

UNIVERZITA PARDUBICE

DOPRAVNÍ FAKULTA JANA PERNERA

DIPLOMOVÁ PRÁCE

2024

Bc. Lukáš Křížan

Univerzita Pardubice
Dopravní fakulta Jana Pernera

Krátkodobá predikce organizace jízd na dvoukolejné trati při výlukách
s podporou simulace
Diplomová práce

Univerzita Pardubice
Dopravní fakulta Jana Pernera
Akademický rok: 2023/2024

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Bc. Lukáš Křížan**
Osobní číslo: **D22462**
Studijní program: **N1041A040008 Technologie a management v dopravě**
Specializace: **Technologie a řízení dopravy**
Téma práce: **Krátkodobá predikce organizace jízd na dvoukolejné trati při výlukách s podporou simulace**
Zadávací katedra: **Katedra technologie a řízení dopravy**

Zásady pro vypracování

Úvod

- Výluková činnost v železniční dopravě
- Návrh simulačního modelu organizace dopravy při výlukách
- Návrh způsobu využívání modelu při organizování železniční dopravy
- Vyhodnocení přínosů

Závěr

Na vedení diplomové práce se spolupodílí Ing. Erik Tischer v rámci udržitelnosti projektu Spolupráce Univerzity Pardubice a aplikační sféry v aplikačně orientovaném výzkumu lokačních, detekčních a simulačních systémů pro dopravní a přepravní procesy (PosiTrans), reg. č.: CZ.02.1.01/0.0/0.0/17_049/0008394).

Rozsah pracovní zprávy: **50-60**
Rozsah grafických prací: **5-6**
Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/elektronická**

Seznam doporučené literatury:
dle pokynů vedoucí/ho práce

Vedoucí diplomové práce: **doc. Ing. Josef Bulíček, Ph.D.**
Katedra technologie a řízení dopravy

Datum zadání diplomové práce: **3. února 2024**
Termín odevzdání diplomové práce: **9. května 2024**

L.S.

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

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

V Pardubicích dne 2. února 2024

Prohlašuji:

Práci s názvem Krátkodobá predikce organizace jízd na dvoukolejné trati při výlukách s podporou simulace 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., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon), ve znění pozdějších předpisů, 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. 7/2019 Pravidla pro odevzdávání, zveřejňování a formální úpravu závěrečných prací, ve znění pozdějších dodatků, bude práce zveřejněna prostřednictvím Digitální knihovny Univerzity Pardubice.

V Pardubicích dne 9. 5. 2024

Bc. Lukáš Křížan

Chtěl bych touto cestou poděkovat svým rodičům za možnost studia v Pardubicích na Dopravní fakultě Jana Pernera. Dále bych chtěl především poděkovat vedoucímu této diplomové práce panu doc. Ing. Josefovi Bulíčkoví, Ph.D. za ochotu, obětavost a vstřícnost při konzultacích spojených s touto diplomovou prací. Poděkování patří taktéž i externímu konzultantovi panu Ing. Martinu Šturmovi, samostatnému vývojovému pracovníkovi projektu vývoje ASVC.

ANOTACE

Těžištěm diplomové práce je návrh modelu krátkodobé predikce jízdy vlaků pro určení pořadí provázení vlaků zejména v mezistaničních úsecích dvoukolejných tratí při výluce jedné z traťových kolejí. Záměrem je minimalizace zpoždění vzniklého díky tomuto infrastrukturnímu omezení, ale zároveň i zohledňování priorit provážených vlaků. Stěžejním efektem je možnost získání informací o očekávaných hodnotách zpoždění. Využití se předpokládá jak v operativním řízení, tak při navrhování výlukových jízdnicích řádů. Principiálně je možné model využít i v systému automatického stavění vlakových cest. Prezentované řešení, které je možné označit za pilotní, je v rámci diplomové práce realizováno v prostředí aplikace Microsoft Excel a ověřeno na úseku Staré Město u Uherského Hradiště – Otrokovice.

KLÍČOVÁ SLOVA

Bezkolizní jízdní řád, dispečer, druhy vlaku, krátkodobá predikce jízd vlaků, model, provozní aplikace, provozní intervaly, přednosti vlaků, výluky, výpravčí

TITLE

Short-term prediction of the organization of train rides on a double-tracked line during closures with the support of simulation

ANNOTATION

The focus of the diploma thesis is the design of a short-term prediction model to organization of train rides, especially in interstation sections of double-tracked lines when one of the tracks is closed. The intention is to minimize the delay caused by this infrastructural limitation, but with regard to the priorities of passing trains. The main effect is the possibility of obtaining information about expected delay values. It is expected to be used both in operational control of traffic and in the design of road closure timetables. In principle, the model can also be used in the automatic route setting system. Presented solution, can be described as a pilot. Is implemented in the Microsoft Excel application. Verificatin is based the raliway line Staré Město u Uherského Hradiště and Otrokovice.

KEYWORDS

Collision-free train timetables, railway dispatcher, types of train, short-term prediction of train rides, model, operational applications, operating intervals, train preferences, railway closures, train dispatcher

OBSAH

Seznam obrázků	9
Seznam tabulek	10
Seznam zkratk a značek	11
Úvod	13
1 Výluková činnost v železniční dopravě.....	15
1.1 Infrastrukturní omezení.....	16
1.1.1 Předpokládané a nepředpokládané výluky	17
1.1.2 Omezení kapacity při provozních výlukách	19
1.1.3 Omezení kapacity během posunu	21
1.2 Zhodnocení infrastrukturního omezení.....	21
1.3 Současný stav podpůrných systémů řízení dopravy	22
1.3.1 Podpůrné systémy obsažené v provozních aplikacích	22
1.3.2 Podpůrné systémy závislé na zabezpečovacím zařízení	26
1.3.3 Podpůrné systémy obsažené v předpise a pomůckách.....	28
1.4 Požadavky na model	30
2 Návrh simulačního modelu organizace dopravy při výlukách	32
2.1 Korekce vstupních parametrů navrhovaného modelu	33
2.1.1 Pravidelný jízdní řád	34
2.1.2 Aktuální zpoždění	34
2.1.3 Aktuální parametry vlaku	34
2.1.4 Modelové provozní intervaly	37
2.1.5 Přednosti jízd vlaků	43
2.1.6 Výlukový nákrešný jízdní řád a rozkaz o výluce.....	45
2.2 Princip navrhovaného modelu	47
2.3 Detailní popis navrhovaného modelu	52
2.3.1 Popis jednotlivých kroků navrhovaného modelu.....	56

2.3.2	Popis účelové funkce navrhovaného modelu.....	64
3	Návrh způsobu využívání modelu při organizování železniční dopravy	68
3.1	Využívání modelu.....	68
3.2	Kvalita výstupních dat	69
3.3	Simulační ověření kvality výstupních dat.....	70
4	Vyhodnocení přínosů	77
	Závěr	81
	Seznam použitých informačních zdrojů	83
	Seznam příloh	85

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1-1 – Mezistaniční úsek.....	17
Obrázek 1-2 – Hodinové zastoupení předpokládaných a nepředpokládaných výluk.....	18
Obrázek 1-3 – Porucha výhybek.....	20
Obrázek 1-4 – Specifický posun.....	21
Obrázek 1-5 – Monitor graficko-technologické nastavby	24
Obrázek 1-6 – Výlukový nákresný jízdní řád.....	29
Obrázek 2-1 – Provozní interval křižování.....	41
Obrázek 2-2 – Princip jízd vlaků v systému.....	48
Obrázek 2-3 – Nastavení úseku mezi dopravnami v modelu	50
Obrázek 2-4 – Taktová skupina vlaků, která má být řešena v systému (modelu).....	51
Obrázek 2-5 – Jízdní řád a kategorie vlaků v modelu	54
Obrázek 2-6 – Rekurentní princip modelu	55
Obrázek 2-7 – Model krátkodobé predikce jízdy vlaků krok nula	56
Obrázek 2-8 – Model krátkodobé predikce jízdy vlaků krok jedna	57
Obrázek 2-9 – Mezivýpočet pro první vlak.....	58
Obrázek 2-10 – Mezivýpočet pro druhý vlak	59
Obrázek 2-11 – Výsledný mezivýpočet předposlední fáze daného kroku.....	64
Obrázek 2-12 – Výsledné bodové hodnocení a varianty provázení vlaků	65
Obrázek 2-13 – Bodové hodnocení varianty	65
Obrázek 3-1 – Zvolený úsek tratě vytvořený v programu OpenTrack.....	71
Obrázek 3-2 – Simulace pomocí OpenTracku (situace první, varianta první).....	75
Obrázek 3-3 – Simulace pomocí navrženého modelu (situace první, varianta druhá).....	75
Obrázek 3-4 – Simulace pomocí navrženého modelu (situace první, varianta třetí).....	76
Obrázek 3-5 – Simulace pomocí navrženého modelu (situace první, varianta čtvrtá).....	76
Obrázek 4-1 – Překročení počtu provozovaných kolejí.....	79

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1-1 – Řízení dvoukolejných tratí	24
Tabulka 2-1 – Přírážky k rozjezdu.....	36
Tabulka 2-2 – Modelové provozní intervaly	37
Tabulka 2-3 – Modelový provozní interval postupných vjezdů	38
Tabulka 2-4 – Modelový provozní interval následné jízdy	40
Tabulka 2-5 – Modelové provozní intervaly křižování v Huštěnovicích a Napajedlech	42
Tabulka 2-6 – Princip párové metody.....	43
Tabulka 2-7 – Korekce přednosti.....	45
Tabulka 2-8 – Nastavení úseku mezi dopravnami.....	49
Tabulka 3-1 – Hodnota korekce přednosti pro simulační varianty.....	72
Tabulka 3-2 – Kategorie vlaků pro první situaci	74

SEZNAM ZKRATEK A ZNAČEK

ASVC – Automatické stavění vlakových cest

CDP – Centrální dispečerské pracoviště

EDD – Elektronický dopravní deník

ETCS – European Train Control System (Evropský vlakový zabezpečovací systém)

Ex – Expresní vlak

GTN – Graficko-technologická nástavba

GRADO – Grafická dokumentace

GRAPP – Grafická prezentace polohy

GVD – Grafikon vlakové dopravy

HV – Hnací vozidlo

Lv – Lokomotivní vlak

Mn – Manipulační vlak

MU – Mimořádná událost

Nex – Nákladní expres

Os – Osobní vlak

PA – Provozní aplikace

PIK – Provozní interval křižování

PIPV – Provozní interval postupných vjezdů

PINJ – Provozní interval následné jízdy

PMD – Posun mezi dopravami

Pn – Průběžný nákladní vlak

R – Rychlík

RDP – Regionální dispečerské pracoviště

ROV – Rozkaz o výluce

SK – Staniční kolej

Sp – Spěšný vlak

SZZ – Staniční zabezpečovací zařízení

TJŘ – Tabelární jízdní řád

TK – Traťová kolej

TPV – Traťová poloha vlaku

TZZ – Traťové zabezpečovací zařízení

UH – Uherské Hradiště

VEZO – Velkoplošné zobrazení

VNJŘ – Výlukový nákrešný jízdní řád

ZZ – Zabezpečovací zařízení

ŽKV – Železniční kolejové vozidlo

ŽST – Železniční stanice

ÚVOD

Velikost a četnost zpoždění ovlivňují kvalitu železniční dopravy a pohled uživatelů na ni. V krajním případě zpoždění může působit dokonce i na ochotu využívat železnici, a to jak v osobní, tak i nákladní přepravě.

V některých případech musí zpoždění vzniknout. Děje se tak zejména při neplánovaných výlukách. Pak je primárně nutné uživatele správně, přesně a včas informovat, kde toto zpoždění může vzniknout. Jenže cestující stále častěji vyžadují také informaci, kdy daným omezujícím místem projedou a jaké bude výsledné zpoždění. Jejich zájem o tyto informace dokládá fakt, že už jen za informace o aktuální poloze vlaku byli ochotni platit SMS podle zvláštního tarifu, když ještě neexistovaly mobilní aplikace.

Týká se to ale nejen cestujících, takové informace přirozeně poptávají i dispečerské aparáty dopravců a provozovatelů dráhy, ale i samotní zaměstnanci řízení provozu dráhy. Jejich nároky na spolehlivost a rozsah takových informací jsou navíc mnohem vyšší než u cestujících nebo zákazníků v nákladní dopravě. Tato potřeba se už projevuje tím, že provozovatelé infrastruktury i dopravci vytvářejí a stále zdokonalují své provozní informační systémy a aplikace.

Z těchto důvodů je nutné se zaměřit na cesty a možnosti, jak zpoždění predikovat. Zároveň je vhodné problematiku rozdělit na predikci zpoždění v běžných provozních podmínkách a predikci zpoždění vzniklých následkem infrastrukturního omezení nejčastěji vlivem výlukové činnosti. Tato diplomová práce je zaměřena na druhý z těchto případů, protože takto vzniklá zpoždění jsou výraznější.

Motivem pro řešení je případ výluky jedné ze dvou traťových kolejí na dvoukolejně trati v jednom mezistaničním úseku. Tím, že jízdní řád je v takových úsecích připraven s ohledem na možnost dvoukolejného provozu, vznik zpoždění je v tomto případě téměř nevyhnutelný, má-li být tento provoz realizován v nezměněném rozsahu nebo pokud redukce rozsahu provozu není proporcionální.

Cílem této diplomové práce je tak navrhnout optimalizační model, jehož výsledkem bude taková posloupnost provázení vlaků mezistaničním úsekem dvoukolejně trati s infrastrukturním omezením jedné traťové koleje, která vytvoří předpoklady pro minimalizaci zpoždění vzniklých díky tomuto infrastrukturnímu omezení.

Podstatou modelu je provádění této optimalizace pouze pro relativně malý počet nejbližších následujících vlaků tak, aby bylo možné pracovat s co nejpřesnějšími odhady okamžiků vstupu jednotlivých vlaků do modelované oblasti. Bude se tak jednat o krátkodobou predikci. Zohledňováno bude zpoždění i priority vlaků. Tento přístup synergicky snižuje výpočetní nároky na model při relevantním zachování kvality poskytovaných výstupů. Principem modelu bude úplné prohledávání variant, které se nad určitý počet vlaků změní v rekurentní princip vyhledávání suboptimální varianty.

Model tak poskytne nejen informace o prognóze zpoždění, ale bude moci být využit i jako přímá podpora řízení provozu dráhy. Tato podpora se navíc může uplatnit ve dvou úrovních. Jak při plánování výluky (příprava výlukového jízdního řádu), tak i v rámci operativního řízení dopravy v návaznosti na konkrétní podmínky na trati.

První úroveň je plánovací, ta se dotýká sestavování výlukových opatření a konstrukce jízdních řádů, na této úrovni je plánováno používat off-line verzi, protože aktuální parametry vlaku jsou pevně stanoveny. Druhou úroveň je přímé řízení provozu na úrovni výpravčích a traťových dispečerů, využití systému v operativním řízení na pozicích provozních dispečerů a dispečerského aparátu dopravců. Data z této úrovně lze také využít pro informování strojvedoucích a cestujících. Druhá úroveň modelu je primárně koncipována pro on-line provozní aplikace, protože využívá aktuální parametry vlaku (délka, hmotnost, řada hnacího vozidla) a aktuální zpoždění. Možno dodat, že jádro modelu (algoritmu v něm obsaženém) se pro obě úrovně liší jen minimálně.

Náplní diplomové práce je ideové vytvoření modelu, tedy návrh v něm využitého algoritmu a pilotní softwarová realizace pro konkrétní úsek trati (Staré Město u Uherského Hradiště – Otrokovice) v prostředí Microsoft Excel. Přičemž při implementaci do praxe by bylo vhodné model (algoritmus) implementovat do některé provozní aplikace manažera infrastruktury. Výhodou takové realizace by byla i dostupnost aktuálních dat.

Úsek trati byl vybrán na základě znalostí získaných při tvorbě bakalářské práce. Predikci bude možné využít na jakémkoliv úseku trati s tím, že bude potřeba do modelu vložit informace o infrastruktuře a infrastrukturních (výlukových) opatřeních před zahájením predikce.

1 Výluková činnost v železniční dopravě

První část této práce je zaměřena na stavy, které vedou k infrastrukturnímu omezení na traťových kolejích neboli na kolejích mezi dopravnými. Tím, že nelze infrastrukturu využívat v plném rozsahu, dochází k omezení kapacity a zpravidla ke zpoždění vlaků. Model krátkodobé predikce jízd vlaků reaguje na tento jev tím, že přináší algoritmus, který při infrastrukturním omezení nachází suboptimální varianty pořadí vlaků, a tím zajišťuje minimalizaci přírůstku zpoždění. Infrastrukturní omezení je stav, kdy u dvoukolejných tratí nelze využít jednu ze dvou traťových kolejí. Návacným infrastrukturním omezením může být znemožnění, případně zákaz stavění jízdnicích cest na určité kolejové skupiny vzhledem ke kolejovému uspořádání dopravy. Takto popsané infrastrukturní omezení přibližují situace, u kterých je možno využít navrženého simulačního modelu krátkodobé predikce jízd vlaků. Tento model bude představen ve druhé kapitole této práce.

Nejčastějším a časově nejdelším infrastrukturním omezením jsou výluky. Výluková činnost je nedílnou součástí železniční dopravy. Slouží k údržbě nebo rekonstrukcím železniční infrastruktury. Infrastrukturní omezení také slouží k zajištění bezpečnosti při mimořádných událostech. Může vzniknout i vlivem poruch z důvodu nemožnosti využití infrastrukturního prvku nebo při složitějších posunech, jenž zahrnují posun za označnick, posun na záhlaví a doba obsazení posunovým dílem je natolik dlouhá, že nelze využívat traťovou kolej, protože by jinak došlo ke zpoždění vlaků. Vznik zpoždění vlaků z výše popsaných důvodů je primárním dopadem nedostatku kapacity daného úseku. Sekundárním dopadem je rozvázání přípojových vazeb v uzlových nebo přípojních stanicích. V následujících podkapitolách této kapitoly budou detailně představena infrastrukturní omezení, při kterých lze aplikovat model krátkodobé predikce jízdy vlaků.

