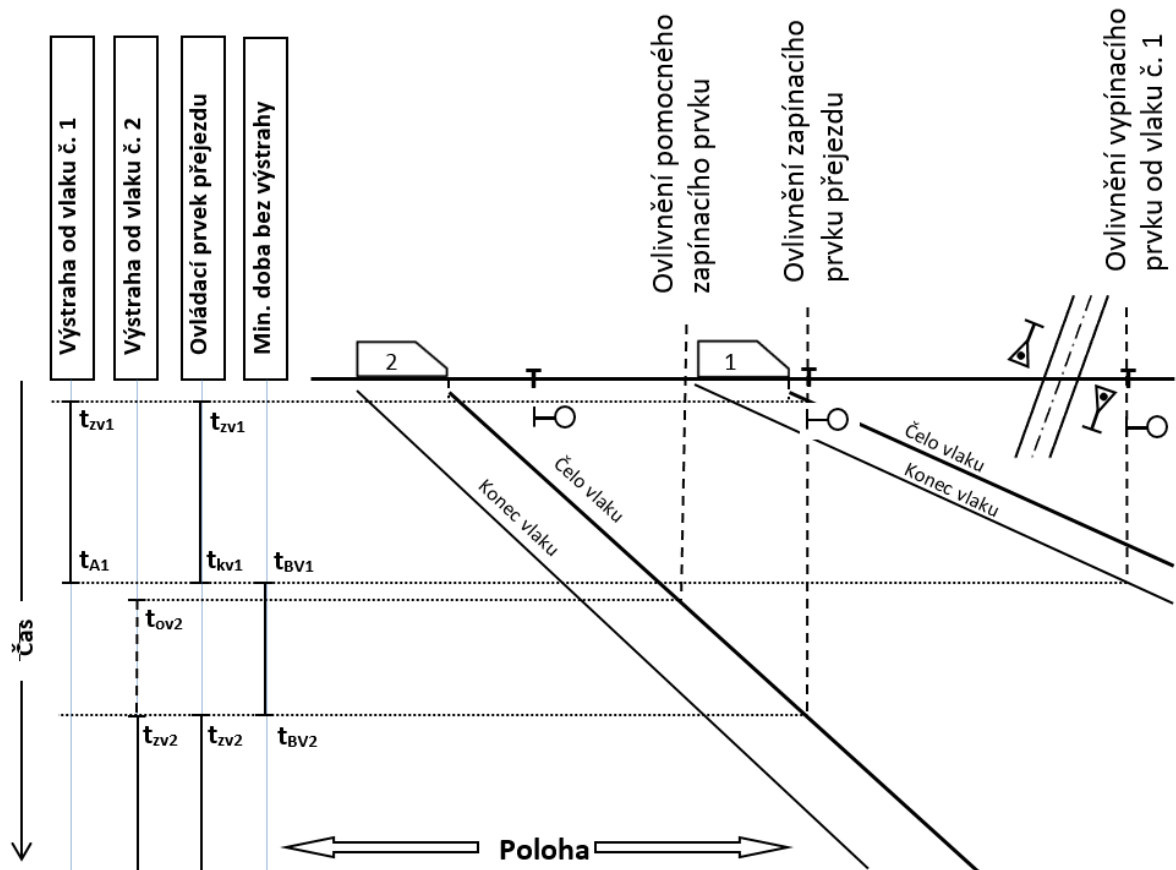
t_{BV} – zaručená doba bez výstrahy 7 s

t_{oz} – doba otevírání závor

současně zvedané závory – 12 s

postupně zvedané závory – 24 s

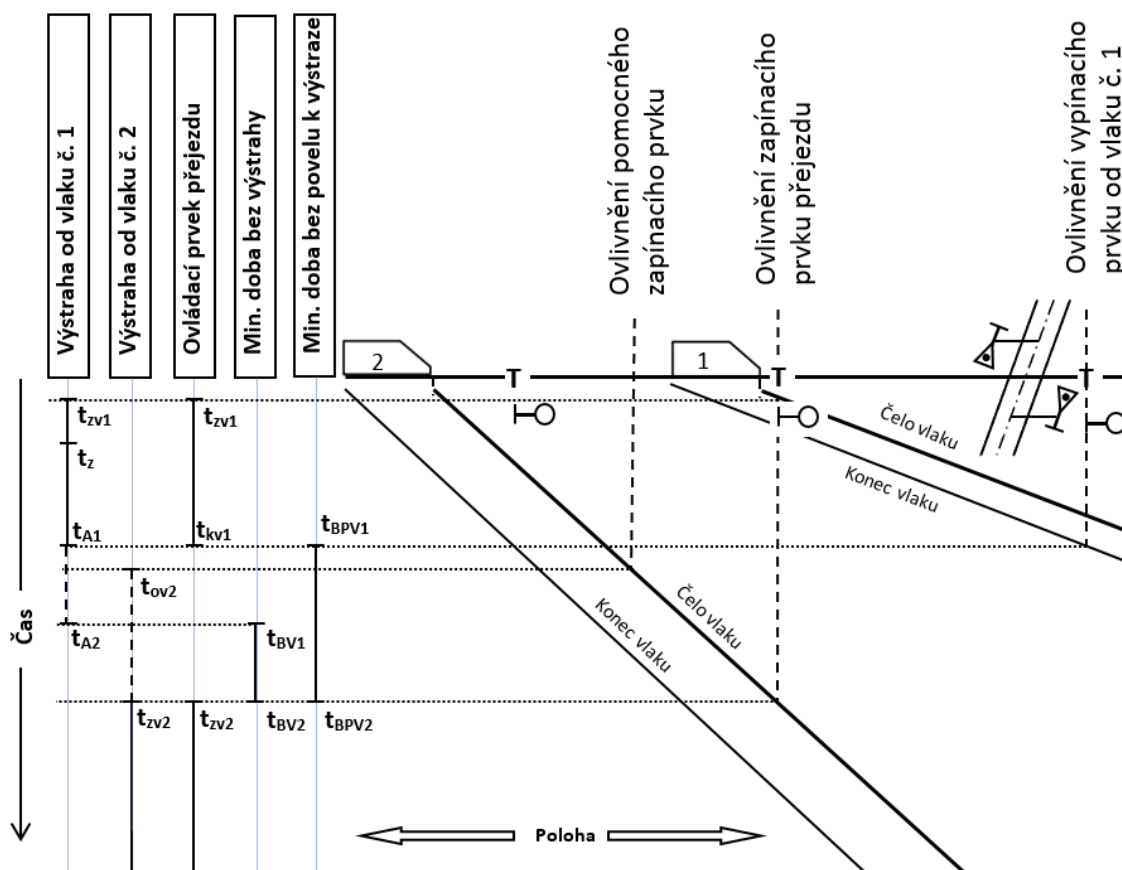
Pokud by tedy PZ, ze situace patrné z grafu č. 13, bylo vybaveno závorami a byla by použita úprava s pomocným zapínacím prvkem, došlo by kromě eliminace nedodržení doby bez povelu k výstraze, také k eliminaci nežádoucího neuplatnění předzváněcí doby.



Graf 14: Vliv modifikace jednokolejného přejezdu bez závor, situace II.

Legenda: t_{zv1} – ovlivnění zapínacího prvku od prvního vozidla; t_{A1} – ovlivnění vypínacího prvku; t_{zv2} – povel pro výstrahu od dalšího žel. vozidla; t_{kv1} – ovlivnění vypínacího prvku od vlaku č. 1; t_{ov2} – ovlivnění pomocného zapínacího prvku vlakem č. 2; $(t_{BV1} - t_{BV2})$ – interval neuplatnění minimální doby bez výstrahy

Druhá situace, která může mít vliv na nedodržení min. doby bez povelu k výstraze na jednokolejném PZ bez závor, je patrná z grafu č. 14. Vlak č. 2 již ovlivnil vypínací prvek a výstraha na PZ je ukončena. Avšak bezprostředně potom, je vlakem č. 1 ovlivněn pomocný zapínací prvek. Vzhledem k tomu, že již byla výstraha na PZ ukončena, ovlivnění pomocného zapínacího prvku nebude znamenat zahájení procesu výstrahy. Ta bude zahájena až po ovlivnění původního zapínacího prvku nebo minimálně v době, která představuje minimální dobu bez povelu k výstraze t_{bpv} .



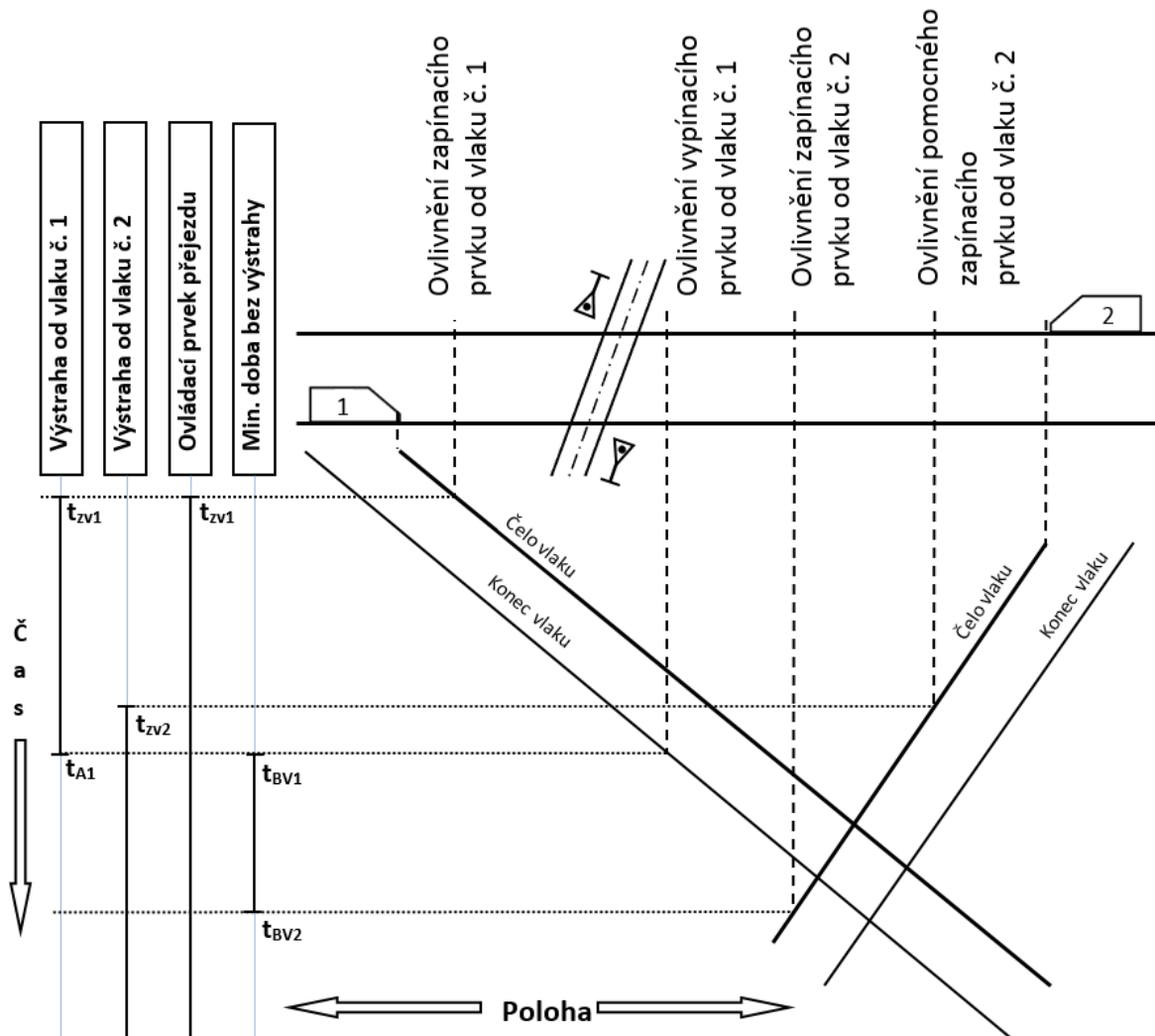
Graf 15: Vliv modifikace jednokolejného přejezdu se závorami, situace II.

Legenda: t_{zv1} – ovlivnění zapínacího prvku od prvního vozidla; t_z – předzváněcí doba; t_{A1} – ovlivnění vypínacího prvku; t_{A2} – definitivní ukončení výstražky; $(t_{A1} - t_{A2})$ – interval ukončení mechanické výstražky; t_{ov2} – ovlivnění pomocného zapínacího prvku vlakem č. 2; t_{zv2} – povol pro výstrahu od dalšího žel. vozidla; t_{kv1} – ovlivnění vypínacího prvku od vlaku č. 1; $(t_{BV1} - t_{BV2})$ – interval neuplatnění minimální doby bez výstražky; $(t_{BPv1} - t_{BPv2})$ – interval neuplatnění minimální doby bez povolu k výstraze

Graf č. 15 znázorňuje situaci, kde vlak č. 1 ovlivnil vypínací prvek přejezdu a je zahájen proces ukončování výstražky. Jelikož se jedná o PZ se závorami, je nutné uvažovat definitivní ukončení výstražky až po zvednutí břevien závor, tedy až po ukončení mechanické výstražky. Délka trvání ukončení mechanické výstražky je závislá na použité konfiguraci přejezdu a to zda jsou aplikovány celé či půlené závory. V tomto časovém úseku je vlakem č. 2 ovlivněn pomocný zapínací prvek. Jelikož se PZ nachází ve stavu ukončování výstražky od vlaku č. 1, následná výstraha od vlaku č. 2, by znamenala neuplatnění předzváněcí doby, se všemi dříve popsanými důsledky. Následná výstraha, musí být tedy spuštěna až v okamžiku kdy je definitivně ukončena výstraha původní a dále musí zajistit uplatnění min. doby bez výstražky. To je zajištěno odložením spuštění výstražky právě po tuto dobu a

umístěním spouštěcího prvku do vzdálenosti, kterou vlak ujede za čas potřebný k splnění této doby.

3.2 Absence minimální doby bez povelu k výstraze a absence předzváněcí doby na dvojkolejném PZS

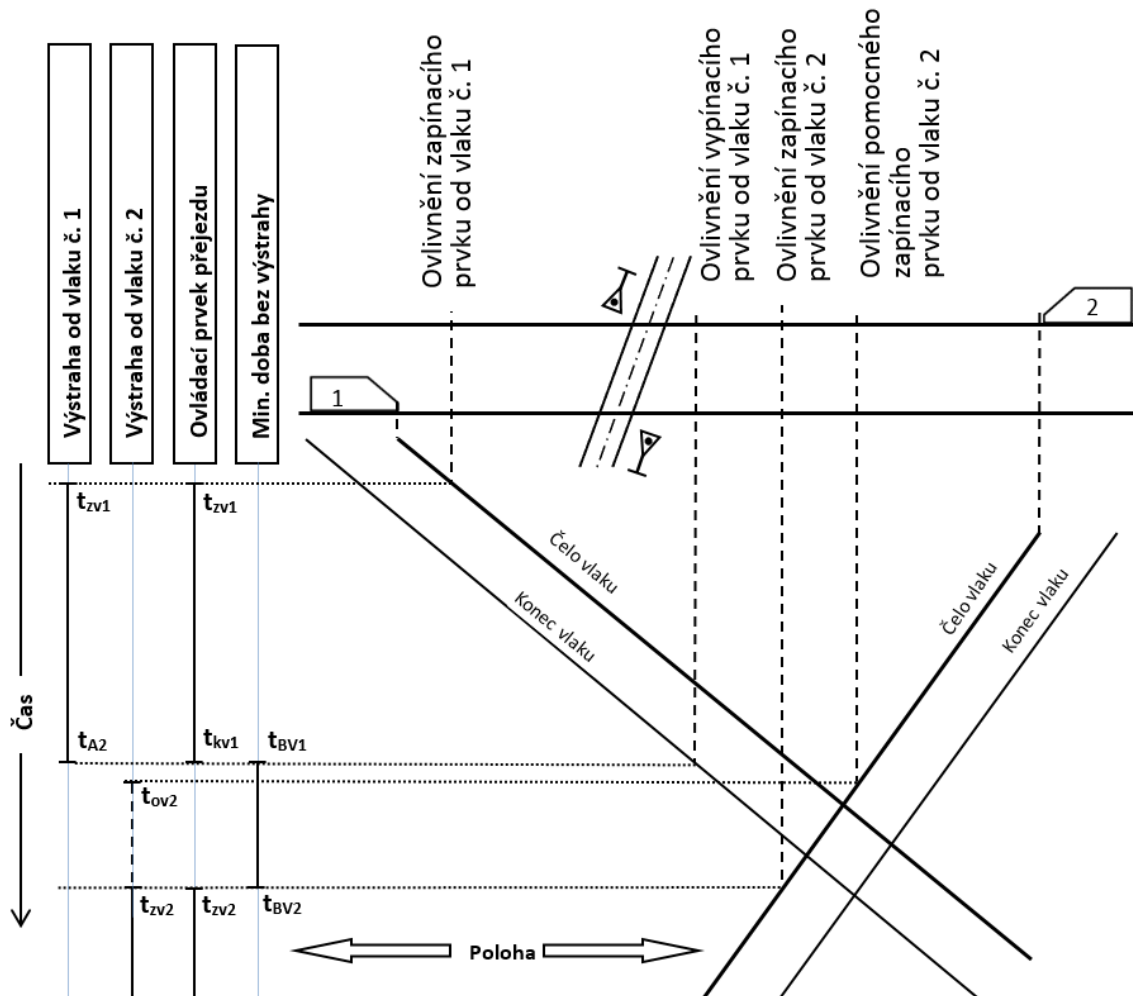


Graf 16: Vliv modifikace dvoukolejného přejezdu, situace I.

Legenda: t_{zv1} – ovlivnění zapínacího prvku od prvního vozidla; t_{A1} – ovlivnění vypínacího prvku; t_{zv2} – povel pro výstrahu od dalšího žel. vozidla; $(t_{Bv1} - t_{Bv2})$ – interval neuplatnění minimální doby bez výstrahy

Graf č. 16 znázorňuje navrhované řešení, které musí zajistit, aby informace o následném spuštění výstrahy, která je přijata v době ukončování původní výstrahy, neměla za následek bezprostřední aktivaci výstrahy nové. Toho lze dosáhnout takovou úpravou, která nám zajistí včasnou detekci situace, v níž může dojít k bezprostřední nové výstraze. Pokud

taková informace, ale již k dispozici je, logika přejezdu musí zamezit zahájení procesu ukončení původní výstrahy. Vlak č. 2 ovlivní pomocný zapínací prvek, jelikož se PZ nachází ve stavu výstrahy od vlaku č. 1, je oproti původní logice přejezdu zahájena výstraha od vlaku č. 2, což znamená, že je výstraha plynule vydávána bez přerušení. Tím je zajištěno, že nemůže dojít k neuplatnění minimální doby bez povelu k výstraze a v případě přejezdu se závorami, k neuplatnění předzváněcí doby.

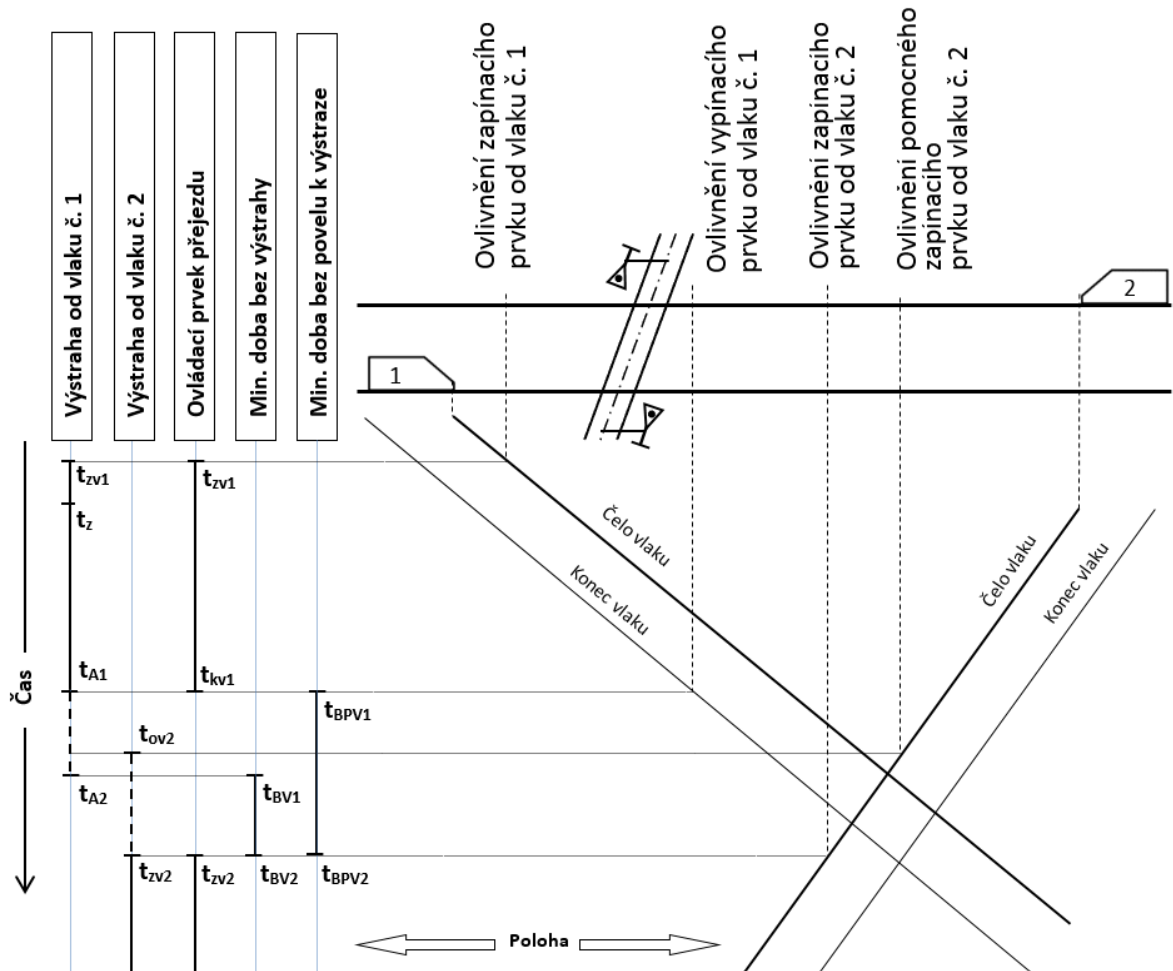


Graf 17: Vliv modifikace dvoukolejného přejezdu bez závor, situace II.

Legenda: t_{zv1} – ovlivnění zapínacího prvku od prvního vozidla; t_z – předzváněcí doba; t_{A2} – definitivní ukončení výstrahy; t_{ov2} – ovlivnění pomocného zapínacího prvku vlakem č. 2; t_{zv2} – povel pro výstrahu od dalšího žel. vozidla; t_{kv1} – ovlivnění vypínacího prvku od vlaku č. 1; $(t_{BV1} - t_{BV2})$ – interval neuplatnění minimální doby bez výstrahy

V případě, že v době ovlivnění pomocného zapínacího prvku vlakem č. 2, je již výstraha od vlaku č. 1 ukončena, musí následná výstraha začít opět až za okamžik, který respektuje

dobu t_{bpv} , tedy minimální dobu bez povelu k výstraze, viz graf č. 17. To zajistí dříve popsané principy, vhodně umístěného pomocného zapínacího prvku, vůči původnímu zapínacímu prvku nebo časová prodleva od ovlivnění pomocného zapínacího prvku, do okamžiku zahájení výstrahy.



Graf 18: Vliv modifikace dvoukolejného přejezdu se závorami, situace II.

