

Univerzita Pardubice
Dopravní fakulta Jana Pernera

Softwarový nástroj pro výpočet parametrů přejezdových zařízení světelných

Zdeněk Vrzák

Bakalářská práce
2019

Univerzita Pardubice
Dopravní fakulta Jana Pernera
Akademický rok: 2018/2019

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Zdeněk Vrzák**
Osobní číslo: **D16304**
Studijní program: **B3709 Dopravní technologie a spoje**
Studijní obor: **Elektrotechnické a elektronické systémy v dopravě**
Název tématu: **Softwarový nástroj pro výpočet parametrů přejezdových zařízení světelných.**
Zadávací 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 :

1. Principy funkce přejezdových zařízení světelných (PZS) na síti SŽDC.
2. Určující parametry PZS a vztahy pro jejich stanovení.
3. Realizace SW nástroje pro výpočet parametrů dle bodu 2.
4. Prokázání vlastností nástroje z hlediska zajištění korektnosti počítaných parametrů ve vztahu k bezpečné funkci PZS.
5. Demonstrace použití nástroje na vybrané reálné aplikace PZS.

Rozsah grafických prací:

Rozsah pracovní zprávy:

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná**

Seznam odborné literatury:

1. ČSN 73 6380. **Železniční přejezdy a přechody**. Praha, Český normalizační institut, 2004.
2. ČSN 34 2650 ed. 2. **Železniční zabezpečovací zařízení, Přejezdová zabezpečovací zařízení**. Praha, Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2010.
3. Fuchs, J., Barchfeld, A. **Visual Basic : velká kniha řešení**. Brno : Computer Press, 2010. ISBN 978-80-251-2212-9.

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

Datum zadání bakalářské práce: **8. března 2019**
Termín odevzdání bakalářské práce: **24. května 2019**



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

L.S.



Ing. Dušan Čermák, Ph.D.
vedoucí katedry

V Pardubicích dne 12. března 2019

Prohlášení autora:

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

.....
Zdeněk Vrzák

Poděkování:

Rád bych poděkoval vedoucímu práce Ing. Janu Ouředníčkovi, Ph.D. za ochotu, vstřícnost a cenné rady při zpracovávání bakalářské práce.

Dále bych rád poděkoval vedení a kolegům z firmy ATE, s.r.o. za časový prostor a podnětné myšlenky týkající se mé bakalářské práce.

V neposlední řadě patří velké díky mé manželce za podporu během celého studia.

ANOTACE

Tato Bakalářská práce se zabývá výpočtem parametrů přejezdového zabezpečovacího zařízení světelného a následnou tvorbou software pro tento výpočet.

První část práce je zaměřena na základní principy fungování PZS na síti SŽDC.

V druhé části je proveden podrobný rozbor vstupních parametrů nutných pro výpočet PZS, které jsou definované v normě ČSN 34 2650, ed.2.

Ve třetí části je popsána vlastní realizace software a naznačen vývojový diagram.

Ve čtvrté části je prokazována vlastnost nástroje z hlediska zajištění korektnosti počítaných parametrů ve vztahu k bezpečné funkci PZS.

Pátá část demonstruje použití vytvořeného nástroje na vybraném reálném PZS.

Klíčová slova

železniční přejezd; přejezdové zabezpečovací zařízení PZS, výpočet parametrů PZS

TITLE

Software tool for computation of railway level crossing parameters

ANNOTATION

This bachelor thesis deals with the calculation of the parameters of the level crossing safety device and the subsequent creation of software for this calculation.

The first part of the thesis is focused on the basic principles of the PZS operation on the SŽDC network.

In the second part, a detailed analysis of the input parameters necessary for the PZS calculation, which are defined in the standard ČSN 34 2650, ed.2.

The third part describes the actual implementation of the software and outlines the flowchart.

In the fourth part, the property of the tool is proved from the point of view of ensuring correctness of the calculated parameters in relation to the safe function of PZS.

The fifth part demonstrates the use of the created tool on selected real PZS.

KEYWORDS

level crossing, crossing safety equipment, level crossing parameters calculation

Obsah

Úvod	8
1. Principy funkce přejezdových zařízení světelných (PZS) na síti SŽDC	9
1.1. Definice přejezdu	9
1.2. Funkce PZS	10
1.3. Pojmy v souvislosti z PZS	11
2. Určující parametry PZS a vztahy pro jejich stanovení.....	14
2.1. Délky přejezdu	18
2.2. Doby	19
2.3. Výpočet délky přibližovacího úseku	21
3. Realizace SW nástroje pro výpočet parametrů dle bodu 2.....	23
3.1. Blokové schéma a popis jednotlivých částí programu	24
3.2. Nastavení	25
3.3. Záložka A – metodika výpočtu délek přejezdu	25
3.4. Záložka B – metodika výpočtu dob a délka přibližovacího úseku.....	26
3.5. Záložka Export dat – další dílčí hodnoty	28
4. Prokázání vlastností nástroje z hlediska zajištění korektnosti počítaných parametrů ve vztahu k bezpečné funkci PZS.....	29
4.1. Ukázka kódu zajišťujícího nezávislou kontrolu.....	32
5. Demontrace použití nástroje na vybrané reálné aplikace PZS.....	34
5.1. Základní údaje přejezdu.....	34
5.2. Dílčí délky na přejezdu	36
5.3. Výpočty délek a časů.....	36
5.4. Výpočet začátku přibližovacího úseku od začátku trati pro rychlost 80 km/h	37
5.5. Výpočet začátku přibližovacího úseku od konce trati pro rychlost 80 km/h	37
5.6. Výpočet mezní doby amulace.....	37
5.7. Výpočet kritické doby.....	38
5.8. Srovnání ručního výpočtu a výpočtu pomocí programu	40
Závěr	41
Seznam obrázků.....	42
Seznam tabulek	43
Použitá literatura	44

Úvod

Tato bakalářská práce vznikla z důvodu potřeby automatizovat časově náročné vypočítávání parametrů přejezdových zařízení světelných (dále PZS). Výpočet PZS se provádí dle ustanovení normy ČSN 34 2650 Železniční zabezpečovací zařízení – Přejezdová zabezpečovací zařízení, ed. 2.

Je zjevné, že při tomto výpočtu je třeba brát v potaz mnoho vstupních činitelů, přičemž je nutné dbát na přesnost a bezchybnost, jelikož na výsledku výpočtu závisí bezpečné a bezproblémové fungování přejezdu. V tomto směru lze vyvinutý software chápat jako jeden z dalších kontrolních mechanismů sloužících k odstranění nedostatků při výpočtu a následném návrhu PZS.

Dle dostupných informací není v současné době k dispozici veřejně dostupný software na výpočet PZS. Při projektování PZS se používá většinou ruční výpočet nebo různé automatizované skripty v sešitech MS Excel. Tato bakalářská práce si nedává za cíl vytvořit kompaktní software pro výpočet všech variant křížení dráhy s pozemní komunikací, výsledkem by však měl být produkt, který pomůže čtenáři (uživateli) zorientovat se v parametrech, které jsou k výpočtům PZS potřeba, a umožní výpočet většiny základních typů úrovnových křížení včetně verifikace získaného výpočtu. Výsledný software bude k výpočtům následně aktivně využíván a aktualizován dle skutečných potřeb při projekci.

1. Principy funkce přejezdových zařízení světelných (PZS) na síti SŽDC

Úroňové křížení pozemní komunikace s kolejovou dráhou se nazývá přejezd. Je-li tento přejezd vybaven světelným výstražným zařízením umístěným na výstražníku, které varuje uživatele pozemní komunikace o blížícím se kolejovém vozidle, hovoříme o přejezdovém zabezpečovacím zařízení světelném (dále PZS). Toto zařízení může být doplněno závorami.

1.1. Definice přejezdu

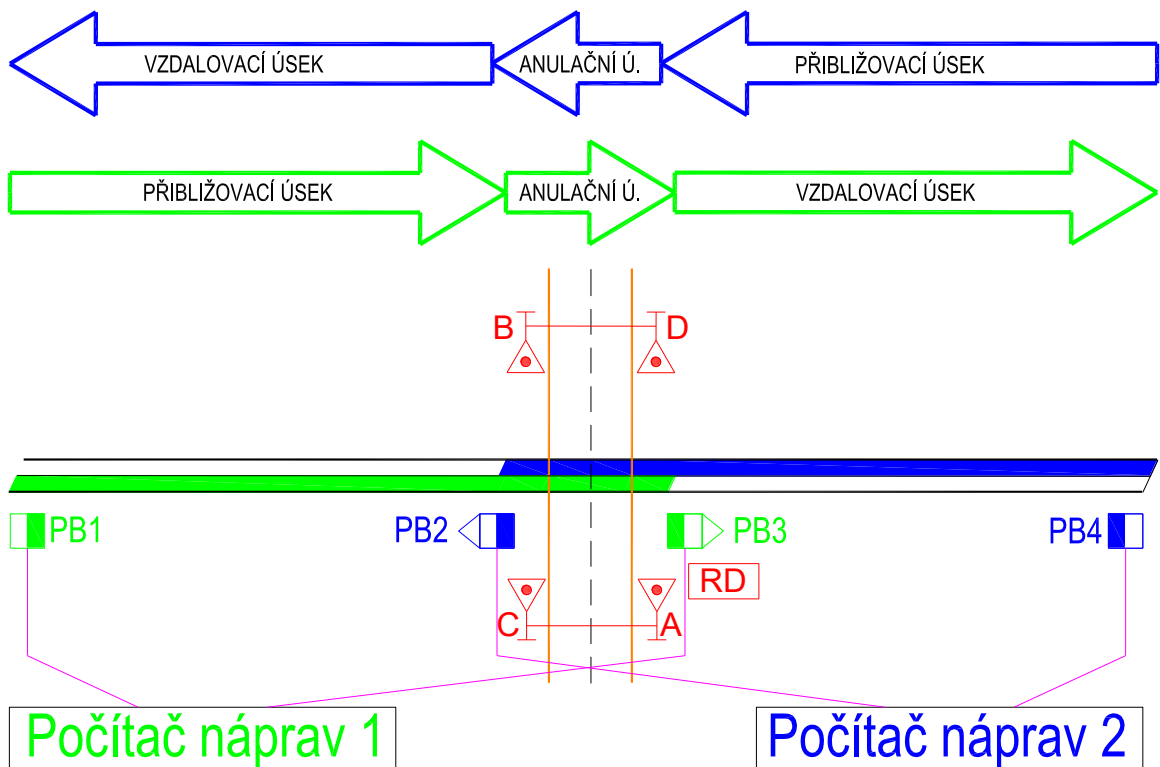
Železniční přejezd je v současné legislativě charakterizován několika definicemi:

Zákon o provozu na pozemních komunikacích č. 361/2000 Sb. § 2 bb označuje železniční přejezd jako místo, kde se úroňově kříží pozemní komunikace se železnicí, popřípadě s jinou dráhou ležící na samostatném tělese, a označené příslušnou dopravní značkou.

Zákon o drahách č. 266/1994 Sb. § 6 definuje železniční přejezd jako „křížení dráhy“. Pokud se železniční dráha kříží s pozemními komunikacemi v úrovni kolejí, musí být křížení označeno a zabezpečeno. Způsob označení křížení stanoví prováděcí předpis.

Česká technická norma ČSN 73 6380 Železniční přejezdy a přechody definuje železniční přejezd jako křížení dráhy s pozemní komunikací v úrovni kolejí, které se označuje výstražným křížem.

1.2.Funkce PZS



Obrázek 1: Schéma PZS

PZS je zařízení, které varuje výstražným signálem uživatele pozemní komunikace před kolejovým vozidlem, blížícím se k přejezdu.