Dle směrnice SM 124 vydané Správou železniční dopravní cesty, státní organizací, lze kapacitu chápat jako obecnou schopnost realizovat určitý dopravní výkon v určité kvalitě. Pro přesnější popis kapacity se používají ukazatele kapacity. *Mezi ukazatele kapacity patří propustnost, která udává realizovatelný počet vlaků (popř. jízd posunových dílů), přitom se v závislosti na kvalitě rozlišují dvě hodnoty: optimální a kritická hodnota propustnosti.* Moderním spolehlivostním ukazatelem je vnímán ukazatel čekání v provozu. *Čekání v provozu vzniká jako důsledek jízdy jiného vlaku (popř. posunového dílu), pokud toto čekání není zapracováno již v jízdním řádu.* Čekáním v provozu lze nejen pro účely této práce chápat jako přírůstek zpoždění, který je generován vlivem infrastrukturního omezení železniční dopravní cesty. (1)

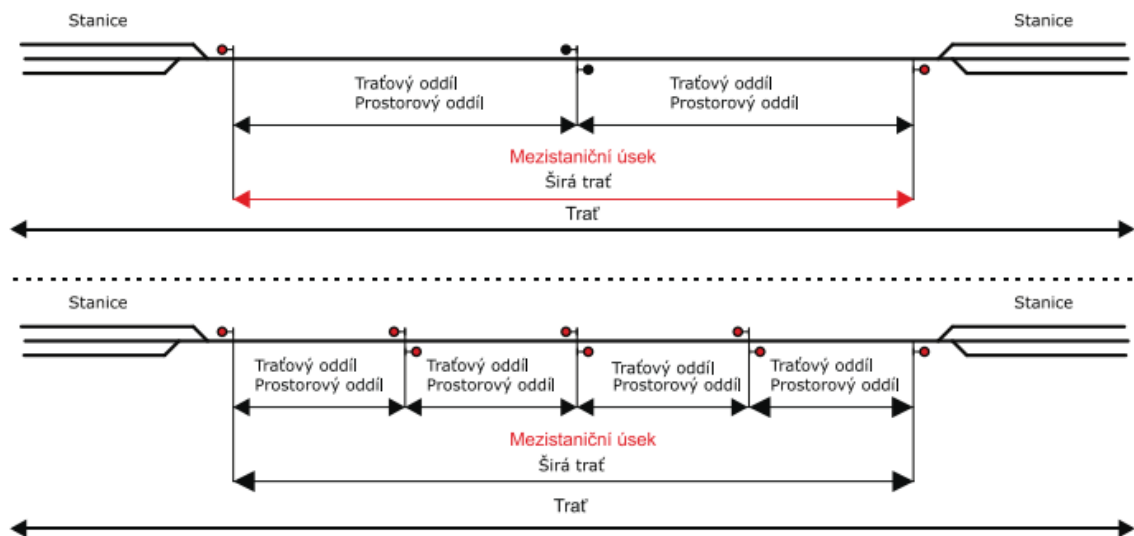
Model krátkodobé predikce jízdy vlaků umožňuje optimálně plánovat provázení vlaků infrastrukturním omezením, a tím minimalizovat čekání v provozu. V současné době bez používání modelu krátkodobé predikce jízdy vlaků dochází hlavně k vyšší zátěži zaměstnanců řídicích a organizujících drážní dopravu vlivem zvýšené potřeby telefonické a verbální komunikace. Tato zátěž je způsobena nedostatečně validními daty v provozních aplikacích. To má za následek neuspokojivé informování všech zúčastněných pracovníků a cestujících. Ovšem horším, ale ne tak častým jevem, je nerespektování přednosti vlaků, případně nerespektování výlukových opatření na pozici výpravčího nebo traťového dispečera. Tento přestupek je na základě splněného jízdního řádu analyzován a v závislosti na závažnosti přestupku ohodnocen snížením mzdy. Při využívání modelu krátkodobé predikce jízdy vlaku se předpokládá výrazné snížení výše popsaných problémů.

1.1 Infrastrukturní omezení

Stavy omezující kapacitu zvyšují náročnost vykonávané práce a stresovou zátěž práce u zaměstnanců, kteří organizují a řídí drážní dopravu. Práce, kterou vykonávají traťoví dispečeri a výpravčí ve velkých uzlových železničních stanicích (ŽST), nebo na centrálních dispečerských pracovištích (CDP), případně na některých postech u regionálních dispečerských pracovišť (RDP), způsobuje nadprůměrnou pracovní zátěž. Nicméně ve zvládnutelné úrovni. Ovšem rizikovým faktorem mohou být nestandardní provozní situace (velké množství zpožděných vlaků nebo stavy omezující kapacitu dopravní cesty). (2) Náplní následujících tří podkapitol je tyto stavy identifikovat a detailně popsat, aby s nimi mohlo být dále pracováno tak, že navržený systém bude snižovat rizikové faktory pomocí navrhovaného modelu krátkodobé predikce jízd vlaků.

Popsané tři typy infrastrukturního omezení lze shodně řešit jak pro tratě nevybavené Evropským vlakovým zabezpečovacím systémem (ETCS), tak pro tratě se smíšeným provozem vlaků neboli provoz vlaků s ETCS na hnacím vozidle (HV), tak provoz HV bez ETCS. Současně lze model krátkodobé predikce jízdy vlaků využít i na tratích s výhradním provozem ETCS. V případě smíšeného provozu a výhradního provozu je potřeba předpokládat funkční bezvýlukový stav ETCS v traťových kolejkách a v tomto případě lze použít shodné nastavení modelu jako v případě tratí bez ETCS. Podobný přístup lze uplatnit i v případě výluky ETCS v traťové koleji nebo poruchy ETCS v traťové koleji na tratích se smíšeným provozem. Jediný rozdíl mezi nastavením modelu pro tratě nevybavené ETCS a tratě se smíšeným provozem je v přidání přírážky k jízdní době z důvodu přepínání systému vlakového zabezpečovače. To, zda přírážka bude přidávána k jízdní době a její velikost záleží na konfiguraci dopravní a traťové

rychlosti. Ovšem v případě výluky ETCS v traťové koleji nebo poruchy ETCS v traťové koleji na tratích s výhradním provozem je potřeba model nastavit tak, že modelový provozní interval následné jízdy (PINJ) nebude stejný jako u bezporuchového a bezvýlukového stavu, ale jiný, i když tato hodnota bude taktéž konstantou. Rozdíl bude spočívat v užívání nejen PINJ, ale také jízdní doby daného vlaku. Tím vznikne hodnota následného mezidobí, která se bude dynamicky měnit na základě jízdní doby předchozího vlaku. Díky této změně se dosáhne potřebného stavu, který simuluje jízdu v mezistaničních úsecích. *Mezistaniční úsek je širá trať bez zřetele, zda je rozdělena na traťové oddíly.* (3) Obrázek 1-1 znázorňuje mezistaniční úsek.



Obrázek 1-1 – Mezistaniční úsek

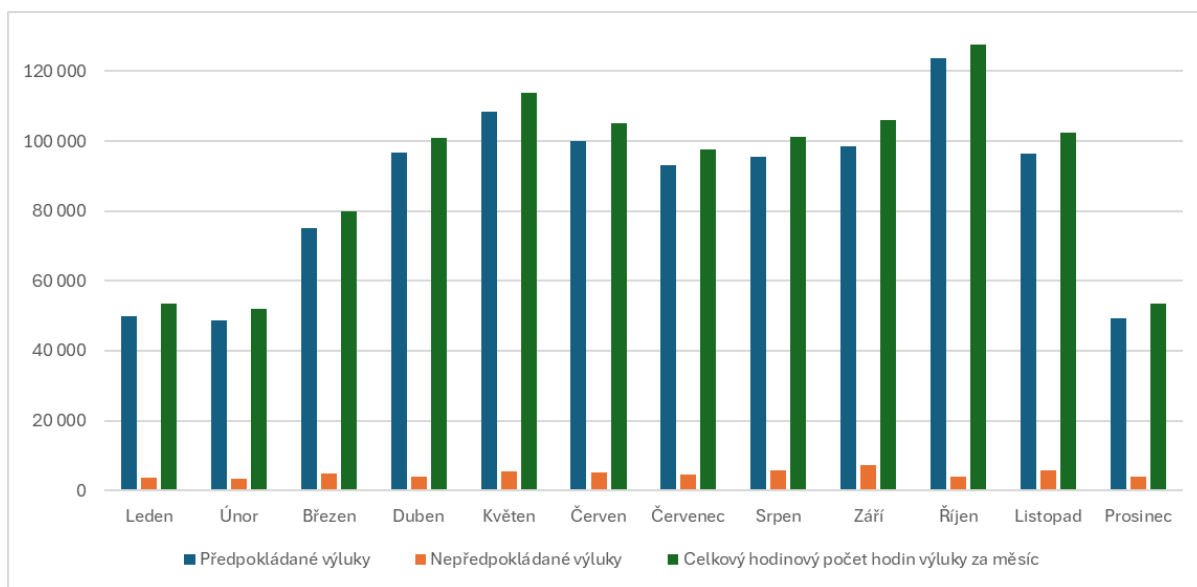
Zdroj: (3)

1.1.1 Předpokládané a nepředpokládané výluky

Výluky na zařízení dopravní cesty se dle předpisu SŽ D1 neboli dopravního a návěstního předpisu pro tratě nevybavené evropským vlakovým zabezpečovačem, vydávané Správou železnic, státní organizací dělí na předpokládané a nepředpokládané. Předpokládaná výluka musí být zahrnuta v přehledu povolených výluk na daný týden a zároveň musí pro ni být zpracován výlukový rozkaz dle předpisu D7/2. (3)

Nepředpokládaná výluka je taková výluka, která nesplňuje podmínky pro předpokládanou výluku. Nepředpokládaná výluka se může konat pouze za účelem odstranění nevyhovujícího stavu zařízení dopravní cesty, který omezuje nebo ohrožuje provozování dráhy nebo může ohrozit bezpečnost osob. (3) Pokud dojde k nepředpokládané výluce, je její řešení obtížnější, protože nemusí být omezen rozsah provozu, k čemuž dochází u předpokládané výluky se značným vlivem na propustnost. To může způsobit to, že nebude omezen příděl kapacit ad hoc

vlaků zpravidla ve zbytkové kapacitě, a to povede k výraznému ochromení kapacity a zahlcení dopraven před výlukou ve směru jízdy vlaku, takovými vlaky ve zbytkové kapacitě. V extrémních případech může dojít k výraznému zpoždění vlaků osobní dopravy z důvodu nezajištění náhradní dopravy, např. autobusové. Graf v obrázku 1-2 znázorňuje počet hodin realizovaných výluk v jednotlivých měsících na síti Správy železnic v roce 2023. V příloze A jsou uvedeny detailnější grafy k této problematice.



Obrázek 1-2 – Hodinové zastoupení předpokládaných a nepředpokládaných výluk

Zdroj: (4, 5, autor)

Z grafu v obrázku 1-2 lze pozorovat, že většina výluk je plánovaných, z čehož je patrný potenciál využívání i off-line verze podporující tvorbu výlukových nákrešných jízdních řádů (VNJŘ). Tím, že konstrukce VNJŘ probíhá předem, je třeba využít off-line verzi. V off-line verzi nejsou aktuální hodnoty zpoždění vlaků. Ovšem, vzhledem k redukcí rozsahu dostupné infrastruktury, lze tato zpoždění předpokládat díky faktu, že patrně není možné zvládnout veškerý rozsah dopravy na zbývajících infrastruktuře s menší propustností. Odhadu zpoždění je možné v tomto případě dosáhnout analýzou předpokládané provozní situace. Rozdíly mezi off-line verzí modelu a on-line verzí jsou tedy ve využívání hodnoty zpoždění a zdroje aktuálních parametrů vlaku. Off-line verze využívá aktuální parametry vlaku (délka, hmotnost, řada hnacího vozidla) z dat ze žádosti o přidělení kapacity dráhy a on-line verze získává aktuální parametry vlaků z provozních aplikací manažera infrastruktury. Off-line verze by mohla poskytovat datové podklady (korekce přednosti jízd vlaků) pro on-line verzi modelu krátkodobé predikce jízdy vlaků. Výhodou modelu krátkodobé predikce jízd vlaků je to, že jej lze využívat u předpokládaných i nepředpokládaných výluk.

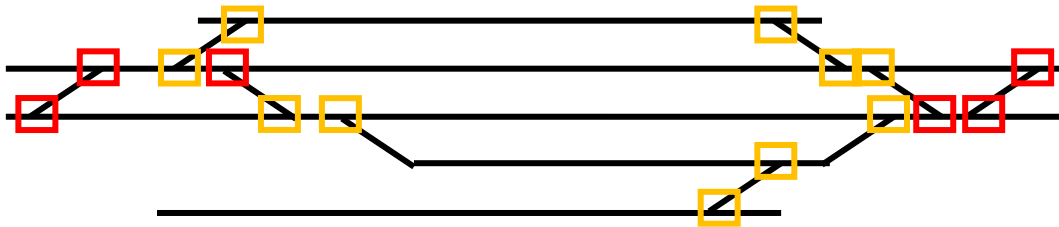
1.1.2 Omezení kapacity při provozních výlukách

Podobné stavy, jako jsou nemožnost využití obou traťových kolejí, kolejových skupin, výhybek, nástupištních hran a dalších infrastrukturních prvků, nastávají nejen během předpokládaných a nepředpokládaných výluk. Tyto stavy mohou nastat během mimořádností a mimořádných událostí (MU). Jedním z typů dopadů mimořádnosti či MU je nutnost jízdy vlaků pouze po jedné ze dvou traťových kolejí. Toto infrastrukturní omezení může mít jakýkoliv důvod vzniku, ale způsob provázení vlaků v případě infrastrukturního omezení jedné ze dvou traťových kolejí zůstává stejný. Mimořádnosti a MU vznikají neplánovaně čili obsluhující zaměstnanec se na ně nemůže připravit. V případě, že mimořádnost nebo MU vznikne a má značný dopad na propustnost, vzniká zaměstnanci, jenž organizuje a řídí drážní dopravu, dodatečná stresová zátěž ze správného určení provázení vlaků. Tyto aspekty vedou k tomu, že navrhovaný model krátkodobé predikce jízdy vlaků bude moci být využit u různého spektra poruch, jenž znemožní jízdu po jedné ze dvou traťových kolejí a zároveň umožní snížení stresové zátěže, která je v dané situaci značná.

Do mimořádností patří například poruchy zabezpečovacího zařízení (ZZ), závad na součásti nebo zabezpečení dráhy. Jedním z nejnáchylnějších prvků, na kterém může vzniknout porucha, je výhybka. Na bezporuchovém stavu výhybky se podílí mnoho různých podsystémů (přestavník, mechanické části, elektrický ohřev výměn), které musejí fungovat. V případě poruchy podsystému může nastat stav, který vede k infrastrukturnímu omezení jedné ze dvou traťových kolejí, proto budou tyto stavy detailně rozebrány.

Porucha výhybky může nastat z důvodu ztráty dohledu na výhybce, technologického rozřezu, nenaběhnutí přestavného proudu, nedosažení koncové polohy atd. V případě, kdy dojde k takovému poruchovému stavu výhybky, jenž má dopady na nemožnost využití obou traťových kolejí, nastane opět situace, ve které lze využít model krátkodobé predikce jízdy vlaků. Výhybky s největším dopadem na kapacitu jsou výhybky spojující hlavní koleje, protože nejen, že při poruše takové výhybky může dojít k výluce traťové koleje, ale i k výluce sudé nebo liché kolejové skupiny, viz obrázek 1-3. Poruchy základních koncových poloh výhybek mají také značný vliv na propustnost daného úseku. Červeně orámované výhybky na obrázku 1-3 znázorňují výhybky s nejvyšším negativním vlivem, protože při poruchách dojde k výraznému omezení propustnosti daného úseku. Dopady na organizaci se dotknou také sousední dopravy. Oranžově jsou orámované výhybky, které mají menší vliv, ale ani u těchto výhybek tento vliv není nezanedbatelný. V případě nedodržení závěrové tabulky, vzniklé poruchou jakékoliv výhybky (červeně nebo oranžově orámované výhybky, viz obrázek 1-3),

lze jezdit pouze za velmi omezujících podmínek, kterých ve fyzicky neobsazených dopravních nelze dosáhnout tak, aby omezení na propustnost bylo nulové. Gestorský výklad této problematiky je uveden v příloze B.



Obrázek 1-3 – Porucha výhybek

Zdroj: (autor)

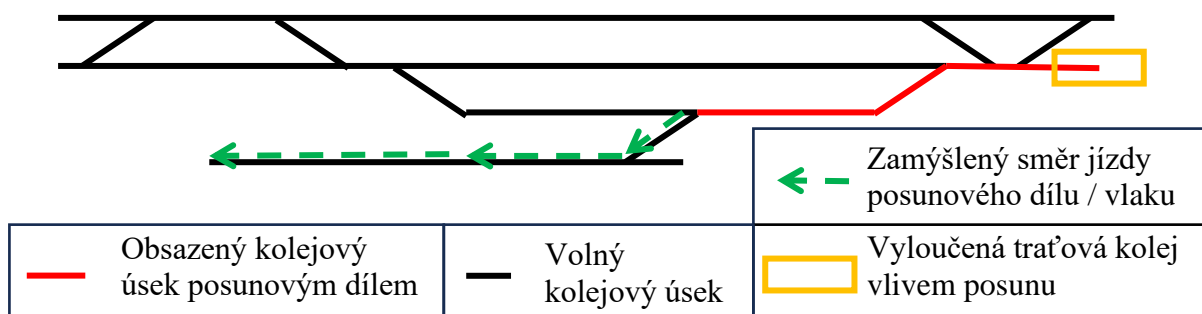
Mimořádnou událostí je nehoda nebo incident, ke kterým došlo v souvislosti s provozováním drážní dopravy nebo pohybem drážního vozidla na dráze nebo v obvodu dráhy a které ohrozily nebo narušily:

- a) bezpečnost drážní dopravy,
- b) bezpečnost osob,
- c) bezpečnou funkci staveb nebo zařízení, nebo,
- d) životní prostředí. (3)

Všechny tyto zadané faktory vedou k omezení kapacity dopravní infrastruktury. Při MU dochází zpravidla hned po události k úplnému zastavení provozu a podle rozsahu a typu události je provoz obnovován. Obnovování provozu probíhá tak, že se nejdříve zprovozní úseky, prvky infrastruktury, které nejsou, případně jsou minimálně zasaženy MU. Tento provoz bývá obnoven zpravidla se sníženou rychlostí, případně s jinými dopravními omezeními reflektující typ MU. Při tomto postupném obnovování provozu může být využit model krátkodobé predikce jízdy vlaků.

1.1.3 Omezení kapacity během posunu

Specifickým typem omezení infrastruktury je posun, který je ovšem v praxi zapříčiněn zpravidla nedostatečnou délkou kolejí, případně nedostatečným kolejovým rozvětvením, které neumožňuje odjíždět z daných kolejí potřebným směrem, viz obrázek 1-4.



Obrázek 1-4 – Specifický posun

Zdroj: (autor)

I když staniční posun není uveden v tabulce předností jízd vlaku, viz příloha C, tak za určitých podmínek, kdy se posunový díl změnil na vlak, např. obrázek 1-4, nebo takové případy, kdy HV posunuje na vlak, tak tento posunový díl má takovou přednost jako kategorie vlaku, na který se změnil. Z těchto důvodů je i tento méně častý případ potřeba zahrnout do omezujících faktorů.

1.2 Zhodnocení infrastrukturního omezení

Na základě charakterizace a popisu třech základních typů infrastrukturního omezení, uvedeného v podkapitolách 1.1.1 až 1.1.3, lze aplikovat shodné nastavení modelu krátkodobé predikce jízdy vlaků. Jediné rozdíly nastávají v případě, že se jedná o infrastrukturní omezení, ve kterém dojde i k snížení traťové rychlosti. V případě rychlostního omezení neboli využití pomalé jízdy může dojít k prodloužení jízdních dob. V takovýchto případech je potřeba vypočítat dynamiku jízdy vlaků přes takové omezení a je potřeba určit přírážky k jízdním dobám pro jednotlivé kategorie vlaků.

V případě popsaných infrastrukturních omezení, ale i u standardního organizování a řízení dopravy, lze využít přesnou hodnotu „korekce přednosti jízd vlaků“. Výše této hodnoty ovlivňuje, který vlak bude upřednostněn v případě, že vlak s nižší kategorií má realizovat jízdu před vlakem s vyšší kategorií. Využití korekce přednosti jízd vlaků v modelu krátkodobé predikce jízdy vlaků je uvedeno a vysvětleno ve druhé kapitole. Hodnota korekce přednosti jízd vlaků vychází z rozkazu o výluce (ROV) z bodu, který řeší navýšení čekacích dob mezi vlaky

osobní dopravy. Dále se také odvíjí od VNJR. V případě, kdy ROV nestanovuje navýšení čekacích dob neboli jsou zachovány standardní čekací doby a současně není vydán ani VNJR, vychází model krátkodobé predikce z pravidel stanovených předpisem SŽ D1. Tento typ pravidel, stanovených předpisem SŽ D1, se používá i u úseků bez infrastrukturního omezení. V případě, že u plánovaných výluk je provoz organizován pouze podle přednosti jízd vlaků, vycházejících z předpisu SŽ D1, je nastavení modelu shodné pro všechny ostatní typy infrastrukturního omezení. S tím, že ve všech případech je potřeba zadat omezující úsek tratě neboli místo, kde bude infrastrukturní omezení probíhat, a to kvůli stanovení hodnot modelových provozních intervalů.