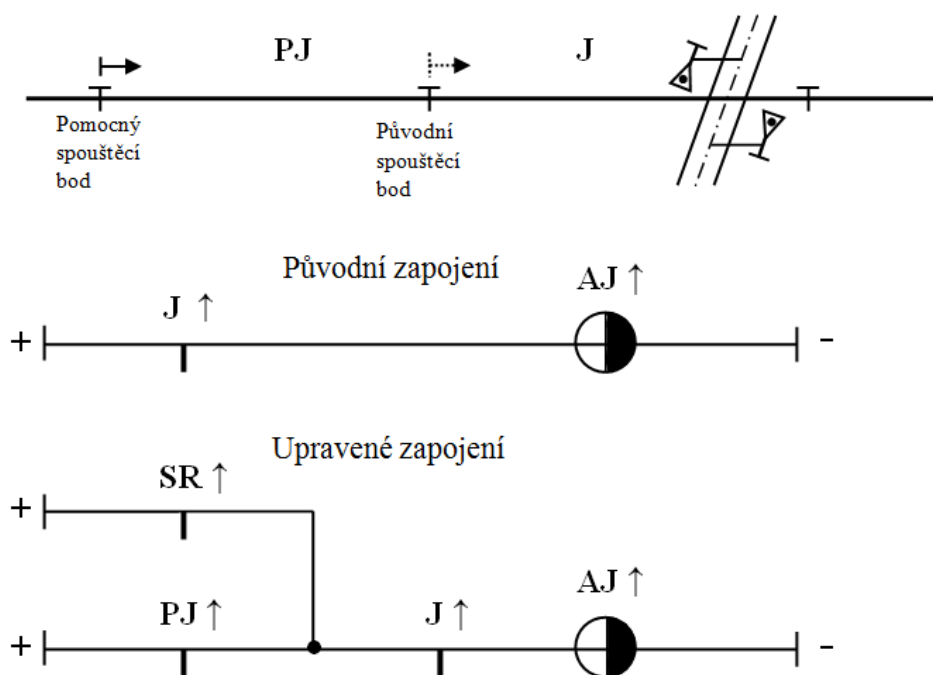
Legenda: t_{zv1} – ovlivnění zapínacího prvku od prvního vozidla; t_z – předzváněcí doba; t_{A1} – ovlivnění vypínacího prvku; t_{A2} – definitivní ukončení výstrahy; $(t_{A1} - t_{A2})$ – interval ukončení mechanické výstrahy; t_{ov2} – ovlivnění pomocného zapínacího prvku vlakem č. 2; t_{zv2} – povel pro výstrahu od dalšího žel. vozidla; t_{kv1} – ovlivnění vypínacího prvku od vlaku č. 1; $(t_{BV1} - t_{BV2})$ – interval neuplatnění minimální doby bez výstrahy

Železniční vozidlo č. 2 blížící se k přejezdu, nesmí vyvolat novou výstrahu v době, kdy je ukončována výstraha původní od vlaku č. 1, anebo ta je již ukončena, ale není dodržena minimální doba bez výstrahy, viz graf č. 18. To znamená, že přejezd nejdříve definitivně ukončí původní výstrahu, přejde do základního – pohotovostního stavu a po

uplynutí minimální doby bez výstrahy může z tohoto stavu přejít do nové výstrahy, způsobené jízdou následného železničního vozidla č. 2, která již bude disponovat předzváněcí dobou a respektovat minimální dobu bez výstrahy na přejezdu.

3.3 Praktické provedení úprav reléových spouštěcích obvodů

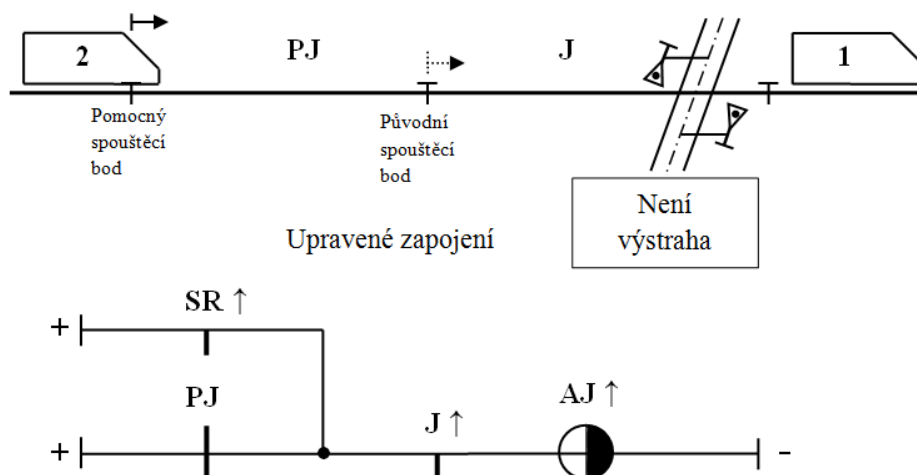
Absence minimální doby bez povelu k výstraze a absence předzváněcí doby, lze eliminovat, včasnou detekcí vlaku v době, kdy ještě dle původních výpočtů přejezdu, nevstoupil do přibližovacího úseku [14]. Toho lze dosáhnout úpravou původního zapojení kolejových relé přibližovacích úseků. Vlivem této úpravy, dojde ke změně podmínek pro zahájení výstrahy ve spouštěcích obvodech přejezdu. Prodloužení původního přibližovacího úseku o tzv. pojistný úsek, může být fyzicky provedeno pomocí kolejových úseků nebo za pomoci časové jednotky [13], tento zdroj se oproti mé diplomové práci věnuje ryze technické úpravě spouštěcích obvodů a obvodů kolejových relé.



Obrázek 7: Úprava zapojení výsledných kolejových relé při použití KÚ

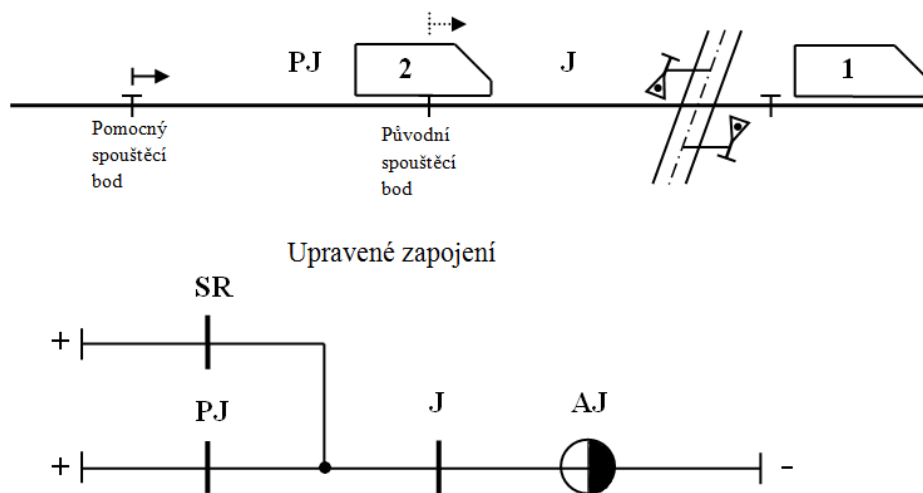
Na obrázku č. 7 je na situačním schématu, zobrazen jednokolejný přejezd s původním přibližovacím úsekem, který koresponduje s kolejovým úsekem J. Původní zapojení relé přibližovacího úseku, je tedy tvořeno pouze původním kolejovým relé J a kolejovým relé přibližovacího úseku AJ. Je zřejmé, že v původním zapojení došlo k odpadu relé AJ, a tím k zahájení výstrahy, pouhým odpadem relé J. Upravené zapojení má však v obvodu relé AJ,

vytvořeny závislosti na kolejovém relé PJ, které vyhodnocuje prodloužený tzv. pojistný úsek a spouštěcím relé přejezdu SR.



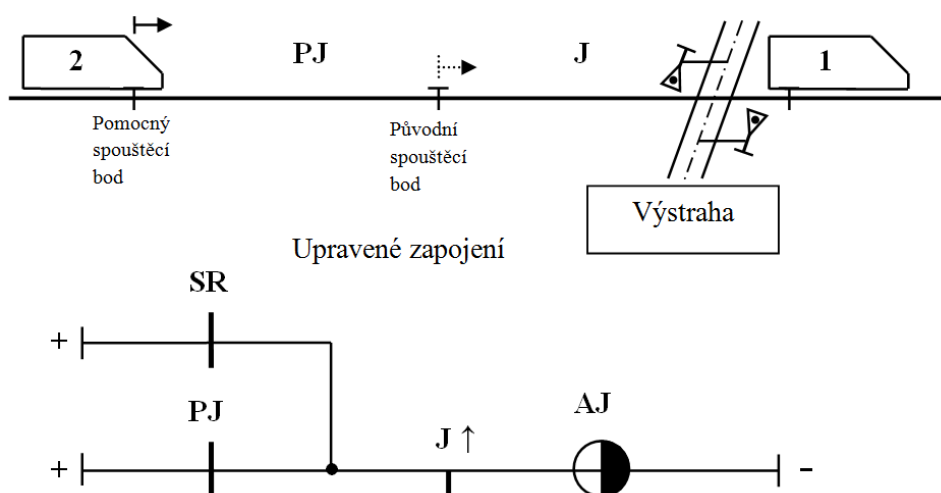
Obrázek 8: Princip neuplatnění pomocného spouštěcího bodu při použití KÚ

Obrázek č. 8 znázorňuje situaci, kde vlak č. 2, již ovlivnil vypínací prvek přejezdu a ten se nachází v pohotovostním stavu, tedy stavu bez výstrahy. Zároveň vlak č. 2 vjel do kolejového úseku PJ. Jelikož není v tomto okamžiku na přejezdu výstraha od předchozího vlaku, dojde k neuplatnění spuštění výstrahy od pomocného spouštěcího bodu, jelikož ten je umístěn v takové vzdálenosti, která zaručí, že jízda vlaku bude do ovlivnění původního spouštěcího bodu a tím spuštění výstrahy, trvat min. po dobu, která se rovná minimální době bez povelu k výstraze. Tuto funkci nám zajistí upravené zapojení kolejových relé, kde i po odpadu relé PJ, zůstane relé AJ buzené přes kontakty relé SR. Vlak pokračuje dále v jízdě kolejovým úsekem PJ, směrem k přejezdu a po ovlivnění kolejového úseku J, dojde k zahájení výstrahy. K tomu dojde po odpadu kolejového relé J, které přeruší napájení relé AJ, a to v spouštěcím obvodu přejezdu, svými doteky přestane budít spouštěcí relé SR a dojde k výstraze na přejezdu, viz obrázek č. 9.



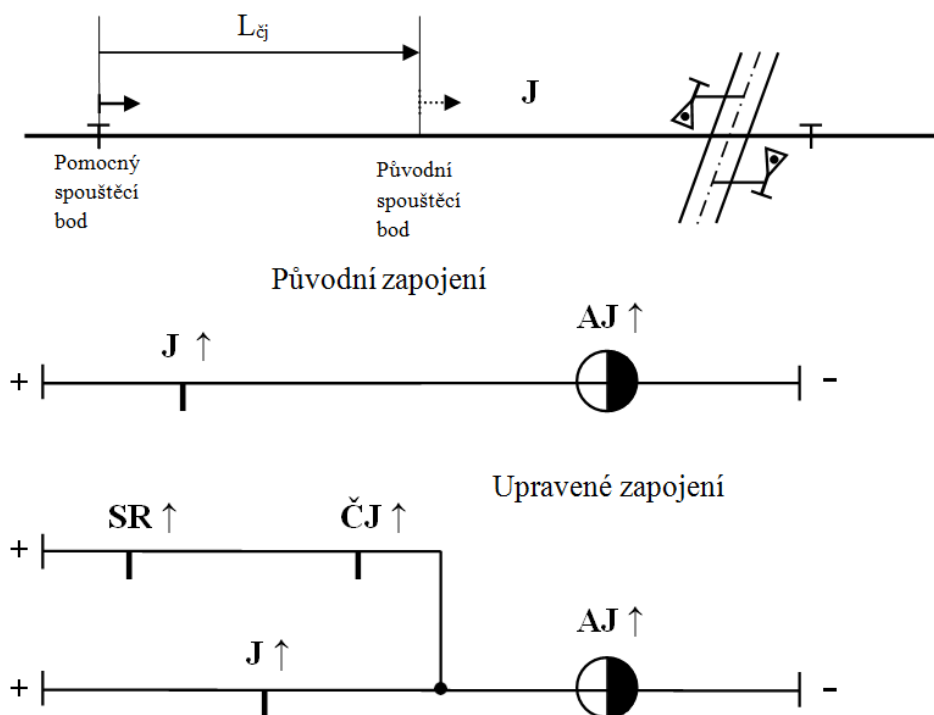
Obrázek 9: Princip zahájení výstrahy při použití KÚ

V případě, že vlak č. 2 ovlivní kolejový úsek PJ v době, kdy je ještě na přejezdu výstraha a není možné zaručit minimální dobu bez výstrahy, dojde k uplatnění pomocného spouštěcího bodu. Ten zajistí, že výstraha od vlaku č. 2 bude akceptována již ovlivněním kolejového úseku PJ, viz obr. 10. To umožňuje upravený obvod kolejových relé, v kterém je díky probíhající výstraze rozepnut kontakt relé SR, po rozepnutí doteků relé PJ, vlivem obsazení úseku PJ, přestane být buzeno relé AJ, které zajistí v spouštěcím obvodu pokračování výstrahy od vlaku č. 2. Tím je ošetřen stav, kdy by po ukončení výstrahy od vlaku č. 1, mohlo dojít k opětovné výstraze od vlaku č. 2, ovšem bez naplnění požadavku min. doby bez povelu k výstraze.



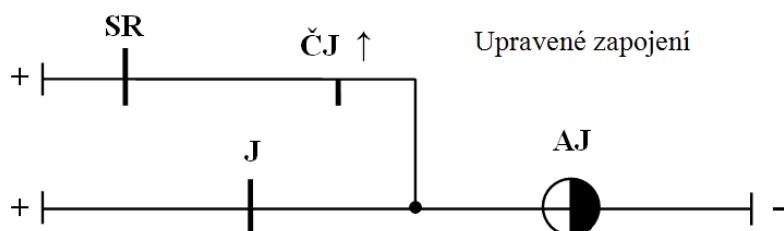
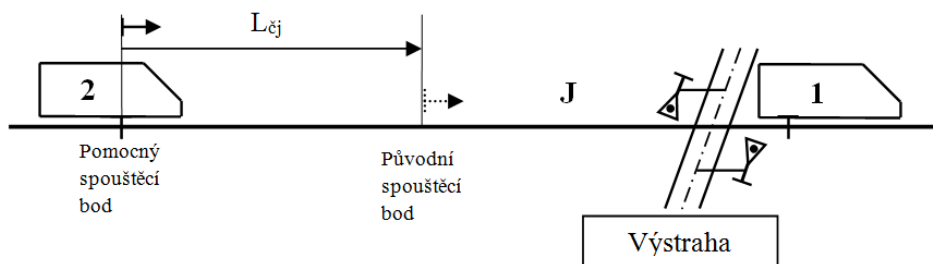
Obrázek 10: Princip uplatnění pomocného spouštěcího bodu při použití KÚ

Další možnost jak předejít absenci minimální doby bez povelu k výstraze, je uplatnění, či neuplatnění odložení výstrahy. Na obrázku č. 11 je situační schéma kolejíště, v kterém je opět patrné prodloužení původního přibližovacího úseku o vzdálenost $L_{čj}$. Tato vzdálenost se rovná vzdálenosti, kterou ujede vlak za čas, který se rovná min. doba bez povelu k výstraze. Původní zapojení kolejového relé AJ, je doplněno o závislost na spouštěcím relé SR a výsledném relé časové jednotky ČJ.



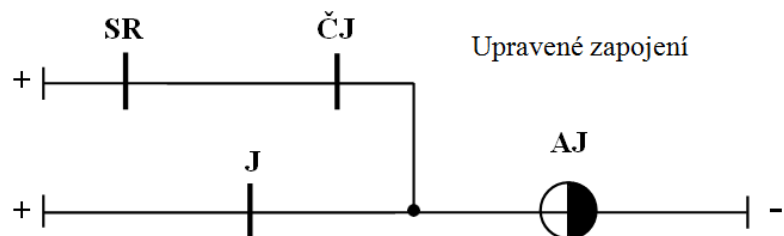
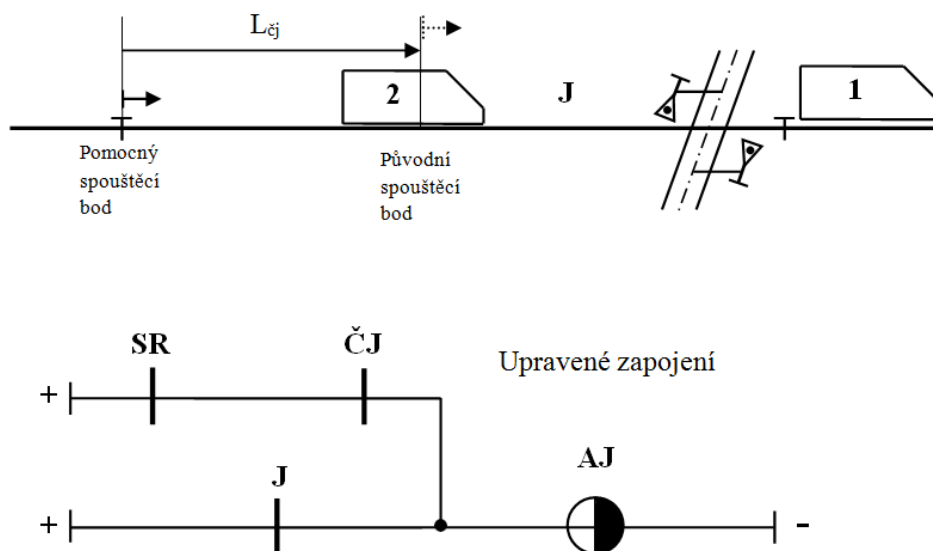
Obrázek 11: Úprava zapojení výsledných kolejových relé při použití ČJ

Pokud tedy vlak č. 2 ovlivní kolejový úsek J a v rozhodném období není na přejezdu výstraha, dojde k odložení výstrahy od tohoto vlaku, viz obrázek č. 12. Kolejové relé AJ je buzeno přes sepnuté doteky relé SR a ČJ. Toto řešení již nedisponuje pojistným úsekem a okamžik spuštění výstrahy je dán odměřením nastaveného času, časové jednotky. Ten je volen tak, aby byla dodržena minimální doba bez povelu k výstraze, a odpočet je zahájen ovlivněním kolejového úseku J, tedy v místě pomocného spouštěcího bodu přejezdu.



Obrázek 12: Princip neuplatnění pomocného spouštěcího bodu při použití ČJ

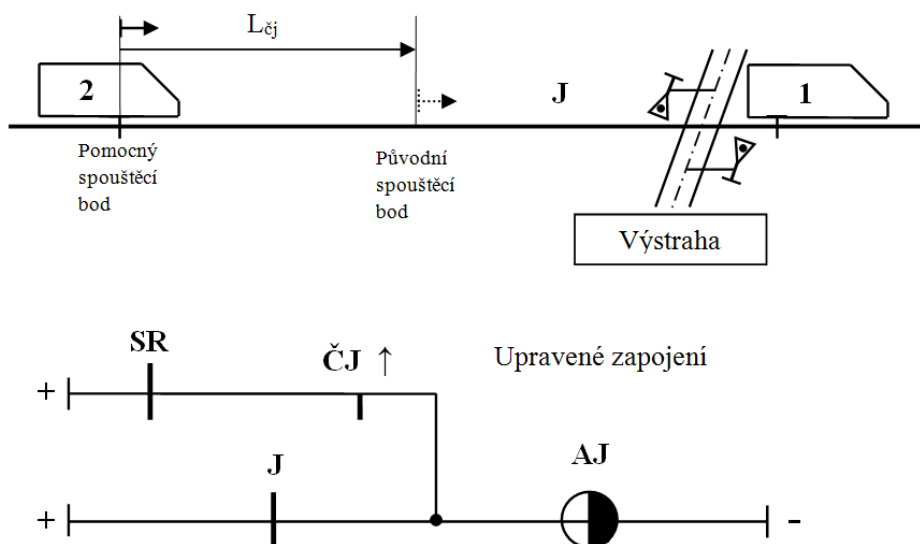
Po odměření času rozezne své kontakty relé ČJ a tím se přestane budit kolejové relé AJ. Jeho odpad zahájí ve spouštěcích obvodech přejezdu, proces výstrahy. Pokud vlak pojede maximální povolenou rychlostí, bude výstraha zahájena maximálně v místě původního spouštěcího bodu. Pojede-li rychlostí nižší, bude spuštění výstrahy zahájeno dále od přejezdu, což je z bezpečnostního hlediska příznivé, nicméně se prodlužuje doba výstrahy, to může mít vliv na propustnost silniční dopravy. Tato situace je patrná z obrázku č. 13.



Obrázek 13: Princip zahájení výstrahy při použití ČJ

Na obrázku č. 14 je situace, kde vlak č. 2 ovlivnil kolejový úsek J v době, kdy probíhá na přejezdu výstraha. Jelikož není možné zajistit v tomto okamžiku minimální dobu bez

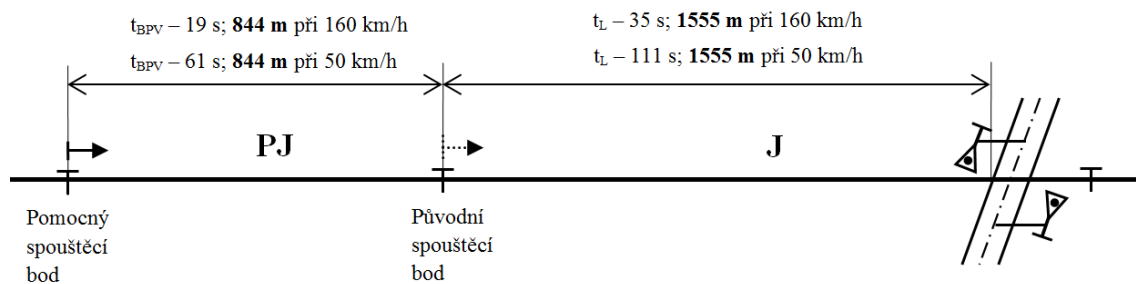
povelu k výstraze, dojde k neuplatnění zpoždění výstrahy od vlaku č. 2, a tím i k vyvolání výstrahy od tohoto vlaku. Výstraha na přejezdu, bude tak nepřetržitě vydávána a nemůže nastat situace, která způsobí nedodržení minimální doby bez povelu k výstraze. Vlak č. 2 ovlivní kolejový úsek J a tím rozeptne kontakty kolejového relé J, a jelikož na přejezdu probíhá výstraha, jsou v druhé větvi rozepnuty kontakty relé SR, přestane být tedy buzeno relé AJ, které ve spouštěcích obvodech přejezdu zajistí výstrahu od vlaku č. 2



Obrázek 14: Princip uplatnění pomocného spouštěcího bodu při použití IS

3.3.1 Zhodnocení jednotlivých metod z hlediska rychlosti jízdy žel. vozidla

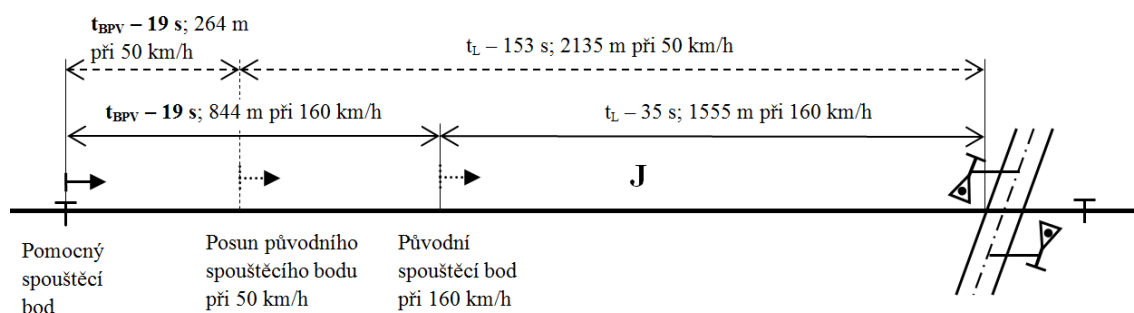
V předchozí kapitole byly popsány dvě varianty možného praktického řešení, úprav závislostí kolejových relé, které odstraní nežádoucí absenci doby bez povelu k výstraze a absenci předzvánění. Oba principy používají včasnou detekci vlaku, která vyžaduje prodloužení původního přibližovacího úseku, použitá metody mají vliv na délku výstrahy z hlediska rychlosti žel. vozidla. Na obrázku č. 15 je princip využívající pomocný kolejový úsek PJ, s pevně stanovenou a neměnnou délkou.