Funkci PZS lze popsat dle *Obrázku 1: Schéma PZS*, který popisuje PZS používající k detekci kolejového vozidla počítač náprav. Základní funkcí PZS je informovat uživatele pozemní komunikace křížící dráhu o blížícím se vlaku. Po vstupu kolejového vozidla do přibližovacího úseku (parametr L_p – délka přibližovacího úseku) dochází ke spuštění světelné a akustické výstrahy. Ta musí být zahájena tak, aby i nejdelší a nejpomalejší uživatel pozemní komunikace, který je při spuštění výstrahy 1 m před výstražníkem, minul s rezervou hranici nebezpečného pásma přejezdu před příjezdem kolejového vozidla. Tento aspekt zohledňuje tzv. vyklizovací doba t_v , jejíž vstupními parametry je délka a rychlost uživatele pozemní komunikace vztažená k délce přejezdu. Přibližovací doba kolejového vozidla t_L vychází z výše zmíněné vyklizovací doby, ke které je dále připočtena doba reakce zařízení $t_r = 1$ s, základní bezpečnostní doba $t_{b1} = 6$ s, která musí uplynout od skončení měření vyklizovací doby do příjezdu čela drážního vozidla na přejezd, a přídavná bezpečnostní doba $t_{b2} = 3$ s, která vyplývá z tolerance při měření a zaokrouhlování. Jsou-li na přejezdu osazeny závory, přičítá se k hodnotě t_L ještě přídavná doba pro úplné sklopení břevna závoru t_x , navíc je třeba do dalších výpočtů zařadit také hodnotu předzváněcí doby t_z , což je doba od spuštění výstrahy do okamžiku, kdy se smí začít sklápět

břevno závory. Předzváněcí doba je buď shodná s vyklizovací dobou nebo je určena dobou, za kterou silniční vozidlo nebo chodec mine závoru před přejezdem. Kolejové vozidlo následně projíždí anulačním úsekem v místě přejezdu, uvolňuje přibližovací úsek a obsazuje úsek vzdalovací. V tuto chvíli je přejezd v anulačním stavu, dochází k ukončení výstrahy a začíná měření anulační doby. Účelem anulačního stavu je zabezpečit přejezd pro případ, že nedojde k uvolnění vzdalovacího úseku buďto v případě návratu kolejového vozidla zpět na přejezd nebo i pro případ poruchy, kdy není zaznamenáno opuštění vzdalovacího úseku kolejovým vozidlem. Po projetí kolejového vozidla vzdalovacím úsekem a po jeho uvolnění přechází PZS do základního stavu. V tomto ohledu se určuje tzv. mezní doba anulace t_A , která se skládá z hodnot doby průjezdu nejpomalejšího a nejdelšího drážního vozidla vzdalovacím úsekem t_t (včetně zohlednění pravidelných a případně i nepravidelných zastavení), doby průjezdu takového drážního vozidla přejezdem t_d . Na druhou stranu nesmí mezní doba anulace překročit dobu, za kterou se může kolejové vozidlo objevit zpět na začátku přibližovacího úseku (původně vzdalovacího) při návratu z nejbližší dopravní.

V případě přejezdů v obvodech dopraven s kolejovým rozvětvením se zpravidla anulační stav PZS nezavádí (existují výjimky, které jsou z hlediska účelu této práce nepodstatné), vyhodnocení ukončení výstrahy je standardně vázáno na zrušení závěru příslušného úseku jízdní cesty. V takovém případě se tedy nestanovuje ani mezní doba anulace.

PZS má být navrženo tak, aby omezovalo provoz na pozemní komunikaci pouze na dobu nezbytně nutnou pro bezpečné projetí kolejového vozidla. Existuje samozřejmě mnoho případů, kdy je doba výstrahy delší, než by bylo v daném případě nezbytně nutné, vždy se však klade maximální důraz na bezpečnost provozu. Jako příklad lze uvést například rozdílnou rychlost osobních a nákladních vlaků na koridorech, kdy pomalejší kolejová vozidla dojíždí k přejezdu po aktivaci výstrahy (která je zahájena v konstantní vzdálenosti před přejezdem) za delší časový interval. Z výše uvedených hodnot však lze vyvodit, že rozhodne-li se po započítání výstrahy řidič dlouhého nákladního automobilu vjet do přejezdu, přestože měl možnost před přejezdem bezpečně zastavit, mezi kolizí s vlakem a projetím přejezdu jej dělí v mezním případě pouze 6 sekund.

1.3. Pojmy v souvislosti z PZS

Při technickém řešení těchto přejezdů se setkáváme s těmito základními pojmy

***anulace** - stav, při kterém je vyloučen vliv nevyhodnocujícího zapínacího prvku ve vzdalovacím úseku na spuštění výstrahy přejezdovým zařízením*

celé závory - sklopená břevna závor přehrazují všechny jízdní pruhy pozemní komunikace před přejezdem i za ním, přitom není rozhodující přehrazení souběžného chodníku nebo cyklistické stezky

doba výstrahy - doba, po kterou je přejezd uzavřen, tj. doba, po kterou přejezdové zařízení dává výstrahu

kritická doba - nejdelší z dob, které odpovídají jízdě nejpomalejších drážních vozidel z přilehlých dopraven s kolejovým rozvětvením za přejezd, včetně doby plánovaného stání na trati (např. na zastávkách) a doby přípravy jízdní cesty v přilehlé dopravně; po této době dojde k ukončení dávání výstrahy, pokud nebyla ukončena jízdou drážního kolejového vozidla

mezí doba anulace - nejdelší doba anulace, která je u každé koleje přejezdu předem stanovena výpočtem

mezí výstražná doba - nejdelší doba výstrahy vyvolaná automatickým, případně ručním ovládním pro příslušnou kolej u přejezdového zařízení s předáváním informace přímo strojvedoucímu; tato doba se skládá ze dvou částí

obvod přejezdu - část trati, ze které je činnost přejezdového zařízení ovlivňována drážním vozidlem, nebo ve které se zařízením očekává přítomnost drážního vozidla

otevřený přejezd - přejezd v době, kdy přejezdové zařízení nebrání provozu na pozemní komunikaci (přejezdové zařízení nedává výstrahu)

pohotovostní stav - stav přejezdového zařízení v době, kdy na něm není vyhodnocen poruchový stav

poloviční závory - závory, u kterých sklopená břevna závor přehrazují jízdní pruh jen před přejezdem; přitom není rozhodující přehrazení chodníku, nebo cyklistické stezky; sklopená břevna závor přehrazují u obousměrné pozemní komunikace jen jízdní pruhy pro jízdu na přejezd, u jednosměrné pozemní komunikace přehrazují celou její šířku před přejezdem.

pozitivní signál - informuje uživatele pozemní komunikace, že v obvodu přejezdu není drážní vozidlo, které by jej mohlo ohrozit (drážní vozidlo buď není v obvodu přejezdu, nebo nemá dovoleno vjet na přejezd bez varování uživatele pozemní komunikace jiným způsobem) - otevřený přejezd

předzváněcí doba - doba od spuštění výstrahy do okamžiku, kdy se smí začít sklápět břevno závor

přejezdník - stožárové návěstidlo na dráze, které návěstí strojvedoucímu stav přejezdového zařízení; přejezdník může být:

- a) kmenový přejezdník - je umístěn před přejezdem nejméně na zábrzdnu vzdálenost; nebo

b) *opakovací přejezdník - je umístěný před přejezdem na vzdálenost menší než je zábrzdná vzdálenost*

přejezdové zařízení - zařízení, které informuje uživatele pozemní komunikace o tom, zda se k přejezdu blíží drážní vozidlo a poskytuje informaci strojvedoucímu nebo obsluhujícímu zaměstnanci, zda lze jet k přejezdu nejvyšší dovolenou rychlostí

přibližovací úsek - část obvodu přejezdu ve směru jízdy drážního vozidla před přejezdem

přibližovací doba - nejkratší doba od okamžiku pokynu ke spuštění výstrahy do okamžiku, kdy smí vjet čelo drážního vozidla na přejezd

světelná výstraha - výstražný signál dávaný světelnou signalizací

ukončení výstrahy - okamžik, kdy přejezdové zařízení přestane dávat výstrahu

uzavřený přejezd - přejezd v době, kdy přejezdové zařízení zakazuje uživatelům pozemní komunikace jízdu (chůzi) přes přejezd (přejezdové zařízení dává výstrahu)

vyklizený přejezd - přejezd v době, kdy bylo technickým prostředkem vyhodnoceno uvolnění prostoru pozemní komunikace mezi závorami, nebo prostoru mezi hranicemi nebezpečného pásma u přejezdového zařízení bez závor

vyklizovací doba - doba, během které může ještě bezpečně nejdelsí a nejpomalejší silniční vozidlo, cyklista nebo chodec přejet nebo projít přejezdem

výstraha - vnější projev přejezdového zařízení, kterým se uživateli pozemní komunikace zakazuje vjezd (vstup) na přejezd, popř. se mu přikazuje, aby přejezd urychleně vyklidil; může být dávaná signalizací světelnou, zvukovou, nebo mechanickou

výstražník - zařízení dávající uživatelům pozemní komunikace světelnou, případně i zvukovou signalizaci informaci, že na přejezd nesmí/mohou vjet (vstoupit)

vzdalovací úsek - část obvodu přejezdu ve směru jízdy drážního vozidla za přejezdem

(ČSN 34 2650, ed. 2, čl. 3.1, 2010)

2. Určující parametry PZS a vztahy pro jejich stanovení

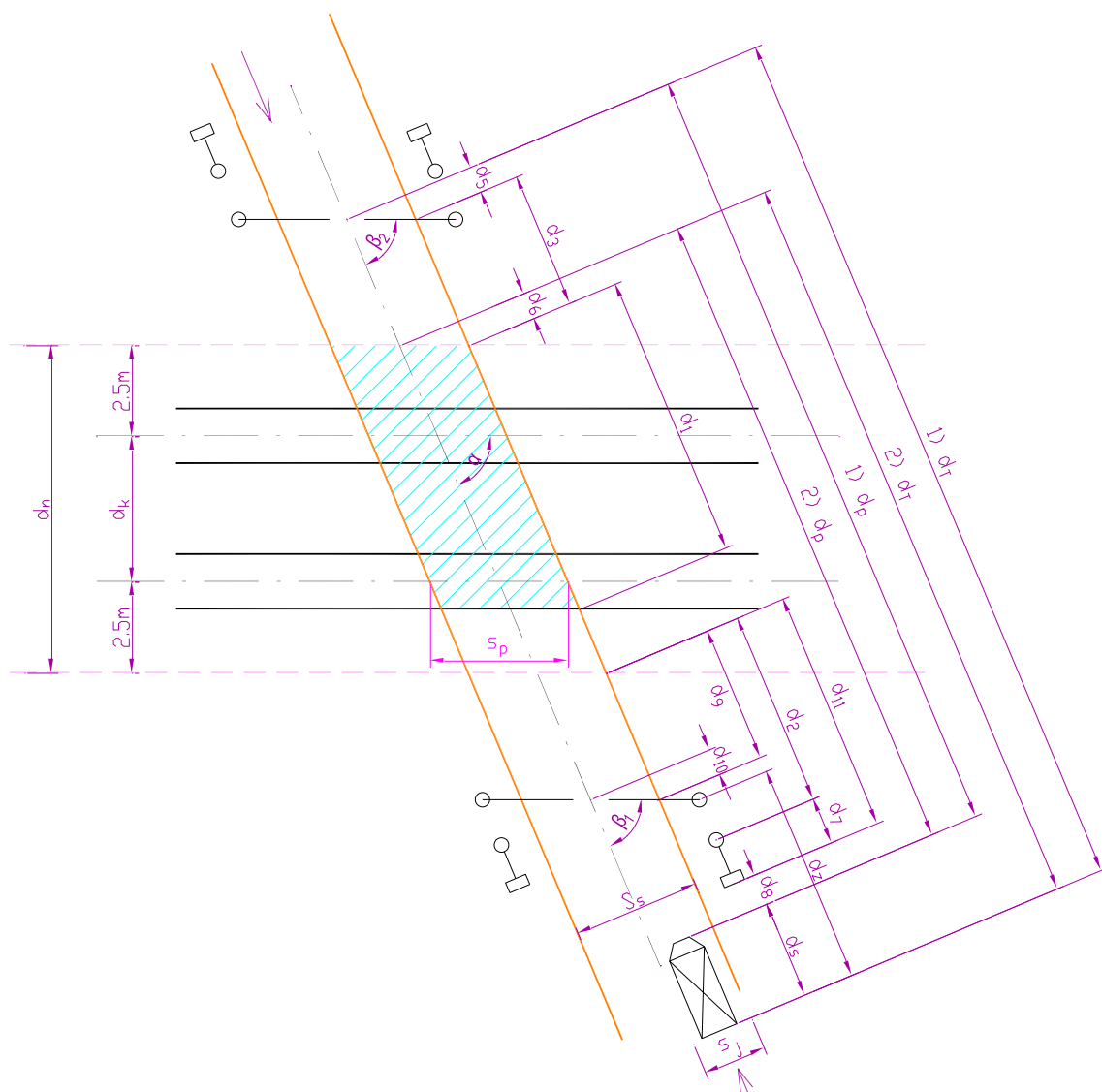
Pro projektování uspořádání přejezdového zabezpečovacího zařízení a jeho výpočet jsou nutné zejména tyto údaje:

- Vzájemné určující údaje:
 - Prostorové uspořádání kolejí, silniční komunikace, přechodu, chodníků na přejezdu nebo přechodu
 - Dopravní moment na přejezdu
- Údaje o provozu na silniční komunikaci:
 - Způsob provozu na pozemní komunikaci (jízdni pruhy, směr jízdy)
 - Nejmenší rychlost silničních vozidel, délka vozidel
 - Světelné signalizační zařízení v blízkosti přejezdu, požadavky na koordinaci funkce s PZS
- Údaje o provozu na dráze:
 - Traťová rychlost, rychlost v přibližovacích úsecích přejezdu, zábrzdňá vzdálenost
 - Největší délka železniční soupravy, nejmenší uvažovaná rychlost železničních vozidel
 - Poloha blízkých přejezdů
 - Poloha sousedních železničních stanic, poloha návěstidel před přejezdem, poloha návěstidel ve vzdalovacím úseku přejezdu nebo za ním, křižovací intervaly vlaků ve stanicích
 - Poloha zastávek na trati, pohyby vozidel na zastávkách
 - Způsob jízdy železničních vozidel v oblasti přejezdu a případných návratů těchto vozidel z míst na trati směrem k přejezdu (např. návraty vlaků ze zastávek, návraty postrků, stávající a výhledový způsob obsluhy vleček a nákladišť)
 - U přejezdů v blízkosti nebo v obvodu železničních stanic druh a uspořádání staničního zabezpečovacího zařízení