1.3 Současný stav podpůrných systémů řízení dopravy

Proto, aby se zvýšil potenciál zbylé kapacity, který zůstal na provozovaném úseku trati, je potřeba, aby obsluhující personál měl potřebné podpůrné prvky. Obsluhujícím personálem se rozumí zaměstnanci, kteří organizují a řídí drážní dopravu, výpravčí a traťoví dispečeri neboli zaměstnanci s odbornou zkouškou D-08, mají k dispozici:

- 1) pravidelný jízdní řád,
- 2) aktuální zpoždění,
- 3) parametry vlaku,
- 4) provozní intervaly,
- 5) přednosti jízd vlaků z předpisu SŽ D1 (viz příloha C),
- 6) výlukový nákrešný jízdní řád.

Pro zpřehlednění systému bylo sestaveno schéma systému, které je součástí přílohy D.

1.3.1 Podpůrné systémy obsažené v provozních aplikacích

Výše zmíněné prvky mají následující vlastnosti. Pravidelný jízdní řád vychází z konstrukce ročního jízdního řádu tvořeného v provozní aplikaci Kango. Z tohoto pravidelného jízdního řádu vychází tabelární jízdní řády (TJR) pro jednotlivé vlaky. Z aktuálního zpoždění vlaků vzniká aktuální dopravní situace. TJR je konstruován na určitou hmotnost, délku, řadu HV a z toho všeho plynoucí rychlost vlaku. Aktuálními parametry vlaku jsou myšleny délka, hmotnost, řada hnacího vozidla. Tyto aktuální parametry mají vliv na odchylné jízdní doby, než jsou stanovené TJR. Zpravidla u nákladních vlaků se jedná třeba o menší hmotnost, než na kterou je trasa vlaku konstruována, vlak může krátit jízdní doby při rozjezdu, lepší dynamika při nutnosti snížit rychlost, vlivem pomalých jízd nebo průjezdem odbočkou. U vlaků osobní dopravy je problém zpravidla opačný, nedodržení stanovené rychlosti z důvodu stavby vozu,

předpoklad zvyšování jízdních dob. Zlepšení dynamiky a krácení jízdních dob vytváří v modelu krátkodobé predikce jízd vlaku rezervy, které vytvářejí prvek opatrnosti a ve výsledku mohou danou dopravní situaci zlepšit. Dále do určité míry zvýhodňují osobní dopravu, což je přínosem pro cestující.

Tyto zmíněné parametry (pravidelný jízdní řád, aktuální zpoždění, parametry vlaku) může obsluhující zaměstnanec získat prostřednictvím provozní aplikace informační systém operativního řízení (ISOR), ke které má přístup, každý zaměstnanec s odbornou zkouškou D-08. Aplikacemi, které čerpají data z této aplikace ISOR a umožňují vést elektronickou dopravní dokumentaci, případně ji sami vedou, jsou graficko-technologická nástavba (GTN), elektronický dopravní deník (EDD), grafická dokumentace (GRADO). Většina výpravčích, využívajících EDD, má jako grafickou pomůcku aplikaci traťová poloha vlaku (TPV). Aplikace TPV je tvořena splněným grafikonem na levé části a výhledovou dopravou na pravé části obrazovky, rozhraní tvoří zelená linie s aktuálním časem. Tento shodný princip splněného a výhledového grafikonu vlakové dopravy (GVD) mají i aplikace GTN a GRADO. Celosíťovou aplikací s různými typy úrovní přístupů, která se stala významnou doplňkovou aplikací k aplikaci ISOR, je aplikace grafická prezentace polohy (GRAPP). Tato aplikace je oporou hlavně pro traťové dispečery CDP na úsecích, které dotčený zaměstnanec nemůže zobrazovat prostřednictvím GTN nebo pro úseky, které nejsou zobrazeny na velkoplošném zobrazovacím zařízení (VEZO). Pracoviště CDP jsou primární cílovou skupinou, která by model krátkodobé predikce jízd vlaků využívala. Vzhledem k tomu, že v současné době je necelá polovina dvoukolejných tratí řízená z CDP Přerov a Praha, viz tabulka 1-1 a budoucí cílový stav po zapojení všech plánovaných tratí na CDP Přerov a Praha je zhruba 90 %, viz příloha E, je potřeba znát potřeby a prostředí pracovišť CDP. Součástí přílohy F jsou řídicí sály pracoviště CDP Přerov a jejich konfigurace. Navržený systém může tvořit kompenzační prvek ke zvýšeným nárokům práce na pozicích traťových dispečerů CDP, protože na dispečery není kladen ani se od nich neočekává detailní znalost jednotlivých traťových úseků v podobě stanovení přírážek k rozjezdu v závislosti na řadě HV a hmotnosti vlaku. Kromě toho dispečeri řeší souběžně i zbytek své řízené oblasti.

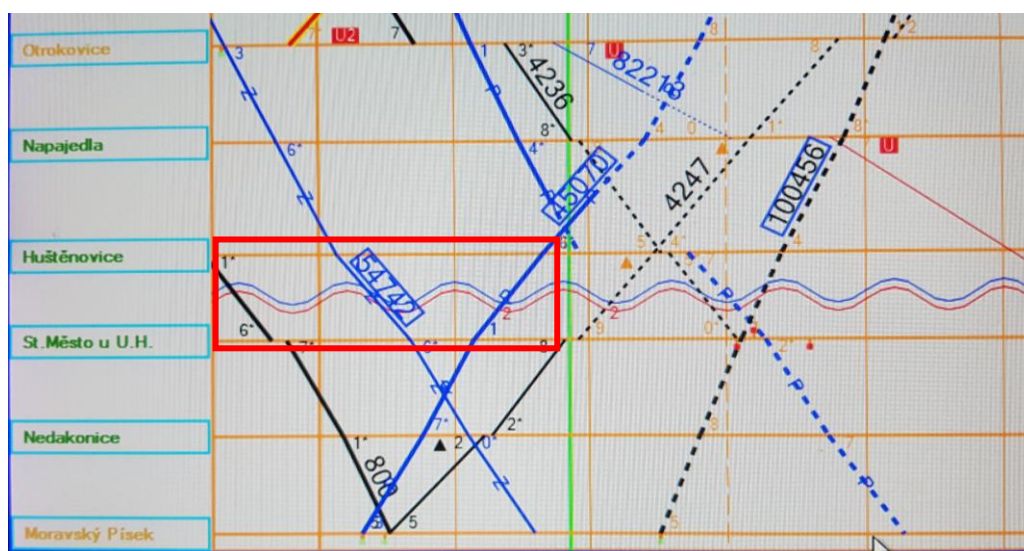
Tabulka 1-1 – Řízení dvoukolejných tratí

Dvoukolejně tratě řízené:	Délka úseků [km]	Délka v procentech
z CDP Přešov	444,6	22,2 %
z CDP Praha	446,2	22,3 %
mimo CDP	890	55,5 %

Poznámka: celková délka dvoukolejných tratí je uvažována 2 003 km

Zdroj: (6, 7, 8, autor)

Model krátkodobé predikce jízd vlaků v případě implementace do provozních aplikací by bylo nejvhodnější integrovat do GTN. Obrázek 1-5 znázorňuje monitor GTN. Aplikace GTN je tvořena dvěma základními částmi, a to splněným grafikonem v levé části mezi názvy dopraven a zelenou svislou čarou určující aktuální čas a pravou částí ukazující výhledovou dopravu.



Obrázek 1-5 – Monitor graficko-technologické nástavby

Zdroj: (autor)

V současné době aplikace GTN posunuje trasy vlaků na základě aktuálního zpoždění, a tím tvoří výhledovou dopravu, která je ovšem kolizní. Aplikace v současné době není schopna tvořit bezkolizní výhledovou dopravu, vyjma stavu, kdy všechny vlaky jedou na čas. Na tvorbu bezkolizní výhledové dopravy navazuje predikce předpokládaného zpoždění.

V současné době je hodnota předpokládaného zpoždění vlaku vkládána do provozních aplikací manuálně nebo automaticky. Ovšem automatické vkládání funguje pouze u vlaků osobní neveřejné dopravy a nákladních vlaků. Předpokládané zpoždění se upraví na hodnotu

plus pět minut nad systémový čas. U vlaků s veřejnou přepravou cestujících se hodnota předpokládaného zpoždění negeneruje, ale pouze se vloží rozdíl zpoždění nad pět minut pomocí výpočtu rozdílu systémového času a TJŘ. Povinnost vkládat manuální informaci o velikosti zpoždění stanovuje provozní řád provozní aplikace ISOR. Znění této povinnosti zní: „Povinnost zaslání manuální informace nastává v případech, kdy předpokládané zpoždění dosáhne 10 a více minut u vlaků veřejné osobní dopravy. Totéž platí pro předpokládané změny velikosti zpoždění o 10 a více minut. Výjimky mohou být uvedeny v Prováděcím nařízení ke Směrnici pro řízení provozu na tratích SŽDC D7. Zadání informace předpokládaného zpoždění na nákladní dopravu není zakázáno“. (9) Hodnota zpoždění je cestujícím uváděna způsobem uvedeným ve směrnici SŽ SM100. U vlaků vypsanych na informačních tabulích se uvádí informace o zpoždění 5 minut a více, jakmile je tato skutečnost známa. (10) Pokud se zaměříme na oblast informování strojvedoucích o délce prodloužení pobytu neboli vzniku zpoždění, zjistíme, že je strojvedoucí potřeba informovat následujícím způsobem, dle předpisu SŽ D1 takto. U vlaků s přepravou cestujících o více než 5 minut nebo z dopravních důvodů u ostatních vlaků o více než 60 minut, musí výpravčí oznámit strojvedoucímu vedoucího vozidla vlaku nejpozději v čase pravidelného odjezdu vlaku. (3) Zde však nastává rozpor, jak by tedy měl zaměstnanec organizující a řídicí drážní dopravu, informovat cestující a strojvedoucí. Předpis SŽ D1, který tuto povinnost stanovuje, reaguje na tento rozpor v dostatku validních dat o zpoždění takto. Výpravčí nesmějí spoléhat jen na ohlášená zpoždění, ale musí sledovat aktuální dopravní situaci a polohu vlaků v jim dostupných informačních systémech Správy železnic, popř. se musí sami včas dotazovat na jízdu vlaků. (3) Z tohoto bodu je zřejmé, že hlavním zdrojem relevantních dat pro zpoždění menší jak deset minut je telefonické dotazování zaměstnanců organizujících a řídicích drážní dopravu v dané místně řízené dopravně, případně sledování stavu ZZ. V případě dálkového řízení má obsluhující zaměstnanec více možností, jak zjistit relevantní data. Tato relevantní data může získat prostřednictvím VEZO nebo ústně. U dálkového řízení je přístup k relevantním datům jednodušší než u místního řízení.

Krátkodobá predikce jízd vlaků by se odehrávala na pravé části obrazovky v úseku s infrastrukturním omezením traťové koleje. Vyloučená traťová kolej se v aplikaci GTN projevuje červenou vlnovkou, viz červený rámeček v obrázku 1-5. Vzhledem k tomu, že kolejová výluka je ve značné části výlukových činností doprovázena výlukou trakčního vedení v daném úseku, jako i v našem případě, je nad červenou vlnovkou modrá vlnovka. Krátkodobá predikce jízd vlaků by se v případě předpokládaných a nepředpokládaných výluk aktivovala současně se zadáním výluky do aplikace GTN, správné zadání výluky se projeví již zmiňovanou

červenou nebo modrou vlnovkou. V ostatních případech infrastrukturního omezení by se do aplikace zadalo, mezi kterými dopravnami bude omezení probíhat a model by začal predikovat posloupnost provázení vlaků.

V případě implementace algoritmu krátkodobé predikce jízdy vlaků by predikce probíhala po celou dobu infrastrukturního omezení až do doby ukončení tohoto omezení (výluky), respektive změny stavu, případně jiného omezení. V dnešní době je výhledová doprava pomůckou, mimo případů, kdy všechny vlaky jedou včas. Tuto filozofii lze bez problémů zachovat jak u tratí bez automatického stavění vlakových cest (ASVC), tak u tratí s ASVC. Ovšem v případě změny filozofie z pomůcky na závaznou aplikaci pro řízení dopravy je potřeba, aby byly principy algoritmu krátkodobé predikce jízd vlaků schváleny. V případě této změny by provoz za výluk u tratí vybavených ASVC, kromě zahájení a ukončení výluky, pro výpravčí nebo traťové dispečery, nepředstavoval téměř žádnou pracovní zátěž navíc.

1.3.2 Podpůrné systémy závislé na zabezpečovacím zařízení

Dalším prvkem jsou provozní intervaly, které se vážou k dané dopravně. Tyto intervaly závisí na ZZ. Pro zaměstnance organizující drážní dopravu je ZZ základní oporou při řízení drážní dopravy. Zaměstnanci organizující drážní dopravu používají staniční a traťová zabezpečovací zařízení. Staniční zabezpečovací zařízení (SZZ) je ZZ používané k zabezpečení jízdnicích cest v dopravnách s kolejovým rozvětvením. (11) Traťové zabezpečovací zařízení (TZZ) je ZZ používané k zabezpečení jízdy železničního kolejového vozidla mezi dopravnami. (11) Umísťuje se na tratích mezi dopravnami a zajišťuje, aby nedošlo k čelnímu střetu nebo k nárazu do vlaku jedoucího stejným směrem. Zaměstnanec, který řídí a organizuje drážní dopravu v dopravně s kolejovým rozvětvením, musí mít minimální odbornou způsobilost D-08 (12).

Do provozních intervalů se projevují také vlivy, které jsou závislé na počasí a lidském činiteli. Počasí má vliv na adhezi a ta má dopad na rychlost rozjezdu železničního kolejového vozidla (ŽKV), potažmo vlaku. V neposlední řadě na celkovou dynamiku jízdy. Lidský činitel se projevuje jak na pozici strojvedoucích, tak u profese organizující a řídící drážní dopravu.

Je si také potřeba uvědomit, že pracovníci, kteří organizují a řídí drážní dopravu, při nedodržení ukazatelů výkonnosti, nejčastěji chybné organizace jízdy vlaků, projeví se dopady jejich chyb nejen na cestující, ale i na ně samotné neboli na zaměstnance, který takové rozhodnutí učinil. Ovšem je si dále potřeba uvědomit, že tento faktor má dvě roviny. První je obava pracovníků ze zavinění MU. Proto raději výpravčí a traťoví dispečeri vygenerují

zpoždění, ale eliminují vznik MU. Proto je u drážních zaměstnanců nutný předpoklad odpovědnosti. Druhá rovina, již zmíněná, je faktor související s postihy za nesprávná rozhodnutí, která sice nezpůsobí MU, ale kvalitativní odchylky v provozu (typicky zpoždění). Přirozeně, tvorbu zpoždění vlivem nepřipravenosti stanoveného úkolu ve stanoveném čase, není možné tolerovat. Včasnost je základním principem železničního provozu. Nicméně je potřeba se zamyslet, proč k tomu došlo. Proto by při vyhodnocování práce výpravčích a traťových dispečerů měly být uvažovány tři pohledy. *Prvním je, zdali zpoždění vzniklo skutečně vinou výpravčího (traťového dispečera) nebo vinou jiného prvku – např. zdali strojvedoucí s rozjíždějícím se vlakem dosáhl požadovaného zrychlení a tím včasného uvolnění úseku pro další vlak. Druhým je, zdali takto způsobené zpoždění mělo pro provoz na síti závažný dopad (např. zpoždění na příjezdu v další stanici s plánovaným zastavením, počet dalších vlaků, které byly takto vzniklým zpožděním negativně dotčeny z důvodů křížování na jednokolejných tratích nebo čekání na přípojný vlak apod.). Třetím ohledem jsou pak informace, které měl řídicí personál v danou chvíli k dispozici a jak bylo složité další případně potřebné informace zjistit (jestli provozní situace v dané chvíli vůbec umožňovala např. realizaci dalšího telefonního hovoru pro potřebné ověření nebo zdali byl personál objektivně zaměstnán jinými neméně potřebnými úkony, např. v souvislosti s dalšími jízdami cestami).* (2)

Jak již bylo zmíněno v předchozí kapitole 1.3.1, je potřeba rozlišovat, zda by krátkodobá predikce jízd vlaků byla pomůckou nebo závaznou aplikací. V případě pomůcky může zmiňované chybné rozhodnutí výpravčích a traťových dispečerů eliminovat. V případě závazné aplikace lze do určité míry popsána chybná rozhodnutí odstranit, ale hlavně dojde k výraznému psychickému odlehčení, díky přenesení odpovědnosti ze zaměstnanců řízení drážní dopravy na model predikce, a tím k odstranění postihů za nesprávná rozhodnutí, která sice nezpůsobí MU, ale kvalitativní odchylky v provozu (typicky zpoždění). Těchto přínosů se může dosahovat hlavně v době infrastrukturních omezení jakéhokoliv charakteru.

V současné době lze zmírnit individuální složku lidského faktoru tím, že výpravčí nebo traťový dispečer telefonicky sdělí, jaký bude vývoj dopravní situace a kdy má být strojvedoucí připraven k jízdě. Zpravidla do řádově deseti minut stání vlaku je tento přínos minimální, ovšem nad deset minut stání vlaku je toto telefonické sdělení velkým přínosem, protože po deseti minutách upadá pozornost strojvedoucího, hlavně u nákladních vlaků. Tento aspekt je způsoben náročností profese strojvedoucího.

V případě využívání modelu krátkodobé predikce jízd vlaku se náročnost profese strojvedoucí dá zmírnit pomocí informování strojvedoucího prostřednictvím provozní aplikace. Šlo by například o rozšíření aplikace GRAPP o speciální profil strojvedoucího, případně zasílání informace o plánovaném čase odjezdu z dopravní, kde vlak stojí nebo kde zastaví do provozních aplikací dopravce, např. do navigace pro strojvedoucí. Tím odpadne zátěž zaměstnanců řízení dopravy informovat strojvedoucí, kdy pojedou. Tato povinnost informovat strojvedoucí je napsána v předpise SŽ D1. Tento článek 261 pamatuje hlavně na vlaky s přepravou cestujících. Strojvedoucího vlaku s přepravou cestujících je potřeba informovat v případě navýšení zpoždění o více jak pět minut. Jenže strojvedoucí jiných vlaků, než s přepravou cestujících, se musí informovat jen v případě navýšení zpoždění o 60 minut. Ovšem pro efektivní řízení a zlepšení pracovních vztahů je snaha informovat všechny vlaky o jakékoliv velikosti zpoždění. Nicméně, prakticky je důležitější informovat strojvedoucí nákladních vlaků, u kterých je mnohdy nutná okamžitá reakce i po poměrně dlouhém pobytu. U vlaků osobní dopravy strojvedoucí, ale i cestující předpokládají, že pobyt nebude delší, než je nezbytně nutné. Hodnota zpoždění by měla poskytovat dvě úrovně informování. Hodnotu zpoždění a zároveň by měla poskytnout jakýsi pokyn k přípravě k odjezdu, aby vlak pak mohl do traťového úseku odjet bez prodlení.