Obrázek 15: Závislost délky výstrahy na rychlosti žel. vozidla při použití KÚ

Délka kolejového úseku J je dána výpočtem konvenčního přejezdu a koresponduje s délkou přibližovacího úseku L_p . Délka pomocného úseku PJ vychází ze vztahu (12) a koresponduje s délkou, kterou ujede žel. vozidlo za čas bez povelu k výstraze, na přejezdu se současně sklápěnými závorami. Obě délky jsou neměnné a nezávislé na rychlosti vozidla. Je tedy zřejmé, že při stejné vzdálenosti a rozdílné rychlosti se změní pouze čas obsazení jednotlivých úseků a tím tedy i délka výstrahy. V uvedeném příkladu je při rychlosti 160 km/h výstraha rovna vypočtené přibližovací době t_L 35 s, kdežto u rychlosti 50 km/h se doba nepřímo úměrně prodlouží na 111 s.

Na obrázku č. 16 je příklad aplikace druhé metody, která nedisponuje dvěma kolejovými úseky, ale prodloužení přibližovacího úseku, je vytvořeno pomocí časové jednotky.



Obrázek 16: Závislost délky výstrahy na rychlosti žel. vozidla při použití ČJ

Pokud je v okamžiku ovlivnění pomocného spouštěcího bodu zjištěno, že na přejezdu není výstraha, je zahájeno měření času, které představuje odložení výstrahy. Měřený časový úsek opět vychází ze vzorce (12), a po jeho doměření se vlak jedoucí maximální povolenou rychlostí, bude nacházet v místě původního spouštěcího bodu a je zahájena výstraha. Čas odložení výstrahy je neměnný a nezávislý na rychlosti žel. vozidla, ovšem při snížení rychlosti dochází k přímo úměrnému zkrácení délky úseku, v kterém se vlak pohybuje, v průběhu měření odložení výstrahy a tím současně k prodloužení přibližovacího úseku a doby výstrahy. V uvedeném příkladu je opět konvenční přibližovací doba t_L pro maximální povolenou rychlost 160 km/h rovna 35 s a čas odložení výstrahy (doby bez povelu k výstraze t_{BPV}) je 19 s. Vlak jedoucí rychlostí 50 km/h však za 19 s ujede vzdálenost pouze 264 m a v tomto okamžiku dojde i k výstraze na přejezdu, která však bude trvat 153 s. Metoda s časovou jednotkou **prodlouží** při rychlosti 50 km/h, **výstrahu** oproti metodě s pomocným kolejovým úsekem **o 42 s**.

3.4 Detekce vyklizení nebezpečného pásma přejezdu

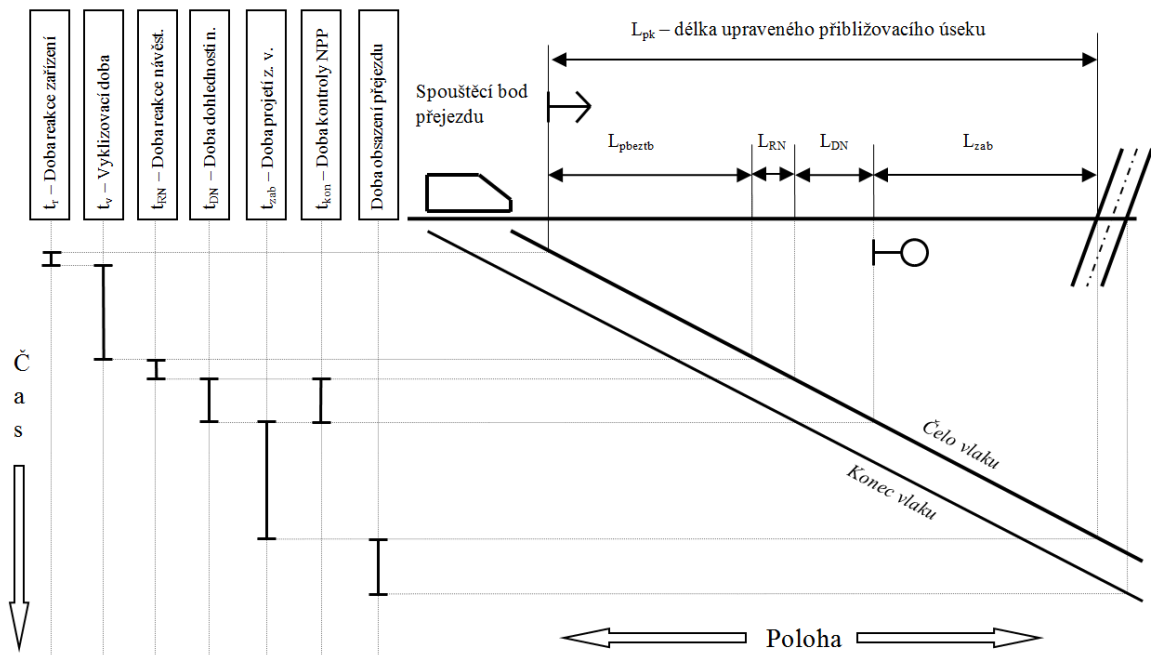
Důležitým aspektem, při detekci vyklizení nebezpečného pásma přejezdu (NPP) je způsob, jakým bude informace o stavu kontrolovaného prostoru přenesena na blížící se železniční vozidlo. Ten do jisté míry ovlivní další parametry celého systému, jako interval, po který bude prostor kontrolován a výrazně také ovlivní průběh výstražné doby. Ta musí být volena tak, aby v případě detekce nevyklizení NPP, zabezpečila dostatečnou časovou rezervu pro přijetí informace strojvedoucím vlaku, jeho reakci a maximální omezení rychlosti vlaku, ideálně jeho úplné zastavení před kontrolovaným prostorem. Rozhodující bude z hlediska způsobu přenosu informace to, zda budou použity prostředky bodového či liniového přenosu informací na železniční vozidlo.

3.4.1 Přenos informace o nevyklizení NPP návěstidlem

Tento způsob je založen na přenosu informace pomocí návěstidla, které má vytvořenou závislost na funkcích následujícího přejezdu. Při vyhodnocení nevyklizení NPP, nedojde k rozsvícení povolující návěsti, případně pokud již došlo k rozsvícení povolující návěsti, a je následně vyhodnoceno nevyklizení NPP, dojde k opětovnému rozsvícení návěsti Stůj. Tento způsob předpokládá, že návěstidlo bude umístěno minimálně na zábrzdnu vzdálenost tak, aby při změně návěstního znaku, která může být vyvolána nevyklizením NPP, mělo železniční vozidlo možnost zastavit před potencionální překážkou. Spouštěcí bod přejezdu musí zvolen tak, aby byla dodržena vyklizovací doba, po jejím uplynutí dojde k detekci vyklizení NPP. Detekce může probíhat v časovém intervalu, který je roven době, po kterou jede vlak v prostoru dohlednosti návěstidla. Zde se projeví nevýhoda bodového přenosu informace, jelikož po projetí čela vozidla úrovní návěstidla, již není možné přenést informaci o změně návěstního znaku na vozidlo. Z tohoto důvodu je i zbytečné detekovat vyklizení NPP i projetí čela vozidla za návěstidlo, detekce se může v tomto okamžiku ukončit.

Graf č. 19 znázorňuje upravený průběh výstražné doby při krytí přejezdu návěstidlem. Po ovlivnění zapínacího prvku je počítán čas t_r – reakce zřízení a t_v – vyklizovací doba, po uplynutí těchto dob, se již v NPP nesmí nacházet žádné vozidlo, či jiná překážka, tedy až v tomto okamžiku je možné zahájit detekci NPP. Po vyhodnocení detekce, se jedoucí vozidlo musí nacházet v takové vzdálenosti před návěstidlem, aby jeho návěst byla viditelná alespoň po dobu 12 s [2]. Aby bylo možné, tento interval dodržet, je nutné počítat se zpožděním, které

je rovno době, za kterou dokáže logika detektoru vyhodnotit případné nevyklizení NPP a přenést informaci o tomto stavu na návěstidlo. Toto zpoždění je vyjádřeno tzv. dobou reakce návěstidla t_{RN} , a pokud není stanoveno jinak, platí, že $t_{RN} = 3$ s.



Graf 19: Průběh výstražné doby při krytí přejezdu hl. návěstidlem

Při výpočtu vycházíme z modelového výpočtu přejezdu uvedeného v příloze A. Výpočet délky L_{pbeztb} nemusí zohledňovat bezpečnostní doby, jelikož průběh výstražné doby je doplněn oproti původním výpočtu L_p , ještě o délky L_{DN} , L_{RN} a L_{zab} , které zabezpečí dostatečnou časovou rezervu k minutí prostoru přejezdu, čelem vlaku. Délka L_{pbeztb} vychází z rovnice:

$$L_{pbeztb} = 3,6^{-1} \cdot V_t \cdot (t_L - 9) \quad [\text{m}; \text{km/h}; \text{s}] \quad (13)$$

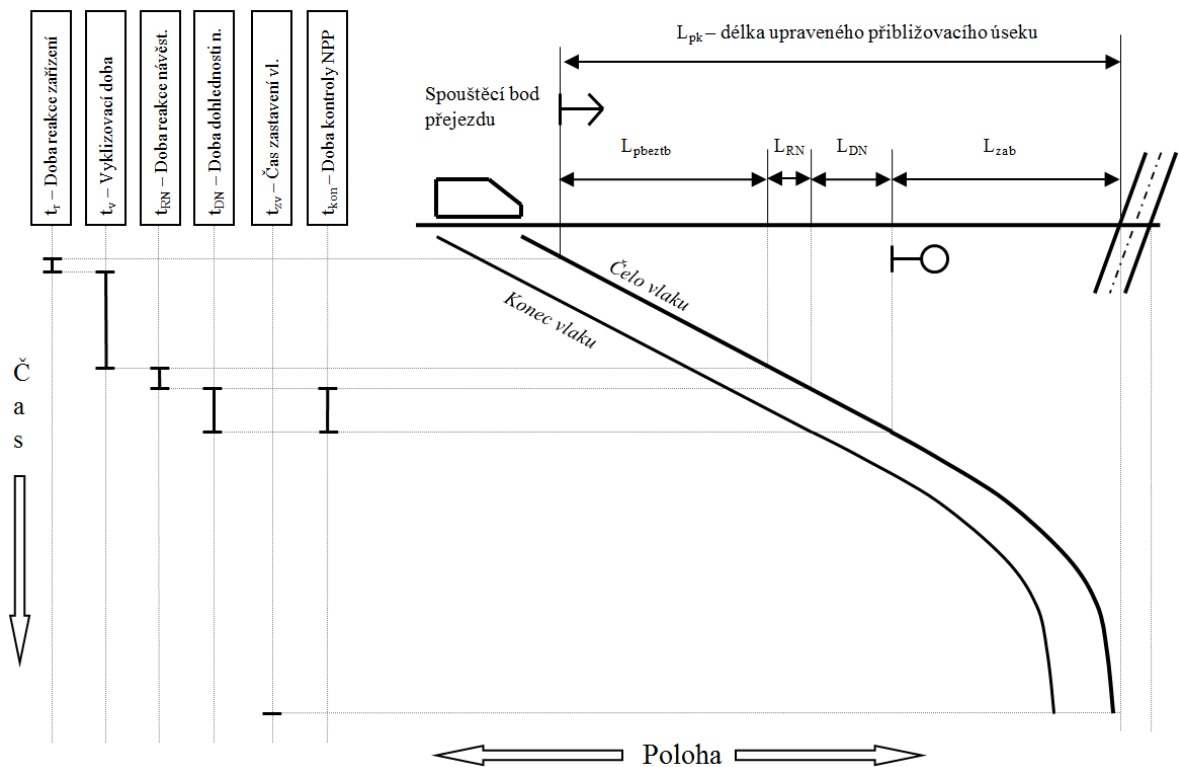
V_t – nejvyšší dovolená rychlost v rozhodujícím úseku před přejezdem

t_L – přibližovací doba

Abychom zajistili minimální dobu viditelnosti návěsti, je nutné, aby návěst byla viděna ze vzdálenosti L_{DN} , ta se rovná:

$$L_{DN} = \frac{10}{3} \cdot V_t \quad [\text{m}; \text{km/h}] \quad (14)$$

Aby bylo zajištěno případné zastavení vlaku před přejezdem při změně návěstního znaku, musí být dodržena zábrzdna vzdálenost, která je přesně definovaná a vztahuje se k maximální traťové rychlosti.



Graf 20: Průběh jízdy vlaku při detekci nevyklizení NPP

Výpočet délky upraveného přibližovacího úseku L_{pk} , pro přejezd bez závor, s detekcí NPP se tedy vypočte:

$$L_{pk} = L_{pbeztb} + L_{RN} + L_{DN} + L_{zab} \quad [m] \quad (15)$$

V případě detekce nevyklizení NPP, logika detektoru přeneše s časovou rezervou t_{RN} , informaci o tomto stavu, která je prezentována na návěstidle. Návěst informující o nevyklizení NPP, musí být návěstěna nejméně po dobu t_{DN} do doby minutí návěstidla čelem vlaku a strojvedoucí na ni zareaguje brzděním, které je díky zábrzdne vzdálenosti, ukončeno zastavením čela vlaku nejdále před prostorem přejezdu. Situace je naznačena v grafu č. 20.

Negativním dopadem výše uvedené úpravy přibližovacího úseku, je jeho znatelné prodloužení viz vzorec (15), které může být, dle zábrzdne vzdálenosti, až dvojnásobkem původní délky přibližovacího úseku L_p . Následkem toho dochází k prodloužení celkové doby

výstrahy, což může na úrovňovém křížení pozemní komunikace vyšší třídy s vícekolejným přejezdem s vyšší frekvencí dopravy, vést k dopravním komplikacím.

Při rozboru eliminace negativních dopadů musíme vycházet z faktu, že délka nově navrženého přibližovacího úseku L_{pbeztb} , závisí na době reakce zařízení t_r a vyklizovací době t_v . Doba reakce zařízení t_r je dána fyzikálními vlastnostmi použitých prvků, ve vlastním přejezdovém zařízení a není ji možné zkrátit, či vynechat. Vyklizovací doba t_v je dána dobou, za kterou nejpomalejší a nejdelší vozidlo opustí NPP, a tedy není ji možné zkrátit. Doba t_{RN} je taktéž dána fyzikálními vlastnostmi použitých prvků detektoru, v logice návěstidla a přenosové cestě a nelze tedy uvažovat s jejím vlivem na snížení celkové doby výstrahy. Vzdálenost viditelnosti návěstidla L_{DN} je stěžejní pro přenos informace ke strojvedoucímu a nelze ji v žádném případě zkrátit. Její zkrácení by vedlo k nedostatečnému časovému prostoru pro reakci strojvedoucího a její úplné odstranění, ke zbytečnosti celého systému kontroly NPP.

Možnost eliminace negativního dopadu na upravenou délku přibližovacího úseku, spočívá v úpravě vzdálenosti, v které železniční vozidlo v případě detekce nevyklizení NPP, brzdí. Doposud byla touto vzdáleností, tzv. zábrzdná vzdálenost.

Zábrzdná vzdálenost	Nejvyšší traťová rychlost
400 m	Pro tratě s rychlostí 60 km/h a nižší
700 m	Pro tratě s rychlostí vyšší než 60 km/h do rychlosti 100 km/h
1000 m	Pro tratě s rychlostí vyšší než 100 km/h do rychlosti 160 km/h

Tabulka 3: Zábrzdná vzdálenost [3]

Z výše uvedené tabulky č. 3 je patrné, že zábrzdná vzdálenost se nestanovuje pro konkrétní nejvyšší traťovou rychlost, ale pro interval nejvyšších traťových rychlostí. Pokud bychom například chtěli stanovit zábrzdnou vzdálenost pro rychlost 160 km/h, což je horní hranice intervalu, vyjde nám zábrzdná vzdálenost 1000 m. V případě, že je nejvyšší traťová rychlost 110 km/h, což je spodní hranice intervalu, vyjde nám taktéž 1000 m. Je zřejmé, že vlak jedoucí různou rychlostí, bude mít i rozdílnou brzdnou dráhu, která však v tabulce zábrzdných vzdáleností není zohledněna, proto je vhodné při výpočtu upraveného přibližovacího úseku počítat s konkrétní hodnotou nejvyšší traťové rychlosti, čímž dosáhneme přesnějšího a v mnoha případech, z hlediska návrhu upraveného přibližovacího úseku,

pozitivnějšího výsledku. Konkrétní výpočty zábrzdné dráhy, jsou patrné z tabulky v příloze B. Výpočet dráhy rovnoměrně zpomaleného pohybu, brzdícího žel. vozidla je pak dán vztahem:

$$L_{SZV} = \frac{V_t^2 - V_0^2}{3,6^2 \cdot 2 \cdot a} \quad [\text{m}; \text{km/h}; \text{km/h}; \text{m} \cdot \text{s}^{-2}] \quad (16)$$

L_{SZV} – délka skutečného zastavení žel. vozidla

V_t – nejvyšší dovolená rychlost v rozhodujícím úseku před přejezdem

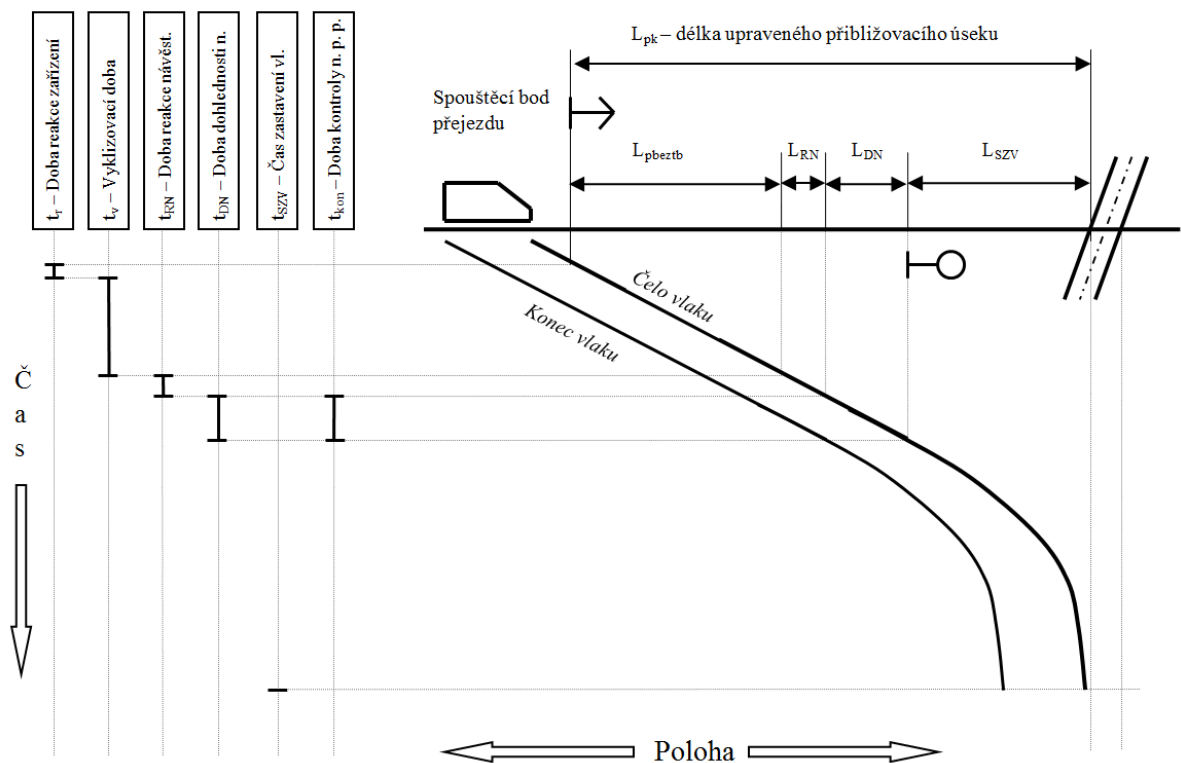
V_0 – koncová rychlost žel. vozidla (úplné zastavení $V_0 = 0$)

a – hodnota průměrného zpomalení ($a = 1,3 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$) [1]

Výpočet délky upraveného přibližovacího úseku L_{pk} , pro přejezd bez závor, s detekcí NPP se pak tedy vypočte:

$$L_{pk} = L_{pbeztb} + L_{RN} + L_{DN} + L_{SZV} \quad [\text{m}] \quad (17)$$

Průběh jízdy vlaku s touto úpravou přibližovacího úseku je patrný z grafu č. 21.



Graf 21: Průběh jízdy vlaku při detekci nevyklizení NPP s úpravou brzdné dráhy

Další zkrácení upraveného přibližovacího úseku je možný, pouze za předpokladu, že jsme ochotni připustit riziko, které plyne z koncepce alespoň snížené rychlosti před přejezdem v případě vyhodnocení nevyklizení NPP. Využijeme k tomu vztah (16), v kterém jsme v předchozím případě uvažovali s úplným zastavením žel. vozidla, tedy koncová rychlost žel. vozidla $V_0 = 0$, nyní však můžeme za proměnou V_k dosadit hodnotu koncové rychlosti, kterou bude mít žel. vozidlo v průběhu brzdění v okamžiku, kdy jeho čelo mine prostor přejezdu. Vzdálenost, kterou žel. vozidlo k přejezdu ujede, se vypočte:

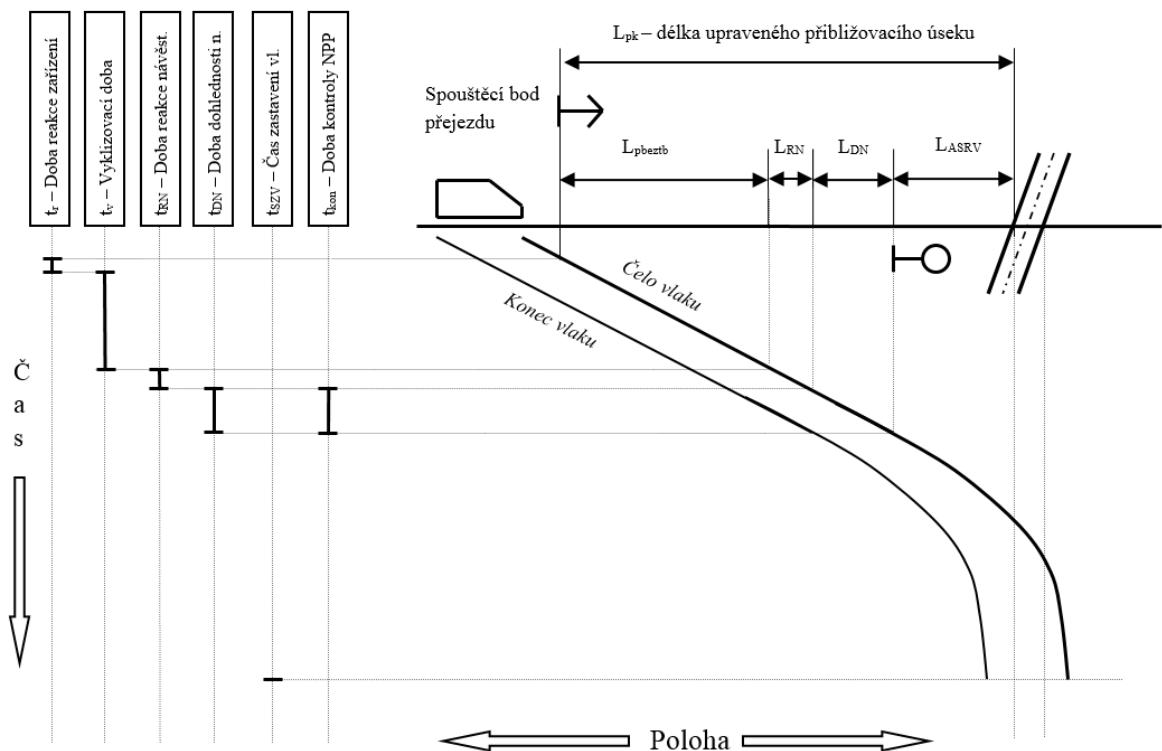
$$L_{ASRV} = \frac{V_t^2 - V_k^2}{3,6^2 \cdot 2 \cdot a} \quad [\text{m}; \text{km/h} ; \text{km/h}; \text{m} \cdot \text{s}^{-2}] \quad (18)$$

L_{ASRV} – délka kterou vozidlo ujede, než sníží rychlost na požadovanou, z hlediska destruktčních účinků, akceptovatelnou hodnotu

V_t – nejvyšší dovolená rychlost v rozhodujícím úseku před přejezdem

V_k – koncová rychlost žel. vozidla

a – hodnota průměrného zpomalení ($a = 1,3 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$) [1]



Graf 22: Průběh jízdy vlaku při detekci nevyklizení NPP s úpravou snížením rychlosti

Hodnoty vzdáleností L_{ASRV} za které vlak buď úplně zastaví, nebo omezí rychlost na požadovanou hodnotu, dané vztahem (18), lze vyčíst v příloze B.