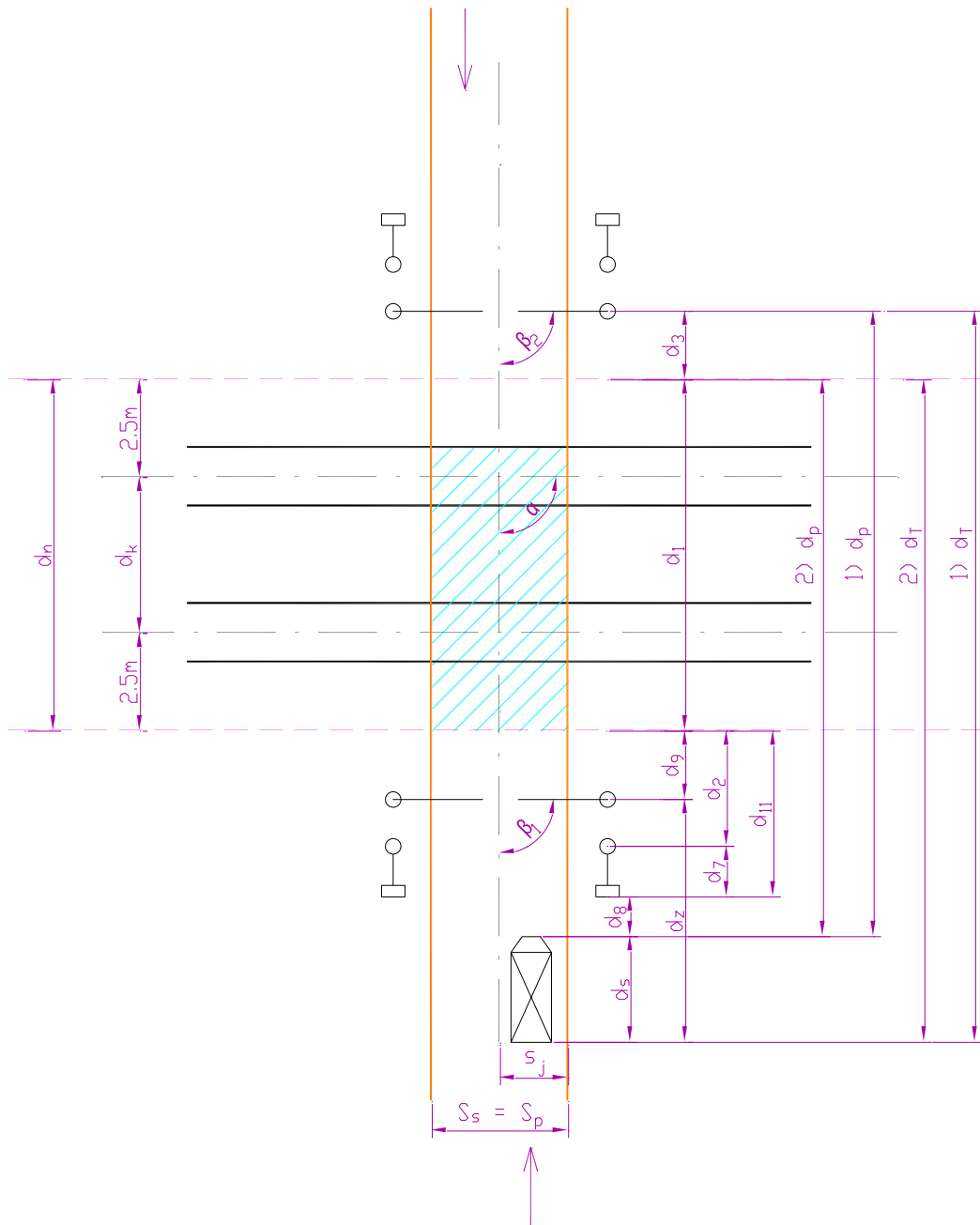
Při výpočtu PZS uvažujeme tři základní typy úrovněvého křížení:

- přejezd s ostrým úhlem křížení (*Obrázek 2 dle ČSN 34 2650 ed.2, obr. A1*)
- přejezd s tupým úhlem křížení (*Obrázek 3 dle ČSN 34 2650 ed.2, obr. A2*)
- přejezd s kolmým úhlem křížení (*Obrázek 4 dle ČSN 34 2650 ed.2, obr. A3*)

Úhel křížení je brán vždy mezi osou pozemní komunikace z pravé strany směrem k přejezdu a osou koleje.



Obrázek 2: Přejezd ostrým úhlem křížení



Obrázek 4: Přejezd s kolmým úhlem křížení

V praxi se setkáváme s velkým počtem přejezdů, na které se vzhledem ke komplikovanějšímu uspořádání výše uvedená metodika výpočtů nehodí (viz. Obrázek 5). V těchto případech je podstatné určit správné délky přejezdu např. místním měřením nebo odečtem ze situačního schématu.



Obrázek 5: Železniční přejezd P405 v Lokti nad Ohří (zdroj: Mapy.cz)

Podrobná metodika výpočtu je detailně rozpracována v příloze normy ČSN 34 2650 ed.2. a není cílem této práce opisovat postupy výpočtů uvedené v normě. Je však nutné definovat veličiny, které se v problematice výpočtů vyskytují a které program ve výpočtech, které jsou v souladu s normou, používá.

2.1. Délky přejezdu

Následující text cituje přílohu normy ČSN 34 2650 ed.2., odstavec A.1

Výchozí délky v metrech

- $d_1 - d_{11}$ *dílčí délky vyskytující se na přejezdu (viz. Obrázek 2 – 4)*
- d_k *vzdálenost os krajních kolejí; u jednokolejového přejezdu $d_k = 0$*
- d_n *vzdálenost hranic nebezpečného pásma; u jednokolejového přejezdu $d_n = 5$, u vícekolejového přejezdu $d_n = d_k + 5$*
- d_s *délka silničního vozidla (obvykle 22 m vozidlo, 3 m chodec)*
- s_j *celková šířka všech jízdních pruhů pro daný směr jízdy*
- s_s *celková šířka všech jízdních pruhů pozemní komunikace*

Výsledné délky v metrech

- d_p *délka pásma přejezdu*
- d_T *délka směrodatná pro výpočet vyklizovací doby*
- d_z *délka směrodatná pro výpočet předzváněcí doby*

s_p šířka přejezdu

Další použité délky v metrech

- d_N vzdálenost mezi přejezdem a návěstidlem, případně přejezdem a místem (před návěstidlem), po které lze zařízením zjistit volnost části přibližovacího úseku
- d_v délka nejdelší soupravy drážních vozidel
- L_D vzdálenost mezi středem přejezdu a nejvzdálenějším místem v dopravně, kde může stát drážní vozidlo, kterému bude povolen odjezd (většinou odjezdové, nebo cestové návěstidlo pro opačný směr jízdy)
- L_p vzdálenost, kterou drážní vozidlo, jedoucí nejvyšší dovolenou rychlostí v traťovém úseku před přejezdem (z hlediska jízdy drážního vozidla), ujede za přibližovací dobu
- L_v délka vzdalovacího úseku (obvykle je rovna délce přibližovacího úseku opačného směru)
- L_{zv} délka úseku trati mezi místem vypočteného počátku přibližovacího úseku a skutečným místem ovlivnění přejezdu
- L_z vzdálenost místa na trati od přejezdu, kde již strojvedoucí nemůže přijmout informaci o stavu přejezdu při přenosu informace (např. vzdálenost přejezdníku od přejezdu)

Úhly ve stupních

- α úhel křížení pozemní komunikace s dráhou; měří se v kladném smyslu (tj. proti směru otáčení hodinových ručiček) od osy pozemní komunikace k ose koleje
- β úhel břevna závory s osou pozemní komunikace; pokud jsou tyto úhly před přejezdem a za ním různé, označuje se úhel břevna závory před přejezdem β_1 a úhel břevna za přejezdem β_2

2.2.Doby

Následující text cituje přílohy normy ČSN 34 2650 ed.2., odstavec B.1

Výchozí doby v sekundách

- t_{b1} základní bezpečnostní doba
- t_{b2} přídavná bezpečnostní doba
- t_d doba průjezdu drážního vozidla přejezdem

t_e	<i>celková doba plánovaného stání mezi dopravnou a přejezdem</i>
t_f	<i>doba přípravy jízdní cesty a výpravy drážního vozidla</i>
t_{gA}	<i>doba pravidelného plánovaného stání drážního vozidla ve vzdalovacím úseku stanovená provozovatelem dráhy</i>
t_{g1}	<i>doba pravidelného plánovaného stání drážního vozidla v části přibližovacího úseku před přejezdníkem stanovená provozovatelem dráhy. Tato doba je vždy součástí doby t_{g2}</i>
t_{g2}	<i>doba pravidelného plánovaného stání drážního vozidla v části přibližovacího úseku stanovená provozovatelem dráhy</i>
t_k	<i>kritická doba</i>
t_o	<i>doba zvedání břevna závory</i>
t_r	<i>doba reakce zařízení</i>
t_t	<i>doba průjezdu drážního vozidla vzdalovacím úsekem</i>
t_u	<i>doba sklápění jednoho břevna závory</i>
t_{u1}	<i>doba od povelu ke sklápění břevna závora do povelu ke sklápění posledního břevna závory před přejezdem</i>
t_{u2}	<i>doba od povelu ke sklápění břevna závora za přejezdem do povelu ke sklopení posledního břevna závora</i>
t_x	<i>přídavná doba na úplné sklopení břevna závora</i>

Výsledné doby v sekundách

t_A	<i>mezí doba anulace je doba, za kterou i nejpomalejší drážní vozidlo opustí vzdalovací úsek</i>
t_L	<i>přibližovací doba, je dána součtem vyklizovací doby a dalších dílčích dob t_{r1}, t_{b1}, t_{b2} a popř. t_u nebo t_x</i>
t_M	<i>mezí výstražná doba se skládá</i> <i>t_{M1} – první část, doba od ovlivnění zapínacího prvku závislého na jízdě vlaku do nuceného zrušení informace pro strojvedoucího o povolení jízdy přes přejezd bez omezení</i> <i>t_{M2} – druhá část, je doba od zrušení této informace pro strojvedoucího do ukončení výstrahy</i>
t_n	<i>doba, za kterou se po spuštění výstrahy smí rozsvítit povolující návěstní znak</i>
t_V	<i>je nejkratší doba, během níž může ještě bezpečně projet přejezdem nejdelší a nejpomalejší silniční vozidlo, nebo cyklista, nebo projít chodec, kteří jsou při</i>

spouštění výstrahy ve vzdálenosti d_8 před výstražníkem, nebo břevnem závory, je-li blíže

t_z předzváněcí doba pro břevno závory před přejezdem, doba od spuštění výstrahy do okamžiku, kdy se smí začít sklápět břevno závory

t_{zz} předzváněcí doba pro břevno závory za přejezdem

t_{zv} doba odložení výstrahy

Rychlost v km.h^{-1}

V_s rychlost nejpomalejšího silničního vozidla

V_t nejvyšší dovolená rychlost v rozhodujícím úseku před přejezdem, tj. traťová rychlost dovolená návěstidlem, rychlostníkem, popř. i nejvyšší rychlost v obvodu výhybek

V_v rychlost nejpomalejšího drážního vozidla

2.3. Výpočet délky přibližovacího úseku

Následující cituje normu ČSN 34 2650 ed.2., odstavec C.1

Význam značení

L_P délka přibližovacího úseku v m

L_{PP} délka přibližovacího úseku PZS s přejezdníky v m

L_{SV} vzdálenost místa na trati od přejezdu, kde lze poprvé spatřit přejezdník v m

L_Z vzdálenost místa na trati od přejezdu v m, kde již strojvedoucí nemůže přijmout informaci o stavu přejezdu (např. vzdálenost přejezdníku od přejezdu). Při přenosu informace na lokomotivu bere se $L_Z = 0$

L_{zab} zábrzdná vzdálenost v m

S_p šířka přejezdu v m

t_L přibližovací doba v s

t_{rp} doba reakce přejezdníku v s, tj. doba od ovlivnění ovládacího prvku závislého na jízdě drážního vozidla do rozsvícení návěsti „Uzavřený přejezd“, pokud by se neuplatnilo zpoždění rozsvícení této návěsti. Není-li stanoveno jinak, bere se $t_{rp} = 3$

V_t nejvyšší dovolená rychlost na rozhodujícím úseku před přejezdem v km.h^{-1} , tj. traťová rychlost, dovolená návěstidlem, rychlostníkem, popř. i nejvyšší rychlost v obvodu výhybek

Délka přibližovacího úseku

Následující text cituje normu ČSN 34 2650 ed.2., odstavec C.2.1

Délka L_p je vzdálenost, kterou drážní vozidlo, jedoucí nejvyšší dovolenou rychlostí v traťovém úseku před přejezdem (z hlediska jízdy drážního vozidla), ujede za přibližovací dobu.