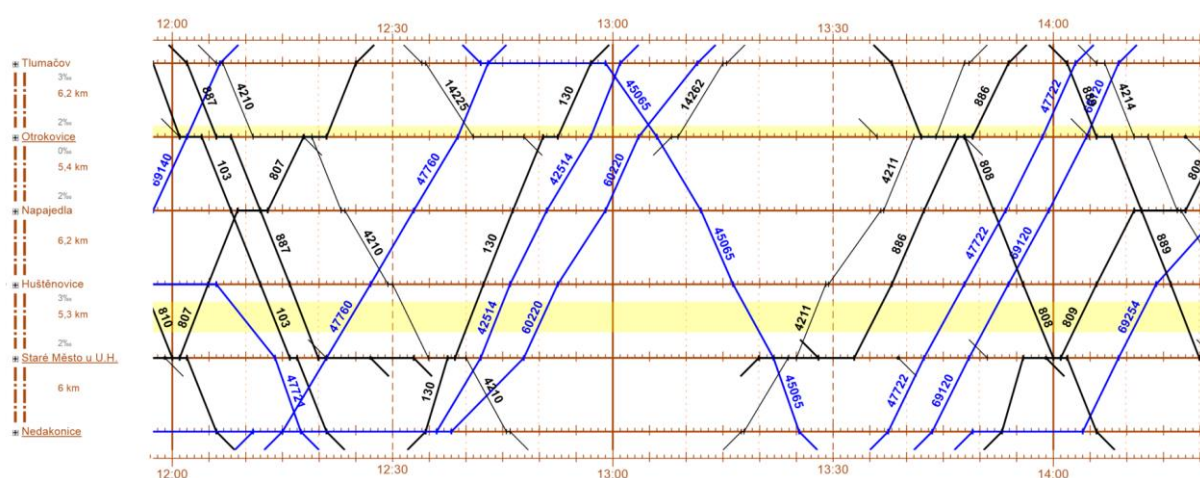
Možnost pochybení nebo jiných negativních vlivů lidského činitele se dále eliminuje u strojvedoucího využíváním vlakového zabezpečovacího zařízení. Vlakové zabezpečovací zařízení, které se využívá na hnacích vozidlech, tvoří velmi důležitou a nepostradatelnou část ZZ. (13) Z tohoto principu vyplývá čím sofistikovanější vlakové ZZ je, tím méně se projevuje lidský činitel a zvyšuje se bezpečnost jízdy.

1.3.3 Podpůrné systémy obsažené v předpise a pomůckách

Přednost jízdy vlaků vychází z předpisu SŽ D1, tyto přednosti jsou uvedeny v příloze C této práce. Je potřeba zmínit, že předpis SŽ D1 přejímá přednosti jízd vlaků z vyhlášky č. 173/1995 § 22 v aktuálním znění. V současné době článek 252 předpisu SŽ D1 o přednostech vlaků vychází ze 17. změny vyhlášky č. 173/1995 platné od 11. 12. 2022. Z těchto důvodů je potřeba, aby byla kategorizace vlaků zachována. Ovšem, lze uvažovat specifický stav například v nočních hodinách u nepřetržitých nebo nočních výluk, kdy bude nařízeno dle ROV, že všechny vlaky mají stejnou kategorii. Tím pádem by se podmínky kategorizace vlaků vypustily. Ovšem aby bylo takové ROV schváleno, musí se k tomu vyjádřit všichni dopravci s pravidelnými trasami vlaků na omezeném úseku tratě. Dopravci by s největší pravděpodobností k takovému omezení nepřistoupili. I když by v takovém případě mohlo dojít

k maximalizaci počtu provezených vlaků, ale docházelo by ke zpoždování například mezinárodních vlaků, což má za následek narušení ostatních vlaků na velkém území. A hlavně by mohlo dojít k prodloužení doby přepravy.

Další pomůckou je ROV, jenž řeší navýšení čekacích dob mezi vlaky osobní dopavy. Poslední používanou pomůckou, využívanou hlavně u rozsáhlých nebo dlouhodobých výluk, je VNJR, který do organizace řízení drážní dopavy vnáší seznam omezujících podmínek. V současné době mají zaměstnanci s odbornou zkouškou D-08 a vyšší k dispozici VNJR, který je pro všechny potřebné výluky na síti Správy železnic zpracováván v následující podobě, viz obrázek 1-6.



Obrázek 1-6 – Výlukový nákrešný jízdní řád

Zdroj: (4)

Dnešní VNJR má ovšem pro zaměstnance, organizující a řídicí drážní dopravu, jeden zásadní nedostatek, součástí každého jízdního řádu je tato věta. *Platí pouze při včasné jízdě vlaků!* V případě zpoždění některého vlaku, určí pořadí vlaků na jednokolejném úseku provozní dispečer. (4) Je tedy otázkou, zda tento způsob tvorby jízdního řádu je pro výlukový stav dostatečný? A zda odpovídá dnešnímu způsobu organizace a řízení drážní dopavy?

Po prověření reálného provozu a jednoduché úvaze nad pravděpodobností, zda jezdí všechny vstupující vlaky do výluky bez zpoždění, aby byla dodržena věta ve VNJR, *Platí pouze při včasné jízdě vlaků!* (4), zjistíme, že tento stav je nevyhovující. Dále je si potřeba uvědomit, že se podobné problémy neřeší v ostatních módech dopavy. Například u silniční dopavy při omezení dopavy a zavedení kyvadlové dopavy se neřeší, jakou mají vozidla kategorii. Jedinou výjimkou je průjezd jednotek integrovaného záchranného systému.

Popisovaný problém byl řešen komplexním systémem automatického stavění vlakových cest. Tento pilotní systém ASVC byl v letech 2015 a 2016 provozně ověřován na trati Liberec–Tanvald/Josefův Důl a částečně také Lysá nad Labem–Milovice. Šlo o funkce implementované do GTN a SZZ typu elektronické stavědlo (ESA), vyráběné společností AŽD Praha s.r.o. Bylo zde nasazeno řešení označované jako ASVC1. Aplikace GTN predikovala výhledovou dopravní situaci, identifikovala dopravní konflikty a vyřešila je na základě pravidel řízení provozu. Následně byly podle bezkolizního GVD v GTN automaticky stavěny vlakové cesty. Prostředí výhledové dopravy GTN, viz předchozí obrázek 1-5, čili ta část, která je napravo od zelené svislé čáry, která určuje aktuální čas, generovala dynamický přepočítání jízdních dob v závislosti na aktuálním hnacím vozidle a parametrech soupravy vlaku. (14)

Současně byly minimalizovány nebo eliminovány nadbytečné pobyty vlaků a další podoblasti zvyšující kvalitu podávaných informací v oblasti prognózy dopravní situace a řešení konfliktů. Celý tento systém pracoval v reálném čase. Tento systém ovšem narazil na dostupnosti vstupních dat (rozbor vlaku) ve správném čase, jakožto základním prvkem pro takovou predikci. Problémem byla absence přestupních vazeb, dále nebyl včas dostupný validní rozbor vlaku (všechna hnací vozidla, hmotnost vlaku) atd. Tento mix nedostatku dat vedl k nepřesnosti výpočtů výhledové dopravy a v důsledku k chybným rozhodnutím při automatickém stavění vlakových cest a ztrácel důvěru dopravních zaměstnanců. Proto byl ověřovací provoz po deseti měsících ukončen. (14)

Nástupce ASVC1 je ASVC2. ASVC2 primitivní a transparentní formou staví vlakové cesty u nekonfliktního GVD. Jenže to je zásadní rozdíl mezi ASVC1 a ASVC2, kdy ASVC2 neumí tvořit bezkolizní GVD. Filozofií ASVC2 je to, aby funkčnost ASVC2 bylo možné vysvětlit dopravním zaměstnancům, a oni ji tak lépe pochopili. V neposlední řadě je principem přidávání funkcí po malých funkčních balíčcích.

Systém krátkodobé predikce jízdy vlaků reaguje na tyto skutečnosti tím, že v případě nedostupnosti validních dat vychází z dat v TJŘ neboli normativu hmotnosti, který je shodný, ale může být vyšší i nižší, než je aktuální složení vlaku.

1.4 Požadavky na model

Model krátkodobé predikce nemá vyžadovat přesný důvod, proč k infrastrukturnímu omezení dochází, mělo by mu stačit jen to, mezi kterými dopravními k omezení dochází. Tento předpoklad vyplývá z kapitoly 1.2 neboli jak při výluce jedné ze dvou traťových kolejí, tak při poruše krajní výhybky dochází k stejnému infrastrukturnímu omezení, a to nutnosti jízdy vlaku

pouze po jedné ze dvou traťových kolejí. Pokud je ovšem předpoklad přerušování provozu i na druhé z traťových kolejí neboli může dojít k úplnému zastavení provozu. Priority provázení vlaků musí určit provozní dispečer, protože má komplexněji přehled o dopravní situaci a dále má nejaktuálnější informace od dispečerů dopravce.

Predikce provázení vlaků by měla fungovat minimálně pro prvních šest vlaků, které mají místem s infrastrukturním omezením projíždět. Jedná se tedy o prvních šest časů průjezdů nebo odjezdů vlaků do infrastrukturního omezení. Krátkodobá predikce jízdy vlaků v podobě výhledové dopravy musí respektovat VNJŘ a ROV. Dále musí splňovat požadavky na platné předpisy v podobě priority vlaků a musí dodržovat TJŘ s výjimkou prodloužení jízdních dob z důvodu neplánovaného zastavení. Prodloužení jízdních dob vlivem mimořádného zastavení nebo rozjezdu se bude generovat na základě parametrů vlaku zadaných v TJŘ nebo na základě aktuálních parametrů vlaku jako přírážky k rozjezdu. Výhledová doprava musí při své predikci reflektovat a do algoritmu zahrnout velikost aktuálního zpoždění vlaků, které mají místem s infrastrukturním omezením projíždět. Aktuální zpoždění vlaků by mělo zasahovat do predikce provázení jen do doby, než je danému vlaku třeba postavit vlakovou cestu, aby nedošlo k získání zpoždění z pozdního stavění vlakové cesty. V tomto definovaném čase dojde k zamknutí hodnoty zpoždění a hodnota zpoždění se stává konstantou. Hodnota zpoždění se získává mimo navrhovaný systém z provozních aplikací, do kterých jsou zadávány nebo automaticky získávány ze ZZ časy vjezdů, odjezdů nebo průjezdů vlaků.

Současně musí predikce provázení dodržovat modelové provozní intervaly, které reflektují standardní provozní intervaly a současně přinášejí potřebné zjednodušení modelu. Dále je potřeba zajistit, aby v případě výskytu pomalých jízd ve vyloučeném úseku bylo možné prodloužit jízdní doby u jednotlivých kategorií vlaků na základě spočítané dynamiky jízdy vlaku nebo manuálně na základě kvalifikovaného odhadu. Tyto základní požadavky na model, zjištěné v analytické části práce, je potřeba reflektovat v návrhové části práce.

2 Návrh simulačního modelu organizace dopravy při výlukách

Následující kapitola této práce je zaměřena na model krátkodobé predikce jízdy vlaků. Pro poznání systému byla pro pilotní fázi zvolena Checklandova metodika. Jejím principem je postupovat při návrzích systému od obecnějšího principu ke konkrétnějšímu tak, aby od základního vymezení navrhovaného systému, tedy vyslovení jeho základní definice, se mohlo dojít k podsystemům podpůrným. (15) Tato metodika je součástí přílohy G.

V první fázi Checklandovy metodiky bylo obecně popsáno a zadefinováno, co by model krátkodobé predikce jízdy vlaků měl umět a co jsou základní vstupy do modelu neboli využití současných systémů, viz kapitola 1.3. Druhá fáze, zvaná modelová, definuje, jak je potřeba převést data ze současných systémů do modelu. Dále tato fáze představuje, jak výsledná predikce bude fungovat v prostředí Microsoft Excel a jak by teoreticky mohla fungovat v některé provozní aplikaci manažera infrastruktury, byla-li by tam integrována, a kam by dále tato data o predikci zasílala. Poslední fází je část implementační, ovšem tato část je jen teoreticky nastíněna, protože autor nemůže její implementaci z objektivních důvodů zaručit.

Model krátkodobé predikce jízdy vlaků bude představen na zvoleném úseku trati, a to konkrétně Staré Město u Uherského Hradiště – Otrokovice. Infrastrukturní omezení bude v úseku Huštěnovice – Napajedla. V tomto konkrétním úseku bude předpokládána jízda pouze po jedné ze dvou traťových kolejí a v přilehlých úsecích Staré Město u Uherského Hradiště – Huštěnovice a Napajedla – Otrokovice bude předpokládáno jednosměrné poježdění těchto traťových kolejí. Dále je potřeba zmínit, že v celém popisovaném úseku je instalováno TZZ typu automatický blok.

Navrhovaný model převádí požadavky z VNJR a z ROV na hodnotu korekce přednosti. Tento postup bude popsán v kapitole 2.1.6. Tímto krokem je zajištěno, že model může pracovat jak s požadavky z VNJR a ROV, tak pouze s požadavky z jednoho dokumentu. Nebo nemusí pracovat ani s jedním dokumentem, pokud není stanoven. To je zajištěno tím, že hodnoty korekce přednosti lze také stanovit obecnými hodnotami vycházejícími z předpisu SŽ D1 a na základě dokumentu připoje mezi vlaky osobní dopravy.

Posledním bodem je přenastavení modelu dle toho, zda je jízda na traťové koleji realizována v mezistaničním úseku nebo prostorových oddílech. Model je tvořen jak pro jízdu v prostorových oddílech, tak mezistaničních úsecích. Pro správné fungování této funkce modelu je potřeba mít odpovídající provozní intervaly. Tyto provozní intervaly lze sestavit v provozní aplikaci Kango. Provozní intervaly by se daly získat také z programu Viriato

v případě vytvoření dané infrastruktury v tomto programu. V základním stavu je modelována jízda v prostorových oddílech. Jízda v mezistaničním úseku může nastat například z důvodu výluky ETCS v traťové koleji nebo poruchy ETCS v traťové koleji na tratích s výhradním provozem, jak bylo popsáno v kapitole 1.1. K zajištění operativní změny způsobu modelování z jízdy vlaků v prostorových oddílech na jízdu v mezistaničním úseku a obráceně je potřeba, aby model obsahoval provozní intervaly pro oba typy simulací.

Důležitou charakteristikou popisovaného pilotního modelu je to, že pro simulované infrastrukturní omezení, konkrétně kolejovou výlukou traťové koleje mezi stanicemi Napajedla – Huštěnovice, není vydán VNJR a ROV nestanovuje navýšení čekacích dob. Pro popsany úsek tratě, typ TZZ a předpoklad bezporuchového stavu ZZ jsou stanoveny hodnoty vstupující do modelu krátkodobé predikce jízdy vlaků.

2.1 Korekce vstupních parametrů navrhovaného modelu

Charakteristika vstupních parametrů modelu byla popsána v kapitole 1.2. Nyní bude popsáno, co konkrétního je potřeba z daných vstupních parametrů získat pro model krátkodobé predikce jízdy vlaků. Aby bylo zamezeno problémům vznikajícím z nedostatku potřebných informací, viz příklad v kapitole 1.3.3, které vedou k nepřesnosti výpočtu, byly některé parametry vyhodnoceny jako rizikové. Následující seznam rozděluje data na relevantní, které budou využívány přímo a data ostatní, která jsou riziková, případně potřebují zjednodušení:

- 1) pravidelný jízdní řád – relevantní data,
- 2) aktuální zpoždění – relevantní data,
- 3) aktuální parametry vlaku – riziková data nebudou do modelu přímo zasahovat, jsou nahrazena přírážkami, a to jen v případech mimořádných rozjezdů,
- 4) provozní intervaly – pro vybranou dopravu a zhlaví v některých případech i v závislosti na traťové koleji budou sestaveny požadované modelové provozní intervaly jako konstanta, čímž se docílí požadovaného zjednodušení,
- 5) přednosti jízd vlaků z předpisu SŽ D1 (viz příloha C) – relevantní data,
- 6) výlukový nákrešný jízdní řád a rozkaz o výluce – relevantní data.

Aktuální parametr vlaku, konkrétně hmotnost, byl označen jako rizikový, protože nepřesná data často vedou k nereálné nebo nevhodné posloupnosti provádění vlaků v daném úseku, a mohou tak vytvořit nedůvěru u zaměstnanců v tento model. Proto tyto parametry nebudou do modelu zasahovat přímo, ale pomocí přírážek k rozjezdu, díky kterým je docíleno pesimistické neboli opatrné dopravní úvahy nad prováděním vlaků, viz následující kapitola 2.1.3.

Díky tomuto informačnímu mixu je eliminována hrozba nerelevantních údajů o složení vlaku, protože jízdní doba je brána z TJŘ, která je dopředu známa. Ovšem tento aspekt přináší vyšší nároky na přidělece kapacity jak pravidelných tras vlaků, jenž jsou sestavovány pro roční jízdní řád, tak hlavně u přidělců ad hoc kapacity, kde se tento problém projevuje poměrně hojně. Tento jev nesprávně zkonstruované trasy má za následek prodlužování oproti pravidelným jízdním dobám, což má negativní dopady na predikci výhledové dopravy nejen při plánování jízdy vlaku provozními zaměstnanci, ale hlavně při predikci navrhovaného systému. Dojde-li naopak ke krácení jízdních dob, je tento jev přípustný, protože se jedná o časové rezervy, které vedou ke stabilitě skutečného provozu. Velikost modelových provozních intervalů bude zjištěna pomocí provozní aplikace Kango.

2.1.1 Pravidelný jízdní řád

Všechny vlaky musí mít sestavený jízdní řád, z kterého vychází TJŘ. *TJŘ je souhrnný název pro JŘ konkrétního vlaku, zpracovaný Správou železnic, určený zejména pro vedení vlaku strojvedoucím, a je zpravidla zobrazován ve formě tabulky.* (3) Díky tomuto tabulkovému uspořádání je také vhodný pro model krátkodobé predikce jízd vlaků. Z TJŘ se získávají časové údaje o časech příjezdů, průjezdů a odjezdů vlaků z dopraven. Dále se získávají jízdní doby vlaků mezi dopravami.

2.1.2 Aktuální zpoždění

Na základě dat získaných z TJŘ a aktuálních časů příjezdů, průjezdů a odjezdů dopravou lze přesně stanovit velikost zpoždění vlaků. Model může zpřesňovat predikci jízdy vlaků dvě minuty před aktuálním příjezdem, průjezdem a odjezdem dopravou, ve které probíhá predikce. Aktuálním příjezdem, průjezdem nebo odjezdem vlaku je myšlen čas, který vznikne přičtením zpoždění k času příjezdu, průjezdu a odjezdu, který je uveden v TJŘ. V čase kratším než dvě minuty, včetně hodnoty dvou minut, před aktuálním časem dojde k zamknutí velikosti zpoždění neboli hodnota zpoždění se stane konstantou. Hodnota dvou minut byla stanovena na základě časového vyjádření úplného závěru jízdní cesty pro vlak vjíždějící a přidáním časové přírážky pro dobu oprávnění k jízdě v případě jízdy pod dohledem ETCS. Výpočet zamknutí velikosti zpoždění je uveden v příloze H.