Výpočet délky upraveného přibližovacího úseku L_{pk} , pro přejezd bez závor, s detekcí NPP se pak tedy vypočte:

$$L_{pk} = L_{pbeztb} + L_{RN} + L_{DN} + L_{ASRV} \quad [\text{m}] \quad (19)$$

Průběh jízdy vlaku s touto úpravou přibližovacího úseku je patrný z grafu č. 20.

Konkrétní časová hodnota, o kterou lze snížit celkovou výstrahu na přejezdu oproti předchozím způsobům, lze vypočítat z následujícího vztahu:

$$t_{ASRV} = \frac{V_t - V_k}{3,6^2 \cdot a} \quad [\text{s}; \text{km/h}; \text{km/h}; \text{m.s}^{-2}] \quad (20)$$

V_t – nejvyšší dovolená rychlost v rozhodujícím úseku před přejezdem

V_k – koncová rychlost žel. vozidla

a – hodnota průměrného zpomalení ($a = 1,3 \text{ m.s}^{-2}$) [1]

Pokud bychom akceptovali snížení rychlosti (koncová rychlost V_k) na poloviční hodnotu, oproti původní traťové V_t , vyjde nám, že i čas za který vozidlo dosáhne požadované rychlosti, je poloviční. I přes to, že snížení celkové doby výstrahy na přejezdu je v tomto případě znatelný, nelze tento způsob z hlediska jistého střetu s potencionální překážkou v NPP a nemožnosti odhadnout destrukční následky, doporučit.

3.4.2 Přenos informace o nevyklizení NPP vlakovým zabezpečovačem

Z příkladů v předchozí kapitole je zřejmé, že kontrola NPP je z důvodu bodového přenosu informace, prováděna pouze po omezenou dobu jízdy vlaku a je ukončena minutím návěstidla čelem vlaku. Další jízda vlaku směrem k přejezdu, probíhá již bez kontroly NPP, jelikož informace o jeho stavu, již není možné na vozidlo přenést. Pokud bychom chtěli kontrolovat NPP v celé délce přibližovacího úseku (po době vyklizení přejezdu), je nutné zajistit, aby o informace o vyklizeném NPP, byla žel. vozidlu k dispozici v jakémkoliv okamžiku jízdy vlaku přibližovacím úsekem, po uplynutí doby vyklizení přejezdu. Za tímto účelem lze použít dostupných, konvenčních, liniových prostředků, pro přenos informace z traťové části zabezpečovacího zařízení na žel. vozidlo, tzv. vlakových zabezpečovačů (VZ). Hlavními činnostmi VZ jsou shromáždění potřebných informací, zpracování informací tj. stanovení limit bezpečného pohybu vlaku, trvalé dohlížení, že limit není překročen a zásah

do jízdy vlaku v případě, že překročen je. Tyto své činnosti může zařízení plnit v různém rozsahu a s různou úrovní [5].

Ve vztahu k detekci vyklizení NPP, by VZ plnil úlohu kontroly dostupnosti požadované informace o vyklizení NPP. Ta by byla součástí již existujících konvenčních informací z traťových nebo staničních zabezpečovacích zařízení. Pokud by informace z traťového nebo staničního zab. zařízení, neměla restriktivní charakter a zároveň by bylo vyhodnoceno vyklizení NPP, vozidlo by disponovalo povolením k jízdě. V případě, že informace o vyklizení NPP nebude dostupná nebo dostupná bude, ale v průběhu jízdy vozidla v přibližovacím úseku zanikne, znamená to ztrátu povolení k jízdě, a tím i požadavek na reakci strojvedoucího resp. vlakového zabezpečovače. To vede k co nejrychlejšímu snížení rychlosti vlaku, obvykle až k zastavení vlaku.

K přenosu informace o vyklizení NPP, může být použito i dalších přenosových prostředků jako je například kódovací smyčka, či stále se rozšiřující systém ETCS. Použití jiných mechanismů, bude mít za následek jiné reakční časy a způsoby reakce na restriktivní informaci, či její ztrátu. Například při úvaze o samočinném brzdění nouzovou brzdou, vyvolaném pasivitou strojvedoucího, je reakční doba spuštění nouzové brzdy u systému LS90 17 s [8],[2], kdežto u systému ETCS 29 s [16].

3.4.3 Přenos informace o nevyklizení NPP vlakovým zabezpečovačem typu LS

V rámci žel. sítě SŽDC, je typicky používán liniový vlakový zabezpečovač typu LS. Jeho základní principy jsou popsány v kapitole 1.3.3. Průběh výstražné doby bude složen z doby reakce zařízení t_r , doby vyklizovací t_v , doby reakce zařízení t_{RZ} a doby, za kterou vozidlo zastaví nebo sníží rychlost na požadovanou hodnotu. Po uplynutí doby reakce zařízení t_r a doby vyklizovací t_v , je zahájen proces kontroly vyklizení NPP. Doba t_{RZ} představuje dobu reakce zabezpečovače a je dána fyzikálními vlastnostmi použitých prvků detektoru, logiky zabezpečovače a zpožděním v přenosové cestě. Po uplynutí doby reakce zabezpečovače t_{RZ} je v případě detekce nevyklizení NPP, ukončena povolující informace (to může být i z důvodu její nedostupnosti) a je očekávána reakce strojvedoucího. Výhodou liniového přenosu informace je, že jsme schopni zajistit nepřetržitou aktualizaci přenášených informací kdykoliv v průběhu jízdy v přibližovacím úseku. Ukončení povolení vlivem nevyklizení NPP, může tedy probíhat až do okamžiku, kdy se čelo žel. vozidla přiblíží ke kontrolované oblasti. Pak musí být přenos informace nebo kontrola ukončena, aby průjezd žel. vozidla nezpůsobil ovlivnění detektoru vyklizení NPP.

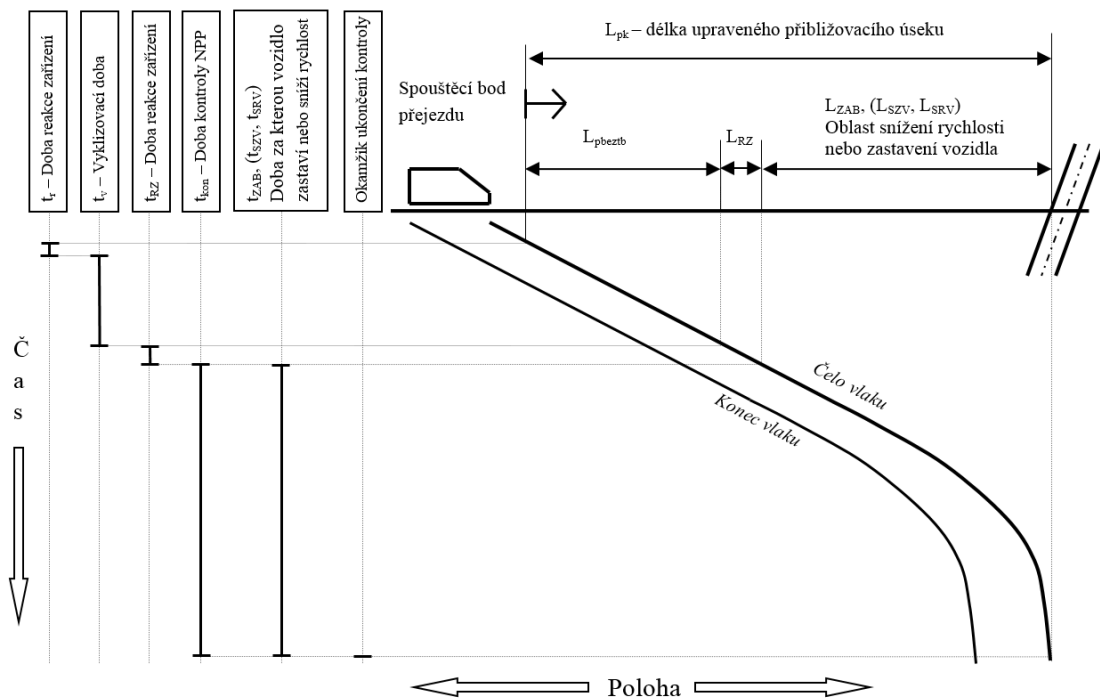
Délka upraveného přibližovacího úseku L_{pk} s kontrolou vyklizení NPP, bude mimo jiné záviset na zvoleném principu reakce žel. vozidla na nevyklizený NPP. Pokud bude zvolena koncepce, která předpokládá zastavení žel. vozidla před přejezdem v rozsahu zábrzdné vzdálenosti, L_{pk} se vypočítá:

$$L_{pk} = L_{pbeztb} + L_{RZ} + L_{zab} \quad [m] \quad (21)$$

L_{pbeztb} – upravená délka původního přibližovacího úseku dle vzorce (13)

L_{RZ} – délka kterou žel. vozidlo ujede za čas reakce zabezpečovače t_{RZ}

L_{ZAB} – zábrzdná vzdálenost



Graf 23: Průběh jízdy vlaku s kontrolou NPP a liniovým přenosem informace

Pokud se bude žel. vozidlo při detekci nevyklizení NPP nacházet ve vzdálenosti L_{ZAB} od přejezdu je zaručeno, že při adekvátní reakci strojvedoucího dojde k úplnému zastavení vlaku jeho čelem před přejezdem. Jak je již uvedeno výše, díky liniovému přenosu informace, je možné ukončit povolení vlivem nevyklizení NPP kdykoliv v průběhu jízdy vlaku, v úseku zábrzdné vzdálenosti L_{ZAB} , ovšem pokud bude informace o vyklizení NPP ukončena ve vzdálenosti menší než je L_{ZAB} , již nelze zajistit, že vozidlo bude mít v úrovni přejezdu nulovou rychlost. Rychlost žel. vozidla, bude v tomto případě záviset na vzdálenosti vozidla od přejezdu v době ukončení informace o vyklizení NPP a reakci strojvedoucího, který

aktivuje brzdění. Situaci, v které se uživatel pozemní komunikace vyskytne v oblasti NPP po uplynutí vyklizovací doby, lze předpokládat spíše u přejezdu bez závor. Ty se vyskytují převážně na tratích s nižší traťovou rychlostí, kde i pozdější zahájení brzdění (než ve vzdálenosti L_{zab}), obnáší snížení rychlosti žel. vozidla na hodnotu, která v případě střetu s překážkou, může znamenat menší destrukční účinky.

Jelikož se zábrzdňá vzdálenost nevztahuje ke konkrétní rychlosti žel. vozidla, ale k jejímu intervalu, může při určitých rychlostech docházet ke zbytečnému prodloužení upraveného přibližovacího úseku, (bližší popis problému, viz předchozí kapitola) je vhodné stanovit skutečné zastavení vozidla, v závislosti na konkrétní rychlosti. Výpočet je pak proveden dle vztahu (16), případně lze odečíst z tabulky uvedené v příloze B. Délka upraveného přibližovacího úseku L_{pk} se v tomto případě bude rovnat:

$$L_{pk} = L_{pbeztb} + L_{RZ} + L_{SZV} \quad [m] \quad (22)$$

L_{pbeztb} – upravená délka původního přibližovacího úseku dle vzorce (13)

L_{RZ} – délka kterou žel. vozidlo ujede za čas reakce zabezpečovače t_{RZ}

L_{SZV} – vzdálenost skutečného zastavení vozidla

Pro další zkrácení upraveného přibližovacího úseku L_{PK} , musíme přijmout fakt, že čelo žel. vozidla bude mít v úrovni přejezdu, v případě vyhodnocení nevyklizení NPP nenulovou rychlost. Pak se upravený přibližovací úsek vypočítá ze vztahu:

$$L_{pk} = L_{pbeztb} + L_{RZ} + L_{ASRV} \quad [m] \quad (23)$$

L_{pbeztb} – upravená délka původního přibližovacího úseku dle vzorce (13)

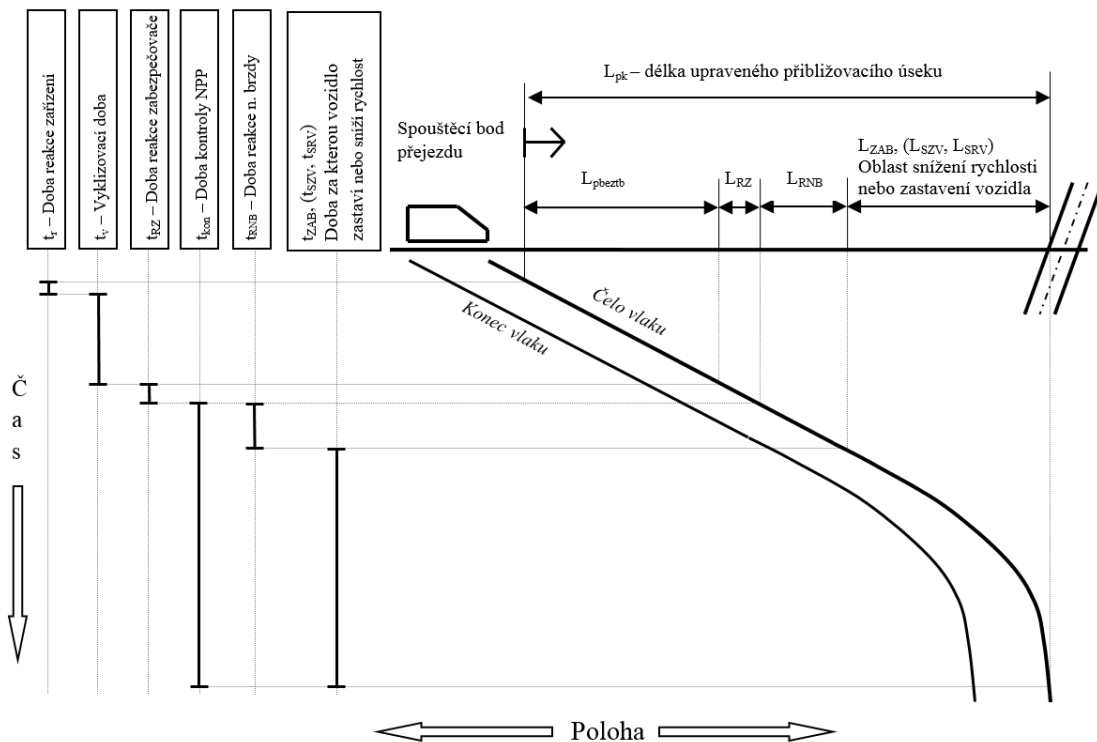
L_{RZ} – délka kterou žel. vozidlo ujede za čas reakce zabezpečovače t_{RZ}

L_{ASRV} – délka kterou vozidlo ujede, než sníží rychlost na požadovanou, z hlediska destrukčních účinků, akceptovatelnou hodnotu

V obou předchozích příkladech, tedy jak u varianty se vzdáleností skutečného zastavení vozidla L_{SZV} , tak i se vzdáleností skutečné rychlosti vozidla L_{ASRV} , lze opět využít výhod liniového přenosu dat. Kontrola vyklizení NPP může probíhat po celou dobu jízdy vlaku ve vzdálenostech L_{SZV} případně L_{ASRV} od přejezdu a to až do minutí přejezdu čelem vlaku, kdy musí být kontrola ukončena, aby nebyl jízdou vlaku ovlivněn detektor vyklizení NPP. Informace přijatá prostřednictvím vlakového zabezpečovače, ve vzdálenostech menších než L_{SZV} popřípadě L_{ASRV} , nebude mít sice za následek úplné zastavení vlaku nebo předem definované snížení rychlosti vlaku v úrovni přejezdu, ale v závislosti na vzdálenosti od

přejezdu a reakci strojvedoucího, může dojít k podstatnému snížení rychlosti a tím k minimalizaci následků srážky s potencionální překážkou.

Logika vlakové zabezpečovače, tak jak je popsána v kapitole 1.3.3, umožňuje za jistých podmínek aktivaci nouzového brzdění i bez intervence strojvedoucího. Aby bylo této funkce plně využito i při kontrole vyklizení NPP, (tj. aby i při absenci strojvedoucího došlo k zastavení resp. snížení rychlosti při nevyklizeném NPP), musely bychom upravený přibližovací úsek L_{pk} , prodloužit ještě o délku L_{RNB} představující vzdálenost, kterou žel. vozidlo ujede za dobu reakce nouzové brzdy a po jejím uplynutí (zpravidla 17 s) dochází k nouzovému brzdění.



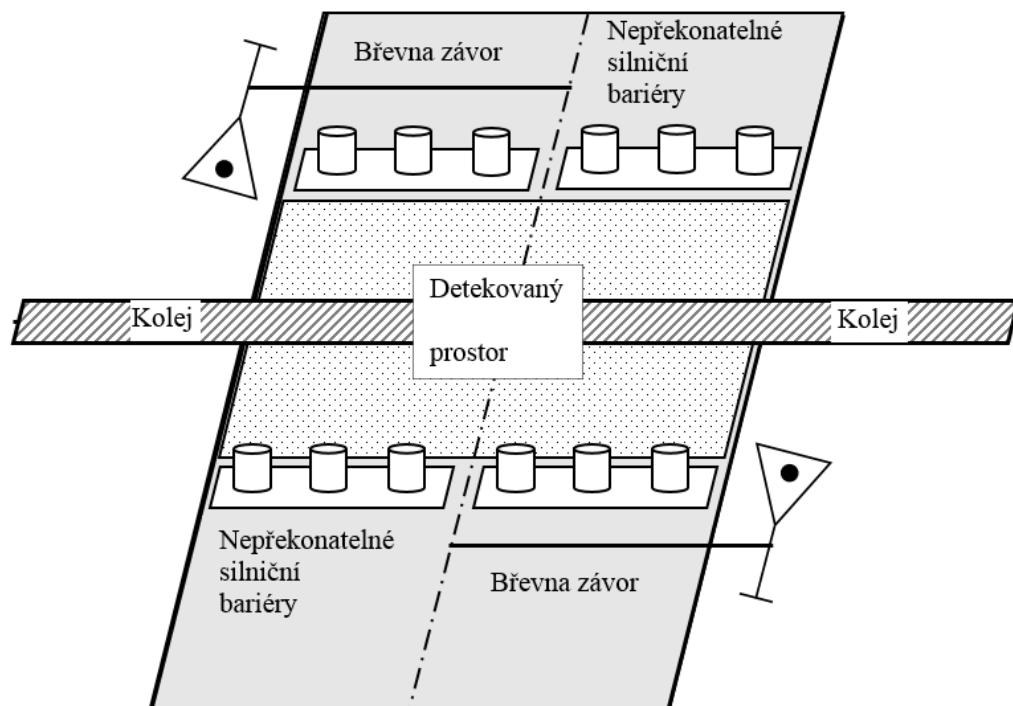
Graf 24: Průběh jízdy vlaku při liniovém přenosu informace a nouzovém brzdění

Průběh jízdy vlaku v upraveném přibližovacím úseku, by pak vypadal následovně. Žel. vozidlo ovlivní spouštěcí bod přejezdu a po ujetí vzdálenosti L_{pbeztb} v průběhu které, dojde k vyklizení přejezdu, se zahájí kontrola vyklizení NPP. Pokud nedojde k vyhodnocení vyklizení NPP, tj. ukončí se povolující informace VZ resp. zahájí se kódování červené, očekává se reakce strojvedoucího. Ten buď zahájí brzdění, nebo žádnou reakci nevyvolá a na to VZ po ujetí vzdálenosti L_{RNB} , zareaguje nouzovým brzděním. To může být opět zahájeno v takové vzdálenosti od přejezdu, aby brzdění respektovalo zábrzdnu vzdálenost, či skutečně zastavení vlaku nebo dosažení přejezdu sníženou rychlostí. Výhoda této koncepce spočívá

ve využití funkce nouzového brzdění při detekci nevyklizení NPP, ke kterému dojde bez zásahu strojvedoucího, nevýhodou je značné prodloužení upraveného přibližovacího úseku L_{pk} a tím i celkové doby výstrahy.

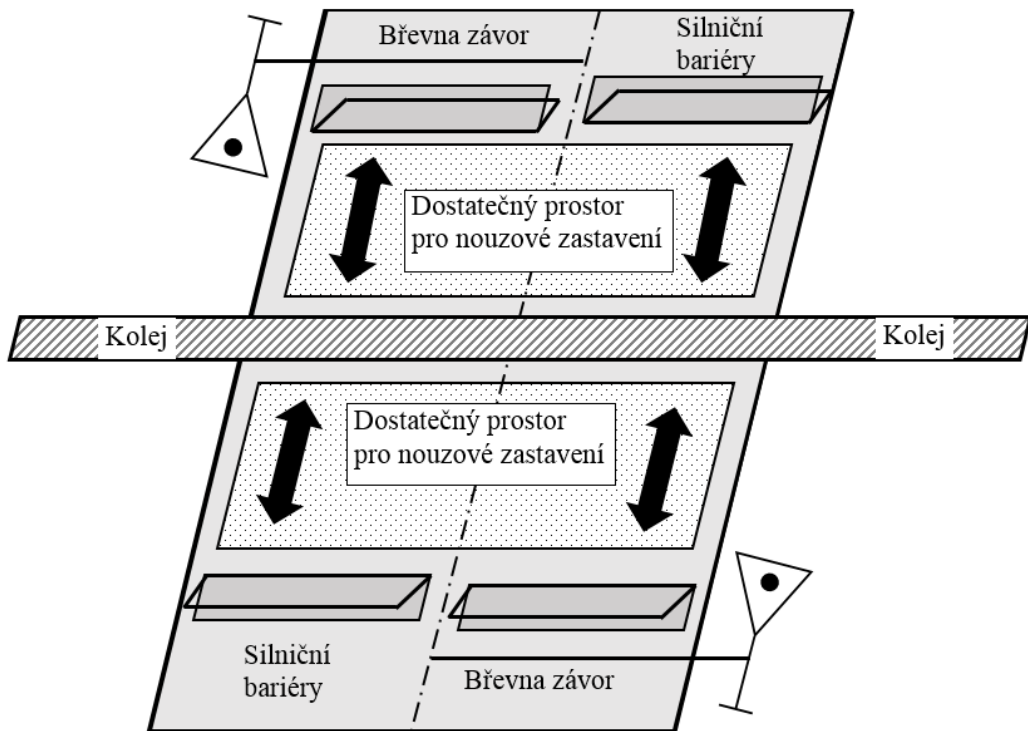
3.5 Fyzické zamezení vjezdu vozidla na přejezd

Fyzické zamezení vjezdu vozidla na přejezd v době výstrahy, představuje velmi účinnou ochranu NPP, v době jeho vyklizení. V případě nerespektování výstrahy řidičem silničního vozidla dojde k reakci, která sice může znamenat poškození vozidla, ovšem tyto důsledky budou méně závažné než při střetu se žel. vozidlem a tím dojde k výraznému, pozitivnímu vlivu na bezpečnost žel. dopravní cesty. Velký problém ovšem představuje silniční vozidlo, které během vyklizovací doby anebo dále v průběhu výstrahy uvízne v prostoru mezi silničními bariérami. Pokud by byly použity bariéry, které nelze z prostoru přejezdu překonat jízdou silničního vozidla ve směru od přejezdu (viz obrázek č. 17), je nutné zajistit, aby bylo vyklizení NPP, detekováno a informace o něm byla včas (tak, jak bylo popsáno v kapitole 3.4) přenesena na žel. vozidlo.