Délka přibližovacího úseku se stanoví rovnicí

$$L_p = \frac{V_t \cdot t_L}{3,6}$$

Měří se od bližšího vnějšího okraje jízdního pruhu pozemní komunikace.

Jsou-li v jednotlivých částech traťového úseku různé nejvyšší dovolené rychlosti, je délka přibližovacího úseku dána součtem dílčích délek (tj. součinem $V_{ti} \cdot t_{Li}$)

$$L_p = \frac{\sum_{i=1}^n V_{ti} \cdot t_{Li}}{3,6}$$

kde: $\sum_{i=1}^n t_{Li} = t_L$

Tato část výpočtu přibližovacího úseku uvažuje pouze se skokovými změnami rychlosti. V další části normy se pro výpočet délky přibližovacího úseku uvažuje při změně rychlosti s pohybem rovnoměrně zrychleným, popř. rovnoměrně zpomaleným.

Následující text cituje normu ČSN 34 2650 ed.2., odstavec C.2.2

Hodnota průměrného zrychlení nebo zpomalení se bere $1,3 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$, pokud neurčí provozovatel dráhy s ohledem na provozované trakční prostředky jinak.

S pohybem rovnoměrně zrychleným se doporučuje uvažovat při výpočtu pro přejezdy na tratích s rychlostí $V \geq 100 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ nebo když se při výpočtu s pohybem rovnoměrně zrychleným zkrátí přibližovací úsek tak, že nebude začínat na staniční koleji.

3. Realizace SW nástroje pro výpočet parametrů dle bodu 2

Softwarový nástroj „Přejezdy“ byl vytvořen ve volně dostupné verzi programovacího jazyka Microsoft Visual Basic, který je součástí balíku Microsoft Visual Studio 2019 [2]. Zvolen byl pro svou jednoduchost, přehlednost a provázanost s dalšími produkty Microsoftu.

Účelem zpracování funkcí a vlastností SW nástroje „přejezdy“ pro potřeby této bakalářské práce nebylo obsáhnout všechny varianty konfigurací přejezdů a jejich parametrů, což je úloha odpovídající středně rozsáhlému SW projektu, nicméně v budoucnu se však počítá s aktivním používáním programu, a s tím spojeným doplněním potřebných variant do výpočtu a rozšířením možností programu.

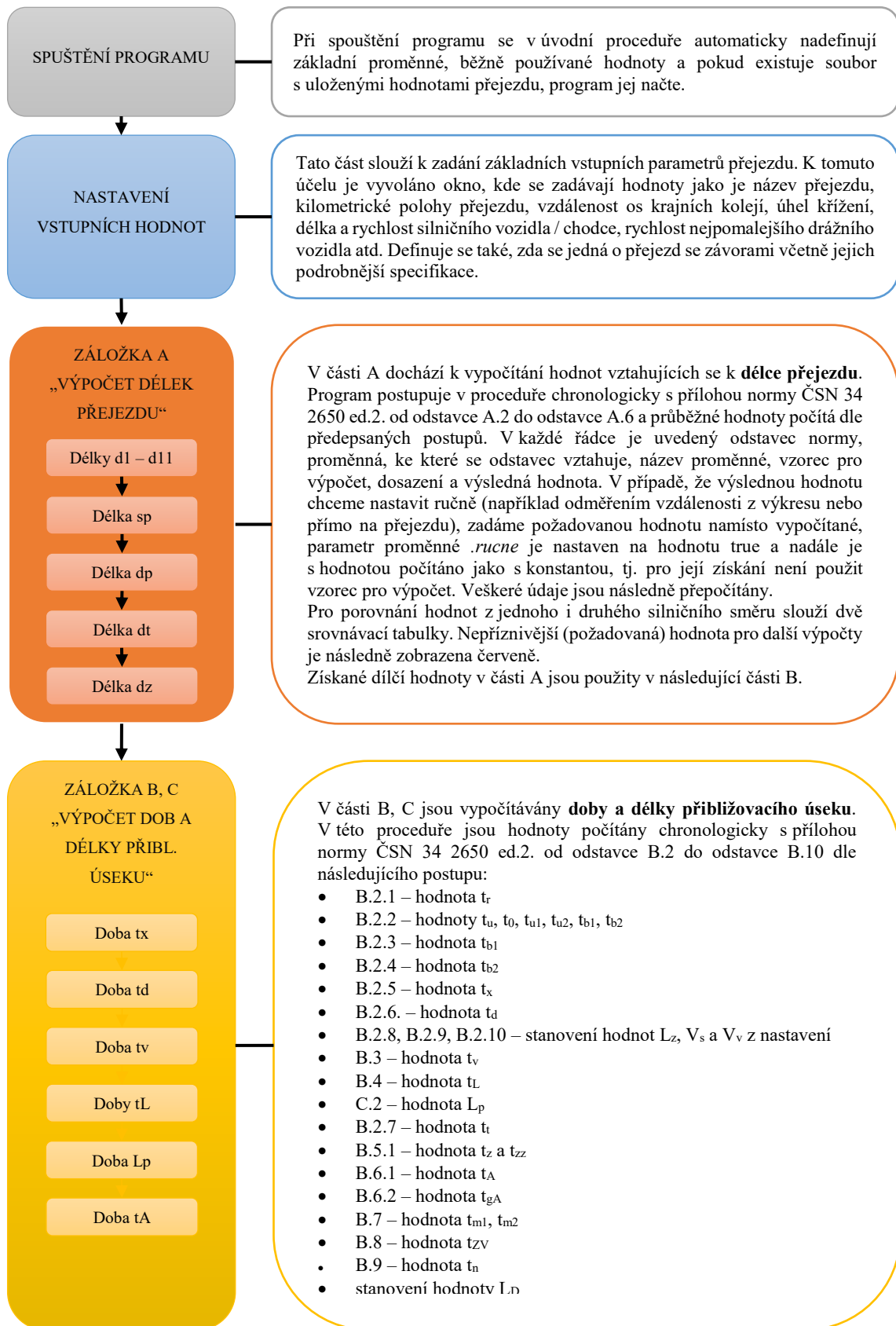
Rámcová funkcionalita realizovaného SW v aktuálně zpracovaném rozsahu je shrnuta v diagramu na obrázku 6. Současná podoba představuje sekvenčně po sobě jdoucí bloky výpočtů, které fakticky implementují příslušné požadavky normy ČSN 34 2650, ed. 2. Základní popis bloků je uveden přímo v obrázku 6.

Vzhledem k množství veličin, na které se odkazuje příloha ČSN 34 2650, ed. 2, bylo nutné nadefinovat všechny potřebné globální proměnné použité ve výpočtech, které mají dále strukturu

- *.hodnota* – proměnná typu double, aktuální hodnota dané proměnné
- *.popis* – proměnná typu string, která obsahuje informaci o významu proměnné
- *.rucne* – proměnná typu boolean, nese informaci o tom, zda je hodnota vypočítána dle vzorců uvedených v normě nebo přepsána na ruční údaj (např. odečtený ze situačního výkresu)

Hlavní okno programu je pro přehlednost rozděleno záložkami, ve kterých jsou řešeny jednotlivé kapitoly normy. V záložce A je řešena metodika výpočtu délek přejezdu, v záložce B, C pak metodika výpočtu dob a délek přibližovacích úseků u PZS, v záložce Export dat budou následně určovány další dodatečné parametry vycházející z předchozích výpočtů. Hlavní okno dále obsahuje položku *Nastavení*, která vyvolá tabulku se vstupním zadáním přejezdu.

3.1. Blokové schéma a popis jednotlivých částí programu



Obrázek 6: Blokové schéma programu

3.2.Nastavení

V okně *Nastavení* je nutné zadat vstupní data pro výpočet PZS. Zaškrtnutím tlačítkem se určí, zda se jedná o přejezd se závory, a následně se označí, zda bude mít přejezd poloviční nebo celé závory. Dále se určuje, zda závory budou rovnoběžné s osou koleje nebo kolmé na osu silniční komunikace. Následně je třeba vyplnit další položky, jako je např. kilometrická poloha přejezdu, vzdálenost os krajních kolejí, celkovou šířku všech jízdních pruhů komunikace, úhel křížení, rychlosti železničního i silničního vozidla (popř. chodce), atd.

položka	proměnná	hodnota	jednotka
Kilometrická poloha přejezdu evidenční		34,357	km
Kilometrická poloha přejezdu skutečná		34,361	km
Km poloha okraje přejezdu ve směru od začátku tratě		34,363	km
Km poloha okraje přejezdu ve směru od konce tratě		34,359	km
Vzdálenost os krajních kolejí; u jednokolejového přejezdu dk = 0	dk	0	m
Celková šířka všech jízdních pruhů pozemní komunikace	ss	0	m
Úhel křížení pozemní komunikace s dráhou; měří se v kladném smyslu (tj. proti ...	alfa	94	°
Úhel břevna závory s osou pozemní komunikace; pokud jsou tyto úhly před přejez...	beta1	0	°
	beta2	0	°
Délka silničního vozidla (22 m) / chodce (3 m)	ds	22	m
Délka nejdelší soupravy drážních vozidel	dv	400	m
Rychlost nejpomalejšího silničního vozidla, není-li rychlost nejpomalejšího silničn...	vs	5	km/h
Rychlost nejpomalejšího drážního vozidla, není-li rychlost nejpomalejšího drážní...	vv	20	km/h
Nejvyšší dovolená rychlost v rozhodujícím úseku před přejezdem v lichém směr...	vtl	80	km/h
Nejvyšší dovolená rychlost v rozhodujícím úseku před přejezdem v sudém směr...	vts	80	km/h
Doba reakce zařízení tr je doba ovlivnění ovládacího prvku závislého na jízdě ...	tr	1	s
Základní bezpečnostní doba tb1 je doba, která musí uplynout od skončení měř...	tb1	6	s
Přídavná bezpečnostní doba tb2 je doba, která vyplývá z tolerancí při měření a...	tb2	3	s
Doba pravidelného plánovaného stání drážního vozidla ve vzdalovacím úseku ...	tgA	0	s

Název přejezdu

Závory

poloviční

celé

Rovnoběžné s koleji

Obrázek 7: Nastavení programu

3.3.Záložka A – metodika výpočtu délek přejezdu

V této záložce se definují různé dílčí vzdálenosti na přejezdu, tzv. délky přejezdu. Ty lze buďto automaticky dopočítat podle vzorců uvedených v normě nebo v případě atypického řešení křížení odečíst délky z polohopisného výkresu daného přejezdu a ručně zadat do tabulky. Ruční zadání je možné pouze u vybraných hodnot a je to často výhodnější např. v situaci, kdy přejezd nemá konstantní úhel křížení po celé délce přejezdu apod. Takto ručně zadaná hodnota je barevně odlišena. Pro zrušení ručního zadání se do pole vepíše písmeno malé „x“ mezera nebo prázdný znak. Program pak opět dosadí původní hodnotu, kterou získává výpočtem z předchozích zadaných parametrů.