2.1.3 Aktuální parametry vlaku

Aktuálními parametry vlaku jsou myšleny délka, hmotnost, řada hnacího vozidla pro daný vlak. Aktuální parametry se využívají pro stanovení přírážek k pravidelným jízdním dobám v případě mimořádných rozjezdů, jak bylo uvedeno v kapitole 2.1. V případě mimořádného

zastavení se porovnávají hodnoty normativu hmotnosti v TJŘ a aktuální hmotnosti vlaku. V případě, že je normativ hmotnosti v TJŘ větší nebo roven aktuální hmotnosti vlaku, využijí se pro tvorbu přírážek hodnoty hmotnosti vlaku z TJŘ. V případě, že je aktuální hmotnost vlaku menší než v TJŘ a může vznikat krácení jízdních dob, je tento jev přípustný, protože se jedná o časové rezervy, které vedou ke stabilitě skutečného provozu. Naopak pokud je aktuální hmotnost vyšší, je potřeba tuto hmotnost využít pro přesné stanovení přírážek pro rozjezd vlaku. Dále tento způsob výpočtu přírážek reaguje na dostupnost aktuálních parametrů vlaku (rozbor vlaku) v požadovaném čase, jakožto základní zdroj informací o vlaku, v našem případě hmotnost vlaku. Jak vyplynulo z analýzy v kapitole 1.3.3, tento aspekt se v první generaci ASVC ukázal jako problémový. Navrhovaný model krátkodobé predikce jízdy vlaků na tento stav reaguje tak, že v případě nedostupnosti dat využívá pouze dat z TJŘ, která jsou pro predikci dostačující. Dále se z aktuálních parametrů o vlaku zjišťuje souhlas k jízdě vlaku. Pokud vlak nemá souhlas k jízdě, krátkodobá predikce jízdy vlaků takovýto nákladní vlak do predikce nezahrnuje, ovšem vlaky s přepravou cestujících ano. A to z důvodu, že u vlaků s přepravou cestujících jsou nesouhlasy k jízdě vlaku zpravidla způsobené potřebou úkonů, které jsou uskutečnitelné pouze v čase plánovaného pobytu, například přepřah hnacího vozidla, výstup / nástup osoby s omezenou schopností pohybu a orientace, střídání strojvedoucích, další příklady.

Hodnotu přírážky k rozjezdu lze pro každý konkrétní vlak tvořit individuálně. Model je koncipován tak, že na základě aktuálních dat o vlaku, konkrétním úseku tratě a směru jízdy vlaku, by vhodná nastavba modelu, která není součástí této práce, mohla dynamicky dopočítávat přírážky k rozjezdu. Ovšem takový výpočet by byl přesný, ale tím pádem by netvořil rezervu na proměnné stavy vstupující do modelu. Proměnnými stavy jsou počasí a individualita rychlosti rozjezdu jednotlivých strojvedoucích. Pro dosažení kompromisu je vhodnější využívat výpočtu, který stanoví přírážky k rozjezdu na základě hmotnosti vlaku a zaokrouhlí na celé půlminuty nahoru. Výpočet je založen na porovnávání jízdních dob při průjezdu vlaku v přední i zadní dopravně po hlavní koleji s jízdní dobou vlaku při rozjezdu ze zadní dopravně z předjízdě koleje a průjezdu přední dopravnou po hlavní koleji. Obě varianty jízdních dob byly zjišťovány pomocí aplikace Kango. Tyto přírážky je potřeba stanovit, buď pro každý mezistaniční úsek zvlášť, aby bylo dosaženo přesných přírážek. Ovšem v případě malých stoupání do cca 5 ‰ stačí přírážky stanovit na mezistaničním úseku s největším stoupáním. Nejvyšší přesnosti by bylo dosaženo, pokud by se pro dané HV hmotnost vlaku konkrétní dopravnou a směr jízdy vypočítala přesná hodnota přírážky k rozjezdu.

Přirážky pro popisovaný model byly sestaveny na úseku Huštěnovice – Napajedla, a to z důvodu, že ve směru z Napajedel do Huštěnovic je největší stoupání na zvoleném úseku (Staré Město u UH – Otrokovice), tedy 3,35 %. Tím, že je toto stoupání menší než 5 %, tak není potřeba dělat další výpočet. Ovšem pro demonstrování malých rozdílů hodnot časových přirážek k rozjezdu v malém stoupání (do 5 %) byly sestaveny hodnoty i pro druhý směr z Huštěnovic do Napajedel, kde je klesání 1,51 %. Hodnoty přirážek k rozjezdu jsou uvedeny v tabulce 2-1.

Tabulka 2-1 – Přirážky k rozjezdu

směr z:		Napajedel do Huštěnovic			Huštěnovic do Napajedel		
hmotnost [t]	délka vlaku [m]	Přirážka k rozjezdu pro nákladní vlaky s lokomotivou: [min]					
		383	363	383	363	383	363
200	300	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
400		0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
600		1	1	1	1	1	1
800	550	1	1,5	1	1,5	1	1,5
1000		1,5	2	1	1,5	1	1,5
1200		1,5	2	1,5	2	1,5	2
1400		2	2,5	1,5	2	2	2
1600		2	2,5	2	2,5	2	2,5
1800		2,5	3	2	3	2	3
2000		2,5	3,5	2,5	3,5	2,5	3,5
2200		2,5	4	2,5	4	2,5	4
2400		3	4,5	3	4,5	3	4
2600	3	4,5	3	4,5	3	4,5	
Jízdní doba při průjezdu vlaku v obou dopravních shodně pro oba směry je 4,5 min							
směr z:		Napajedel do Huštěnovic			Huštěnovic do Napajedel		
hmotnost [t]	délka vlaku [m]	Přirážka k rozjezdu pro vlaky s přepravou cestujících: [min]					
		1216 A	383	661	1216 A	383	661
364	185	1	x	x	x	x	x
371	186	x	x	x	1	x	x
322	159	x	1	x	x	1	x
449	225	x	1	x	x	1	x
270	133	x	x	0,5	x	x	0,5
Jízdní doba při průjezdu vlaku v obou dopravních shodně pro oba směry je 2,5 min							

Zdroj: (16, autor)

V tabulce 2-1 lze také pozorovat rozdíly v časových přirážkách pro těžší nákladní vlaky v závislosti na směru jízdy. Tyto rozdíly jsou zapříčiněny již zmiňovaným stoupáním ve směru z Napajedel do Huštěnovic a klesáním v opačném směru. Rozdíly v přirážkách k rozjezdu lze také pozorovat v závislosti na řadě HV, a to z důvodu rozdílného výkonu daných HV.

2.1.4 Modelové provozní intervaly

V modelu krátkodobé predikce jízdy vlaků se vyskytují modelové provozní intervaly křížování, postupných vjezdů a následné jízdy. Podstatné rozdíly a zjednodušení modelových provozních intervalů oproti klasickým provozním intervalům, vycházejícím ze směrnice SŽDC č. 104, je detailně rozebráno. Tabulka 2-2 znázorňuje rozdělení staničních provozních intervalů dle směrnice SŽDC č. 104 a zároveň barevně znázorňuje potřebná zjednodušení. Jednotlivé barevné podbarvení intervalů vyjadřuje, pod jaký modelový provozní interval jsou klasické intervaly zahrnuty.

Jednotlivé provozní intervaly uvedené v tabulce 2-2 mají další podvarianty v závislosti na různých konfiguracích dopraven, SZZ a TZZ, viz směrnice SŽDC č. 104. Pro model krátkodobé predikce jízdy vlaků jsou důležité pouze varianty s jednou traťovou kolejí. Po selekci příkladů se dvěma traťovými kolejemi je potřeba také vyselektovat případy provozních intervalů, které řeší stavy SZZ, které neumožňuje současné jízdní cesty. Dále pro model nejsou důležité provozní intervaly, které řeší vjezdy vlaků na obsazenou kolej a specifické intervaly v odbočkách. Poslední informací k úvaze, na základě které je sestavena tabulka 2-2, je to, pokud daným omezujícím podmínkám vyhovují dva příklady provozního intervalu, tak vždy uvažujeme jízdu vlaků stejným směrem.

Tabulka 2-2 – Modelové provozní intervaly

Označení staničních provozních intervalů		Druhý vlak		
		Vjíždí	Odjíždí	Projíždí
První vlak	Vjíždí	I_{vv} 	I_{vo} 	I_{vp}
	Odjíždí	I_{ov} 	I_{oo} 	I_{op}
	Projíždí	I_{pv} 	I_{po} 	I_{pp}
		Modelový PIK	Modelový PINJ	Modelový PIPV

Zdroj: (16, autor)

Dále si je potřeba uvědomit, že u modelového PIPV je ve všech variantách jízd vlaků (projíždějící, pravidelně zastavující, ale i mimořádně zastavující) počítáno se stejnou hodnotou

provozního intervalu. Toto zjednodušení umožňuje efektivní funkci modelu, ale zároveň klade důraz na jeho přesnost. Přesnost spočívá v určení adekvátní časové hodnoty provozního intervalu pro danou dopravu. Časová hodnota modelového PIPV se vypočte jako časově nejdelší modelový PIPV. Žlutě podbarvená políčka z tabulky 2-2 znázorňují modelové PIPV. Nejdůležitějším příkladem tohoto intervalu je průjezd nebo vjezd prvního vlaku a průjezd druhého vlaku. Tento interval je hlavně závislý na rychlosti jízdy vlaku na staniční kolej, zpravidla se jedná o rychlost jízdy vlaku do odbočky a poměru délky staničních kolejí a délky vlaku. Rychlost jízdy a poměr délek se projevuje na tom, jak rychle je vlak schopen uvolnit zadní námezník, a tím umožnit obsloužit SZZ pro druhý vlak. Z popsaných informací plyne, že součástí intervalu je také časová přírážka, která obsahuje čas potřebný k mimořádnému zastavení. Jedná se řádově o půlminuty. Na základě popsaných vlastností modelového PIPV byla sestavena tabulka 2-3. Tato tabulka byla sestavena pomocí provozní aplikace Kango jako vstupní data pro pilotní ověření systému na konkrétní úsek tratě Staré Město u Uherského Hradiště – Otrokovice.

Tabulka 2-3 – Modelový provozní interval postupných vjezdů

Provozní intervaly na vybraném úseku v [min]		Druhý vlak						
		Průjezd						
Kategorie vlaku		Nex						
První vlak	Nex	Průjezd	2,5	3	2,5	2,5	3	3*
		Vjezd	2	2,5	2,5	3	3	3
	Kategorie vlaku		R					
	Ex	Průjezd	2	3	x	3	3	x
		Vjezd	2	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
	Konkrétní úsek trati		H–N	N–O	O–T	N–H	H–S	S–Ne
Maximální hodnota		2,5	3	2,5	3	3	3	

Poznámka: zaokrouhloeno na celé půlminuty nahoru (* v případě rozdělení stanice na obvod osobního nádraží a přednádraží)

H–N = první vlak projíždí / vjíždí do Huštěnovic, vlaky pokračují směr Napajedla

N–O = první vlak projíždí / vjíždí do Napajedel, vlaky pokračují směr Otrokovice

O–T = první vlak projíždí / vjíždí do Otrokovic, vlaky pokračují směr Tlumačov

N–H = první vlak projíždí / vjíždí do Napajedel, vlaky pokračují směr Huštěnovice

H–S = první vlak projíždí / vjíždí do Huštěnovic, vlaky pokračují směr Staré Město u UH

S–Ne = první vlak projíždí / vjíždí do Starého Města u UH, vlaky pokračují směr Nedakonice

Zdroj: (16, autor)

V tabulce 2-3 byly použity následující parametry nákladních vlaků. První vlak kategorie Nex (2 600 t, 650 m, 100 km·h⁻¹) a druhý vlak Nex (1 850 t, 550 m, 100 km·h⁻¹). U vlaků s přepravou cestujících byly zvoleny následující parametry kategorie Ex

(400 t, 150 m, 160 km·h⁻¹) a kategorie R (450 t, 220 m, 160 km·h⁻¹). Tyto zvolené parametry vlaků v tabulce 2-3 odpovídají reálným vlakům jezdících na zvoleném úseku trati. Hodnoty, které budou použity do modelu krátkodobé predikce jízdy vlaku, jsou uvedeny v posledním řádku jako maximální hodnota daného sloupce neboli mezistaničního úseku.

Druhým modelovým provozním intervalem je modelový PINJ. Stejnou definici, jakou má klasický PINJ, má i modelový PINJ, jedná se tedy o nejkratší dobu *mezi okamžikem příjezdu nebo průjezdu prvního vlaku v přední dopravně (stanovišti), v níž první vlak prostorový oddíl opouští, a okamžikem odjezdu nebo průjezdu druhého vlaku stejného směru v zadní dopravně (stanovišti), v níž druhý vlak do prostorového oddílu vstupuje.* (16) Jak již bylo zmíněno v kapitole 1.1 a kapitole 2, modelový PINJ bude potřeba v případě poruchového a výlukového stavu při výhradním provozu ETCS upravovat. Neboli modelový PINJ bude jiný při bezporuchovém, bezvýlukovém stavu oproti stavu s poruchou nebo výlukou. V případě výluky nebo poruchy ETCS na trati s výhradním provozem se bude dynamicky měnit následné mezidobí na základě jízdní doby předchozího vlaku a statické složky modelového PINJ. V tomto případě se jezdí v mezistaničních úsecích. Jízdu v mezistaničních úsecích lze za předpokladu určitého zjednodušení popsat pomocí jízdy v mezistaničních oddílech. Zjednodušení spočívá v tom, že mezistaniční oddíl nebude z obou stran ohraničený pouze stanicemi, ale může být ohraničen všemi typy dopraven s kolejovým rozvětvením. Za takové situace bude modelový PINJ odpovídat provoznímu intervalu následné jízdy v mezistaničním oddílu. Pokud se tedy jedná o jízdu v mezistaničním oddílu, *následné mezidobí pro trať je určeno jako součet doby jízdy prvního vlaku ze zadní do přední dopravně a provozního intervalu následné jízdy pro tento oddíl.* (16)

Na základě popsaných vlastností pro modelový PINJ, vztahujících se ke stavu výhradního provozu ETCS pro případ bezvýlukového stavu ETCS v traťové koleji nebo bezporuchového stavu ETCS v traťové koleji a dále všech stavů v případě smíšeného provozu, lze sestavit nejčastější zástupce tohoto intervalu. Nejdůležitější zástupci modelového PINJ, kteří budou tvořit vstupní data do pilotního ověření systému na konkrétním úseku tratě Staré Město u Uherského Hradiště – Otrokovice, jsou uvedeni v tabulce 2-4. Tato tabulka splňuje výše popsané vlastnosti modelového PINJ. Byla sestavena pomocí provozní aplikace Kango. V tabulce 2-4 byly použity shodné parametry vlaků jako v tabulce 2-3. Hodnoty, které budou použity do modelu krátkodobé predikce jízdy vlaku, jsou uvedeny v posledním řádku jako maximální hodnota daného sloupce neboli mezistaničního úseku.

Tabulka 2-4 – Modelový provozní interval následné jízdy

Provozní intervaly na vybraném úseku [min]			Druhý vlak						
			Odjezd						
Kategorie vlaku			Nex						
První vlak	Nex	Průjezd	2	2	2	2	2	2	
		Odjezd	1,5	1,5	1,5	2	1,5	1,5	
	Kategorie vlaku			R					
	Ex	Průjezd	x	1,5	1,5	x	1,5	1,5	
		Odjezd	2	1	1,5	2	1	1,5	
	Konkrétní úsek trati			S–H	H–N	N–O	O–N	N–H	H–S
Maximální hodnota			2	2	2	2	2	2	

Poznámka: zaokrouhlo na celé půlminuty nahoru

S–H = první i druhý vlak projíždí / odjíždí ze Starého Města u UH do Huštěnovic

H–N = první i druhý vlak projíždí / odjíždí z Huštěnovic do Napajedel

N–O = první i druhý vlak projíždí / odjíždí z Napajedel do Otrokovic

O–N = první i druhý vlak projíždí / odjíždí z Otrokovic do Napajedel

N–H = první i druhý vlak projíždí / odjíždí z Napajedel do Huštěnovic

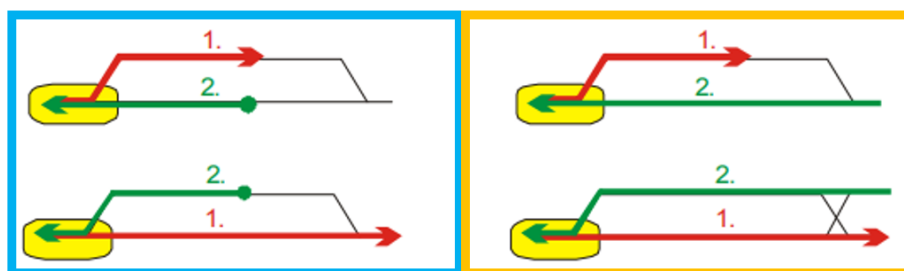
H–S = první i druhý vlak projíždí / odjíždí z Huštěnovic do Starého Města u UH

Zdroj: (16, autor)

S modelovým PINJ a PIK přímo souvisí jedna z funkcí modelu, a to přírážka k rozjezdu. Jedná se o funkci, která u vlaků, jenž se rozjíždí z dopravní, ve které neměly podle TJŘ zastavovat, připočte přírážku k jízdě, čímž vznikne aktuální jízdě doba. Postup využívání hodnot z TJŘ a aktuálního složení vlaku byl popsán v kapitole 2.1.3. Jak bylo zmíněno, součástí modelového PINJ nejsou přírážky k rozjezdu, naopak součástí modelového PIPV jsou přírážky na mimořádné zastavení, z toho důvodu musí být modelový PIPV \geq modelový PINJ. Přírážka modelového PIPV je nastavena tak, jako by všechny vlaky mohly fiktivně mimořádně zastavit, i když tomu tak nebude. Dále tato podmínka zajišťuje to, že v případě staničního provozního intervalu průjezd prvního vlaku a průjezd druhého vlaku stejným směrem, viz tabulka 2-2, nebude docházet k mimořádnému zastavení druhého vlaku a následnému rozjezdu, čímž bude výrazně eliminována potřeba zpomalovat rychlost druhého projíždějícího vlaku. Neboli provozní interval průjezdu prvního vlaku a průjezdu druhého vlaku dopravnou je zpravidla podobný jako provozní interval vjezdu prvního vlaku a průjezdu druhého vlaku, viz porovnání tabulky 2-3 ukazující modelové PIPV, rozdíly jsou v řádu půlminut.

Posledním provozním intervalem je modelový PIK. Tento provozní interval je nastaven tak, že reaguje na nejrestriktivnější neboli nejdelší možný interval křižování, viz tabulka 2-2, tedy vjezd prvního vlaku a odjezd druhého vlaku. Křižování na dvoukolejně trati je myšlen stav, kdy

je z důvodu infrastrukturního omezení vyloučena jedna ze dvou traťových kolejí a jezdí se pouze po jedné traťové koleji. Jedná se tedy o nejkratší dobu *mezi okamžikem příjezdu prvního vlaku a okamžikem odjezdu druhého vlaku*. (16) Klasický PIK může mít čtyři pod varianty, viz obrázek 2-1. Ovšem tyto varianty byly pro model krátkodobé predikce jízdy vlaků zjednodušeny do jednoho intervalu. Tohoto zjednodušení se dosáhlo díky využívání přírážek k rozjezdu.