Obrázek 17: Fyzická zábrana tvořená nepřekonatelnou překážkou

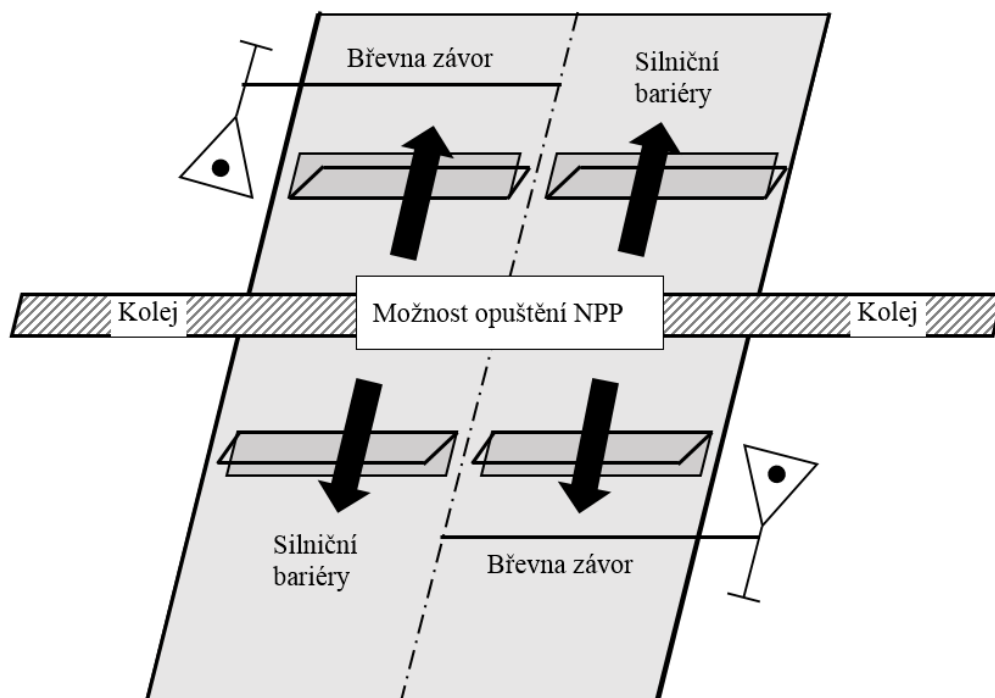
Jistou možností, která je z pohledu technického zabezpečení přejezdu nevhodná, je ponechání dostatečného prostoru mezi silniční bariérou a NPP. V případě uvíznutí silničního vozidla, by měl jeho řidič možnost, odstavit vozidlo co nejdále od poježděné koleje a tím odvrátit možnost střetu s žel. vozidlem.



Obrázek 18: Fyzická zábrana s dostatečným prostorem pro nouzové vyklizení NPP

Délka tohoto prostoru však nelze jednoznačně určit. Pokud bychom uvažovali s největší možnou délkou silničního vozidla, prodlouží se i délka přejezdu, která bude jako vstupní parametr pro výpočet, znamenat prodloužení vyklizovací doby a tím i výstrahy na přejezdu. Situace patrná z obrázku č. 18.

Na obrázku č. 19 je zobrazena varianta silniční bariéry, která sice brání při její aktivaci vjezdu silničního vozidla na přejezd, ovšem její konstrukce umožní uvízlému vozidlu opustit NPP resp. Celý prostor přejezdu bez nutnosti zřizování prostoru pro nouzové vyklizení. Tato varianta nemusí sice znamenat prodloužení výstrahy vlivem větší délky přejezdu, ovšem nelze dopředu stanovit rychlost a způsob reakce řidiče silničního vozidla, na kterém bude záviset vyklizení prostoru přejezdu po uplynutí vyklizovací doby.



Obrázek 19: Fyzická zábrana s možností opuštění NPP

4 Zhodnocení dopadu navrhovaných úprav na provoz

4.1 Analýza vlivu uplatnění minimální doby bez povelu k výstraze

Z podrobného rozpracování problematiky uplatnění minimální doby bez povelu k výstraze, v kapitole 3.1, vyplývá nutnost realizace pomocného spouštěcího prvku, který má zajistit včasnou detekci žel. vozidla. Tento pomocný spouštěcí bod, bude tedy za určitých okolností prodlužovat původní přibližovací úsek. O jakou vzdálenost se přibližovací úsek prodlouží, bude záviset na konfiguraci přejezdu. Zda dojde k uplatnění prodloužení přibližovacího úseku, bude záviset na stavu přejezdu v okamžiku ovlivnění pomocného přibližovacího úseku. Je tedy nutné posoudit, dvě po sobě vyvolané výstrahy a interval mezi nimi. Intervaly jsou dány pro jednotlivé uspořádání PZ, viz vztahy (9) a (10) v kapitole 2.1.

Pro PZ bez závor bude platit:

$$t_{BPV} = t_{BV} + t_r = 7 + 1 = \underline{8\text{ s}}$$

Pro PZ se současně zvedanými závorami bude platit:

$$t_{BPV} = t_{BV} + t_{oz} = 7 + 12 = \underline{19\text{ s}}$$

Pro PZ s postupně zvedanými závorami bude platit:

$$t_{BPV} = t_{BV} + t_{oz} = 7 + 24 = \underline{31\text{ s}}$$

Pomocné spouštěcí prvky budou muset být vzdáleny od původních tak, aby vlak jedoucí maximální povolenou rychlostí ujel tuto vzdálenost právě za čas, výše vypočtený. Jelikož u PZ se závorami je interval otevírání závor t_{oz} součástí výstrahy, je pro posouzení vlivu prodloužení přibližovacího úseku, směrodatná pouze doba bez výstrahy t_{BV} .

Původní výstraha na PZ	Druh přejezdu	Prodloužení v [s]
ANO	Bez závor	8
	Se současně sklápěnými	7
	S postupně sklápěnými	7
NE	Neprodukuje	

Tabulka 4: Výsledné prodloužení přibližovacího úseku

Výsledek úprav je tedy velmi příznivý, protože nebude-li na PZ probíhat původní výstraha, dojde k neuplatnění prodloužení přibližovacího úseku. V případě,

že v okamžiku ovlivnění pomocného spouštěcího prvku bude výstraha na přejezdu detekována, prodlouží se celkový čas, dvou po sobě jdoucích výstrah u přejezdu bez závor o 8 s, u přejezdu se závorami o 7 s. Tyto doby se rovnají době bez výstrahy t_{bv} a jsou z bezpečnostního hlediska pozitivní. Z hlediska plynulosti silničního provozu a délce časového intervalu prodloužení výstrahy, nepředstavuje tato úprava výraznější problém a lze jednoznačně říci, že převažují vlastnosti, které jsou pro bezpečnost a plynulost dopravy na železničních přejezdech, přínosem.

4.2 Výpočet základních a upravených parametrů PZS bez závor, při přenosu informace o nevyklizení NPP bodovým prostředkem

Pro následující výpočty, budou použity parametry modelového přejezdu uvedeného v příloze A. V ní jsou definovány a vypočteny všechny délkové, časové a rychlostní veličiny nutné pro návrh konvenčního PZS dle normy ČSN 34 2650 [1]. Ostatní koeficienty nutné pro výpočet upravených parametrů PZS jsou dány vztahy z předchozích kapitol.

Délka původního přibližovacího úseku L_p pro traťovou rychlost 100 km/h vypočteme:

$$L_p = 3,6^{-1} \cdot V_t \cdot t_L = 3,6^{-1} \cdot 100 \cdot 32,7 \doteq \underline{908 \text{ m}} \quad [\text{km/h; s; m}]$$

Délka upraveného přibližovacího úseku L_{pk1} v kterém počítáme s dráhou zastavení vlaku, rovnou zábrzdě vzdálenosti L_{zab} , vychází ze vztahu (15) v kapitole 3.4.1 a je rovna:

$$L_{pk1} = L_{pbeztb} + L_{RN} + L_{DN} + L_{zab} = 659 + 84 + 334 + 700 = \underline{1777 \text{ m}}$$

Kde se dílčí délky rovnají:

$$L_{pbeztb} = 3,6^{-1} \cdot V_t \cdot (t_L - 9) = 3,6^{-1} \cdot 100 \cdot (32,7 - 9) \doteq 659 \text{ m}$$

$$L_{RN} = 3,6^{-1} \cdot V_t \cdot t_{RN} = 3,6^{-1} \cdot 100 \cdot 3 \doteq 84 \text{ m}$$

$$L_{DN} = \frac{10}{3} \cdot V_t = \frac{10}{3} \cdot 100 \doteq 324 \text{ m}$$

Délka upraveného přibližovacího úseku L_{pk2} v kterém počítáme s dráhou zastavení vlaku, rovnou vzdálenosti skutečného zastavení vozidla L_{szv} , při hodnotě průměrného zpomalení $a = 1,3 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$, vychází ze vztahu (17) v kapitole 3.4.1 a je rovna:

$$L_{pk2} = L_{pbeztb} + L_{RN} + L_{DN} + L_{szv} = 659 + 84 + 334 + 297 = \underline{1374 \text{ m}}$$

Kde se dílčí délka L_{SZV} dle vztahu (16) viz kapitola 3.4.1 rovná:

$$L_{SZV} = \frac{V_t^2 - V_0^2}{3,6^2 \cdot 2 \cdot a} = \frac{100^2 - 0}{3,6^2 \cdot 2 \cdot 1,3} \doteq 297 \text{ m}$$

Délka upraveného přibližovacího úseku L_{pk3} v kterém počítáme s dráhou zastavení vlaku, rovnou vzdálenosti skutečného zastavení vozidla L_{SZV} , při hodnotě průměrného zpomalení $a = 0,45 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$, vychází ze vztahu (17) a je rovna:

$$L_{pk3} = L_{pbeztb} + L_{RN} + L_{DN} + L_{SZV} = 659 + 84 + 334 + 857 = \underline{1934 \text{ m}}$$

Kde se dílčí délka L_{SZV} rovná:

$$L_{SZV} = \frac{V_t^2 - V_0^2}{3,6^2 \cdot 2 \cdot a} = \frac{100^2 - 0}{3,6^2 \cdot 2 \cdot 0,45} \doteq 857 \text{ m}$$

Délka upraveného přibližovacího úseku L_{pk4} v kterém počítáme s dráhou zastavení vlaku, rovnou vzdálenosti akceptovatelného snížení rychlosti vlaku L_{ASRV} , při průměrné hodnotě zpomalení $a = 1,3 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$, vychází ze vztahu (19) v kapitole 3.4.1 a je rovna:

$$L_{pk4} = L_{pbeztb} + L_{RN} + L_{DN} + L_{ASRV} = 659 + 84 + 334 + 223 = \underline{1300 \text{ m}}$$

Délka L_{ASRV} (vychází ze vztahu (18) v kapitole 3.4.1) kterou vozidlo ujede, než sníží rychlost na požadovanou, z hlediska destrukčních účinků, akceptovatelnou hodnotu, (v tomto případě na poloviční rychlost, původní traťové V_t , tedy 50 km/h) se vypočte:

$$L_{ASRV} = \frac{V_t^2 - V_k^2}{3,6^2 \cdot 2 \cdot a} = \frac{100^2 - 50^2}{3,6^2 \cdot 2 \cdot 1,3} \doteq 223 \text{ m}$$

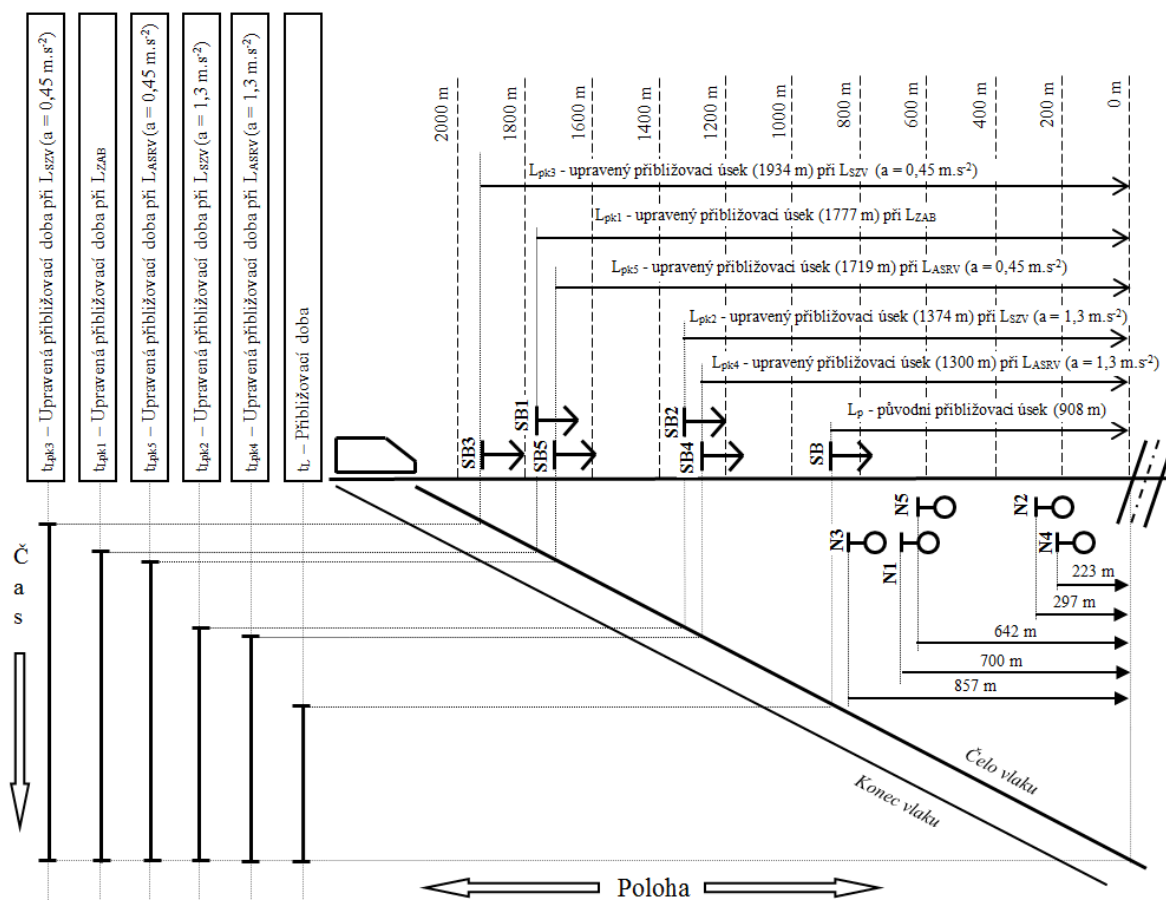
Délka upraveného přibližovacího úseku L_{pk5} v kterém počítáme s dráhou zastavení vlaku, rovnou vzdálenosti akceptovatelného snížení rychlosti vlaku L_{ASRV} , při průměrné hodnotě zpomalení $a = 0,45 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$, vychází ze vztahu (19) v kapitole 3.4.1 a je rovna:

$$L_{pk5} = L_{pbeztb} + L_{RN} + L_{DN} + L_{ASRV} = 659 + 84 + 334 + 642 = \underline{1719 \text{ m}}$$

Délka L_{ASRV} kterou vozidlo ujede, než sníží rychlost na požadovanou, z hlediska destrukčních účinků, akceptovatelnou hodnotu, (v tomto případě na poloviční rychlost, původní traťové V_t , tedy 50 km/h) se vypočte:

$$L_{ASRV} = \frac{V_t^2 - V_k^2}{3,6^2 \cdot 2 \cdot a} = \frac{100^2 - 50^2}{3,6^2 \cdot 2 \cdot 0,45} \doteq 642 \text{ m}$$

Výsledky výpočtů jsou zaneseny do grafu č. 25



Graf 25: Porovnání konvenčního a upraveného PZS s kontrolou vyklizení NPP, při bodovém přenosu informace

4.3 Výpočet základních a upravených parametrů PZS bez závor, při přenosu informace o nevyklizení NPP liniovým prostředkem

Délka upraveného přibližovacího úseku L_{pk6} v kterém počítáme s dráhou zastavení vlaku, rovnou zábrzdné vzdálenosti L_{zab} , vychází ze vztahu (21) v kapitole 3.4.3 a je rovna:

$$L_{pk6} = L_{pbeztb} + L_{RZ} + L_{zab} = 659 + 84 + 700 = \underline{1443 \text{ m}}$$

Kde se dílčí délky rovnají:

$$L_{pbeztb} = 3,6^{-1} \cdot V_t \cdot (t_L - 9) = 3,6^{-1} \cdot 100 \cdot (32,7 - 9) \doteq 659 \text{ m}$$

$$L_{RZ} = 3,6^{-1} \cdot V_t \cdot t_{RN} = 3,6^{-1} \cdot 100 \cdot 3 \doteq 84 \text{ m}$$

Délka upraveného přibližovacího úseku L_{pk7} v kterém počítáme s dráhou zastavení vlaku, rovnou vzdálenosti skutečného zastavení vozidla L_{SZV} , vychází ze vztahu (22) v kapitole 3.4.3 a je při průměrné hodnotě zpomalení $a = 1,3 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$, rovna:

$$L_{pk7} = L_{pbeztb} + L_{RZ} + L_{SZV} = 659 + 84 + 297 = \underline{1040 \text{ m}}$$

Kde se dílí délka L_{SZV} (viz vztah (16) v kapitole 3.4.1) rovná:

$$L_{SZV} = \frac{V_t^2 - V_0^2}{3,6^2 \cdot 2 \cdot a} = \frac{100^2 - 0}{3,6^2 \cdot 2 \cdot 1,3} \doteq 297 \text{ m}$$

Délka upraveného přibližovacího úseku L_{pk8} v kterém počítáme s dráhou zastavení vlaku, rovnou vzdálenosti skutečného zastavení vozidla L_{SZV} , vychází ze vztahu (22) a je při průměrné hodnotě zpomalení $a = 0,45 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$, rovna:

$$L_{pk8} = L_{pbeztb} + L_{RZ} + L_{SZV} = 659 + 84 + 857 = \underline{1600 \text{ m}}$$

Kde se dílí délka L_{SZV} rovná:

$$L_{SZV} = \frac{V_t^2 - V_0^2}{3,6^2 \cdot 2 \cdot a} = \frac{100^2 - 0}{3,6^2 \cdot 2 \cdot 0,45} \doteq 857 \text{ m}$$

Délka upraveného přibližovacího úseku L_{pk9} v kterém počítáme s dráhou zastavení vlaku, rovnou vzdálenosti akceptovatelného snížení rychlosti vlaku L_{ASRV} , a při průměrné hodnotě zpomalení $a = 1,3 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$, vychází ze vztahu (23) v kapitole 3.4.3 a je rovna:

$$L_{pk9} = L_{pbeztb} + L_{RZ} + L_{ASRV} = 659 + 84 + 223 = \underline{966 \text{ m}}$$

Délka L_{ASRV} (viz vztah (18) v kapitole 3.4.1) kterou vozidlo ujede, než sníží rychlost na požadovanou, z hlediska destrukčních účinků, akceptovatelnou hodnotu, (v tomto případě na poloviční rychlost, původní traťové V_t , tedy 50 km/h) se vypočte:

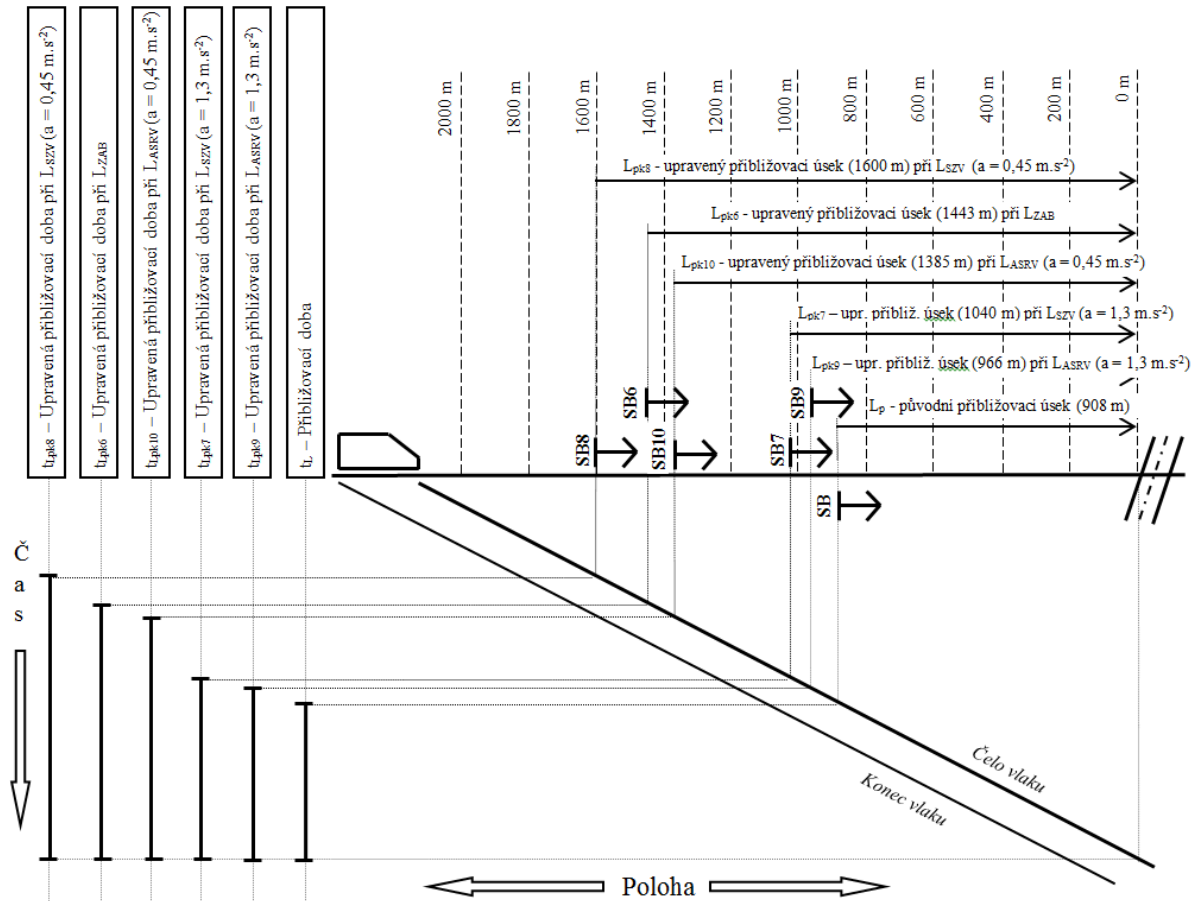
$$L_{ASRV} = \frac{V_t^2 - V_k^2}{3,6^2 \cdot 2 \cdot a} = \frac{100^2 - 50^2}{3,6^2 \cdot 2 \cdot 1,3} \doteq 223 \text{ m}$$

Délka upraveného přibližovacího úseku L_{pk10} v kterém počítáme s dráhou zastavení vlaku, rovnou vzdálenosti akceptovatelného snížení rychlosti vlaku L_{ASRV} , a při průměrné hodnotě zpomalení $a = 0,45 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$, vychází ze vztahu (23) v kapitole 3.4.3 a je rovna:

$$L_{pk10} = L_{pbeztb} + L_{RZ} + L_{ASRV} = 659 + 84 + 642 = \underline{1385 \text{ m}}$$

Délka L_{ASRV} kterou vozidlo ujede, než sníží rychlost na požadovanou, z hlediska destrukčních účinků, akceptovatelnou hodnotu, (v tomto případě na poloviční rychlost, původní traťové V_t , tedy 50 km/h) se vypočte:

$$L_{ASRV} = \frac{V_t^2 - V_k^2}{3,6^2 \cdot 2 \cdot a} = \frac{100^2 - 50^2}{3,6^2 \cdot 2 \cdot 0,45} \doteq 642 \text{ m}$$



Graf 26: Porovnání konvenčního a upraveného PZS s kontrolou vyklizení NPP, při použití liniového přenosu informace

V případě požadavku zastavení žel. vozidla, bez intervence strojvedoucího, jsme nuceni prodloužit upravený přibližovací úsek L_{pk} ještě o vzdálenost L_{RNB} , která představuje vzdálenost kterou žel. vozidlo ujede za dobu reakce VZ a aktivace nouzového brzdění. Ta je dána vztahem :

$$L_{RNB} = 3,6^{-1} \cdot V_t \cdot t_{RNB} \quad [m; km/h; s] \quad (24)$$

Konkrétní délka L_{RNB} pro rychlost 100 km/h se rovná:

$$L_{RNB} = 3,6^{-1} \cdot V_t \cdot t_{RNB} = 3,6^{-1} \cdot 100 \cdot 17 \doteq 472 \text{ m}$$

Po dosazení do vzorců (21), (22) a (23) vypočítáme konkrétní hodnoty délek upravených přibližovacích úseků pro PZS s kontrolou NPP a liniovým přenosem informace s možností aktivace nouzového brzdění v případě nečinnosti strojvedoucího.