Přejezdy - Konětopy

Přepočítat data >> Nastavení vstupních dat Načti Ulož

A - výpočty délek přejezdu B, C - výpočet dob, délek p.ú. Export dat

odstavec v nomě	proměr	vzorec	dosazení	hodnota
A.2.2) Délka d1 je průmět délky nebez...	d1	$d1 = dn / (\sin \alpha) = (dk + 5) / (\sin \alpha)$	zadáno ručně	6
A.2.3) Délka d2 je vzdálenost kolmého...	d2	naměřený údaj	zadáno ručně	1,9
A.2.4) Délka d3 je vzdálenost průsečí...	d3	za přejezdem není pruh přehrazen záv...	d3=0	0
A.2.5) Délka d4 je průmět části sklope...	d4	nejsou závory	neuvažuje se	0
A.2.6) Délka d5 je průmět části sklope...	d5	nejsou závory	neuvažuje se	0
A.2.7) Délka d6 je průmět šířky jízdníh...	d6	Pro $\alpha >= 90^\circ$: $d6=0$	zadáno ručně	0
A.2.8) Délka d7 je vzdálenost čelních ...	d7	určuje se podle konstrukčního proved...	zadáno ručně	1
A.2.9) Délka d8 je vzdálenost čela silni...	d8	vzdálenost zastavení chodce nebo vo...	zadáno ručně	1
A.2.10) Délka d9 je vzdálenost průseč...	d9	nejsou závory	neuvažuje se	0
A.2.11) Délka d10 je průmět části sklo...	d10	nejsou závory	neuvažuje se	0
A.2.11 - dodatek		platí, že $d2+d7 >= d4+d9$	netřeba vyznačit místo zastavení siln. ...	
A.2.12) Délka d11 je vzdálenost průse...	d11	$d11 = d2 + d7$	$d11 = 1,9 + 1$	2,9
A.2.13) Délka silničního vozidla (22 m)...	ds	délka vozidla/chodec	stanoveno v Nastavení	22
A.3) Šířka přejezdu sp je délka koleje...	sp	zadáno ručně	zadáno ručně	5,1
A.4) Délka pásma přejezdu dp je délka...	dp	$dp = d1 + d6 + d8 + d11$	$dp = 6 + 0 + 1 + 2,9$	9,9
A.4 - dodatek	dp	$dp <= 25,5$ (hodnoty vozidla)	$vs = 5, ds = 22$	
A.5) Do délky směrodatné pro výpočet...	dt	$dt = dp + ds$	$dt = 9,9 + 22$	31,9
A.6) Délka směrodatná pro výpočet př...	dz	nejsou závory	neuvažuje se	0

Porovnání hodnot ve směru od výstr. A vs. od výstr. B

prom.	hodnota pro A	prom.	hodnota pro B
d1	5	d1	6
d2	1,9	d2	1,9
d3	0	d3	0
d4	0	d4	0
d5	0	d5	0
d6	0	d6	0
d7	1	d7	1
d8	1	d8	1
d9	0	d9	0
d10	0	d10	0
d11	2,9	d11	2,9
sp	5,1	sp	5,1
dp	8,9	dp	9,9
dt	30,9	dt	31,9
dz	0	dz	0

od výstr. A >>> od výstr. B >>> smaž A,B

Obrázek 8: Výpočty délek přejezdu

U každého přejezdu je třeba určit mimo jiné tzv. délku pásma přejezdu (viz. výše), která může být z každé strany přejezdu jiná. K tomuto porovnání slouží dvě tabulky v pravé části okna a další výpočet se řídí podle varianty s větší délkou pásma přejezdu.

3.4. Záložka B – metodika výpočtu dob a délka přibližovacího úseku

V záložce B se stanovují různé časové úseky vztahující se k přejezdu. Opět je ve výpočtu postupováno chronologicky podle normy ČSN 34 2650 ed. 2.

Přijezdy - Konětopy

A - výpočty délek přejezdu B, C - výpočet dob, délek p.ú. Export dat

odstavec v nomě	proměr	vzorec	dosazení	hodnota
B.2.1) Doba reakce zařízení tr je doba...	tr	tr=1	není-li uvedeno jinak	1
B.2.2) Doba sklápění jednoho břevna...	tu	žádné závory	neuvažuje se	0
B.2.2) Doba zvedání břevna závory	t0	žádné závory	neuvažuje se	0
B.2.2) Doba od povelu ke sklápění bř...	tu1	žádné závory	neuvažuje se	0
B.2.2) Doba od povelu ke sklápění bř...	tu2	žádné závory	neuvažuje se	0
B.2.3) Základní bezpečnostní doba tb...	tb1	tb1=6	není-li uvedeno jinak	6
B.2.4) Přídavná bezpečnostní doba tb...	tb2	tb2=3	není-li uvedeno jinak	3
B.2.5) Přídavná doba na úplné sklope...	tx	žádné závory	neuvažuje se	0
B.2.6) Doba průjezdu drážního vozidla...	td	$td=3,6 \cdot (dv + sp) / Vv$	$td=3,6 \cdot (400 + 5,1) / 20$	72,9
B.2.8) Vzdálenost místa na trati od přej...	Lz	stanoveno	Lz = 0	0
B.2.9) Rychlost nejpomalejšího silniční...	Vs	stanoveno	Vs=5	5
B.2.10) Rychlost nejpomalejšího drážn...	Vv	stanoveno	Vv=20	20
B.3) Vyklizovací doba tv je nejkratší d...	tv	$tv=3,6 \cdot dT / Vs$	$tv=3,6 \cdot 31,9 / 5$	22,97
B.4) Přibližovací doba	tL	$tL=tr+tv+tb1+tb2$ (žádné závory)	$tL=1+22,97+6+3$	32,97
C.2) Délka přibližovacího úseku	Lp	$Lp=Vt \cdot L / 3,6$ a zároveň $Lv=Lp!$	$Lp=80 \cdot 32,97 / 3,6$	733
B.2.7) Doba průjezdu drážního vozidla...	tt	$tt=3,6 \cdot Lv / Vv$	$tt=3,6 \cdot 733 / 20$	131,9
B.5.1) Předzváněcí doba pro břevno z...	tz	žádné závory	neuvažuje se	0
B.6.1) Mezní doba anulace	tA	$tA=tt+td+tgA$	$tA=131,9+72,9+60$	264,8
B.6.2) Doba pravidelného plánovanéh...	tgA	tgA určeno v Nastavení	zadáno ručně	60
B.7) Mezní výstražná doba/AM1 - prvn...	tM1	$tM1=tt+3,6 \cdot (Lp-Lz) / Vv$	$tM1=1+3,6 \cdot (733-0) / 20$	131,94
B.7) Mezní výstražná doba/AM2 - druh...	tM2	$tM2=tt+3,6 \cdot (Lp-dv) / Vv$	$tM2=1+3,6 \cdot (733-400) / 20$	59,94
Lzv) Délka úseku trati mezi místem vy...	Lzv	ručně zadaná hodnota	zadáno ručně	0
B.8) Doba odložení výstrahy	tzv	$tzv=3,6 \cdot Lzv / Vt$	$tzv=3,6 \cdot 0 / 80$	0
B.9) Doba, za kterou se po spuštění v...	tn	$tn=L \cdot 3,6 / dN \cdot Vt$	$tn=32,97 \cdot 3 \cdot 6 / 5 / 80$	32,74
LD) Vzdálenost mezi středem přejezdu...	LD	Odměřeno ze situačního schématu	zadáno ručně	7907
B.10) Kritická doba	tk	$tk=tt+1,5 \cdot te+3,6 \cdot Ld+dv / Vv$	$tk=120+1,5 \cdot 60+3,6 \cdot (7907+400) / 20$	1705,3
Kritická doba	tkS	Kritická doba (s)	zaokrouhl. na minuty nahoru	1740
Kritická doba	tkS	Kritická doba (m)	v minutách	29

Výpočet Lp pro různé rychlosti

rychlost [km/h]	délka [m]	čas [s]
80	600	27
60	99,5	5,97

Prokázání korektnosti dat pomocí nezávislého Excel výpočtu

prom.	Výpočet programu	Excel výpočet	Rozdíl hodnot
Lp	733		
tL	32,97	32,985	0,015
tv	22,97	22,985	0,015
dt	31,9	31,923611111...	0,024
dp	9,9	9,9236111111...	0,024

Zobrazit Excel tabuku

Obrázek 9: Výpočet dob

Před bodem B.2.7 je třeba pro další výpočet stanovit délku přibližovacího úseku L_p . V případě, že je v daném úseku uvažována pouze jedna rychlost, je výpočet snadnější a vychází z rychlosti vozidla před přejezdem, která je stanovena v nastavení programu. Tyto případy jsou pro jednoduchost uvažovány i při prokazování vlastností nástroje z hlediska korektnosti získaných dat (tj. externí Excel výpočet) v bodu č. 4 a při demonstraci použití nástroje na reálném PZS v bodu č. 5 této bakalářské práce.

Pro případ, kdy je přibližovací úsek složen z několika úseků různých rychlostí, je třeba vyplnit tabulku pro výpočet parametru L_p a to směrem od přejezdu proti uvažovanému směru jízdy vlaku. Tabulka obsahuje manuálně zadanou rychlost na daném úseku a délku úseku. Automaticky je doplněna doba, po jakou je daný úsek touto maximální rychlostí pojížděn. Ve chvíli, kdy se součet časů na jednotlivých rychlostních úsecích rovná vypočítané hodnotě přibližovací doby (t_i), je poslední údaj v tabulce zkrácen o odpovídající vzdálenost a pomocí tlačítka pod tabulkou se součet délek úseků přenesou do hlavní tabulky do proměnné L_p – délka přibližovacího úseku. Program v této verzi zatím počítá se skokovou změnou rychlosti, což norma nevyklučuje, nicméně v budoucnu bude doplněna varianta se zrychlením/zpomalením železničního vozidla.

3.5.Záložka Export dat – další dílčí hodnoty

Záložka Export dat je připravena pro vypočítávání dalších dílčích hodnot a celkovému shrnutí základních hodnot, které vychází z předchozích výpočtů základních parametrů. Dále přibudou např. staničení počítačích bodů, určení polohy přejezdníků a podobně. V současné době je export realizovaný ve formátu .txt.

4. Prokázání vlastností nástroje z hlediska zajištění korektnosti počítaných parametrů ve vztahu k bezpečné funkci PZS

Získané hodnoty z vytvořeného programu je třeba ověřit pokud možno nezávislým způsobem v jiné aplikaci a porovnat dosažené výsledky. Tímto způsobem se minimalizují systematické i náhodné chyby, které se mohou vyskytnout v samotném kódu programu, ale i při zadávání hodnot pro výpočet přejezdu. Pro toto ověření pomocí dvou nezávislých výpočetních systémů je použito datové propojení nástroje se sešitem Excel z balíku programů Microsoft Office. Princip ověření spočívá v postupném zpětném získávání dílčích hodnot nezávislým výpočtem.

Prokázání korektnosti dat pomocí nezávislého Excel výpočtu

prom.	Výpočet programu	Excel výpočet	Rozdíl hodnot
L_p	733		
t _L	32,97	32,985	0,015
t _v	22,97	22,985	0,015
d _t	31,9	31,92361111...	0,024
d _p	9,9	9,923611111...	0,024

Excel výpočet a komparace

Zobrazit Excel tabulku

Obrázek 10: Nezávislé porovnání hodnot

Před stisknutí tlačítka „Excel výpočet a komparace“ na kartě B je možné zaškrtnout tlačítko „Zobrazit Excel tabulku“ pro fyzické otevření sešitu, v opačném případě je výpočet proveden na pozadí. Po stisknutí tlačítka „Excel výpočet a komparace“ dojde k vyvolání programu MS Excel. Do otevřeného sešitu je odeslána základní vypočítaná hodnota L_p – délka přibližovacího úseku. Z této hodnoty je vypočítána hodnota přibližovací doby t_L pomocí nejvyšší dovolené rychlosti v_t v přibližovacím úseku.

$$t_L = L_p * \frac{3,6}{V_t}$$

Následně je z této hodnoty počítána hodnota vyklizovací doby na přejezdu - t_v . Hodnoty t_r – doba reakce zařízení, t_{b1} – základní bezpečnostní doba, t_{b2} – přídavná bezpečnostní doba jsou dosazeny z výchozího nastavení přejezdu.

$$t_v = t_L - t_r - t_{b1} - t_{b2}$$

Dále je počítána směrodatná délka pro výpočet vyklizovací doby d_t . V tomto vzorci je použita rychlost nejpomalejšího silničního vozidla (chodce) na přejezdu v_s z výchozího nastavení.