Obrázek 2-1 – Provozní interval křižování

Zdroj: (16)

Přirážky k rozjezdu fungují ve dvou rovinách jak pro stavy rozjezdu druhého stojícího vlaku, viz obrázek 2-1 modře orámovaná část obrázku. Tak pro stavy, kdy první vlak zastavuje nebo projíždí a druhý vlak projíždí, viz obrázek 2-1 oranžově orámovaná část obrázku. V tomto případě, pokud nastane křižování a model vykreslí zastavení třeba jen 0,1 min a následné pokračování v jízdě po splnění podmínky délky modelového PIK, dochází opět k tvorbě restriktivnější situace, než je reálný stav. Pokud tedy dojde v modelu krátkodobé predikce jízdy vlaků, byť jen k 0,1 min zastavení model automaticky připočte přírážku na rozjezd k jízdě vlaku, který zde neměl pravidelně zastavovat. Toto zobecnění zahrnuje i situace, kdy vlak reálně nezastaví, ale vyčkává uplynutí doby provozního intervalu křižování, například velmi pomalou jízdou k návěstidlu zakazujícímu jízdu. Reálně přírážka k rozjezdu nebude tak vysoká, jak ji tvoří navrhovaný model.

Opět zde platí pravidlo, že dojde-li naopak ke krácení jízdních dob, je tento jev přípustný, protože se jedná o časové rezervy, které vedou ke stabilitě skutečného provozu. Tabulka 2-5 znázorňuje různé případy modelového PIK mezi stanicemi, kde se uskutečňuje jízda pouze po jedné traťové koleji. Využití zjištěných modelových provozních intervalů bude uvedeno v kapitole 2.2. V této kapitole bude využito maximální hodnoty modelového PIK, tato hodnota je uvedena v posledním řádku tabulky 2-5. Hodnoty v tabulce 2-5 jsou zaokrouhlené na celé půlminuty nahoru, dále zkratky značí TK – traťová kolej a SK – staniční kolej.

Tabulka 2-5 – Modelové provozní intervaly křížování v Huštěnovicích a Napajedlech

Křížování v Huštěnovicích (jezdí se jednokolejně mezi Huštěnovicemi a Napajedly)		
Provozní intervaly jsou sestaveny pro vlaky nákladní vlaky s parametry prvního vlaku (2 600 t, 650 m, 100 km·h ⁻¹) a parametry druhého vlaku (650 t, 570 m, 100 km·h ⁻¹)		
Typ PIK	Modelový PIK [min]	Poznámka
Interval vjezdu a průjezd	1	Vjezd prvního vlaku z 1 TK na 4 SK průjezd druhého vlaku z 1 TK po 1 SK na 1 TK
Interval vjezdu a odjezd	1,5	Vjezd prvního vlaku z 1 TK na 4 SK a odjezd druhého vlaku z 1 SK na 1 TK
Interval vjezdu a odjezd	1,5	Vjezd prvního vlaku z 1 TK na 4 SK a odjezd druhého vlaku z 3 SK na 1 TK
Provozní intervaly jsou sestaveny pro vlaky nákladní vlaky s parametry prvního vlaku (2 600 t, 650 m, 100 km·h ⁻¹) a parametry druhého vlaku (2 500 t, 600 m, 100 km·h ⁻¹)		
Typ PIK	Modelový PIK [min]	Poznámka
Interval vjezdu a průjezd	1,5	Vjezd prvního vlaku z 1 TK na 4 SK průjezd druhého vlaku z 1 TK po 1 SK na 1 TK
Interval vjezdu a odjezd	1,5	Vjezd prvního vlaku z 1 TK na 4 SK a odjezd druhého vlaku z 1 SK na 1 TK
Interval vjezdu a odjezd	1,5	Vjezd prvního vlaku z 1 TK na 4 SK a odjezd druhého vlaku z 3 SK na 1 TK
Provozní intervaly jsou sestaveny pro rychlíky složené z pětivozové elektrické jednotky 660		
Typ PIK	Modelový PIK [min]	Poznámka
Interval vjezdu a průjezd	1	Vjezd prvního vlaku z 1 TK na 4 SK průjezd druhého vlaku z 1 TK po 1 SK na 1 TK
Křížování v Napajedlech (jezdí se jednokolejně mezi Huštěnovicemi a Napajedly)		
Provozní intervaly jsou sestaveny pro vlaky nákladní vlaky s parametry prvního vlaku (2 600 t, 650 m, 100 km·h ⁻¹) a parametry druhého vlaku (2 500 t, 600 m, 100 km·h ⁻¹)		
Typ PIK	Modelový PIK [min]	Poznámka
Interval vjezdu a odjezdu	1	Vjezd prvního vlaku z 1 TK na 4 SK a odjezd druhého vlaku z 3 SK na 1 TK
Interval průjezdu a odjezdu	1,5	Průjezd prvního vlaku z 1 TK po 1 SK na 1 TK, odjezd druhého vlaku z 4 SK na 1 TK
Provozní intervaly jsou sestaveny pro rychlíky složené z pětivozové elektrické jednotky 660 (242 t, 133 m, 160 km·h ⁻¹)		
Typ PIK	Modelový PIK [min]	Poznámka
Interval průjezdu a průjezdu	1	Průjezd prvního vlaku z 1 TK po 1 SK na 1 TK, průjezd druhého vlaku z 2 TK po 2 SK na 1 TK
Interval průjezdu a odjezdu	0	Průjezd prvního vlaku z 1 TK po 1 SK na 1 TK, odjezd druhého vlaku z 4 SK na 1 TK
Maximální hodnota	1,5	min

Zdroj: (16, autor)

2.1.5 Přednosti jízd vlaků

V kapitole 1.3.3 bylo uvedeno, že přednost jízdy vlaků vychází z předpisu SŽ D1. Předpis SŽ D1 přejímá přednosti jízd vlaků z vyhlášky č. 173/1995 § 22 v aktuálním znění. V současné době článek 252 předpisu SŽ D1 o přednostech vlaků vychází ze 17. změny vyhlášky č. 173/1995 platné od 11. 12. 2022. Pro účely této práce je v příloze C uvedena tabulka, jejíž první sloupec uvádí váhu neboli bodové ohodnocení s vlastností, čím vyšší číslo, tím důležitější.

Pro určení vah důležitosti vlaků byla zvolena metoda párového porovnávání. Princip vyplňování tabulky párovou metodou je uveden v tabulce 2-6. Obecný princip vyplňování se řídí vyjádřením nadřazenosti a podřazenosti jednotlivých kategorií vlaků. *Vyplňování se dále řídí tím, že nadřazenost vlaku neboli přednost vlaku před jiným vlakem je znázorněna v tabulce jedničkou. Podřazenost vlaku je znázorněna nulou.* (12)

Tabulka 2-6 – Princip párové metody

Kategorie vlaku	mimořádný	Ex	R	...	posun	∑ preferencí	váha
mimořádný	x	1	1	...	1	f_1	v_1
Ex	0	x	1	...	1	f_2	v_2
R	0	0	x	...	1	f_3	v_3
...	x
posun	0	0	0	...	x	f_n	v_n

Zdroj: (12, autor)

Výpočet váhy důležitosti je uveden ve vzorci 1.

$$VD_i = \frac{2 \cdot f_i}{n \cdot (n - 1)} \quad (1)$$

kde:

- VD_i – váha důležitosti vlaku [-]
- f_i – preference (přednost) vlaku [-]
- n – celkový počet kategorií vlaků [-]

Jak bylo zmíněno v kapitole 1.2, prvkem, který umožňuje individuální přístup k jednotlivým tratím, je funkce korekce přednosti jízdy vlaků. Korekce přednosti se zadávají ve dvou variantách. První variantou je korekce přednosti jízd vlaků v místech, kde není infrastrukturní omezení. Tvorba hodnot vstupujících do modelu bude popsána v této kapitole 2.1.5, v následujícím odstavci. Druhou variantou je korekce přednosti jízd vlaků v místech, kde se nachází infrastrukturní omezení, způsob získání hodnot, jež budou vstupovat do modelu, bude popsán v následující kapitole 2.1.6.

Dle kapitoly 1.3.3 se korekce přednosti jízdy vlaků před a za infrastrukturním omezením řídí předpisem SŽ D1, článek 252 bod 2, a v závislosti na časech následných mezidobí, jež jsou zpracovány pro každý mezistaniční úsek vybavený automatickým blokem nebo traťovými oddíly. Tato následná mezidobí jsou vyhotovena pro správnou kolej nebo správný směr jízdy v závislosti na TZZ. *Následné mezidobí je nejkratší doba mezi okamžikem odjezdu nebo průjezdu prvního vlaku a okamžikem odjezdu nebo průjezdu druhého vlaku z téže (zadní) dopravní na tutéž traťovou kolej při dodržení pravidelných jízdních dob a předepsaných pobytů. Výpočet následného mezidobí se provádí po přední dopravnu.* (16) Ovšem prováděcí nařízení k předpisu SŽDC D7 část B, které stanovuje zásady řízení provozu na vybraných tratích, může nařídít výjimky. Na zvoleném úseku trati, popsaném v úvodu kapitoly 2 (Staré Město u Uherského Hradiště – Otrokovice), je stanoveno *odchylně od předpisu SŽ D1 ČÁST PRVNÍ, čl. 252 bodu 2 tolerujte navýšení zpoždění o 4 minuty u vlaků osobní dopravy vyššího druhu při jízdě ve sledu za vlakem osobní dopravy nižšího druhu v úseku Břeclav – Přerov a opačně. Vlak osobní dopravy vyššího druhu smí být narušen tímto opatřením v úseku Břeclav – Přerov a opačně pouze jednou (výsledné navýšení zpoždění pouze o 4 minuty).* (17) Z textu prováděcího nařízení k předpisu SŽDC D7 část B, vyplývá, že model musí sledovat aktuální zpoždění vlaku a na základě toho aplikovat tyto podmínky. Pro každou trať na síti Správy železnic jsou stanoveny individuální podmínky, které zpřesňují obecná ustanovení předpisu SŽ D1, článku 252 bodu 2. Individuální podmínky mají charakter tolerování navýšení zpoždění, překládání křižování a dále, to že různé kategorie vlaků (Ex, R, Os) se v daném úseku mají považovat za stejnou kategorii. Tyto všechny podmínky lze převést do modelu krátkodobé predikce jízdy vlaků pomocí funkce korekce přednosti. Ostatní podmínky uvedené v prováděcím nařízení k předpisu SŽDC D7 část B jako například opatření při náhradní soupravě nebo opatření pro přidávání vozů další opatření, které neovlivňují model, nevstupují do modelu. Nutno uvést, že prováděcí nařízení k předpisu SŽDC D7 část B se mění každý rok s novým jízdním řádem.

Do modelu v konkrétním popisovaném úseku tratě se zadá výše uvedená hodnota 4 minut pro vlaky kategorie Ex, R a Sp. Vzhledem k zachování předpisových ustanovení je potřeba hodnotu, korekce přednosti zadat i kategorii Nex. Pro vlaky kategorie Os je potřeba využít tabulku následných mezidobí, viz příloha J, ze které zjistíme hodnotu následného mezidobí pro jízdu prvního rychlého nákladního vlaku, který v zadní stanici projíždí a v přední zastavuje a jako druhý vlak je vlak Os. Od tohoto intervalu odečteme půlminuty a přičteme modelový PINJ pro danou stanici. Hodnota půlminuty je konstanta, kterou musíme odečíst, abychom

dostali maximální hodnotu korekce přednosti. V tomto případě se jedná o úsek Staré Město u Uherského Hradiště – Huštěnovice. Hodnota následného mezidobí z přílohy J činí 4,5 min po odečtení půlminuty a přičtení maximální hodnoty pro zvolený úsek z tabulky 2-4 s hodnotami modelových PINJ získáme hodnotu 6 minut. Tyto hodnoty stanovíme pro každý mezistaniční úsek vybavený automatickým blokem nebo traťovými oddíly, viz tabulka 2-7. Funkční využití stanovených hodnot korekcí přednosti bude uvedeno v kapitole 2.1.6. Výpočet korekce přednosti pro osobní vlaky je představen ve vzorci 2.

$$HKP_{Ospz} = t_{NM} - 0,5 + t_{mPINJ} \quad (2)$$

kde:

- HKP_{Ospz} – hodnota korekce přednosti pro Os vlaky před a za infrastrukturním omezením [min]
- t_{NM} – následné mezidobí pro jízdu prvního rychlého nákladního vlaku, který v zadní stanici projíždí a v přední zastavuje a jako druhý vlak je vlak Os [min]
- t_{mPINJ} – hodnota modelového PINJ [min]

Tabulka 2-7 – Korekce přednosti

Mezistaniční úsek	Hodnota následného mezidobí [min]	Hodnota modelového PINJ [min]	Hodnota korekce přednosti [min]
Staré Město u UH – Huštěnovice	4,5	2	6
Huštěnovice – Napajedla	4,5	2	6
Napajedla – Otrokovice	5	2	6,5
Otrokovice – Napajedla	4,5	2	6
Napajedla – Huštěnovice	5	2	6,5
Huštěnovice – Staré Město u UH	7	2	8,5

Zdroj: (16, 18, autor)

2.1.6 Výlukový nákresný jízdní řád a rozkaz o výluce

Z VNJR a ROV lze získat sadu omezujících podmínek, která se vztahuje pouze na úsek s infrastrukturním omezením. Tím, že takováto omezení mohou generovat značná zpoždění, přistupuje se k takovýmto úsekům individuálně. V případě, kdy není vydán VNJR a ROV nestanovuje dodatečné podmínky, využije se principu, který zajišťuje splnění přestupních vazeb v stanicích za infrastrukturním omezením.

Datovým výstupem z VNJR vhodným pro vstup do modelu krátkodobé predikce jízdy vlaků je tabulka, která obsahuje hodnotu „odchylka na výstupu“, což je hodnota velikosti zpoždění za infrastrukturním omezením. Taková tabulka je automaticky generována pro každý VNJR. Ukázka tabulky a VNJR je součástí přílohy K. Součástí přílohy K je také nákresný jízdní řád pro daný úsek tratě s infrastrukturním omezením, který slouží pro porovnání s VNJR. Druhým vstupem, který může ovlivňovat model krátkodobé predikce jízdy vlaků, je ROV.

V ROV může být uvedeno prodloužení přípojů mezi vlaky osobní dopravy. Pro získání hodnot, které jsou pro model vhodné, byla sestavena příloha L. Příloha L ukazuje modelovou ukázkou získání hodnot maximálního zpoždění vlaků s přepravou cestujících tak, aby bylo zajištěno splnění požadovaných přípojných vazeb v přestupní stanici za infrastrukturním omezením.

Automaticky vygenerovaná tabulka v příloze K se upraví tak, že se pro každou kategorii vlaku a směr jízdy vlaku vybere maximální hodnota, která se zadá do modelu krátkodobé predikce jízdy vlaků jako hodnota korekce přednosti. Maximální zpoždění se jako hodnota korekce přednosti uplatní v případě nevydání VNJR. V případě, že je v ROV uvedeno prodloužení přestupních dob, přičte se toto prodloužení přestupních dob k maximální přestupní době získané na základě přílohy L. Ovšem maximální hodnota čekacích dob nesmí překročit základní čekací dobu stanovenou dle dokumentu přípoje mezi vlaky osobní dopravy pro daný rok. *Základní čekací doba pro vlaky dopravního druhu Ex je stanovena shodně pro všechny stanice a činí 5 minut. Základní čekací doba pro vlaky dopravních druhů R, Sp a Os je stanovena shodně pro všechny stanice a činí 10 minut.* (19) Tato překročení neplatí v případě využívání vstupních dat z VNJR.

Jak bylo uvedeno v kapitole 1.2, získané hodnoty vstupují do modelu pomocí funkce „korekce přednosti jízdy vlaků“. Tento druhý typ korekce umožňuje převést zásady z VNJR a z ROV do modelu krátkodobé predikce jízd vlaků, a to pomocí hodnot, které zvyšují přednost neboli upřednostňují zpravidla nižší kategorie vlaků (Os), před vyššími kategoriemi vlaků (Ex, R, Nex a Sp). Jedná se o princip, kdy daným kategoriím vlaků do zadané hodnoty zpoždění necháváme velikost přednosti stanovenou předpisem SŽ D1, článek 252, viz příloha C, ovšem nad stanovenou hodnotu se model začíná chovat odlišně. Odlišnost spočívá v tom, pokud chceme z důvodů přípojů upřednostnit vlak Os před Nex nebo Ex, zadáme vlaku Os nižší hodnotu korekce přednosti než vlaku Nex nebo Ex. Výpočet bodového hodnocení korekce přednosti je uveden v následujících vzorcích 3 až 6.

$$Z_{c(n)V} = Z_{a(n)V} + Z_{s(n)V} + Z_{PKR(n)V} \quad (3)$$

$$BH_{PC} = \begin{cases} \left\{ \begin{array}{l} Z_{c(n)V} \cdot VD_i \cdots Z_{c(n)V} \geq 0 \\ 0 \cdots Z_{c(n)V} < 0 \end{array} \right\} \cdots Z_{c(n)V} < HKP_{PC} \\ \left\{ \begin{array}{l} Z_{c(n)V} \cdot VD_i \cdot 10 \cdots Z_{c(n)V} \geq 0 \\ 0 \cdots Z_{c(n)V} < 0 \end{array} \right\} \cdots Z_{c(n)V} < 2 \cdot HKP_{PC} \\ \left\{ \begin{array}{l} Z_{c(n)V} \cdot VD_i \cdot 20 \cdots Z_{c(n)V} \geq 0 \\ 0 \cdots Z_{c(n)V} < 0 \end{array} \right\} \cdots Z_{c(n)V} \geq 2 \cdot HKP_{PC} \end{cases} \quad (4)$$

$$BH_{NDpz} = \begin{cases} \left\{ \begin{array}{l} Z_{c(n)V} \cdot VD_i \cdots Z_{c(n)V} \geq 0 \\ 0 \cdots Z_{c(n)V} < 0 \end{array} \right\} \cdots Z_{c(n)V} < HKP_{NDpz} \\ \left\{ \begin{array}{l} Z_{c(n)V} \cdot VD_i \cdot 10 \cdots Z_{c(n)V} \geq 0 \\ 0 \cdots Z_{c(n)V} < 0 \end{array} \right\} \cdots Z_{c(n)V} < 2 \cdot HKP_{NDpz} \\ \left\{ \begin{array}{l} Z_{c(n)V} \cdot VD_i \cdot 20 \cdots Z_{c(n)V} \geq 0 \\ 0 \cdots Z_{c(n)V} < 0 \end{array} \right\} \cdots Z_{c(n)V} \geq 2 \cdot HKP_{NDpz} \end{cases} \quad (5)$$

$$BH_{NDvo} = \begin{cases} \left\{ \begin{array}{l} Z_{c(n)V} \cdot VD_i \cdots Z_{c(n)V} \geq 0 \\ 0 \cdots Z_{c(n)V} < 0 \end{array} \right\} \cdots (Z_{s(n)V} + Z_{PkR(n)V}) < HKP_{NDvo} \\ \left\{ \begin{array}{l} Z_{c(n)V} \cdot VD_i \cdot 10 \cdots Z_{c(n)V} \geq 0 \\ 0 \cdots Z_{c(n)V} < 0 \end{array} \right\} \cdots (Z_{s(n)V} + Z_{PkR(n)V}) < 2 \cdot HKP_{NDvo} \\ \left\{ \begin{array}{l} Z_{c(n)V} \cdot VD_i \cdot 20 \cdots Z_{c(n)V} \geq 0 \\ 0 \cdots Z_{c(n)V} < 0 \end{array} \right\} \cdots (Z_{s(n)V} + Z_{PkR(n)V}) \geq 2 \cdot HKP_{NDvo} \end{cases} \quad (6)$$

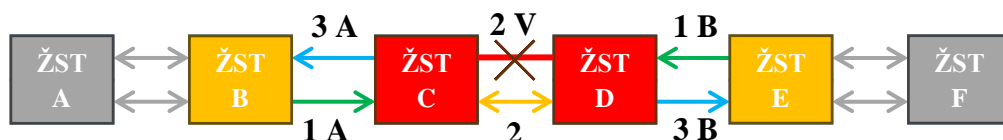
kde:

- $Z_{c(n)V}$ – celková hodnota zpoždění pro n-tý vlak [min]
- $Z_{a(n)V}$ – zpoždění aktuální n-tého vlaku [min]
- $Z_{s(n)V}$ – zpoždění vzniklé z důvodu sledu vlaků pro n-tý vlak [min]
- $Z_{PkR(n)V}$ – zpoždění vzniklé přírážkou k rozjezdu [min]
- BH_{PC} – bodové hodnocení korekce přednosti pro kategorie vlaků s přepravou cestujících (Ex, R, Sp, Os) pro všechny úseky [body]
- BH_{NDpz} – bodové hodnocení korekce přednosti pro kategorie nákladních vlaků (Nex) v úseku před a za infrastrukturním omezením [body]
- BH_{NDvo} – bodové hodnocení korekce přednosti pro kategorie nákladních vlaků (Nex) v úseku infrastrukturního omezení [body]
- HKP_{PC} – hodnota korekce přednosti pro kategorie vlaků s přepravou cestujících (Ex, R, Sp, Os) pro všechny úseky [min]
- HKP_{NDpz} – hodnota korekce přednosti pro kategorie nákladních vlaků (Nex) v úseku před a za infrastrukturním omezením [min]
- HKP_{NDvo} – hodnota korekce přednosti pro kategorie nákladních vlaků (Nex) v úseku infrastrukturního omezení [min]
- VD_i – váha důležitosti vlaku z přílohy C [-]

2.2 Princip navrhovaného modelu

Obrázek 2-2 znázorňuje základní logiku systému krátkodobé predikce jízdy vlaků. Základní logika modelu je představena na jízdě vlaků úsekem s infrastrukturním omezením. Červeně označené dopravní C a D jsou dopravní dotčené infrastrukturním omezením. Mezi těmito dopravními je organizována jízda vlaků po jedné traťové koleji, tento aspekt je na obrázku zachycen žlutou šipkou. Červeně znázorněná úsečka s křížkem značí vyloučený úsek, kam je zákaz jízdy vlaků. Systém dále uvažuje s principem, že do dopraven dotčených infrastrukturním omezením jezdí vlaky pouze po správných kolejích a taktéž po správných kolejích vlaky

odjíždějí. Tato interakce je znázorněna pomocí zelených a modrých šipek mezi dopravami B a C, D a E. Touto úvahou je docíleno pesimistické neboli opatrné dopravní úvahy nad provážením vlaků v úseku před a za infrastrukturním omezením. Pro směr jízdy do dopravny před infrastrukturním omezením je šipka zelená a pro směr jízdy z dopravny za infrastrukturním omezením je šipka modrá. Interakce mezi dopravami A a B, E a F nenáleží navrhovanému modelu, jedná se tedy o podstatné okolí, proto jsou tyto šipky znázorněny šedou barvou.