Délka upraveného přibližovacího úseku L_{pk11} v kterém počítáme s dráhou zastavení vlaku, rovnou zábrzdě vzdálenosti L_{zab} :

$$L_{pk11} = L_{pbeztb} + L_{RZ} + L_{RNB} + L_{zab} = 659 + 84 + 472 + 700 = \underline{1915 \text{ m}}$$

Délka upraveného přibližovacího úseku L_{pk12} v kterém počítáme s dráhou zastavení vlaku, rovnou vzdálenosti skutečného zastavení vozidla L_{szv} , při průměrné hodnotě zpomalení $a = 1,3 \text{ m.s}^{-2}$:

$$L_{pk12} = L_{pbeztb} + L_{RZ} + L_{RNB} + L_{SZV} = 659 + 84 + 472 + 297 = \underline{1512 \text{ m}}$$

Délka upraveného přibližovacího úseku L_{pk13} v kterém počítáme s dráhou zastavení vlaku, rovnou vzdálenosti skutečného zastavení vozidla L_{szv} , při průměrné hodnotě zpomalení $a = 0,45 \text{ m.s}^{-2}$:

$$L_{pk13} = L_{pbeztb} + L_{RZ} + L_{RNB} + L_{SZV} = 659 + 84 + 472 + 857 = \underline{2072 \text{ m}}$$

Délka upraveného přibližovacího úseku L_{pk14} v kterém počítáme s dráhou zastavení vlaku, rovnou vzdálenosti akceptovatelného snížení rychlosti vlaku L_{ASRV} , při průměrné hodnotě zpomalení $a = 1,3 \text{ m.s}^{-2}$:

$$L_{pk14} = L_{pbeztb} + L_{RZ} + L_{RNB} + L_{ASRV} = 659 + 84 + 472 + 223 = \underline{1438 \text{ m}}$$

Délka upraveného přibližovacího úseku L_{pk15} v kterém počítáme s dráhou zastavení vlaku, rovnou vzdálenosti akceptovatelného snížení rychlosti vlaku L_{ASRV} , při průměrné hodnotě zpomalení $a = 0,45 \text{ m.s}^{-2}$:

$$L_{pk15} = L_{pbeztb} + L_{RZ} + L_{RNB} + L_{ASRV} = 659 + 84 + 472 + 642 = \underline{1857 \text{ m}}$$

Tabulka č. 5 je souhrnem všech vypočtených hodnot, rozdělených dle jednotlivých aplikovaných úprav.

Přibližovací úsek	Rychlost [km/h] počáteční/ koncová	Přibližovací úsek L _p [m]	Přibližovací doba t _L [s]
Původní přibližovací úsek			
L _p - původní přibližovací úsek	100/100	908	32,7
Upravený přibližovací úsek, bodový přenos informace			
L _{pk1} - upravený přibližovací úsek při L _{ZAB}	100/0	1777	64
L _{pk2} - upravený přibližovací úsek při L _{SZV} (a = 1,3 m.s ⁻²)	100/0	1374	49,5
L _{pk3} - upravený přibližovací úsek při L _{SZV} (a = 0,45 m.s ⁻²)	100/0	1934	69,6
L _{pk4} - upravený přibližovací úsek při L _{ASRV} (a = 1,3 m.s ⁻²)	100/50	1300	46,8
L _{pk5} - upravený přibližovací úsek při L _{ASRV} (a = 0,45 m.s ⁻²)	100/50	1719	61,9
Upravený přibližovací úsek, liniový přenos informace			
L _{pk6} - upravený přibližovací úsek při L _{ZAB}	100/0	1443	51,9
L _{pk7} - upr. přibliž. úsek při L _{SZV} (a = 1,3 m.s ⁻²)	100/0	1040	37,4
L _{pk8} - upravený přibližovací úsek při L _{SZV} (a = 0,45 m.s ⁻²)	100/0	1600	57,6
L _{pk9} - upr. přibliž. úsek při L _{ASRV} (a = 1,3 m.s ⁻²)	100/50	966	34,8
L _{pk10} - upravený přibližovací úsek při L _{ASRV} (a = 0,45 m.s ⁻²)	100/50	1385	49,9
Upravený přibližovací úsek, liniový přenos informace s nouz. bzděním			
L _{pk11} - upravený přibližovací úsek při L _{ZAB}	100/0	1915	68,9
L _{pk12} - upravený přibližovací úsek při L _{SZV} (a = 1,3 m.s ⁻²)	100/0	1512	54,4
L _{pk13} - upravený přibližovací úsek při L _{SZV} (a = 0,45 m.s ⁻²)	100/0	2072	74,6
L _{pk14} - upravený přibližovací úsek při L _{ASRV} (a = 1,3 m.s ⁻²)	100/50	1438	51,8
L _{pk15} - upravený přibližovací úsek při L _{ASRV} (a = 0,45 m.s ⁻²)	100/50	1857	66,8

Tabulka 5: Souhrn hodnot, dle jednotlivých metod úprav

4.4 Zhodnocení celkového dopadu parametrů přejezdu, při aplikaci silničních bariér

Změny průběhu výstražné budou závislé na zvolené koncepci silniční bariéry. Při uvažování koncepce uvedené na obrázku č. 17, je nutné počítat se zastavením nebo omezením rychlosti žel. vozidla před případnou překážkou v NPP s využitím prostředků detekce vyklizení a s tím souvisejících dopadů. Délka upraveného přibližovací úseku L_{pbd} se pak bude rovnat:

$$L_{pbd} = L_{pbeztb} + L_{AB} + L_{RN} + L_{DN} + L_{zžv} \quad [m] \quad (24)$$

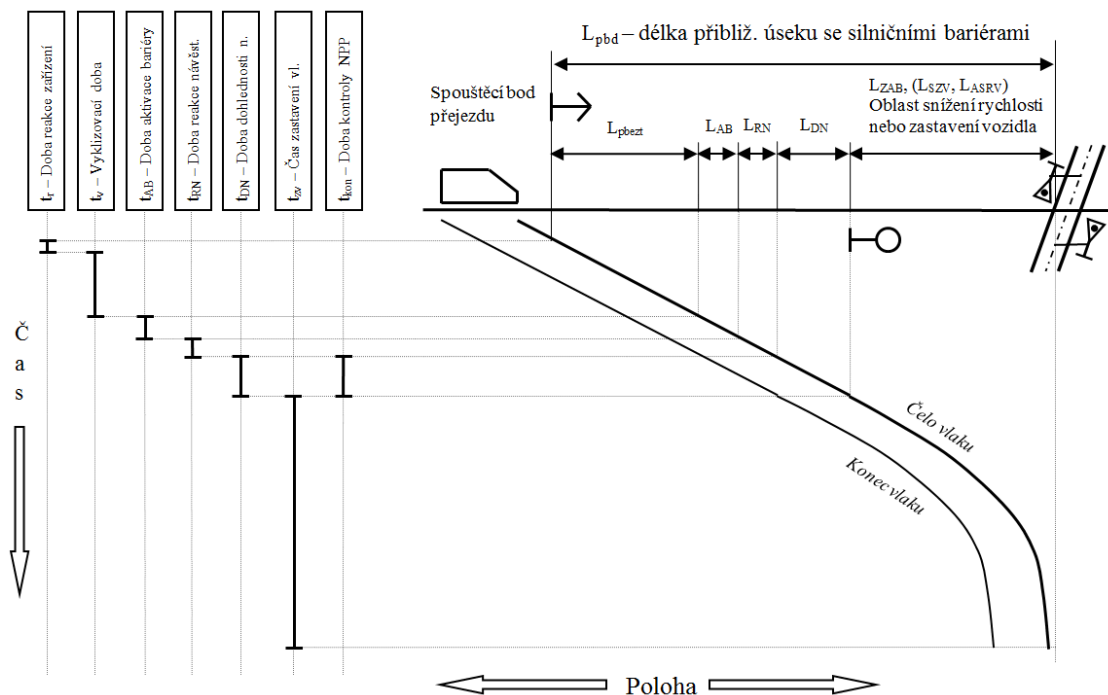
L_{pbeztb} – upravená délka původního přibližovacího úseku, dle vzorce (13)

L_{AB} – délka, kterou vozidlo ujedete za dobu aktivace bariéry t_{AB}

L_{RN} – délka kterou vozidlo ujede za dobu reakce návěstidla t_{RN}

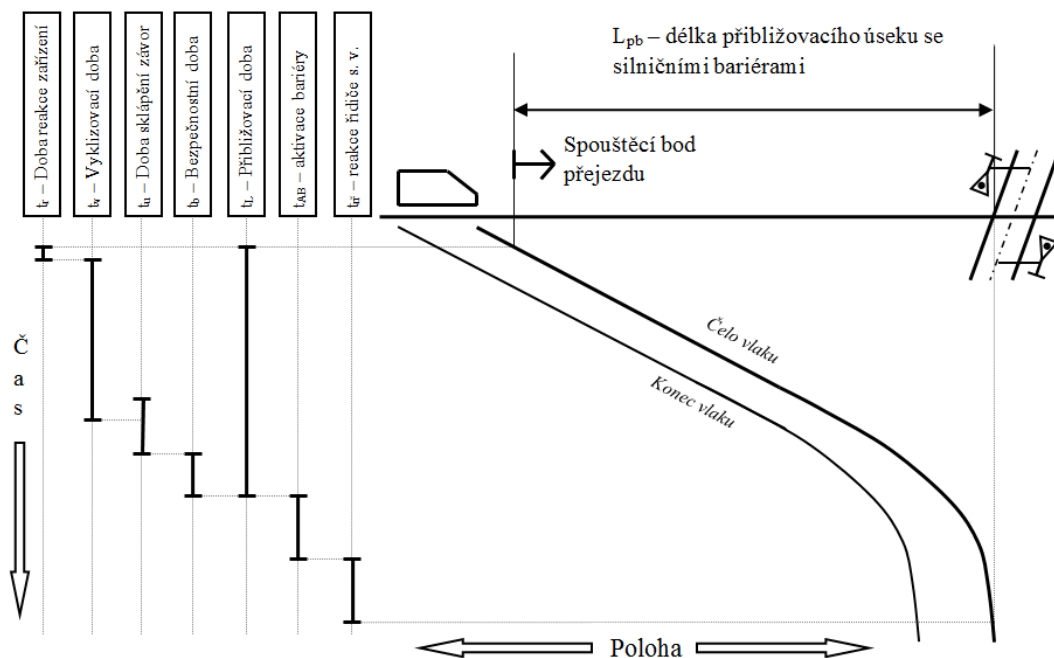
L_{DN} – délka, po kterou musí být zaručena viditelnost návěsti

L_{zžv} – délka zastavení žel. vozidla



Graf 27: Vliv silniční bariéry s detekcí vyklizení NPP na průběh výstražné doby

K původním vztahům z kapitoly 3.4 je nutné zohlednit časový úsek t_{AB} , který definuje čas, za který se silniční bariéry aktivují a dostanou se tak do koncové polohy, v které zajistí fyzickou zábranu silničním vozidlům jedoucím směrem k přejezdu. Tento časový úsek je závislý na konstrukčních vlastnostech silniční bariéry a bude přispívat k prodloužení celkové doby výstrahy.



Graf 28: Vliv silniční bariéry na průběh výstražné doby

Průběh výstražné doby s upravenou délkou přibližovacího úseku z důvodu použití nepřekonatelné bariéry, s detekcí vyklizení NPP je patrný z grafu č. 27.

Koncepce z obrázků č. 18 a č. 19, z hlediska své konstrukce, nepočítá s variantou detekce vyklizení NPP. Zodpovědnost za vyklizení NPP v případě uvíznutí silničního vozidla, se v těchto případech přenáší z technických prostředků na řidiče silničního vozidla. Celková délka upraveného přibližovacího úseku L_{pb} se pak bude rovnat:

$$L_{pb} = L_p + L_{AB} + L_{rř} \quad [m] \quad (25)$$

L_p – původní délka přibližovacího úseku

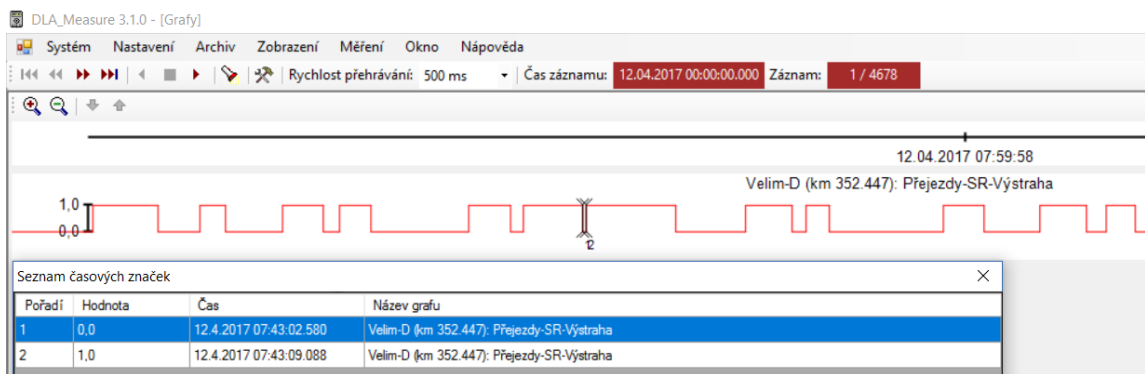
L_{AB} – délka, kterou vozidlo ujedete za dobu aktivace bariéry t_{AB}

$L_{rř}$ – délka kterou vozidlo ujede za dobu reakce řidiče uvízlého silničního vozidla $t_{rř}$

Tato zvolená koncepce, by z hlediska délky výstražné doby mohla být příznivější, než předchozí varianta, nicméně z hlediska bezpečnosti představuje značné riziko střetu žel. vozidla se silničním, a to především proto, že nelze předem stanovit chování řidiče sil. vozidla a zaručit tak, včasné a efektivní odstranění silničního vozidla z NPP. Vzhledem k mnoha vlivům nejde ani jednoznačně určit dobu reakce řidiče $t_{rř}$. Průběh výstražné doby, upravené pro použití silničních bariér vyjadřuje graf č. 28.

4.5 Vliv navrhovaných úprav na konkrétní přejezdové zabezpečovací zařízení

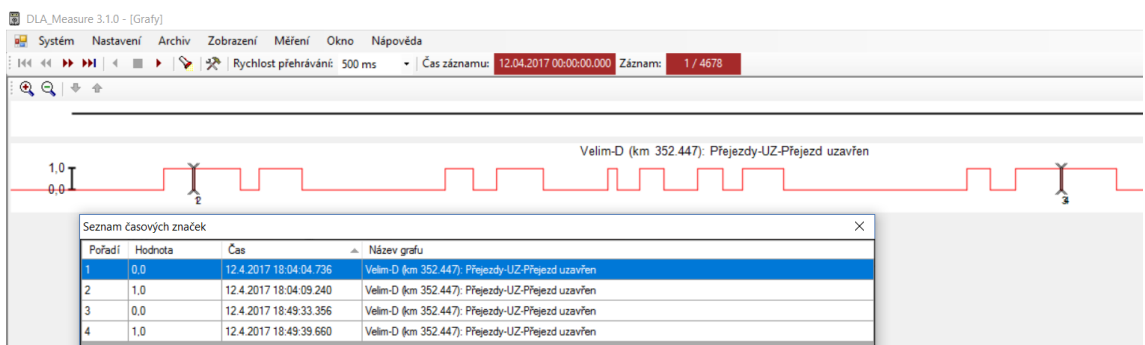
Pro hodnocení navrhovaných úprav z hlediska doplnění detekce vyklizení NPP, bylo vybráno přejezdové zabezpečovací zařízení s celými závory. Jedná se o dvojkolejný přejezd, který je umístěn na trati Kolín – Velim, v km 352,447, v lokalitě Ohrada, s označením PZZ “D“. Tabulka přejezdu s jeho parametry je uvedena v příloze E. Na tomto PZ je umístěna měřicí ústředna, která slouží k online měření definovaných analogových, ale i stavových hodnot. Naměřené údaje se dále archivují v diagnostické serveru, a mohou pak sloužit k dalšímu zpracování. Toho bylo využito pro zjištění, zda se na tomto PZ vyskytují výše pospané problémy s absencí min. doby bez výstrahy a absencí předzváněcí doby.



Obrázek 20: Neuplatnění min. doby bez výstrahy na PZZ „D“ v km 352,447

Na obrázku č. 20 je konkrétní ukázka diagnostického programu DLA Measure, s aplikací, která dokáže na základě archivovaných dat zobrazit graf stavových veličin. Na konkrétní ukázce je zobrazen průběh stavových hodnot relé OSR, jehož stav odpovídá výstražnému či pohotovostnímu stavu přejezdu. Pomocí časových značek je označen úsek, v kterém nebyla dodržena min. doba bez výstrahy, tedy doba mezi ukončením jedné výstrahy a začátkem druhé je kratší než 7 s. V 24 hodinovém, sledovaném období z dne 12. 4 2017, došlo celkem ke čtyřem výskytům absence min. doby bez výstrahy.

Podobným způsobem lze zobrazit stavové hodnoty relé UZ, které je vybuzeo při uzavřených břevnech závor. Bylo změřeno, že doba zvedání závor je 7,6 s. Pokud bude tedy doba otevření břevne závor kratší než 7,6 s, došlo k opětovnému uzavření bez předzváněcí doby. Tato situace je patrná z grafu č. 21, kde během necelé hodiny došlo ke dvěma případům nedodržení předzváněcí doby. V 24 hodinovém, sledovaném období z dne 12. 4 2017, došlo k pěti výskytům. Obrázek č. 20 a 21 je pro lepší přehlednost uveden i v přílohách K a L.



Obrázek 21: Neuplatnění předzváněcí doby na PZZ „D“ v km 352,447

Dále byly v 24 hodinovém intervalu, průměrného střeďečního dne 12. 4 2017 zaznamenány, všechny výstražné stavy a byl proveden jejich součet. Pro přehlednější

zobrazení jsou součty dob výstrah, rozděleny do hodinových časových intervalů. Viz tabulka příloh F až J. V tabulkách jsou uvedeny počty výstrah v jednotlivých hodinových intervalech a výsledkem je procentuální vyjádření navýšení výstražné doby, dle aplikovaných výše popsaných úprav přibližovacího úseku z hlediska detekce NPP. V tabulce č. 6 jsou uvedeny průměrné procentuální hodnoty, které vyjadřují průměrné procentuální navýšení doby výstrahy oproti době výstrahy původní, po aplikaci úprav v průběhu 24 hodin, tedy souhrn výsledků z tabulek v přílohách F až J. Je tedy zřejmé, že dochází k navýšení doby výstrahy, které je vlivem některých úprav tak podstatné, že by po jejich aplikaci došlo k razantnímu snížení propustnosti silniční dopravy.

Přibližovací úsek	Rychlost [km/h] počáteční/ koncová	Přibližovací úsek L _p [m]	Přibližovací doba t _L [s]	Průměrné navýšení výstrahy během 24 hodin
Původní přibližovací úsek				
L _p - původní přibližovací úsek	160/160	2073	46,64	
Upravený přibližovací úsek, bodový přenos informace				
L _{pk1} - upravený přibližovací úsek při L _{ZAB}	160/0	3341	75,17	22,41%
L _{pk2} - upravený přibližovací úsek při L _{SZV} (a = 1,3 m.s ⁻²)	160/0	3101	69,77	18,41%
L _{pk3} - upravený přibližovací úsek při L _{SZV} (a = 0,45 m.s ⁻²)	160/0	4536	102,06	44,02%
L _{pk4} - upravený přibližovací úsek při L _{ASRV} (a = 1,3 m.s ⁻²)	160/80	2910	65,48	15,21%
L _{pk5} - upravený přibližovací úsek při L _{ASRV} (a = 0,45 m.s ⁻²)	160/80	3987	89,71	34,42%
Upravený přibližovací úsek, liniový přenos informace				
L _{pk6} - upravený přibližovací úsek při L _{ZAB}	160/0	2807	63,16	12,81%
L _{pk7} - upr. přibliž. úsek při L _{SZV} (a = 1,3 m.s ⁻²)	160/0	2567	57,76	8,80%
L _{pk8} - upravený přibližovací úsek při L _{SZV} (a = 0,45 m.s ⁻²)	160/0	4002	90,05	34,42%
L _{pk9} - upr. přibliž. úsek při L _{ASRV} (a = 1,3 m.s ⁻²)	160/80	2376	53,46	5,60%
L _{pk10} - upravený přibližovací úsek při L _{ASRV} (a = 0,45 m.s ⁻²)	160/80	3453	77,69	24,81%
Upravený přibližovací úsek, liniový přenos informace s nouz. bzděním				
L _{pk11} - upravený přibližovací úsek při L _{ZAB}	160/0	3563	80,17	27,21%
L _{pk12} - upravený přibližovací úsek při L _{SZV} (a = 1,3 m.s ⁻²)	160/0	3323	74,77	22,41%
L _{pk13} - upravený přibližovací úsek při L _{SZV} (a = 0,45 m.s ⁻²)	160/0	4758	107,06	48,03%
L _{pk14} - upravený přibližovací úsek při L _{ASRV} (a = 1,3 m.s ⁻²)	160/80	3132	70,47	19,21%
L _{pk15} - upravený přibližovací úsek při L _{ASRV} (a = 0,45 m.s ⁻²)	160/80	4209	94,70	38,42%

Obrázek 22: Souhrn aplikovaných změn na PZZ „D“ v km 352,447

Závěr

V České republice se na železničních tratích nachází téměř osm tisíc přejezdů. Zhruba padesát procent z nich je zabezpečeno pouze výstražnými kříži, druhých padesát disponuje přejezdovým zařízením. Zvyšování bezpečnosti na přejezdech je v současné době často diskutované téma, kterému se věnuje mnoho odborníků, ale i lidí, kteří o koncepci a kritériích zabezpečovacích zařízení nemají dostatečně hluboké povědomí. Vzniká mnoho nápadů, rad a inspirací ohledně zabezpečení přejezdů, které jsou publikovány autory různých oborů a stupňů odbornosti. Právě často laické pojetí zabezpečení přejezdu, má blíže ke koncepci běžné spotřební elektroniky a nezohledňuje specifika logiky zabezpečovacích obvodů a už vůbec ne nezbytné principy funkční a technické bezpečnosti. Cílem této diplomové práce, bylo z čistě technického hlediska upozornit na možné nedostatky principů na současně provozovaných přejezdech a možnosti jejich modifikace. Problémy spojené s absencí minimální doby bez povelu k výstraze, by zaručeně přispěli ke zvýšení bezpečnosti na přejezdech, s minimálním dopadem na omezení silničního provozu. Větší část je věnována zhodnocení dopadů, které by následovali po aplikaci často diskutovaných doplňků zabezpečení přejezdů, jako je detektor vyklizení a silniční zábrana. Právě k těmto úpravám jsou přikládány velké naděje na zlepšení statistik mimořádných událostí na přejezdech. Z výsledků (viz zejména kapitola 4.2 a 4.3) této diplomové práce však vyplývá, že nestačí pouze detekovat případné nebezpečí v prostoru přejezdu, ale je nutné přenést informaci na železniční vozidlo, a to tak aby efektivně zareagovalo na vzniklou situaci. To však radikálním způsobem ovlivní celkovou dobu výstrahy, a to až do takové míry, že by na frekventovaných přejezdech s vyšší traťovou rychlostí, tyto prvky, nebylo možno z důvodu omezení propustnosti silničního provozu, použít. Otázkou zůstává, do jaké míry lze ke snížení počtu mimořádných událostí, přispět technickým vylepšením. To by samozřejmě nemělo být opomíjeno, a je v této oblasti stále co vylepšovat, ale zároveň je potřeba aktivně budovat respekt ohledně pohybu v prostoru železničního přejezdu mezi účastníky silničního provozu a vytvořit všeobecné povědomí o chování v tomto prostoru.