$$d_t = t_v \cdot \frac{v_s}{3,6}$$

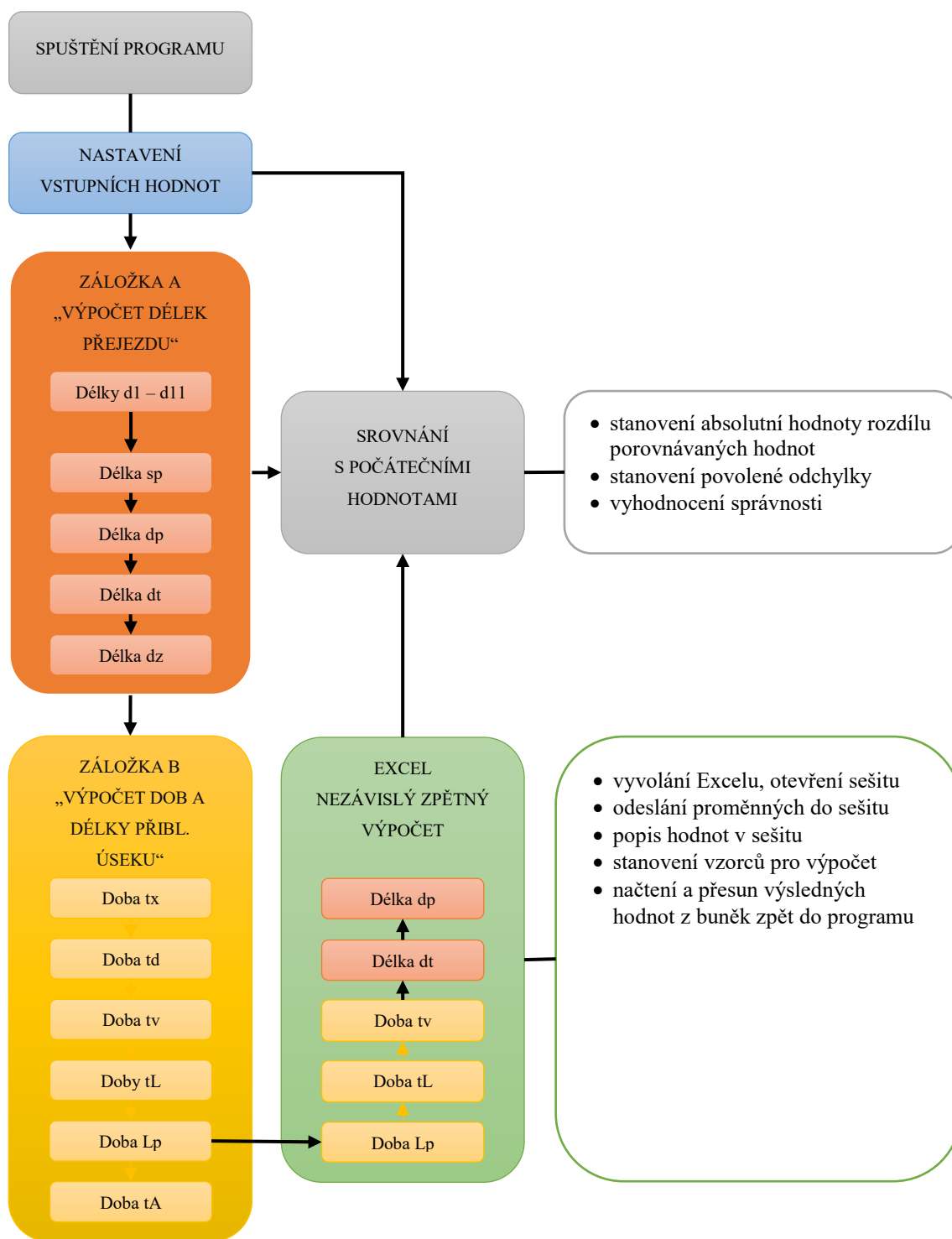
Z této hodnoty je pak možno pomocí největší uvažované délky silničního vozidla d_s zpětně určit délku pásma přejezdu d_p .

$$d_p = d_t - d_s$$

Tyto kontrolní hodnoty jsou průběžně porovnávány se získanými hodnotami z programu a je stanovena jejich odchylka. Pokud odchylka nepřesáhne stanovenou mez, program označí danou položku zeleně. Drobné odchylky hodnot jsou způsobeny zejména zaokrouhlováním v původním výpočtu. Pro tyto případy je ve výpočtu přibližovací doby normou stanovena rezerva v podobě *přídavné bezpečnostní doby* $t_{b2} = 3$ s. Maximální velikost odchylky v kontrolním výpočtu by mohla v případě přibližovací doby dosahovat maximálně této hodnoty. Ve zpětném kontrolním výpočtu je mez stanovena s ohledem na vyšší přesnost, tj. na hodnotou 0.5. V případě, že rozdíl ve výpočtu přesahuje stanovenou mez, program vyhodnotí kontrolní výpočet jako nevyhovující a příslušná buňka je označena červenou barvou.

V obecné rovině by bylo z hlediska bezpečnosti vhodnější použít kontrolní systém zcela nezávislý, tj. software jiného výrobce, např. tabulkový procesor z balíku Open Office, případně Matlab, Scilab nebo jiný výpočetní software. Tím bychom ještě více omezili používání stejných výpočetních postupů a knihoven, nicméně pro tuto bakalářskou práci je vzhledem k dobře dokumentovanému způsobu provázání zcela postačující výše uvedený způsob kontroly.

Na následujícím schématickém diagramu je znázorněn princip výpočtu a následné kontroly správnosti výpočtu a dále pak ukázka části VB kódu, která zajišťuje otevření, výměnu dat a uzavření Excelu.



Obrázek 11: Schématický diagram průběhu výpočtu

4.1. Ukázka kódu zajišťujícího nezávislou kontrolu

```
Private Sub Button10_Click(sender As Object, e As EventArgs)
    gridB_A.RowCount = 5 'nastaví počet řádků v tabulce programu
    gridB_A.Rows.Item(0).Cells(1).Value = "Otevírám Excel..."

    Dim MyExcel = CreateObject("Excel.Application") 'vytvoří objekt Excel

    MyExcel.Workbooks.Add() 'vytvoří v Excelu nový list
    MyExcel.Range("A1").Activate() 'aktivuje buňku A1
    MyExcel.ActiveCell.Columns.ColumnWidth = 50 'nastaví šířku sloupce na 50
    gridB_A.Rows.Item(1).Cells(1).Value = "Výpočet dat..."

    ' ===== GENEROVÁNÍ TABULKY A VÝPOČTU V EXCELU =====
    ' PŘENOS DÉLKY PŘIBL. ÚSEKU
    MyExcel.ActiveSheet.Range("A1").Value = "Délka přibližovacího úseku"
    MyExcel.ActiveSheet.Range("B1").Value = "lp"
    MyExcel.ActiveSheet.Range("C1").Value = lp.hodnota
    MyExcel.ActiveSheet.Range("D1").Value = "m"
    If lp.rucne = True Then
        MyExcel.ActiveSheet.Range("E1").Value = "lp zadána ručně!!!"
    Else
        MyExcel.ActiveSheet.Range("E1").Value = ""
    End If
    ' VÝPOČET PŘIBLIŽOVACÍ DOBY
    MyExcel.ActiveSheet.Range("A2").Value = "Přibližovací doba"
    MyExcel.ActiveSheet.Range("B2").Value = "tL"
    MyExcel.ActiveSheet.Range("C2").Value = tL.hodnota
    MyExcel.ActiveSheet.Range("D2").Value = "s"
    MyExcel.ActiveSheet.Range("E2").Value = "=" & lp.hodnota.ToString.Replace(",",
".")) & "*3.6/" & vt1(0).hodnota.ToString.Replace(",", ".")
    ' VÝPOČET VYKLIZOVACÍ DOBY
    MyExcel.ActiveSheet.Range("A3").Value = "Vyklizovací doba"
    MyExcel.ActiveSheet.Range("B3").Value = "tv"
    MyExcel.ActiveSheet.Range("C3").Value = tv.hodnota
    MyExcel.ActiveSheet.Range("D3").Value = "s"
    MyExcel.ActiveSheet.Range("E3").Value = "=E2-" & tr.hodnota & "-" &
tb1.hodnota & "-" & tb2.hodnota
    ' VÝPOČET DÉLKY SMĚRODATNÉ PRO VÝPOČET VYKLIZOVACÍ DOBY
    MyExcel.ActiveSheet.Range("A4").Value = "Délka směrodatná pro výpočet vykl.
doby"
    MyExcel.ActiveSheet.Range("B4").Value = "dt"
    MyExcel.ActiveSheet.Range("C4").Value = dt.hodnota
    MyExcel.ActiveSheet.Range("D4").Value = "m"
    MyExcel.ActiveSheet.Range("E4").Value = "=E3*" &
vs.hodnota.ToString.Replace(",", ".") & "/3.6"
    ' VÝPOČET DÉLKY SMĚRODATNÉ PRO VÝPOČET VYKLIZOVACÍ DOBY
    MyExcel.ActiveSheet.Range("A5").Value = "Délka pásma přejezdu"
    MyExcel.ActiveSheet.Range("B5").Value = "dp"
    MyExcel.ActiveSheet.Range("C5").Value = dp.hodnota
    MyExcel.ActiveSheet.Range("D5").Value = "m"
    MyExcel.ActiveSheet.Range("E5").Value = "=E4-" &
ds.hodnota.ToString.Replace(",", ".")

    ' ===== GENEROVÁNÍ TABULKY V PROGRAMU =====
    ' hodnota Lp
    gridB_A.Rows.Item(0).Cells(0).Value = MyExcel.ActiveSheet.Range("B1").Value
    gridB_A.Rows.Item(0).Cells(1).Value = MyExcel.ActiveSheet.Range("C1").Value
    gridB_A.Rows.Item(0).Cells(2).Value = MyExcel.ActiveSheet.Range("E1").Value
    If lp.rucne = True Then gridB_A.Rows.Item(0).Cells(3).Value = "neplatné
výsledky"
    ' hodnota tL
```



```

        gridB_A.Rows.Item(1).Cells(0).Value = MyExcel.ActiveSheet.Range("B2").Value
        gridB_A.Rows.Item(1).Cells(1).Value = MyExcel.ActiveSheet.Range("C2").Value
        gridB_A.Rows.Item(1).Cells(2).Value = MyExcel.ActiveSheet.Range("E2").Value
        gridB_A.Rows.Item(1).Cells(3).Value =
Math.Round(MyExcel.ActiveSheet.Range("E2").Value - tL.hodnota, 3)
        If Math.Abs(gridB_A.Rows.Item(1).Cells(3).Value) < 0.5 Then
'stanovení povolené odchylky a výsledek komparace
            gridB_A.Rows.Item(1).Cells(3).Style.BackColor = Color.GreenYellow
        Else
            gridB_A.Rows.Item(1).Cells(3).Style.BackColor = Color.Red
        End If
        ' hodnota tv
        gridB_A.Rows.Item(2).Cells(0).Value = MyExcel.ActiveSheet.Range("B3").Value
        gridB_A.Rows.Item(2).Cells(1).Value = MyExcel.ActiveSheet.Range("C3").Value
        gridB_A.Rows.Item(2).Cells(2).Value = MyExcel.ActiveSheet.Range("E3").Value
        gridB_A.Rows.Item(2).Cells(3).Value =
Math.Round(MyExcel.ActiveSheet.Range("E3").Value - tv.hodnota, 3)
        If Math.Abs(gridB_A.Rows.Item(2).Cells(3).Value) < 0.5 Then
'stanovení povolené odchylky a výsledek komparace
            gridB_A.Rows.Item(2).Cells(3).Style.BackColor = Color.GreenYellow
        Else
            gridB_A.Rows.Item(2).Cells(3).Style.BackColor = Color.Red
        End If
        ' hodnota dt
        gridB_A.Rows.Item(3).Cells(0).Value = MyExcel.ActiveSheet.Range("B4").Value
        gridB_A.Rows.Item(3).Cells(1).Value = MyExcel.ActiveSheet.Range("C4").Value
        gridB_A.Rows.Item(3).Cells(2).Value = MyExcel.ActiveSheet.Range("E4").Value
        gridB_A.Rows.Item(3).Cells(3).Value =
Math.Round(MyExcel.ActiveSheet.Range("E4").Value - dt.hodnota, 3)
        If Math.Abs(gridB_A.Rows.Item(3).Cells(3).Value) < 0.5 Then
'stanovení povolené odchylky a výsledek komparace
            gridB_A.Rows.Item(3).Cells(3).Style.BackColor = Color.GreenYellow
        Else
            gridB_A.Rows.Item(3).Cells(3).Style.BackColor = Color.Red
        End If
        ' hodnota dp
        gridB_A.Rows.Item(4).Cells(0).Value = MyExcel.ActiveSheet.Range("B5").Value
        gridB_A.Rows.Item(4).Cells(1).Value = MyExcel.ActiveSheet.Range("C5").Value
        gridB_A.Rows.Item(4).Cells(2).Value = MyExcel.ActiveSheet.Range("E5").Value
        gridB_A.Rows.Item(4).Cells(3).Value =
Math.Round(MyExcel.ActiveSheet.Range("E5").Value - dp.hodnota, 3)
        If Math.Abs(gridB_A.Rows.Item(4).Cells(3).Value) < 0.5 Then
'stanovení povolené odchylky a výsledek komparace
            gridB_A.Rows.Item(4).Cells(3).Style.BackColor = Color.GreenYellow
        Else
            gridB_A.Rows.Item(4).Cells(3).Style.BackColor = Color.Red
        End If
        ' ===== UKONČENÍ EXCELU =====
        If CheckBox1.Checked = True Then 'nechá otevřený sešit v liště
            MyExcel.WindowState = Excel.XlWindowState.xlMinimized
            MyExcel.Visible = True
        Else
            MyExcel.ActiveWorkbook.Close(SaveChanges:=False) 'zavře sešit bez uložení
            GC.Collect()
            GC.WaitForPendingFinalizers()
            Marshal.FinalReleaseComObject(MyExcel.Workbooks)
            MyExcel.Quit()
            Marshal.FinalReleaseComObject(MyExcel)
        End If
        MyExcel = Nothing
    End Sub

```

5. Demonstrace použití nástroje na vybrané reálné aplikace PZS

V následující části je uveden reálný výpočet přejezdového zabezpečovacího zařízení světelného bez závor na přejezdu číslo P2351 v Konětotech.

Hodnota podbarvená modře se vyskytuje v *nastavení přejezdu*, červené hodnoty jsou v *záložce výpočet délek* a žluté ve *výpočtu dob a délek* přibližovacího úseku.