Obrázek 2-2 – Princip jízd vlaků v systému

Zdroj: (autor)

Systém nejprve vyhodnotí sled jízd vlaků v zelených šípkách vazby 1 A a 1 B. Toto suboptimální pořadí vlaků je předáno druhé části modelu, ta vyhodnotí suboptimální variantu provážení vlaků infrastrukturním omezením, žlutá šipka vazba 2. Červená šipka s křížkem neboli vazba 2 V značí vyloučený úsek tratě. Po vyhodnocení sledu vlaků v infrastrukturním omezení pokračuje model na modré šipky vazby 3 A a 3 B, kde dojde k určení provážení vlaků za infrastrukturním omezením. Všechny tři části modelu fungují shodně, liší se pouze v modelových provozních intervalech a korekcí přednosti jízd vlaků. Lze tedy říci, že každá jednotlivá část modelu neboli šipka lze přesně nastavit pro daný úsek mezi dopravami. Pokud obecné stanice v obrázku 2-2 nahradíme zvoleným úsekem trati, tak je ŽST B – Staré Město u Uherského Hradiště, ŽST C – Huštěnovice, ŽST D – Napajedla, ŽST E – Otrokovice.

Model je navržen pro neomezený počet vlaků a lze jej použít pro nalezení optimálního, případně suboptimálního, způsobu provážení vlaků infrastrukturním omezením při jízdách pouze po jedné traťové koleji, viz vazba 2, případně pro určení sledu na dvoukolejně trati při jednosměrném pojiždění daných kolejí, viz vazby 1 A, 1 B, 3 A a 3 B. Model určuje do šesti vlaků optimální sled vlaků a pro vyšší počet vlaků než šest přechází model k suboptimálnímu určení sledu pomocí rekurentního principu, tento princip bude vysvětlen v následující kapitole 2.3.

Tabulka 2-8 je komplexní tabulkou vstupních hodnot do modelu krátkodobé predikce jízdy vlaků. Popis vstupních dat tabulky je uveden pod touto tabulkou.

Tabulka 2-8 – Nastavení úseku mezi dopravami

Úsek trati	Označení šipek	Modelový			Hodnota korekce přednosti pro úsek:							
					s infrastrukturním omezením [min]					před a za infrastrukturním omezením [min]		
		PIPV [min]	PINJ [min]	PIK [min]	Ex	R	Nex	Sp	Os	Os	Dle PND7 (Ex, R, Sp a Nex)	
S–H	1 A	2,5	2	x	5	3	25	3	3	6	4	
H–N	2	3	2	1,5						6		
N–O	3 B	2,5	2	x						6,5		
O–N	1 B	3	2	x	5	10	*30	10	5	6		
N–H	2	3	2	1,5						6,5		
H–S	3 A	3	2	x						8,5		
Přirážky k rozjezdu [min]			1	0,5 /1	**	x	1	 				
**Hmotnost nákladního vlaku [t]			Přirážka k rozjezdu pro nákladní vlaky s lokomotivou:									
			383				363					
$m_V \leq 400$			0,5				0,5					
$400 < m_V \leq 600$			1				1					
$600 < m_V \leq 800$			1				1,5					
$800 < m_V \leq 1\ 200$			1,5				2					
$1\ 200 < m_V \leq 1\ 600$			2				2,5					
$1\ 600 < m_V \leq 1\ 800$			2,5				3					
$1\ 800 < m_V \leq 2\ 000$			2,5				3,5					
$2\ 000 < m_V \leq 2\ 200$			2,5				4					
$2\ 200 < m_V$			3				4,5					
Jízda v mezistaničních úsecích									ANO / NE			

Poznámka: m_V – hmotnost vlaku; *Hodnota korekce přednosti byla stanovena na základě popisu obrázku 2-3

S–H = Staré Město u UH – Huštěnovice

H–N = Huštěnovice – Napajedla

N–O = Napajedla – Otrokovice

O–N = Otrokovice – Napajedla

N–H = Napajedla – Huštěnovice

H–S = Huštěnovice – Staré Město u UH

Zdroj: (16, 18, autor)

Pro sestavení komplexní tabulky 2-8, která integruje všechny charakteristiky vstupních parametrů navrhovaného modelu, popsaných v kapitole 2.1, bylo využito hodnot modelových PIPV z tabulky 2-3, a to tak, že se vzaly hodnoty z posledního řádku, které obsahují maximální hodnoty ze sloupců pro daný úsek. Tento shodný postup se provedl i pro modelové PINJ z tabulky 2-4. Dále se z tabulky 2-5 vybrala maximální hodnota modelového PIK, která je

taktéž uvedena v posledním řádku tabulky. Maximální hodnota PIK se využije pouze pro vazbu 2. Protože v ostatních vazbách se tento interval nevyužívá, jelikož jsou dané traťové koleje pojížděné jednosměrně. Jak bylo uvedeno v úvodu kapitoly 2, pro představení konkrétních výpočtů v modelu krátkodobé predikce jízdy vlaků uvažujeme to, že není vydán VNJR ani není stanoveno prodloužení čekacích dob dle ROV. Proto se pro hodnotu korekce přednosti využila data z přílohy L a upravila se dle pravidel popsaných v kapitole 2.1.6, a to tak, že maximální hodnota korekce pro vlaky Ex je 5 min a pro R, Sp, Os je hodnota 10 min. Poslední hodnotou potřebnou jsou přírážky k rozjezdu. Tato data se získala z tabulky 2-1. Ovšem tyto výše uvedené předpoklady neboli veškerá data uvedená v tabulce 2-8, neovlivňují žádným způsobem matematické vzorce, jenž charakterizují model. Data z tabulky 2-8 jsou do modelu krátkodobé predikce jízdy vlaků zadány pomocí rozhraní uvedeného na obrázku 2-3.

Vazby	Jízda v mezistaničních úsecích: NE			pro SM		PIMJ v MÚ			
1 A	Huštěnovice (zhlaví směr SM)	PIK	0,0	PINJ	2,0	0,5	PIPV	2,5	
1 B		PIK	0,0	PINJ	2,0	0,5	PIPV	3,0	
2	Huštěnovice/Napajedla	PIK	1,5	PINJ	2,0	0,5	PIPV	3,0	
3 A		PIK	0,0	PINJ	2,0	0,5	PIPV	3,0	
3 B	Napajedla (zhlaví směr Ote)	PIK	0,0	PINJ	2,0	0,5	PIPV	2,5	

Korekce přednosti vlaků před / za omezením		Ex	R	Os	Nex
		4	4	6	6

Směr jízdy; do:		Huštěnovic	Napajedel
Korekce přednosti vlaků v omezení		Ex	Ex
		5	5
		R	R
		3	10
		Os	Os
		3	5
		Nex	Nex
		25	30

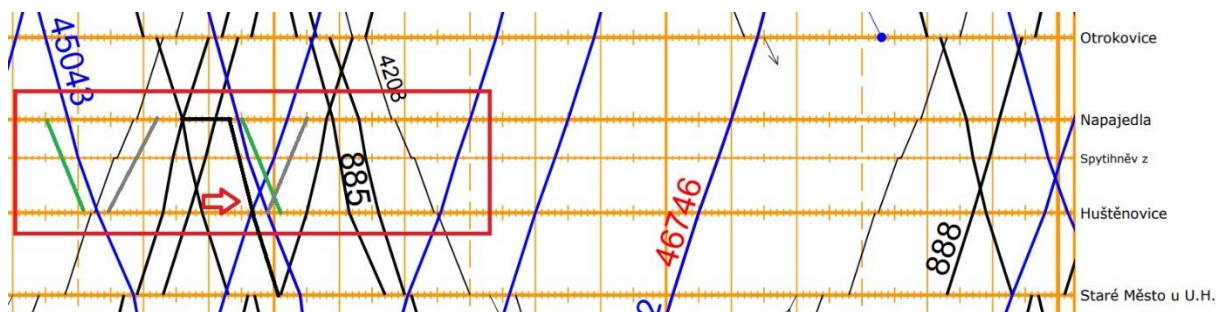
Obrázek 2-3 – Nastavení úseku mezi dopravami v modelu

Zdroj: (autor)

Níže uvedený obrázek 2-4 ukazuje výřez nákrešného jízdního řádu na vybraném úseku tratě. Ukazuje taktovou skupinu s maximálním počtem vlaků s přepravou cestujících, viz červeně orámovaná část obrázku. Taktová skupina s maximálním počtem vlaků s přepravou cestujících, je řešena vždy jen pro úsek s infrastrukturním omezením, v našem případě pro úsek Napajedla – Huštěnovice. V popisované taktové skupině se v prvním kroku neřeší průjezd nákladních vlaků, protože v první fázi se řeší provázení vlaků s přepravou cestujících. Provázení vlaků s přepravou cestujících se řídí dle popsaných modelových provozních intervalů, korekcí předností a přírážek k rozjezdu. Pro vyhledání optimální, případně suboptimální varianty, záleží na počtu vlaků, využije se popisovaného algoritmu modelu krátkodobé predikce jízdy vlaků, viz kapitola 2.3, a to tak, že se do modelu zadají pouze vlaky s přepravou cestujících. Dále je potřeba zmínit, že se neuvažuje zpoždění vlaků s přepravou cestujících. Model vyhodnotí

danou dopravní situaci, a tím se získá optimální, případně suboptimální varianta provázení u vlaků s přepravou cestujících. Ve druhé fázi po získání tohoto upraveného nákrešného jízdního řádu s jízdami vlaků pouze s přepravou cestujících, můžeme vkládat fiktivní trasy nákladních vlaků, díky kterým získáme hodnoty korekce přednosti pro nákladní vlaky v úseku infrastrukturního omezení. Vkládání fiktivních tras nákladních vlaků musí splňovat to, že jízdou nákladního vlaku nevznikne žádné zpoždění vlaku s přepravou cestujících. Pro toto vkládání tras je potřeba využít modelové provozní intervaly, typové jízdní doby z přílohy I a maximální přírážky k rozjezdu nákladního vlaku z tabulky 2-1. Pro vkládání fiktivních tras nákladních vlaků opět využijeme modelu krátkodobé predikce jízdy vlaků, a to tak, že zvolíme kategorie vlaku nákladní expres, ovšem pro zajištění nezpoždování vlaků s přepravou je potřeba dát tomuto vlaku značný náskok, který se po celou dobu čekání před infrastrukturním omezením nezmění ve zpoždění, např. náskok 120 minut. Poté se takovému nákladnímu vlaku určí nejpozdější možný průjezd / odjezd před taktovou skupinou s maximálním počtem vlaků s přepravou cestujících v dopravně před infrastrukturním omezením. Poté se takovému vlaku posune čas odjezdu o půlminuty a zjistí se doba pobytu daného vlaku a přičte se k ní maximální hodnota přírážky k rozjezdu. Po tomto úkonu je zjištěna hodnota korekce přednosti pro jeden směr a tento princip se opakuje i pro druhý směr jízdy vlaků.

Na obrázku 2-4 je představeno konkrétní grafické zpracování popsaného určování hodnoty korekce přednosti jízdy nákladních vlaků v úseku s infrastrukturním omezením. Jako první byly sestaveny fiktivní trasy nákladních vlaků pro směr jízdy z Napajedla do Huštěnovic. V upraveném jízdním řádu zaznačíme tyto trasy zelenou barvou. Pro směr z Huštěnovic do Napajedla využijeme šedou barvu.



Obrázek 2-4 – Taktová skupina vlaků, která má být řešena v systému (modelu)

Zdroj: (19)

2.3 Detailní popis navrhovaného modelu

Popisovaný algoritmus modelu byl tvořen v aplikaci Microsoft Excel. Nosnou funkcí používanou v modelu je funkce „KDYŽ“. Důvodem je, že funkce KDYŽ v podstatě odpovídá rozhodovacímu bloku v algoritmu. Na základě rozhodnutí o ne/platnosti stanovené podmínky směřuje další postup. Do této funkce je v řadě případů vnořena další shodná funkce. Praktickým dopadem tohoto je, že může docházet k opakovanému větvení postupu. Z důvodu využívání aplikace Microsoft Excel je jedna část časových veličin uváděna ve formátu [hh:mm:ss] a druhá část časových veličin ve formátu [min]. V případě potřeby převodu na soustavu SI lze formát [hh:mm:ss] i [min] převést na hodiny. Model krátkodobé predikce jízdy vlaků je sestaven bez použití maker. Autor diplomové práce předpokládá, že i kdyby měl být model využíván v praxi, budou jeho funkce programovány, a to ať už by byl implementován do nějaké provozní aplikace nebo i pokud by byl používán samostatně (jako samostatná aplikace). Autor si je i vědom faktu, že využitím maker by bylo možné rozšířit možnosti modelu i uživatelský komfort při jeho obsluze. Programátorské řešení je, ale nad rámec rozsahu diplomové práce, a proto pilotní ověření řešení, připravené pomocí vzorců, dostačuje.

Jak již bylo zmíněno v kapitole 2.2, model je navržen pro neomezený počet vlaků a lze jej použít pro optimální, případně suboptimální provážení vlaků jak úsekem s infrastrukturním omezením, tak úsekem bez infrastrukturního omezení. Model určuje do šesti vlaků optimální sled vlaků a pro vyšší počet vlaků než šest přechází model k suboptimálnímu určení sledu pomocí rekurentního principu. Model je sestaven z jednotlivých kroků, jejichž počet se odvíjí od počtu vlaků. Krok nula a jedna je potřeba provést od dvou do šesti vlaků vždy. Pokud je model použit pro více jak šest vlaků, odvíjí se počet kroků od následujícího vzorce 7.

$$n_{kroků} = n_{vlaků} - 5 \quad (7)$$

kde:

- $n_{kroků}$ – počet kroků mimo krok nula [-]
- $n_{vlaků}$ – počet vlaků začleněných do simulace [-]

Model nejdříve přičte hodnoty aktuálního zpoždění k pravidelným časům v TJŘ a dále přičte jedinečnou konstantu ke každému vlaku tak, aby vznikl modelový čas, viz vzorec 8. Modelový čas je časová hodnota, která vstupuje jako primární časový údaj do celého algoritmu. V popisu celého modelu jsou časy s označovacím přívlaskem „modelové“ myšleny takové časy a časové polohy vlaků, které se vykreslují v provozních aplikacích jako výhledová doprava, viz obrázek 1-5 pravá strana obrázku. Konstanta slouží pro stavy, kdy dva nebo více vlaků budou mít stejný čas vstupu do modelu, respektive do modelované oblasti, v tomto

případě konstanta zajistí správnou funkci modelu. Respektive pokud by se konstanta nepřičetla, model by predikoval místo různých časových poloh pro různé vlaky jednu stejnou časovou polohu pro všechny vlaky, které měly stejný čas vstupu do modelu. Díky využití konstanty nebude mít model (algoritmus) problém určit pořadí jízdy vlaků a vyhledat konkrétní vlak podle časové polohy jeho vstupu do modelované oblasti. Za tímto účelem je ke každému takovému časovému údaji přiřazena velmi malá konstanta, která neovlivní význam údaje pro provoz, ale umožní použít funkci řazení bez nutnosti tvořit variantní větve postupu. Hodnota konstanty je řádově 10^{-8} a menší záleží na počtu vlaků zahrnutých do predikce.

$$t_m = t_{TJ\check{R}} + \frac{Z_a}{1440} + k \quad (8)$$

kde:

- t_m – modelový čas [hh:mm:ss]
- $t_{TJ\check{R}}$ – čas dle tabelárního jízdního řádu [hh:mm:ss]
- Z_a – zpoždění aktuální [min]
- k – konstanta (hodnota konstanty pro každý vlak odlišná, řádově 10^{-8} a menší) [-]

Dále je potřeba do jízdních dob jednotlivých vlaků umět přidat přírážku k jízdní době, která reflektuje prodloužení jízdní doby v závislosti na typu omezení, zpravidla rychlostní omezení, viz kapitola 1.2. Hodnotu přírážky lze stanovit na základě výpočtu dynamiky jízdy vlaku, v případě nedodání hodnot může tuto hodnotu na základě kvalifikovaného odhadu doplnit obsluhující zaměstnanec. Omezení může být způsobeno např. vlivem pomalé jízdy. Tato hodnota přírážek jízdních dob by šla podle potřeb obsluhujících zaměstnanců nastavit například tak, že by se přírážky přičítaly na základě kategorie vlaku a u nákladních vlaků v závislosti na hmotnosti vlaku. Matematické řešení této úvahy není součástí této práce. Součástí této práce je představení vzorce 9, který přičítá přírážky k jízdní době.

$$JD_{(n)V} = JDzTJ\check{R}_{(n)V} + p_{JD} \quad (9)$$

kde:

- $JD_{(n)V}$ – „Jízdní doba“, jízdní doba n-tého vlaku [min]
- $JDzTJ\check{R}_{(n)V}$ – „Jízdní doba z TJŘ“, jízdní doba n-tého vlaku, která vychází z hodnoty TJŘ [min]
- p_{JD} – přírážka k jízdní době [min]

Pro efektivní funkci krátkodobé predikce jízdy vlaků je potřeba zajistit, aby pobyty vlaků, které jsou zkonstruovány z dopravních důvodů, byly zrušeny, viz vzorec 10. Do pobytů z dopravních důvodů lze taktéž zahrnout pobyty, které vzniknou v dopravních, kde má

dopravce zrušené všechny úkony, např. jízda manipulačního vlaku, který při dané jízdě neobslouží danou dopravnu.

$$t_{mv(n)V} = \begin{cases} t_{mv(n)V} \cdots \text{zastavení z jiných než dopravních důvodů} \\ t_{mp(n)V} \cdots \text{zastavení z dopravních důvodů} \end{cases} \quad (10)$$

kde:

- $t_{mv(n)V}$ – „modelový vstup (odjezd)“, modelový vstupní čas n-tého vlaku [hh:mm:ss]
- $t_{mp(n)V}$ – „modelový příjezd“, čas příjezdu n-tého vlaku [hh:mm:ss]

Výsledky ze vzorců 7 až 10 jsou do modelu krátkodobé predikce jízdy vlaků zadány pomocí rozhraní uvedeného na obrázku 2-5.