Seznam použitých pojmů

Bezpečnostní doba – se dělí na základní bezpečnostní dobu a dobu přídatnou. Základní bezpečnostní doba t_{b1} je doba, která musí uplynout od skončení měření vyklizovací doby do příjezdu čela drážního vozidla na přejezd a do výpočtu se bere $t_{b1} = 6$ s. Přídatná bezpečnostní doba t_{b2} je doba, která vyplývá z tolerancí při měření a zaokrouhlování. U nově projektovaných PZS se do výpočtu bere $t_{b2} = 3$ s (ČSN 34 2650 ed. 2, příloha B. 2.3, B. 2.4)

Doba reakce zařízení – doba reakce zařízení t_r je doba od ovlivnění ovládacího prvku závislého na jízdě drážního vozidla do zahájení výstrahy, pokud by se neuplatnilo odložení výstrahy. Pokud není pro jednotlivé typy ovládacích prvků a přejezdových zařízení uvedeno jinak, bere se do výpočtu $t_r = 1$ s (ČSN 34 2650 ed. 2, příloha B. 2.1)

Minimální doba bez povelu k výstraze – Je časový interval, v kterém je nepřipustné vyvolat na PZ výstrahu. U PZ bez závor je součtem doby reakce zařízení t_r a minimální doby bez výstrahy t_{bv} . V případě PZS se závorami je součtem minimální doby bez výstrahy t_{bv} a doby otevření závor t_{oz} .

Minimální doba bez výstrahy – je doba, která jednoznačně stanoví časový interval mezi ukončením původní výstrahy a zahájení výstrahy následující. Jeho délka je 7 s.

Nebezpečné pásmo přejezdu – hranice nebezpečného pásma jsou v případě jednokolejného přejezdu 2,5 m od osy koleje na obě strany a v případě vícekolejného se jedná o součet délky 5 m a délky, která se rovná délce mezi osami sousedních kolejí

Permisivní návěst stůj – Význam návěsti STŮJ, kdy drážní vozidlo po zastavení smí pokračovat v jízdě kolem návěstidla s návěstí STŮJ, po splnění podmínek stanovených provozovatelem dráhy, bez obdržení pokynu k další jízdě.

Předzváněcí doba – doba od spuštění výstrahy do okamžiku, kdy se smí začít sklápět břevno závor (ČSN 34 2650 ed. 2, Definice a třídění 3. 1. 36)

Přibližovací doba – nejkratší doba od okamžiku pokynu ke spuštění výstrahy do okamžiku, kdy smí vjet čelo drážního vozidla na přejezd. Je dána součtem vyklizovací doby t_v a dalších dílčích dob t_r , t_{b1} , t_{b2} popř. t_u nebo t_x v závislosti na konfiguraci přejezdu (ČSN 34 2650 ed. 2, Definice a třídění 3. 1. 41, příloha B. 4)

Vyklizovací doba – vyklizovací doba t_v je nejkratší doba, během níž může ještě bezpečně projet přejezdem nejdelší a nejpomalejší silniční vozidlo, nebo cyklista, nebo projít chodec, kteří jsou při spuštění výstrahy v určité vzdálenosti před výstražníkem nebo břevnem závory (ČSN 34 2650 ed. 2, Definice a třídění 3. 1. 53)

Vyklizený přejezd – přejezd v době, kdy bylo technickým prostředkem vyhodnoceno uvolnění prostoru pozemní komunikace mezi závorami, nebo prostoru mezi hranicemi nebezpečného pásma u PZ bez závor ČSN 34 2650 ed. 2 [1]

Zapínací prvek – Ovládací prvek, kterým je dáván zařízením podmět k zahájení výstrahy. Je závislý na jízdě drážního vozidla. Vede-li přejezd přes více kolejí, vyhodnocuje se stav zapínacího ovládacího prvku pro každou kolej samostatně a stav PZ musí odpovídat nejzávažnější situaci

Zábrzdná vzdálenost – Zábrzdná vzdálenost je dráha, na které musí vlak bezpečně zastavit z rychlosti, kterou smí v daném úseku tratě jet. Zábrzdné vzdálenosti jsou:

400 m – pro tratě s rychlostí 60 km/h a nižší

700 m – pro tratě s rychlostí vyšší než 60 km/h do rychlosti 100 km/h

1000 m – pro tratě s rychlostí vyšší než 100 km/h do rychlosti 160 km/h

(SŽDC D1 Dopravní a návěstní předpis čl. 658)

Seznam použitých zkratek

ČJ – časová jednotka

ETCS – (*European Train Control System*) evropský vlakový zabezpečovací systém

IS – izolovaný styk

KÚ – kolejový úsek

LS90 – (*Liniový systém*) vlakový zabezpečovač

LVZ – liniový vlakový zabezpečovač

NPP – nebezpečné pásmo přejezdu

PZS – přejezdová zařízení světelná

SŽDC – Správa železniční dopravní cesty

UWB radar – (*Ultra-Wideband*) ultra-širokopásmový radar

VZ – vlakový zabezpečovač

Seznam použitých značení

- a – hodnota průměrného zpomalení ($a = 1,3 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$)
- d_k – vzdálenost os krajních kolejí; u jednokolejného přejezdu $d_k = 0$
- d_n – vzdálenost hranic nebezpečného pásma; u jednokolejného přejezdu $d_n = 5$,
u vícekolejného přejezdu $d_n = d_k + 5$
- d_p – délka pásma přejezdu
- d_s – délka silničního vozidla
- d_T – délka směrodatná pro výpočet vyklizovací doby
- L_{AB} – délka, kterou vozidlo ujedete za dobu aktivace bariéry t_{AB}
- L_{ASRV} – délka kterou vozidlo ujede, než sníží rychlost na požadovanou, z hlediska
destrukčních účinků akceptovatelnou hodnotu
- L_{ϵ_j} – délka, kterou vlak ujede za čas měření časové jednotky
- L_{DN} – délka, po kterou musí být zaručena viditelnost návěsti
- L_{pb} – upravený přibližovací úsek při použití silniční bariéry
- L_{pbd} – upravený přibližovací úsek při použití silniční bariéry a detekcí vyklizení NPP
- L_{pbeztb} – upravený přibližovací úsek (nedisponuje bezpečnostní dobou t_b)
- L_{pk} – přibližovací úsek s kontrolou NPP
- L_{RN} – délka kterou vozidlo ujede za dobu reakce návěstidla t_{RN}
- L_{RNB} – vzdálenost kterou vlak ujede za dobu reakce nouzové brzdy
- L_{RZ} – vzdálenost kterou vozidlo ujede za čas t_{RZ}
- L_{SZV} – délka skutečného zastavení žel. vozidla
- L_{ZAB} – zábrzdňá vzdálenost
- $L_{zžv}$ – délka zastavení žel. vozidla
- S_p – šířka přejezdu
- S_s – celková šířka všech jízdních pruhů pozemní komunikace
- t_{A1} – ovlivnění vypínacího prvku
- t_{AB} – čas aktivace silniční bariéry
- t_{b1} – základní bezpečnostní doba
- t_{b2} – přídavná bezpečnostní doba
- t_c – doba mezi ukončením povelu pro výstrahu a začátkem výstrahy následující
- t_{ϵ_j} – délka měření časové jednotky
- t_{BV} – minimální doba bez výstrahy

t_{BPV} – minimální doby bez povelu k výstraze
 t_{D1} – neuplatnění předzváněcí doby
 t_{kon} – doba po kterou je kontrolováno NPP
 t_{kv1} – ovlivnění vypínacího prvku od vlaku
 t_L – přibližovací doba
 t_{oz} – doba, po kterou se otevírají závory
 t_r – doba reakce zařízení
 t_{RN} – doba reakce návěstidla
 t_{RNB} – doba reakce nouzové brzdy
 t_{RZ} – čas reakce zabezpečovače
 t_{SZV} – doba skutečného zastavení vozidla
 t_{VN} – doba viditelnosti návěsti
 t_u – doba sklápění jednoho břevna závory
 t_{u2} – doba od povelu ke sklápění břevna závora za přejezdem do povelu ke sklopení posledního břevna závora
 t_v – vyklizovací doba
 t_Z – předzváněcí doba
 t_{ZZ} – předzváněcí doba pro břevno závory za přejezdem
 t_{zV1} – ovlivnění zapínacího prvku od prvního vozidla
 t_{zV2} – povel pro výstrahu od dalšího žel. vozidla
 V_0 – koncová rychlost žel. vozidla (úplné zastavení $V_0 = 0$)
 V_k – koncová rychlost žel. vozidla
 V_s – rychlost nejpomalejšího silničního vozidla
 V_t – nejvyšší dovolená rychlost v rozhodujícím úseku před přejezdem

Seznam použitých obrázků

Obrázek 1: Definice délek prostoru přejezdu s kolmým úhlem křížení [1].....	15
Obrázek 2: Principiální schéma vlakového zabezpečovače.....	21
Obrázek 3: Princip přenosu informace o vyklizení nebezpečného pásma přejezdu	33
Obrázek 4: Aplikace silniční bariéry [10].....	34
Obrázek 5: Detail silniční bariéry [11]	35
Obrázek 6: Vizualizace výklopné silniční bariéry na českých přejezdech [12].....	36
Obrázek 7: Úprava zapojení výsledných kolejových relé při použití KÚ	44
Obrázek 8: Princip neuplatnění pomocného spouštěcího bodu při použití KÚ.....	45
Obrázek 9: Princip zahájení výstrahy při použití KÚ	46
Obrázek 10: Princip uplatnění pomocného spouštěcího bodu při použití KÚ.....	46
Obrázek 11: Úprava zapojení výsledných kolejových relé při použití ČJ.....	47
Obrázek 12: Princip neuplatnění pomocného spouštěcího bodu při použití ČJ	48
Obrázek 13: Princip zahájení výstrahy při použití ČJ.....	48
Obrázek 14: Princip uplatnění pomocného spouštěcího bodu při použití IS.....	49
Obrázek 15: Závislost délky výstrahy na rychlosti žel. vozidla při použití KÚ	49
Obrázek 16: Závislost délky výstrahy na rychlosti žel. vozidla při použití ČJ.....	50
Obrázek 17: Fyzická zábrana tvořená nepřekonatelnou překážkou.....	62
Obrázek 18: Fyzická zábrana s dostatečným prostorem pro nouzové vyklizení NPP.....	63
Obrázek 19: Fyzická zábrana s možností opuštění NPP	64
Obrázek 20: Neuplatnění min. doby bez výstrahy na PZZ „D“ v km 352,447.....	75
Obrázek 21: Neuplatnění předzváněcí doby na PZZ „D“ v km 352,447.....	75
Obrázek 22: Souhrn aplikovaných změn na PZZ „D“ v km 352,447	76

Seznam použitých grafů

Graf 1: Statistika mimořádných událostí na PZ [6].....	13
Graf 2: Průběh výstražné doby na přejezdu bez závor.....	17
Graf 3: Průběh výstražné doby na přejezdu s polovičními závorami.....	18
Graf 4: Průběh výstražné doby na přejezdu s celými závorami.....	20
Graf 5: Detail části průběhu, dvou po sobě vyvolaných výstrah na přejezdu bez závor.....	23
Graf 6: Detail části průběhu, dvou po sobě vyvolaných výstrah na přejezdu se závorami.....	24
Graf 7: Neuplatnění minimální doby bez povelu k výstraze na jednokolejném PZS bez závor.....	26
Graf 8: Neuplatnění min. doby bez výstrahy na jednokolejném přejezdu se závorami.....	27
Graf 9: Neuplatnění předzváněcí doby na jednokolejném přejezdu se závorami.....	28
Graf 10: Neuplatnění minimální doby bez povelu k výstraze na vícekolejném PZS bez závor.....	30
Graf 11: Neuplatnění min. bez výstrahy na vícekolejném PZS se závorami.....	31
Graf 12: Neuplatnění předzváněcí doby na vícekolejném PZS se závorami.....	32
Graf 13: Vliv modifikace jednokolejného přejezdu, situace I.....	37
Graf 14: Vliv modifikace jednokolejného přejezdu bez závor, situace II.....	39
Graf 15: Vliv modifikace jednokolejného přejezdu se závorami, situace II.....	40
Graf 16: Vliv modifikace dvoukolejného přejezdu, situace I.....	41
Graf 17: Vliv modifikace dvoukolejného přejezdu bez závor, situace II.....	42
Graf 18: Vliv modifikace dvoukolejného přejezdu se závorami, situace II.....	43
Graf 19: Průběh výstražné doby při krytí přejezdu hl. návěstidlem.....	52
Graf 20: Průběh jízdy vlaku při detekci nevyklizení NPP.....	53

Graf 21: Průběh jízdy vlaku při detekci nevyklizení NPP s úpravou zábr. vzdálenosti.....	55
Graf 22: Průběh jízdy vlaku při detekci nevyklizení NPP s úpravou snížením rychlosti	56
Graf 23: Průběh jízdy vlaku s kontrolou NPP a liniovým přenosem informace	59
Graf 24: Průběh jízdy vlaku při liniovém přenosu informace a nouzovém brzdění	61
Graf 25: Porovnání konvenčního a upraveného PZS s kontrolou vyklizení NPP, při bodovém přenosu informace.....	68
Graf 26: Porovnání konvenčního a upraveného PZS s kontrolou vyklizení NPP, při použití liniového přenosu informace	70
Graf 27: Vliv silniční bariéry s detekcí vyklizení NPP na průběh výstražné doby	73
Graf 28: Vliv silniční bariéry na průběh výstražné doby	73

Seznam použité literatury

- [1] ČSN 34 2650 ed. 2 – Železniční zabezpečovací zařízení – Přejezdová zabezpečovací zařízení, Praha, Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 66 s
- [2] TNŽ 34 2620 – Železniční zabezpečovací zařízení, Staniční a traťové zabezpečovací zařízení, Olomouc, České dráhy, s. o., Technická ústředna dopravní cesty, 83 s
- [3] SŽDC D1 – Dopravní a návěstní předpis (změna č. 2, účinnost od 14. prosince 2014), SŽDC, s. o., Odbor základního řízení provozu, Praha. 368 s
- [4] **POUPĚ OLDŘICH.** *Automatický blok a líniový vlakový zabezpečovač (autostop): Nové směry v zabezpečovacích zařízeních na trati.* 1. vyd. Praha: Dopravní nakl., 1960. 85, [3] s. Nová technika na železnici
- [5] **CHUDÁČEK VÁCLAV A KOL.** *Železniční zabezpečovací technika.* Praha: České dráhy, Výzkumný ústav železniční, 1996. 98 s. ISBN 80-238-0422-7.
- [6] Drážní inspekce, statistika MU na PZ. Dostupné na: < <http://www.dicr.cz/statistiky-mimoradnych-udalosti>>
- [7] **ŠILAR,** *Moderní obrazové metody pro sledování a kontrolu železničního přejezdu,* 2009. Dostupné na < http://pernerscontacts.upce.cz/15_2009/Silar.pdf>
- [8] **KRIŽAN DUŠAN.** *Zabezpečovací technika II: Učebnice pro 4. roč. SPŠ.* Překlad Václav Darebný. 1. vyd. Praha: Nadas, 1987. 235 s.
- [9] **NÁDVORNÍK BOHUMIL A MACOUN ZBYNĚK.** *Zabezpečovací zařízení I: pro 2. a 3. ročník studijního oboru 04-43-4 mechanik sdělovacího a zabezpečovacího zařízení.* 1. vyd. Praha: Nadas, 1983. 341 s.
- [10] Silniční bariéry na přejezdech ruské železniční sítě. Dostupné na <<https://stevethings.wordpress.com/category/turkey-western-russia/>>
- [11] Popis konstrukce silniční bariéry na ruské železniční síti. Dostupné na <<http://studopedia.org/2-113938.html>>
- [12] **DLABAJA JIŘÍ,** *České přejezdy jako v Rusku?*, Reportér AŽD Praha, 3 / 2012, Praha, Typos tiskařské závody, s.r.o, str. 40, 41

- [13] **ŠLECHTA LIBOR**, Změna způsobu ovládnání automatických závor na vícekolejných tratích, diplomová práce, vedoucí práce Tyr Marek, UPCE, datum publikování 2014
- [14] **NETOLICKÝ JOSEF**, Stanovení požadavků na eliminaci absence doby bez výstrahy přejezdových zabezpečovacích zařízení při ovlivnění zapínacího prvku, ke kterému dojde ještě před ukončením výstrahy způsobeným ovlivněním prvku vypínacího., ročníkový projekt, vedoucí práce Ouředníček Jan, UPCE, datum publikování 2017
- [15] **ING. DIVIŠ ANTONÍN**, M 80 066, Přejezdová zabezpečovací zařízení PZZ-RE, AŽD Praha 2012, Ředitelství společnosti – Technický úsek, 59 s
- [16] Fast analyse of particular causes of hazard, Analýza reakce nouzové brzdy konvenčního zabezpečovače a ETCS, AŽD, 2011

Přílohy DP

Příloha A – tabulka modelového přejezdu

VÝPOČET ZÁKLADNÍCH PARAMETRŮ MODELOVÉHO PŘEJEZDU bez závor.

Výpočet je proveden podle ČSN 34 2650 "Železniční zabezpečovací zařízení - Přejezdová zabezpečovací zařízení", dle příloh A, B, C této normy

a) Výchozí délky (m)

d_k	= vzdálenost os krajních kolejí; u jednokolejového přejezdu $d_k = 0$ m u více kolejového přejezdu = vzdálenost os	$d_k = 0$	m
d_n	= vzdálenost hranic nebezpečného pásma; u jednokolejového přejezdu $d_n = 5$ m; u více kolejového přejezdu $d_n = d_k + 5$	$d_n = 5$	m
S_j	= celková šířka všech jízdních pruhů pro daný směr jízdy	$S_j = 3,5$	m
S_s	= celková šířka všech jízdních pruhů pozemní komunikace	$S_s = 7$	m
d_{vA}	= vzdálenost výstražníku "A" od krajnice pozemní komunikace	$d_{vA} = 1$	m
d_{vB}	= vzdálenost výstražníku "B" od krajnice pozemní komunikace	$d_{vB} = 1$	m
d_{kA}	= vzdálenost výstražníku "A" od osy koleje	$d_{kA} = 5$	m
d_{kB}	= vzdálenost výstražníku "B" od osy koleje	$d_{kB} = 5$	m
α	= úhel křížení pozemní komunikace s železniční tratí; měří se v kladném smyslu (tj. proti směru otáčení hodinových ručiček) od osy pozemní komunikace k ose koleje	$\alpha = 90$	°

b) Rychlosti (m/s)

V_s	= rychlost nejpomalejšího silničního vozidla, u přejezdu 5 km/h, u přechodu 3 km/h, není-li určena jiná doba.	$V_s = 5$	km/h
V_t	= největší dovolená rychlost v rozhodujícím úseku před přejezdem ($V_t = \text{km/h}$)	$V_t = 100$	km/h
V_v	= rychlost nejpomalejšího železničního vozidla $V_v = 20$ km/h	$V_v = 20$	km/h

Článek

A.2.2	d_1	= je průmět délky nebezpečného pásma do osy pozemní komunikace stanoví se z rovnice : $d_1 = d_n * (\sin \alpha)^{-1}$	$d_1 = 5$	m
A.2.3	d_2	= vzdálenost kolmého průmětu osy výstražníku před přejezdem do vnějšího okraje jízdního pruhu a průsečíku tohoto okraje s hranicí nebezpečného pásma	Vý.A $d_2 = 2,5$ Vý.B $d_2 = 2,5$	m
A.2.7	d_6	= průmět šířky jízdního pruhu za přejezdem do vnějšího okraje jízdního pruhu komunikace. U přejezdu s úhlem $\alpha < 90^\circ$ $d_6 = S_j * \text{tg}(90 - \alpha)$. Pro $\alpha \neq 90^\circ$ $d_6 = 0$	$d_6 = 0$	m
A.2.8	d_7	= vzdálenost čelních ploch světél výstražníku od osy stožáru a) vzdálenost od 0 m do 0,5 m včetně $d_7 = 0$ b) vzdálenost od 0,5 m do 1,5 m $d_7 = 1$ m atd.	$d_7 = 1$	m
A.2.9	d_8	= je vzdálenost čela silničního vozidla od čelní plochy světél výstražníku; je to vzdálenost ze které může uživatel pozemní komunikace stojící před přejezdem spolehlivě sledovat světla výstražníku. U přejezdu bez závor $d_8 = 1$ m	$d_8 = 1$	m
A.2.12	d_{11}	= je vzdál. průsečíku vnějšího okraje jízdního pruhu komunikace s hranicí nebezpečného pásma a průmětu nejvzdál. části výstražníku do tohoto okraje $d_{11} = d_2 + d_7$	Vý.A $d_{11} = 3,5$ Vý.B $d_{11} = 3,5$	m
A.2.13	d_s	= délka silničního vozidla a) u přejezdu = 22 m ; b) u přechodu = 3 m	$d_s = 22$	m
A.3	S_p	= Šířka přejezdu je délka koleje, ve které železniční vozidlo znemožňuje provoz po pozemní komunikaci. Měří se v ose koleje. $S_p = S_s * (\sin \alpha)^{-1}$	$S_p = 7$	m
A.4	d_p	= Délka pásma přejezdu je délka pozemní komunikace, ve které se nesmí nacházet silniční vozidlo v době jízdy železničního vozidla. $d_p = d_1 + d_6 + d_8 + d_{11}$	Vý.A $d_p = 9,5$ Vý.B $d_p = 9,5$	m
A.5	d_T	= Délka směrodatná pro výpočet vyklizovací doby. $d_T = d_p + d_s$	Vý.A $d_T = 31,5$ Vý.B $d_T = 31,5$	m

c) Výchozí doby (s)

B.2.1	t_r	= Doba reakce zařízení u PZS $t_r = 1s$, u VÚD $t_r = 6s$	$t_r = 1$	s
B.2.3	t_{b1}	= Základní bezpečnostní doba $t_{b1} = 6s$	$t_{b1} = 6$	s
B.2.4	t_{b2}	= Přídavná bezpečnostní doba $t_{b2} = 3s$	$t_{b2} = 3$	s
B.2.6	t_d	= Doba průjezdu nejpomalejšího železničního vozidla přejezdem, závisí na šířce přejezdu, délce a rychlosti nejpomalejšího železničního vozidla. $t_d = 3,6 * (dv + sp) * V_v - 1$	$t_d = 2$	s
	d_v	= Délka nejdelšího železničního vozidla, povolená provozovatelem dráhy.	$d_v =$	m
B.2.7	t_t	= Doba průjezdu nejpomalejšího železničního vozidla vzdalovacím úsekem, závisí na délce vzdalovacího úseku a rychlosti železničního vozidla. $t_t = 3,6 * L_v * V_v - 1$	$t_t = 0$	s
B.3	t_v	= Vyklizovací doba, je nejkratší doba, během níž může ještě bezpečně projet přejezdem nejdelší a nejpomalejší silniční vozidlo, nebo cyklista, nebo projít chodec $t_v = 3,6 * dT * V_s - 1$	Vý.A $t_v = 22,7$	s
			Vý.B $t_v = 22,7$	s
B.4	t_L	= Přibližovací doba je dána součtem vyklizovací doby a dalších dílčích dob. Je dána rovnicí : $t_L = t_r + t_v + t_{b1} + t_{b2}$	$t_L = 32,7$	s

e) Délka přibližovacího úseku (m)