5.1. Základní údaje přejezdu

kilometrická poloha přejezdu evidenční:		34,357	
kilometrická poloha přejezdu skutečná:		34,361	
km poloha okraje přejezdu ve směru od začátku tratě:	$K_{MOPL} =$	34,363	
km poloha okraje přejezdu ve směru od konce tratě:	$K_{MOPS} =$	34,359	
šířka přejezdu:	$s_p =$	5,1	m
úhel křížení pozemní komunikace s železniční tratí:	$\alpha =$	94	°
délka silničního vozidla:	$d_s =$	22	m
délka nejdelší soupravy železničních vozidel:	$d_V =$	400	m
rychlost nejpomalejšího silničního vozidla:	$V_s =$	5	km/h
rychlost nejpomalejšího železničního vozidla:	$V_v =$	20	km/h
nejvyšší dovolená rychlost před přejezdem ve směru od začátku trati:	$V_t =$	80	km/h
nejvyšší dovolená rychlost před přejezdem ve směru od konce trati:	$V_t =$	80	km/h
doba reakce zařízení:	$t_r =$	1	s
základní bezpečnostní doba:	$t_{b1} =$	6	s
přídavná bezpečnostní doba:	$t_{b2} =$	3	s
doba pravidelného plánovaného stání drážního vozidla ve vzdalovacím úseku od začátku trati:	$t_{gAL} =$	0	s
doba pravidelného plánovaného stání drážního vozidla ve vzdalovacím úseku od konce trati:	$t_{gAS} =$	60	s
km poloha místa křížování (návratu) v ŽST Domoušice (pro kontrolu t_{AL}):	S3	26,927	
km poloha místa křížování (návratu) v ŽST Hřivice (pro kontrolu t_{AS}):	koncovník	35,975	

nejvzdálenější místo v žst. ŽST Hřivice, kde může stát drážní vozidlo, kterému bude povolena jízda na přejezd (pro výpočet t_{KL}):	koncovník	36,485	
vzdálenost mezi středem přejezdu a nejvzdálenějším místem od začátku trati:	$L_{DL} =$	2124	m
nejvzdálenější místo v ŽST Domoušice, kde může stát drážní vozidlo, kterému bude povolena jízda na přejezd (pro výpočet t_{KS}):	L1	26,454	
vzdálenost mezi středem přejezdu a nejvzdálenějším místem od konce trati:	$L_{DS} =$	7907	m
doba přípravy jízdní cesty v ŽST Hřivice:	$t_f =$	120	s
doba přípravy jízdní cesty v ŽST Domoušice:	$t_f =$	120	s
celková doba plánovaného stání mezi dopravnou a přejezdem od začátku trati:	$t_{eL} =$	60	s
celková doba plánovaného stání mezi dopravnou a přejezdem od konce trati:	$t_{eS} =$	60	s

Název přejezdu

položka	proměnná	hodnota	jednotka
Kilometrická poloha přejezdu evidenční		34,357	km
Kilometrická poloha přejezdu skutečná		34,361	km
Km poloha okraje přejezdu ve směru od začátku tratě		34,363	km
Km poloha okraje přejezdu ve směru od konce tratě		34,359	km
Vzdálenost os krajních kolejí; u jednokolejového přejezdu $dk = 0$	dk	0	m
Celková šířka všech jízdních pruhů pozemní komunikace	ss	0	m
Úhel křížení pozemní komunikace s dráhou; měří se v kladném smyslu (tj. proti ...	alfa	94	°
Úhel břevna závoje s osou pozemní komunikace; pokud jsou tyto úhly před přejezdem	beta1	0	°
	beta2	0	°
Délka silničního vozidla (22 m) / chodce (3 m)	ds	22	m
Délka nejdelší soupravy drážních vozidel	dv	400	m
Rychlost nejpomalejšího silničního vozidla, není-li rychlost nejpomalejšího silničn...	vs	5	km/h
Rychlost nejpomalejšího drážního vozidla, není-li rychlost nejpomalejšího drážní...	vv	20	km/h
Nejvyšší dovolená rychlost v rozhodujícím úseku před přejezdem v lichém směr...	vtl	80	km/h
Nejvyšší dovolená rychlost v rozhodujícím úseku před přejezdem v sudém směr...	vts	80	km/h
Doba reakce zařízení tr je doba ovlivnění ovládacího prvku závislého na jízdě ...	tr	1	s
Základní bezpečnostní doba $tb1$ je doba, která musí uplynout od skončení měř...	tb1	6	s
Přídavná bezpečnostní doba $tb2$ je doba, která vyplývá z tolerancí při měření a...	tb2	3	s
Doba pravidelného plánovaného stání drážního vozidla ve vzdalovacím úseku ...	tgA	60	s

Závoje

poloviční

celé

Rovnoběžné s kolejí

Obrázek 12: Vyplněná vstupní tabulka dle zadání

5.2. Dílčí délky na přejezdu

ve směru od výstražníku A:	od	ve směru od výstražníku B:
$d_1 = 5,0$ m		$d_1 = 5,0$ m
$d_2 = 1,6$ m		$d_2 = 1,9$ m
$d_6 = 0$ m		$d_6 = 0$ m
$d_7 = 1,0$ m		$d_7 = 1,0$ m
$d_8 = 1,0$ m		$d_8 = 1,0$ m
$d_{11} = d_2 + d_7 = 2,6$ m		$d_{11} = d_2 + d_7 = 2,9$ m

5.3. Výpočty délek a časů

Délka pásma přejezdu d_p :

$$\text{ve směru od A: } d_p = d_1 + d_6 + d_8 + d_{11} = 5,0 + 0 + 1,0 + 2,6 = 8,6 \text{ m}$$

$$\text{ve směru od B: } d_p = d_1 + d_6 + d_8 + d_{11} = 5,0 + 0 + 1,0 + 2,9 = 8,9 \text{ m}$$

Dále je počítáno se směrem od výstražníku B.

Délka směrodatná pro výpočet vyklizovací doby d_T :

$$d_T = d_p + d_s = 8,9 + 22,0 = 30,9 \text{ m.}$$

Vyklizovací doba t_v :

$$t_v = 3,6 \cdot d_T \cdot V_s^{-1} = 3,6 \cdot 30,9 \cdot 5^{-1} = 22,25 \text{ s.}$$

Přibližovací doba t_L :

$$t_L = t_r + t_v + t_{b1} + t_{b2} = 1 + 22,25 + 6 + 3 = 32,25 \text{ s.}$$

Přijezdy - Konětopy

odstavce v nomě	proměr	vzorec	dosazení	hodnota
A.2.2) Délka d1 je průmět délky nebez...	d1	$d1 = dn / (\sin \alpha) = (dk + 5) / (\sin \alpha)$	zadáno ručně	5
A.2.3) Délka d2 je vzdálenost kolmého...	d2	namiřtený údaj	zadáno ručně	1,9
A.2.4) Délka d3 je vzdálenost průsečí...	d3	za přejezdem není pruh přehrazen záv...	d3=0	0
A.2.5) Délka d4 je průmět části sklope...	d4	nejsou závory	neuvažuje se	0
A.2.6) Délka d5 je průmět části sklope...	d5	nejsou závory	neuvažuje se	0
A.2.7) Délka d6 je průmět šířky jízdníh...	d6	Pro $\alpha >= 90^\circ$: $d6=0$	zadáno ručně	0
A.2.8) Délka d7 je vzdálenost čelních ...	d7	určuje se podle konstrukčního proved...	zadáno ručně	1
A.2.9) Délka d8 je vzdálenost čela silni...	d8	vzdálenost zastavení chodce nebo vo...	zadáno ručně	1
A.2.10) Délka d9 je vzdálenost průseč...	d9	nejsou závory	neuvažuje se	0
A.2.11) Délka d10 je průmět části sklo...	d10	nejsou závory	neuvažuje se	0
A.2.11 - dodatek		platí, že $d2+d7 >= d4+d9$	netřeba vyznačit místo zastavení siln. ...	
A.2.12) Délka d11 je vzdálenost průse...	d11	$d11 = d2 + d7$	$d11 = 1,9 + 1$	2,9
A.2.9) Délka silničního vozidla (22 m)...	ds	délka vozidla/chodec	stanoveno v Nastavení	22
A.3) Šířka přejezdu sp je délka koleje...	sp	zadáno ručně	zadáno ručně	5,1
A.4) Délka pásma přejezdu dp je délka...	dp	$dp = d1 + d6 + d8 + d11$	$dp = 5 + 0 + 1 + 2,9$	8,9
A.4 - dodatek	dp	$dp <= 25,5$ (hodnoty vozidla)	$vs = 5, ds = 22$	
A.5) Do délky směrodatné pro výpočet...	dt	$dt = dp + ds$	$dt = 8,9 + 22$	30,9
A.6) Délka směrodatná pro výpočet př...	dz	nejsou závory	neuvažuje se	0

Porovnání hodnot ve směru od výstr. A vs. od výstr. B

prom.	hodnota pro A	prom.	hodnota pro B
d1	5	d1	5
d2	1,6	d2	1,9
d3	0	d3	0
d4	0	d4	0
d5	0	d5	0
d6	0	d6	0
d7	1	d7	1
d8	1	d8	1
d9	0	d9	0
d10	0	d10	0
d11	2,6	d11	2,9
sp	5,1	sp	5,1
dp	8,6	dp	8,9
dt	30,6	dt	30,9
dz	0	dz	0

Obrázek 13: Výpočet délek

5.4. Výpočet začátku přibližovacího úseku od začátku trati pro rychlost 80 km/h

Délka přibližovacího úseku:

$$L_P = 3,6^{-1} \cdot V_t \cdot t_L = 3,6^{-1} \cdot 80 \cdot 32,25 = 717 \text{ m.}$$

Začátek přibližovacího úseku ve směru od začátku trati:

$$K_m = K_{mOPL} + L_P = 34,363 + 0,717 = 35,080.$$

5.5. Výpočet začátku přibližovacího úseku od konce trati pro rychlost 80 km/h

Délka přibližovacího úseku:

$$L_P = 3,6^{-1} \cdot V_t \cdot t_L = 3,6^{-1} \cdot 80 \cdot 32,25 = 717 \text{ m.}$$

Začátek přibližovacího úseku ve směru od konce trati:

$$K_m = K_{mOPS} - L_P = 34,363 - 0,717 = 33,646.$$

5.6. Výpočet mezní doby anulace

Výpočet pro směr jízdy od začátku trati

Doba pravidelného plánovaného stání drážního vozidla ve vzdalovacím úseku od začátku trati:

$$t_{gA} = 0 \text{ s.}$$

Doba průjezdu nejpomalejšího železničního vozidla vzdalovacím úsekem t_t :

$$t_t = 3,6 \cdot L_V \cdot V_V^{-1} = 3,6 \cdot 717 \cdot 20^{-1} = 129,1 \text{ s.}$$

Doba průjezdu železničního vozidla přejezdem t_d :

$$t_d = 3,6 \cdot (d_v + s_p) \cdot V_v^{-1} = 3,6 \cdot (400 + 5,1) \cdot 20^{-1} = 72,9 \text{ s.}$$

Mezní doba anulace t_A :

$$t_A = t_{gA} + t_t + t_d = 0 + 129,1 + 72,9 = 202,0 \text{ s.}$$

Výpočet pro směr jízdy od konce trati

Doba pravidelného plánovaného stání drážního vozidla ve vzdalovacím úseku od konce trati:

$$t_{gA} = 60 \text{ s.}$$

Doba průjezdu nejpomalejšího železničního vozidla vzdalovacím úsekem t_t :

$$t_t = 3,6 \cdot L_v \cdot V_v^{-1} = 3,6 \cdot 717 \cdot 20^{-1} = 129,1 \text{ s.}$$

Doba průjezdu železničního vozidla přejezdem t_d :

$$t_d = 3,6 \cdot (d_v + s_p) \cdot V_v^{-1} = 3,6 \cdot (400 + 5,1) \cdot 20^{-1} = 72,9 \text{ s.}$$

Mezní doba anulace t_A :

$$t_A = t_{gA} + t_t + t_d = 60 + 129,1 + 72,9 = 262,0 \text{ s.}$$

5.7. Výpočet kritické doby

Výpočet pro směr jízdy od začátku trati

$$t_f = 120 \text{ s, } t_e = 60 \text{ s.}$$

Nejvzdálenější místo, kde může stát drážní vozidlo, kterému bude povolena jízda na přejezd, je pro tento směr v ŽST Hřivice koncovník v km 36,485.

$$L_d = 36,485 - 34,361 = 2124 \text{ m.}$$

$$t_k = t_f + 1,5 \cdot t_e + 3,6 \cdot (L_d + d_v) \cdot V_v^{-1} = 120 + 90 + 3,6 \cdot (2124 + 400) \cdot 20^{-1} = 664,3 \text{ s.}$$

Výpočet pro směr jízdy od konce trati

$$t_f = 120 \text{ s, } t_e = 60 \text{ s.}$$

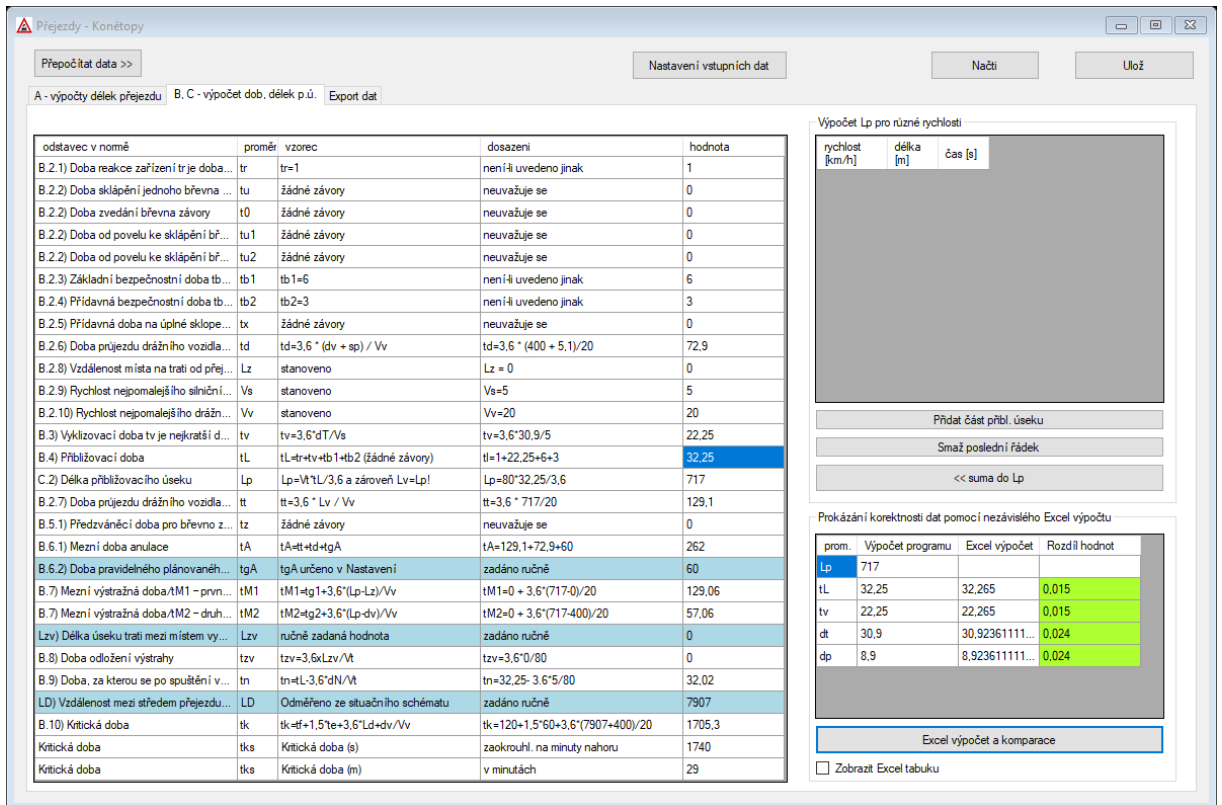
Nejvzdálenější místo, kde může stát drážní vozidlo, kterému bude povolena jízda na přejezd, je pro tento směr v ŽST Domoušice návěstidlo L1 v km 26,454.

$$L_d = 34,361 - 26,454 = 7907 \text{ m.}$$

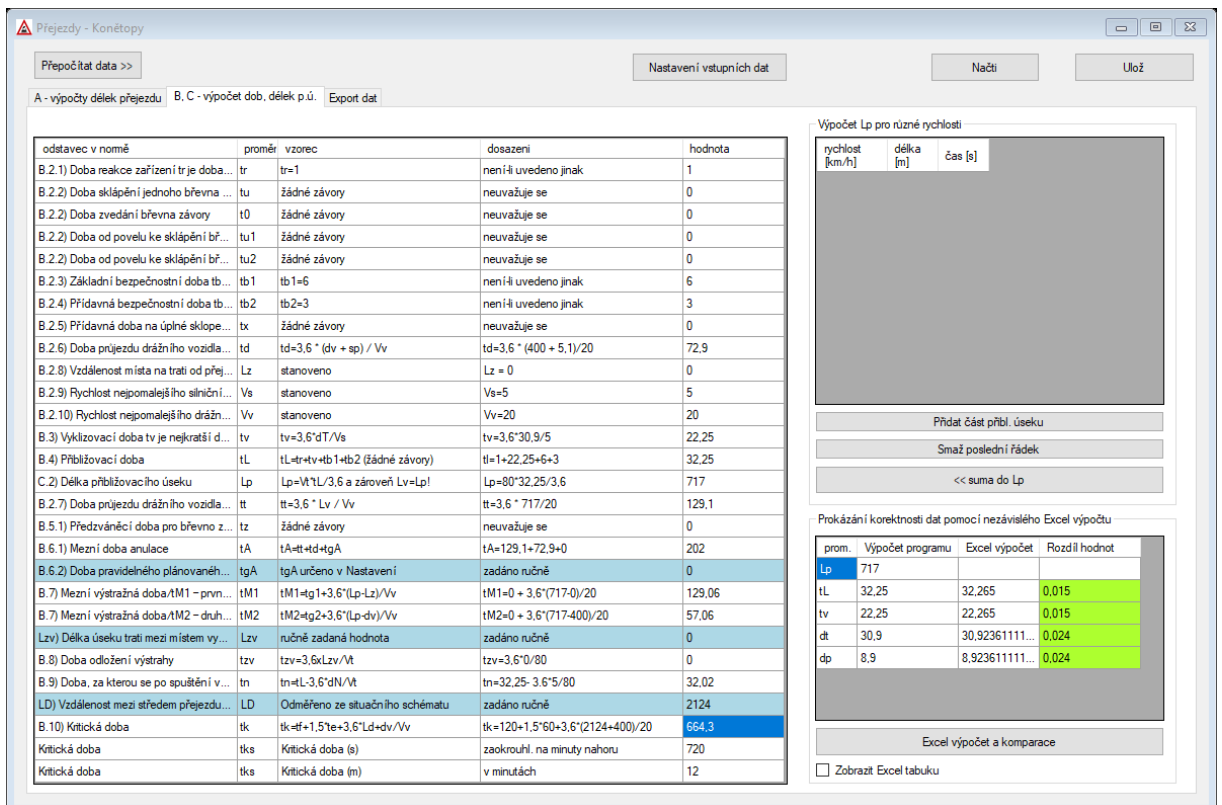
$$t_k = t_f + 1,5 \cdot t_e + 3,6 \cdot (L_d + d_v) \cdot V_v^{-1} = 120 + 90 + 3,6 \cdot (7907 + 400) \cdot 20^{-1} = 1705,3 \text{ s.}$$

Výsledná kritická doba je větší z vypočítaných dob, tj.: 1705 s.

Po zaokrouhlení na celé minuty je t_k : 1740 s (29 minut).



Obrázek 14: Výpočet dob a délek přibližovacího úseku pro $tgA = 60$ a $LD = 7907$



Obrázek 15: Výpočet dob a délek přibližovacího úseku pro $tgA = 0$ a $LD = 2124$

5.8. Srovnání ručního výpočtu a výpočtu pomocí programu

SROVNÁNÍ RUČNÍHO VÝPOČTU A VÝPOČTU PROGRAMU		ruční	program
Výpočty délek a časů			
Délka přejezdu ze směru od výstražníku A	d_p od A	8,6 m	8,6 m
Délka přejezdu ze směru od výstražníku B	d_p od B	8,9 m	8,9 m
Délka směrodatná pro výpočet vyklizovací doby	d_T	30,9 m	30,9 m
Vyklizovací doba	t_v	22,25 s	22,25 s
Přibližovací doba	t_L	32,25 s	32,25 s
Délka přibližovacího úseku od začátku trati pro 80 km/h	L_P	717 m	717 m
Výpočet mezní doby anulace pro $t_{gA} = 0$ s			
Doba průjezdu nejpomal. žel. vozidla vzdalovacím úsekem	t_t	129,1 s	129,1 s
Doba průjezdu žel. vozidla přejezdem	t_d	72,9 s	72,9 s
Mezní doba anulace	t_A	202 s	202 s
Výpočet mezní doby anulace pro $t_{gA} = 60$ s			
Doba průjezdu nejpomalejšího žel. vozidla vzdalovacím úsekem	t_t	129,1 s	129,1 s
Doba průjezdu žel. vozidla přejezdem	t_d	72,9 s	72,9 s
Mezní doba anulace	t_A	262 s	262 s
Výpočet kritické doby			
Od začátku trati			
Doba přípravy jízdní cesty a výpravy drážního vozidla	t_f	120 s	
Celková doba plánovaného stání mezi dopravnou a přejezdem	t_c	60 s	
Vzdálenost mezi středem přejezdu a nejvzdálenějším místem v dopravně, kde může stát drážní vozidlo, kterému bude povolen odjezd	L_d	2124 m	
Kritická doba	t_k	664,3 s	664,3 s
Vzdálenost mezi středem přejezdu a nejvzdálenějším místem v dopravně, kde může stát drážní vozidlo, kterému bude povolen odjezd	L_d	7907 m	
Kritická doba	t_k	1740 s	1740 s
	$t_{k [min]}$	29 min	29 min

Tabulka 1: Srovnání ručního výpočtu a výpočtu programem

Získané hodnoty pomocí programu vzhledem k jednoduchosti přejezdu přesně odpovídají hodnotám z ručního výpočtu, u náročnějších přejezdů se předpokládají nepatrně odlišné výsledky.

Závěr

Bakalářská práce se zabývá výpočtem konfiguračních parametrů přejezdu. V aktuální podobě vytvoření software počítá hodnoty přibližovací doby, délky přibližovacího úseku, dobu průjezdu drážního vozidla vzdalovacím úsekem, předzváněcí dobu pro břevno závory a mezní dobu anulace.

V úvodní části jsou definovány základní pojmy potřebné k výpočtu a naznačeny tři základní typy přejezdů. V další kapitole jsou definovány určující parametry PZS a demonstrován způsob výpočtu délky přibližovacího úseku pro konstantní rychlost. V třetí kapitole je pak popsán vývoj a základní obsluha softwarového nástroje pro výpočet PZS.

Čtvrtá část bakalářské práce je věnována prokázání obecné správnosti výpočtu. Toto je velmi důležitá část nejen v této konkrétní aplikaci, ale obecně v celé oblasti zabezpečovací techniky, kde je bezpečnost systému založena na nezávislém získávání, zpracování a komparaci dat. V této aplikaci je kontrola správnosti výpočtu provedena na realizovaném software nezávislým výpočtem pomocí tabulkového procesu Excel z balíku Microsoft Office. Výpočet je proveden zpětně z jedné z výsledných hodnot postupně k hodnotě vstupní. Jedná se pouze o základní kontrolu, na které je demonstrováno, jakým způsobem mohou fungovat nezávislé kontroly u podpůrných nástrojů.

V poslední kapitole je nástroj použit k výpočtu parametrů konkrétního PZS č. P2351 v Konětopech. Získané hodnoty byly porovnány se stávajícím výpočtem. Výpočty se vzájemně shodují, což je v tomto případě dáno zejména jednoduchým uspořádáním přejezdu. Tímto bylo demonstrováno konkrétní použití nástroje.

Předpokládá se další rozšiřování nástroje podle potřeb, které vyplynou při používání nástroje v praxi. Je počítáno například s volitelným exportem dat, generováním tabulky přejezdů, generování poloh počítacích bodů podle staničení a podobně.

Seznam obrázků

Obrázek 1: Schéma PZS	10
Obrázek 2: Přejezd ostrým úhlem křížení.....	15
Obrázek 3: Přejezd s tupým úhlem křížení.....	16
Obrázek 4: Přejezd s kolmým úhlem křížení.....	17
Obrázek 5: Železniční přejezd P405 v Lokti nad Ohří (zdroj: Mapy.cz)	18
Obrázek 6: Blokové schéma programu.....	24
Obrázek 7: Nastavení programu	25
Obrázek 8: Výpočty délek přejezdu.....	26
Obrázek 9: Výpočet dob	27
Obrázek 10: Nezávislé porovnání hodnot.....	29
Obrázek 11: Schématický diagram průběhu výpočtu	31
Obrázek 12: Vyplněná vstupní tabulka dle zadání	35
Obrázek 13: Výpočet délek.....	37
Obrázek 14: Výpočet dob a délek přibližovacího úseku pro $\text{tg}A = 60$ a $LD = 7907$	39
Obrázek 15: Výpočet dob a délek přibližovacího úseku pro $\text{tg}A = 0$ a $LD = 2124$	39

Seznam tabulek

Tabulka 1: Srovnání ručního výpočtu a výpočtu programu	40
--	----

Použitá literatura

- [1] ČSN 34 2650 ed.2. *Železniční zabezpečovací zařízení – Přejezdová zabezpečovací zařízení*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2010.
- [2] Microsoft Visual Studio 2019. *www.microsoft.com* [online]. [cit. 2019-05-19]. Dostupné z: <https://visualstudio.microsoft.com/cs/vs/>