C.2.1	L_p	= Délka L_p je vzdálenost, kterou žel. vozidlo, jedoucí nejvyšší dovolenou rychlostí v traťovém úseku před přejezdem, ujede za přibližovací dobu. Je dána rovnicí: $L_p = 3,6^{-1} * V_t * t_L$	$L_p = 908$	m
--------------	-------	---	-------------	---

Příloha B – vzdálenost skutečného zastavení žel. vozidla při hodnotě průměrného zpomalení $a = 1,3 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$

Vzdálenost skutečného zastavení žel. vozidla při hodnotě průměrného zpomalení $a = 1,3 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$

		Počáteční rychlost V_i														
		40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160		
Km/h	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160			
m/s	11,11	13,89	16,67	19,44	22,22	25,00	27,78	30,56	33,33	36,11	38,89	41,67	44,44			
zábrzdná vzd.	400	400	400	700	700	700	700	1000	1000	1000	1000	1000	1000			
0	47,48	74,19	106,84	145,42	189,93	240,38	296,77	359,09	427,35	501,54	581,67	667,74	759,73			
10	2,78	44,52	71,23	103,87	142,45	186,97	237,42	293,80	356,13	424,38	498,58	578,70	664,77			
20	5,56	35,61	62,32	94,97	133,55	178,06	228,51	284,90	347,22	415,48	489,67	569,80	655,86			
30	8,33	20,77	47,48	80,13	118,71	163,22	213,68	270,06	332,38	400,64	474,83	554,96	641,03			
40	11,11	0	26,71	59,35	97,93	142,45	192,90	249,29	311,61	379,87	454,06	534,19	620,25			
50	13,89	*	0	32,64	71,23	115,74	166,19	222,58	284,90	353,16	427,35	507,48	593,54			
60	16,67	*	*	0	38,58	83,10	133,55	189,93	252,26	320,51	394,71	474,83	562,90			
70	19,44	*	*	0	44,52	94,97	151,35	213,68	281,93	356,13	436,25	522,32	614,32			
80	22,22	*	*	*	0	50,45	106,84	169,16	237,42	311,61	391,74	477,80	569,80			
Km/h	m/s															

Použitý vztah: $L_{ASRV} = \frac{V_t^2 - V_k^2}{3,6^2 \cdot 2 \cdot a}$

[m; km/h ; km/h; m.s⁻²]

Při $a = 1,3 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$

Příloha C – vzdálenost skutečného zastavení žel. vozidla při hodnotě průměrného zpomalení $a = 2,5 \text{ m.s}^{-2}$

Vzdálenost skutečného zastavení žel. vozidla při hodnotě průměrného zpomalení $a = 2,5 \text{ m.s}^{-2}$

		Počáteční rychlost V_t														
		40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160		
Km/h		40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160		
m/s		11,11	13,89	16,67	19,44	22,22	25,00	27,78	30,56	33,33	36,11	38,89	41,67	44,44		
zábrzdná vzd.		400	400	400	700	700	700	700	700	1000	1000	1000	1000	1000		
0		0	24,69	38,58	55,56	75,62	98,77	125,00	154,32	186,73	222,22	260,80	302,47	347,22	395,06	
10		2,78	23,15	37,04	54,01	74,07	97,22	123,46	152,78	185,19	220,68	259,26	300,93	345,68	393,52	
20		5,56	18,52	32,41	49,38	69,44	92,59	118,83	148,15	180,56	216,05	254,63	296,30	341,05	388,89	
30		8,33	10,80	24,69	41,67	61,73	84,88	111,11	140,43	172,84	208,33	246,91	288,58	333,33	381,17	
40		11,11	0	13,89	30,86	50,93	74,07	100,31	129,63	162,04	197,53	236,11	277,78	322,53	370,37	
50		13,89	*	0	16,98	37,04	60,19	86,42	115,74	148,15	183,64	222,22	263,89	308,64	356,48	
60		16,67	*	*	0	20,06	43,21	69,44	98,77	131,17	166,67	205,25	246,91	291,67	339,51	
70		19,44	*	*	*	0	23,15	49,38	78,70	111,11	146,60	185,19	226,85	271,60	319,44	
80		22,22	*	*	*	*	0	26,23	55,56	87,96	123,46	162,04	203,70	248,46	296,30	
Km/h	m/s															

$$L_{ASRV} = \frac{V_t^2 - V_k^2}{3,6^2 \cdot 2 \cdot a}$$

Použitý vztah: L_{ASRV} [m; km/h ; km/h; m.s⁻²]

Při $a = 2,5 \text{ m.s}^{-2}$

Příloha D – vzdálenost skutečného zastavení žel. vozidla při hodnotě průměrného zpomalení $a = 0,45 \text{ m.s}^{-2}$

Vzdálenost skutečného zastavení žel. vozidla při hodnotě průměrného zpomalení $a = 0,45 \text{ m.s}^{-2}$

		Počáteční rychlost V_i														
		40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160		
Km/h		40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160		
m/s		11,11	13,89	16,67	19,44	22,22	25,00	27,78	30,56	33,33	36,11	38,89	41,67	44,44		
zábrzdná vzd.		400	400	400	700	700	700	700	1000	1000	1000	1000	1000	1000		
Koncová rychlost V_k (V ₀)		0	137,17	214,33	308,64	420,10	548,70	694,44	857,34	1037,38	1234,57	1448,90	1680,38	1929,01	2194,79	
		10	2,78	128,60	205,76	300,07	411,52	540,12	685,87	848,77	1028,81	1225,99	1440,33	1671,81	1920,44	2186,21
		20	5,56	102,88	180,04	274,35	385,80	514,40	660,15	823,05	1003,09	1200,27	1414,61	1646,09	1894,72	2160,49
		30	8,33	60,01	137,17	231,48	342,94	471,54	617,28	780,18	960,22	1157,41	1371,74	1603,22	1851,85	2117,63
		40	11,11	0	77,16	171,47	282,92	411,52	557,27	720,16	900,21	1097,39	1311,73	1543,21	1791,84	2057,61
		50	13,89	*	0	94,31	205,76	334,36	480,11	643,00	823,05	1020,23	1234,57	1466,05	1714,68	1980,45
		60	16,67	*	*	0	111,45	240,05	385,80	548,70	728,74	925,93	1140,26	1371,74	1620,37	1886,15
		70	19,44	*	*	*	0	128,60	274,35	437,24	617,28	814,47	1028,81	1260,29	1508,92	1774,69
		80	22,22	*	*	*	*	0	145,75	308,64	488,68	685,87	900,21	1131,69	1380,32	1646,09
Km/h	m/s															

$$\text{Použitý vztah: } L_{ASRV} = \frac{V_t^2 - V_k^2}{3,6^2 \cdot 2 \cdot a}$$

[m; km/h ; km/h; m.s⁻²]

Při $a = 0,45 \text{ m.s}^{-2}$

TABULKA PŘEJEZDU																					
ZÁKLADNÍ ÚDAJE																					
Trať:		Česká Třebová - Praha																			
Druh:		PZS 3ZBI																			
Přejezd v km:		352,447 (na širé trati)																			
Komunikace:		Místní komunikace																			
celé závory																					
dp [m]	15	ds [m]	22	tu [s]	10	tl [s]	46,62	tz [s]	27	Vs [km/h]	5	Označení:								D	
dT [m]	37	td1 [s]	6	tu1 [s]	-	tv [s]	27	tr [s]	1	Vv [km/h]	20	Rozhodující uživatelé:								vozidla	
dz [m]	37	td2 [s]	3	tu2 [s]	-	to [s]	10	trp [s]		Vt [km/h]	160	a								6	
Kolej:	Lzab [m]	dv [m]	směr	[Kritická doba																β1 [°]	β2 [°]
				Mezrní doby anulace	tdA [s]	td [s]	tds [s]	tas [s]	te [s]	tf [s]	tk [s]	tkS [s]	tkS [s]	tkS [s]	tkS [s]	tkS [s]	tkS [s]	tkS [s]	tkS [s]		
čís.:	1	1000	750	lichý	60	641	660	3734	0	180	987	1200								90	
	2	1000	750	sudý	0	554	570	4103	60	180	1144	1200								90	
				lichý	60	641	660	3734	0	180	987	1200								90	
				sudý	0	554	570	4103	60	180	1144	1200								90	

POZITIVNÍ SIGNAL										
Volné úseky vždy:	HT11	HT12	HT13	HT14	HT15	HT16				
	HT23	HT24	HT25	HT26	HT27	HT28				
Poloha výhybek a návěstidel:										
Volné úseky:										
nemusí být při:										

VYSTRAŽNÝ STAV														
Označení	pro jízdu	rozhod.	výhybky,	dovol.	rychlost při jízdě k přej.	Lp	Lps	staničení	tzv	tzvs	tn	tns	při vol.	Pozn.
zač. PÚ	od/z	návěstidla		(změna od náv., od km)		[m]	[m]	zač. PÚ	[s]	[s]	[s]	[s]	úseku	
D1	1TK	160			2073	2324	350,120	5	0	0	0	0		
D2	2TK	160			2073	2324	350,120	5	0	0	0	0		
D3	1TK	160			2073	2470	354,920	8	0	0	0	0		
D4	2TK	160			2073	2470	354,920	8	0	0	0	0		
Při nezabezpečeném posunu														
dovolovaném zab. zař.:														
Při obsazení kolejových úseků při														
projetí návěstidel:														

POZNÁMKY									

Příloha F – Tabulka aplikovaných změn na PZZ „D“ v čase 0 hod. – 5 hod.

Vliv úprav na konkrétní PZ	Počet/ní/koncová rychlost	Časové rozpětí	00-01		01-02		02-03		03-04		04-05	
			Čas výstrahy	Počet výstrah	Čas výstrahy	Počet výstrah	Čas výstrahy	Počet výstrah	Čas výstrahy	Počet výstrah	Čas výstrahy	Počet výstrah
bodový přenos informace	160/0	0:16:08	6	7	0:18:47	0:01:51	0:08:52	9	0:17:09			
$L_{pk1} - L_{ZAB}$	160/0		0:18:56	17,36%	0:22:03	17,39%	0:02:19	25,23%	0:11:12	26,32%	0:21:21	24,49%
$L_{pk2} - \text{při } L_{SZV} (a = 1,3 \text{ m.s}^{-2})$	160/0		0:18:26	14,26%	0:21:28	14,29%	0:02:14	20,72%	0:10:47	21,62%	0:20:36	20,12%
$L_{pk3} - \text{při } L_{SZV} (a = 0,45 \text{ m.s}^{-2})$	160/0		0:21:38	34,09%	0:25:12	34,16%	0:02:46	49,55%	0:13:27	51,69%	0:25:24	48,10%
$L_{pk4} - \text{při } L_{ASRV} (a = 1,3 \text{ m.s}^{-2})$	160/80		0:18:02	11,78%	0:21:00	11,80%	0:02:10	17,12%	0:10:27	17,86%	0:20:00	16,62%
$L_{pk5} - \text{při } L_{ASRV} (a = 0,45 \text{ m.s}^{-2})$	160/80		0:20:26	26,65%	0:23:48	26,71%	0:02:34	38,74%	0:12:27	40,41%	0:23:36	37,61%
liniový přenos informace												
$L_{pk6} - \text{při } L_{ZAB}$	160/0		0:17:44	9,92%	0:20:39	9,94%	0:02:07	14,41%	0:10:12	15,04%	0:19:33	13,99%
$L_{pk7} - \text{při } L_{SZV} (a = 1,3 \text{ m.s}^{-2})$	160/0		0:17:14	6,82%	0:20:04	6,83%	0:02:02	9,91%	0:09:47	10,34%	0:18:48	9,62%
$L_{pk8} - \text{při } L_{SZV} (a = 0,45 \text{ m.s}^{-2})$	160/0		0:20:26	26,65%	0:23:48	26,71%	0:02:34	38,74%	0:12:27	40,41%	0:23:36	37,61%
$L_{pk9} - L_{ASRV} (a = 1,3 \text{ m.s}^{-2})$	160/80		0:16:50	4,34%	0:19:36	4,35%	0:01:58	6,31%	0:09:27	6,58%	0:18:12	6,12%
$L_{pk10} - L_{ASRV} (a = 0,45 \text{ m.s}^{-2})$	160/80		0:19:14	19,21%	0:22:24	19,25%	0:02:22	27,93%	0:11:27	29,14%	0:21:48	27,11%
liniový přenos informace s nouz. bzděním												
$L_{pk11} - L_{ZAB}$	160/0		0:19:32	21,07%	0:22:45	21,12%	0:02:25	30,63%	0:11:42	31,95%	0:22:15	29,74%
$L_{pk12} - \text{při } L_{SZV} (a = 1,3 \text{ m.s}^{-2})$	160/0		0:18:56	17,36%	0:22:03	17,39%	0:02:19	25,23%	0:11:12	26,32%	0:21:21	24,49%
$L_{pk13} - \text{při } L_{SZV} (a = 0,45 \text{ m.s}^{-2})$	160/0		0:22:08	37,19%	0:25:47	37,27%	0:02:51	54,05%	0:13:52	56,39%	0:26:09	52,48%
$L_{pk14} - \text{při } L_{ASRV} (a = 1,3 \text{ m.s}^{-2})$	160/80		0:18:32	14,88%	0:21:35	14,91%	0:02:15	21,62%	0:10:52	22,56%	0:20:45	20,99%
$L_{pk15} - \text{při } L_{ASRV} (a = 0,45 \text{ m.s}^{-2})$	160/80		0:20:56	29,75%	0:24:23	29,81%	0:02:39	43,24%	0:12:52	45,11%	0:24:21	41,98%

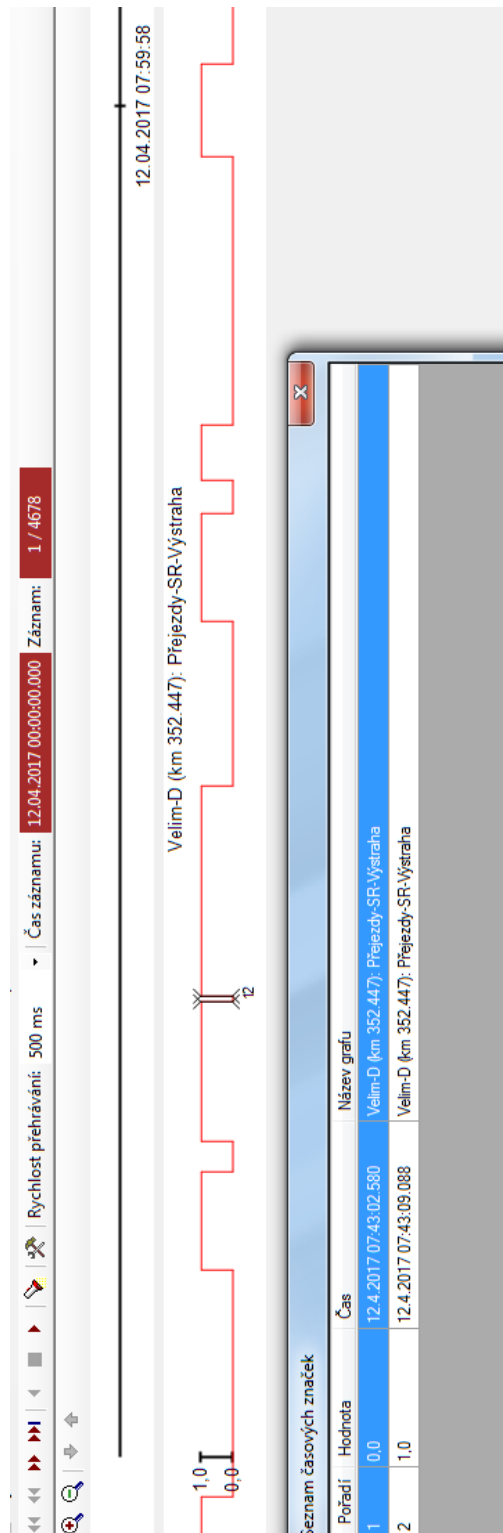
Příloha G – Tabulka aplikovaných změn na PZZ „D“ v čase 5 hod. – 10 hod.

Vliv úprav na konkrétní PZ	Počáteční/ koncová rychlost	Časové rozpětí	05-06		06-07		07-08		08-09		09-10	
			Čas výstrahy	Počet výstrah	Čas	Počet	Čas	Počet	Čas	Počet	Čas	Počet
bodový přenos informace			9	16	11	13	11					
L _{pk1} - L _{ZAB}	160/0		0:20:42	25,45%	0:36:22	25,84%	0:28:31	21,95%	0:29:57	25,40%	0:25:04	25,75%
L _{pk2} - při L _{SZV} (a = 1,3 m.s ⁻²)	160/0		0:19:57	20,91%	0:35:02	21,22%	0:27:36	18,03%	0:28:52	20,87%	0:24:09	21,15%
L _{pk3} - při L _{SV} (a = 0,45 m.s ⁻²)	160/0		0:24:45	50,00%	0:43:34	50,75%	0:33:28	43,12%	0:35:48	49,90%	0:30:01	50,59%
L _{pk4} - při L _{ASRV} (a = 1,3 m.s ⁻²)	160/80		0:19:21	17,27%	0:33:58	17,53%	0:26:52	14,90%	0:28:00	17,24%	0:23:25	17,47%
L _{pk5} - při L _{ASRV} (a = 0,45 m.s ⁻²)	160/80		0:22:57	39,09%	0:40:22	39,68%	0:31:16	33,71%	0:33:12	39,01%	0:27:49	39,55%
liniový přenos informace												
L _{pk6} - při L _{ZAB}	160/0		0:18:54	14,55%	0:33:10	14,76%	0:26:19	12,54%	0:27:21	14,52%	0:22:52	14,72%
L _{pk7} - při L _{SV} (a = 1,3 m.s ⁻²)	160/0		0:18:09	10,00%	0:31:50	10,15%	0:25:24	8,62%	0:26:16	9,98%	0:21:57	10,12%
L _{pk8} - při L _{SV} (a = 0,45 m.s ⁻²)	160/0		0:22:57	39,09%	0:40:22	39,68%	0:31:16	33,71%	0:33:12	39,01%	0:27:49	39,55%
L _{pk9} - L _{ASRV} (a = 1,3 m.s ⁻²)	160/80		0:17:33	6,36%	0:30:46	6,46%	0:24:40	5,49%	0:25:24	6,35%	0:21:13	6,44%
L _{pk10} - L _{ASRV} (a = 0,45 m.s ⁻²)	160/80		0:21:09	28,18%	0:37:10	28,60%	0:29:04	24,31%	0:30:36	28,12%	0:25:37	28,51%
liniový přenos informace s nouz. bzděním												
L _{pk11} - L _{ZAB}	160/0		0:21:36	30,91%	0:37:58	31,37%	0:29:37	26,66%	0:31:15	30,84%	0:26:10	31,27%
L _{pk12} - při L _{SV} (a = 1,3 m.s ⁻²)	160/0		0:20:42	25,45%	0:36:22	25,84%	0:28:31	21,95%	0:29:57	25,40%	0:25:04	25,75%
L _{pk13} - při L _{SV} (a = 0,45 m.s ⁻²)	160/0		0:25:30	54,55%	0:44:54	55,36%	0:34:23	47,04%	0:36:53	54,43%	0:30:56	55,18%
L _{pk14} - při L _{ASRV} (a = 1,3 m.s ⁻²)	160/80		0:20:06	21,82%	0:35:18	22,15%	0:27:47	18,82%	0:29:05	21,77%	0:24:20	22,07%
L _{pk15} - při L _{ASRV} (a = 0,45 m.s ⁻²)	160/80		0:23:42	43,64%	0:41:42	44,29%	0:32:11	37,63%	0:34:17	43,55%	0:28:44	44,15%

Příloha J – Tabulka aplikovaných změn na PZZ „D“ v čase 20 hod. – 24 hod

Vliv úprav na konkrétní PZ	Počáteční/ koncová rychlost	Časové rozpětí	20-21		21-22		22-23		23-24	
			Čas výstrahy	Počet výstrah	Čas výstrahy	Počet výstrah	Čas výstrahy	Počet výstrah	Čas výstrahy	Počet výstrah
bodový přenos informace			11	10	9	8				
$L_{pk1} - L_{ZAB}$	160/0		0:29:15	21,29%	0:27:33	20,39%	0:26:28	18,86%	0:22:13	20,20%
$L_{pk2} - \text{při } L_{SZV} (a = 1,3 \text{ m.s}^{-2})$	160/0		0:28:20	17,48%	0:26:43	16,75%	0:25:43	15,49%	0:21:33	16,59%
$L_{pk3} - \text{při } L_{SZV} (a = 0,45 \text{ m.s}^{-2})$	160/0		0:34:12	41,81%	0:32:03	40,06%	0:30:31	37,05%	0:25:49	39,68%
$L_{pk4} - \text{při } L_{ASRV} (a = 1,3 \text{ m.s}^{-2})$	160/80		0:27:36	14,44%	0:26:03	13,84%	0:25:07	12,80%	0:21:01	13,71%
$L_{pk5} - \text{při } L_{ASRV} (a = 0,45 \text{ m.s}^{-2})$	160/80		0:32:00	32,69%	0:30:03	31,32%	0:28:43	28,97%	0:24:13	31,02%
liniový přenos informace										
$L_{pk6} - \text{při } L_{ZAB}$	160/0		0:27:03	12,16%	0:25:33	11,65%	0:24:40	10,78%	0:20:37	11,54%
$L_{pk7} - \text{při } L_{SZV} (a = 1,3 \text{ m.s}^{-2})$	160/0		0:26:08	8,36%	0:24:43	8,01%	0:23:55	7,41%	0:19:57	7,94%
$L_{pk8} - \text{při } L_{SZV} (a = 0,45 \text{ m.s}^{-2})$	160/0		0:32:00	32,69%	0:30:03	31,32%	0:28:43	28,97%	0:24:13	31,02%
$L_{pk9} - L_{ASRV} (a = 1,3 \text{ m.s}^{-2})$	160/80		0:25:24	5,32%	0:24:03	5,10%	0:23:19	4,72%	0:19:25	5,05%
$L_{pk10} - L_{ASRV} (a = 0,45 \text{ m.s}^{-2})$	160/80		0:29:48	23,57%	0:28:03	22,58%	0:26:55	20,88%	0:22:37	22,36%
liniový přenos informace s nouz. bzděním										
$L_{pk11} - L_{ZAB}$	160/0		0:30:21	25,85%	0:28:33	24,76%	0:27:22	22,90%	0:23:01	24,53%
$L_{pk12} - \text{při } L_{SZV} (a = 1,3 \text{ m.s}^{-2})$	160/0		0:29:15	21,29%	0:27:33	20,39%	0:26:28	18,86%	0:22:13	20,20%
$L_{pk13} - \text{při } L_{SZV} (a = 0,45 \text{ m.s}^{-2})$	160/0		0:35:07	45,61%	0:32:53	43,70%	0:31:16	40,42%	0:26:29	43,28%
$L_{pk14} - \text{při } L_{ASRV} (a = 1,3 \text{ m.s}^{-2})$	160/80		0:28:31	18,24%	0:26:53	17,48%	0:25:52	16,17%	0:21:41	17,31%
$L_{pk15} - \text{při } L_{ASRV} (a = 0,45 \text{ m.s}^{-2})$	160/80		0:32:55	36,49%	0:30:53	34,96%	0:29:28	32,34%	0:24:53	34,63%

Příloha K – Ukázka grafu diagnostiky s patrnou absencí min. doby bez výstrahy



Příloha L – Ukázka grafu diagnostiky s patrnou absencí předzváněcí doby