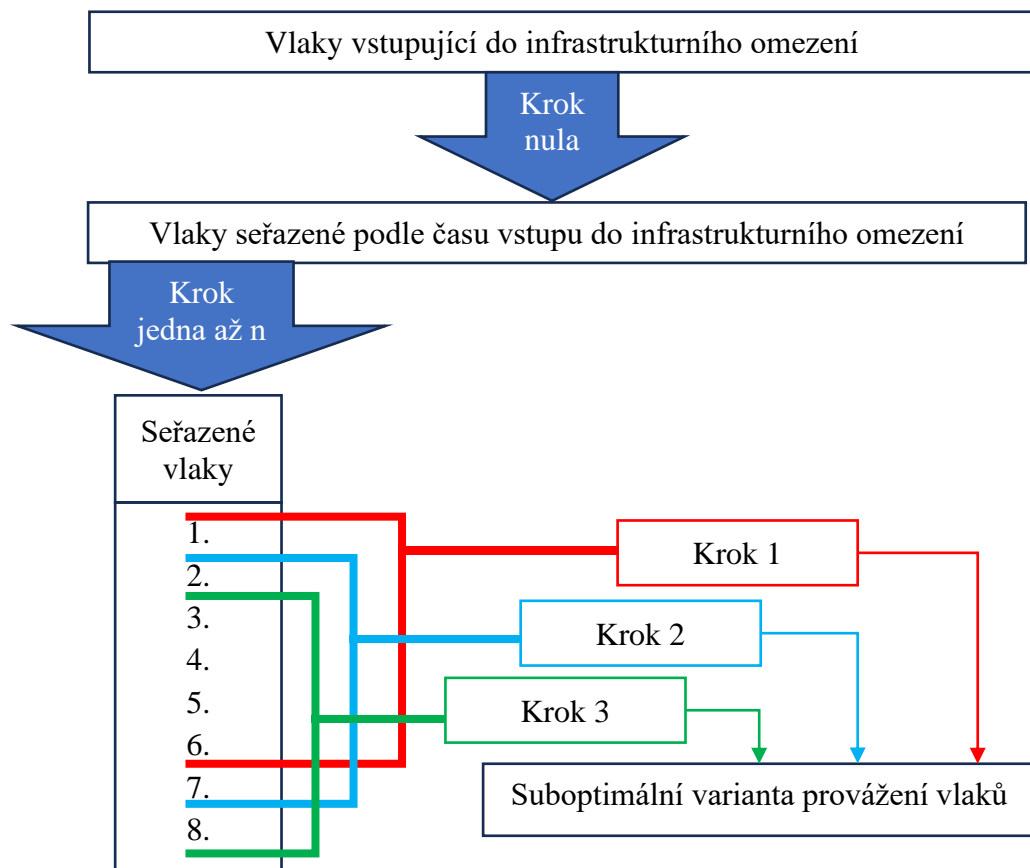
	ŽST	Tlumačov		Otrokovice			Napajedla				
		Nedakonice	Staré Město				Huštěnovice				
		Odjezd	jízdní doba [min]	Příjezd	pobyt [min]	Odjezd	jízdní doba [min]	Příjezd	pobyt [min]	odjezd výhledový	jízdní doba [min]
R	886	9:44:30	3,5	9:48:00	2	9:50:00	3,0	9:53:00	0	9:53:00	2,5
Os	4210	9:36:30	3,5	9:40:00	1	9:41:00	3,5	9:44:30	0,5	9:45:00	5,5
Ex	100	9:48:30	3,5	9:52:00	2	9:54:00	3,0	9:57:00	0	9:57:00	2,5
R	808	9:44:00	3,0	9:47:00	2	9:49:00	3,0	9:52:00	0	9:52:00	2,5
Z	52333	9:53:00	4,0	9:57:00	0	9:57:00	4,0	10:01:00	0	10:01:00	4,0
Nex	45003	9:46:00	3,5	9:49:30	0	9:49:30	3,5	9:53:00	0	9:53:00	4,0
Nex	45001	10:13:00	3,5	10:16:30	0	10:16:30	3,5	10:20:00	0	10:20:00	4,0
R	810	10:00:00	3,0	10:03:00	2	10:05:00	4,0	10:09:00	0	10:09:00	2,5

Obrázek 2-5 – Jízdní řád a kategorie vlaků v modelu

Zdroj: (autor)

Jak již bylo zmíněno, model se skládá z určitého počtu kroků. Nultým neboli přípravným krokem disponuje každá simulace. Tento krok neobsahuje žádné fáze. Následující krok jedna, který je také součástí každé simulace, obsahuje čtyři fáze. V první až třetí fázi se k výpočtu použijí jízdní doby z TJŘ. První fázi je sestavení mezivýpočtu pro první vlak. Druhou fázi je sestavení mezivýpočtu pro druhý vlak. Třetí fázi je sestavení mezivýpočtů pro třetí až šestý vlak, protože tento mezivýpočet je pro dané vlaky shodný. Po těchto mezivýpočtech se do modelu přidávají přírážky k rozjezdu. Tyto přírážky se přičtou k jízdním dobám z TJŘ. Ve čtvrté fázi se zopakují fáze jedna až tři s jízdními dobami, ve kterých jsou integrovány přírážky k rozjezdu vlaku. Po této poslední fázi následuje krok dva. Tento krok funguje tak, že první vlak, kterému byl vypočítán průjezd infrastrukturním omezením v prvním kroku, dostává po tomto kroku neměnnou časovou polohu vlaku a pro další kroky se tato časová poloha bere jako

konstanta. Krok dva se skládá ze třech fází. První fází je sestavení mezivýpočtu pro druhý vlak. Druhou fází je sestavení mezivýpočtu pro třetí až sedmý vlak. V první a druhé fází se opět využívají hodnoty pro jízdní doby z TJŘ. Poslední třetí fází je sestavení mezivýpočtu, ve kterém se zopakují fáze jedna a dva s jízdními dobami, které integrují přírážky k rozjezdu. Po tomto druhém kroku dostává druhý vlak, kterému je vypočítán průjezd infrastrukturním omezením, neměnnou časovou polohu vlaku neboli časová poloha je konstantou. Krok třetí až n-tý je vždy složen ze dvou fází, a to mezivýpočtu s jízdními dobami z TJŘ a s jízdními dobami, ve kterých jsou obsaženy přírážky k rozjezdu. Tím, že mezivýpočty pro třetí až n-tý vlak jsou stejné, není potřeba provádět více různých fází. Jak již bylo uvedeno, po každém kroku dostane další vlak pevnou „konstantní“ časovou polohu. Tento popsaný rekurentní princip je nosným prvkem predikce pro vyšší počet vlaků než šest. Jeho princip je graficky znázorněn na obrázku 2-6.



Obrázek 2-6 – Rekurentní princip modelu

Zdroj: (autor)

Uvedený princip znázorněný na obrázku 2-6 se provádí u každé vazby znázorněné na obrázku 2-2 jednotlivě. Princip je takový, že se nejdříve provede krok nula, který tvoří vstupní data pro všechny vazby. Po tomto kroku se provede krok jedna současně ve vazbách 1 A a 1 B, výsledné hodnoty se využijí ve vazbě 2, ve které proběhne taktéž krok jedna. Po

provedení kroku jedna na vazbě 2 se jeho výsledné časové polohy vlaků předají vazbám 3 A a 3 B, kde současně proběhne u obou vazeb výpočet kroku jedna. Tento postup je graficky znázorněn na obrázku D-1, v příloze D. Po provedení prvního kroku na všech vazbách se prvnímu vlaku, který projede infrastrukturním omezením, přiřadí neměnná časová poloha. Další kroky probíhají ve stejném pořadí, nejdříve se provede krok jedna na vazbách 1 A a 1 B, pak na vazbě 2 a následně na vazbě 3 A a 3 B.

2.3.1 Popis jednotlivých kroků navrhovaného modelu

Po sestavení modelových časů následuje již definovaný krok nula. Jedná se o seřazení modelových časů vstupů od nejmenšího k největšímu. Modelovým časem vstupu je čas vstupu do infrastrukturního omezení, jedná se tedy o čas průjezdu nebo odjezdu do infrastrukturního omezení neboli čas průjezdu nebo odjezdu z dopravní C nebo D do úseku s jednokolejným provozem podle směru jízdy daného vlaku. Toto seřazení podle žlutého sloupečku s modelovými časy vstupů je znázorněno na obrázku 2-7.

Krok 0								před omezením		omezení				za omezením	
1	R	808	9:44:00	3	9:47:00	2,0	9:49:00	3,0	9:52:00	0,0	9:52:00	2,5	9:54:30	0,0	9:54:30
2	Nex	45003	9:48:00	3,5	9:51:30	0,0	9:51:30	3,5	9:55:00	0,0	9:55:00	4	9:59:00	0,0	9:59:00
3	Z	52333	9:50:00	4	9:54:00	0,0	9:54:00	4,0	9:58:00	0,0	9:58:00	4	10:02:00	0,0	10:02:00
4	Os	4210	9:49:30	3,5	9:53:00	1,0	9:54:00	3,5	9:57:30	0,5	9:58:00	5,5	10:03:30	0,5	10:04:00
5	Ex	100	9:49:30	3,5	9:53:00	2,0	9:55:00	3,0	9:58:00	0,0	9:58:00	2,5	10:00:30	0,0	10:00:30
6	R	886	9:57:30	3,5	10:01:00	2,0	10:03:00	3,0	10:06:00	0,0	10:06:00	2,5	10:08:30	0,0	10:08:30
7	Nex	45001	10:22:00	3,5	10:25:30	0,0	10:25:30	3,5	10:29:00	0,0	10:29:00	4	10:33:00	0,0	10:33:00
8	R	810	10:20:00	3	10:23:00	2,0	10:25:00	4,0	10:29:00	0,0	10:29:00	2,5	10:31:30	0,0	10:31:30

Obrázek 2-7 – Model krátkodobé predikce jízdy vlaků krok nula

Zdroj: (autor)

Po tomto seřazení model přechází do nejdůležitější části predikce jízdy vlaků. Nejprve je vybráno prvních šest vlaků z tohoto seznamu modelových časů vstupů. V tomto kroku dojde k úplnému prohledání všech variant provázení šesti prvních vlaků místem s infrastrukturním omezením. Počet procházených variant se odvíjí od následujícího vzorce 11.

$$n_{var} = n_{vk}! \quad (11)$$

kde:

- n_{var} – počet procházených variant [-]
- n_{vk} – počet vlaků v daném kroku [-]

Model byl navržen tak, že v každém kroku kromě kroku nula dochází k prohledání 720 variant pro šest vlaků v každé vazbě. Toto prohledání se provádí v každé vazbě dvakrát. Jednou s jízdami doba z TJŘ a pak s jízdami doba, ve kterých jsou zahrnuty přírážky k rozjezdu

vlaků. Model byl zkoušen i pro prohledání více vlaků v dané vazbě, a to konkrétně sedm, což přináší projít 5 040 variant v každé vazbě dvakrát. Takovéto množství variant ovšem naráží na výpočetní možnosti prostředí Microsoft Excel. Z tohoto důvodu je model koncipován pro výběr šesti vlaků v daném kroku. V těchto krocích probíhá absolutní prohledání. Optimální varianta pořadí provázení prvních šesti vlaků je znázorněna na obrázku 2-8 jako krok jedna.

Krok 1															
						před omezením	omezení						za omezením		
1	R	808	9:44:00	3	9:47:00	2,0	9:49:00	3,0	9:52:00	0,0	9:52:00	2,5	9:54:30	0,0	9:54:30
2	Ex	100	9:49:30	3,5	9:53:00	2,0	9:55:00	3,0	9:58:00	0,0	9:58:00	2,5	10:00:30	0,0	10:00:30
3	Os	4210	9:49:30	3,5	9:53:00	1,0	9:54:00	3,5	9:57:30	4,5	10:02:00	5,5	10:07:30	0,5	10:08:00
4	R	886	9:57:30	3,5	10:01:00	2,0	10:03:00	3,0	10:06:00	3,0	10:09:00	3,0	10:12:00	0,0	10:12:00
5	Nex	45003	9:48:00	3,5	9:51:30	0,0	9:51:30	3,5	9:55:00	16,0	10:11:00	5,5	10:16:30	0,0	10:16:30
6	Z	52333	9:50:00	4	9:54:00	2,0	9:56:00	5,0	10:01:00	17,0	10:18:00	5,0	10:23:00	0,0	10:23:00
7	Nex	45001	10:22:00	3,5	10:25:30	0,0	10:25:30	3,5	10:29:00	0,0	10:29:00	4	10:33:00	0,0	10:33:00

Obrázek 2-8 – Model krátkodobé predikce jízdy vlaků krok jedna

Zdroj: (autor)

Každý krok kromě kroku nula má jednotlivé fáze. Tím, že kroky jedna až n musejí být vypočítávány pro jednotlivé vazby z obrázku 2-2, ale výpočet je kromě drobných rozdílů shodný, je výpočet představen na vazbě 2. Rozdíly pro ostatní vazby jsou zahrnuty ve vzorcích 13, 14, 19, 20, 24, 25, 27, 30, 31, 35, 36, 42. V těchto vzorcích jsou veličiny, u kterých je potřeba provést změnu v závislosti na vazbě, označeny následujícím způsobem. Takovéto veličiny, které podléhají změně, jsou označeny velkou číslicí 2, což značí vazbu, viz příklad $mPIK2$. Veličiny s čísly případně s písmenem n v dolních indexech značí pořadí vlaku.

V první fázi dochází k sestavení mezivýpočtu pro první vlak, viz obrázek 2-9, a to pro každou ze 720 variant. Každá jednotlivá varianta zastupuje jeden typ pořadí jízdy vlaků. V tomto mezivýpočtu pro první vlak dochází k výpočtu základních hodnot pomocí níže uvedených vzorců 12 až 15. Vstupními hodnotami je teoretický možný čas odjezdu / průjezdu daného vlaku z dopravní C a D, viz obrázek 2-2, který je pro první vlak shodný s modelovým vstupním časem prvního vlaku. Teoretickým možným časem odjezdu / průjezdu vlaku je myšlen čas, kdy vlak vstupuje do jedné z vazeb, viz obrázek 2-2 neboli šipky. Jak bylo uvedeno, v tomto konkrétním případě se jedná o vazbu 2. Na obrázku 2-9 je hodnota teoreticky možného času odjezdu / průjezdu znázorněna modrým řádkem. Dalšími vstupními hodnotami jsou modelové provozní intervaly, vztahující se k úseku s infrastrukturním omezením opět vazba 2 z obrázku 2-2, konkrétní hodnoty jsou uvedeny v tabulce 2-8. Všechny potřebné vstupní údaje pro všechny vazby jsou uvedené v tabulce 2-8, kromě TJŘ. Dále to jsou jízdní doby daného vlaku a směru jízdy prvního a druhého vlaku. Směr jízdy s hodnotou „1“ značí směr

z Huštěnovic do Napajedel, směr jízdy s hodnotou „2“ značí směr z Napajedel do Huštěnovic. Tento princip označování směrů jízdy vlaků je shodný pro celý model.

vlak 1	odjezd 1. vlaku	9:52:00
	křižování vlaků	9:56:00
	následná jízda	9:54:00
	do ŽST vlak 1.	1
	do ŽST vlak 2.	2
	Jízdní doba	2,5
	modelový = aktuální příjezd	9:54:30

Obrázek 2-9 – Mezivýpočet pro první vlak

Zdroj: (autor)

$$t_{o1V} = t_{mv1V} = t_{Ao1V} \quad (12)$$

$$KV_{1v} = \begin{cases} t_{Ao1V} + \frac{JD_{1V} + mPIK2}{1440} \dots \text{ve vazbě "2"} \\ t_{Ao1V} \dots \text{ve vazbě "1 A, 1 B, 3 A, 3B"} \end{cases} \quad (13)$$

$$NJ_{1v} = \begin{cases} t_{Ao1V} + \frac{mPINJ2}{1440} \dots \text{jízda v prostorových oddílech} \\ t_{Ao1V} + \frac{JD_{1V} + mPINJ2b}{1440} \dots \text{jízda v mezistaničních úsecích} \end{cases} \quad (14)$$

$$t_{mp1V} = t_{Ap1V} = t_{Ao1V} + \frac{JD_{1V}}{1440} \quad (15)$$

kde:

- t_{o1V} – „odjez 1. vlaku“, teoreticky možný odjezd / průjezd prvního vlaku [hh:mm:ss]
- t_{mv1V} – modelový vstupní čas prvního vlaku [hh:mm:ss]
- t_{Ao1V} – čas odjezdu / průjezdu prvního vlaku, který je využíván ve výpočtu [hh:mm:ss]
- KV_{1v} – „křižování vlaků“, jedná se o nejdřívější možný čas odjezdu / průjezdu druhého vlaku, v případě jízdy druhého vlaku opačným směrem než vlak první [hh:mm:ss]
- JD_{1V} – „Jízdní doba“, jízdní doba prvního vlaku [min]
- $mPIK2$ – modelový provozní interval křižování pro úsek s infrastrukturním omezením, v závislosti na směru jízdy následného vlaku, viz tabulka 2-8 [min]
- NJ_{1v} – „následná jízda“, jedná se o nejdřívější možný čas odjezdu / průjezdu druhého vlaku, v případě jízdy druhého vlaku stejným směrem jako vlak první [hh:mm:ss]
- $mPINJ2$ – modelový provozní interval následné jízdy pro úsek s infrastrukturním omezením, v závislosti na směru jízdy následného vlaku, viz tabulka 2-8 [min]
- $mPINJ2b$ – modelový provozní interval následné jízdy pro úsek s infrastrukturním omezením, v závislosti na směru jízdy následného vlaku, jedná se o hodnotu následné jízdy v případě jízdy v mezistaničních úsecích [min]
- t_{mp1V} – „modelový příjezd“, čas příjezdu prvního vlaku [hh:mm:ss]

- t_{Ap1V} – „aktuální příjezd“, aktuální čas příjezdu prvního vlaku [hh:mm:ss]

Druhou fází pro každou ze 720 variant je sestavení mezivýpočtu pro druhý vlak, viz obrázek 2-10. Vstupní hodnoty mají stejný základ jako první mezivýpočet. Dále do této fáze vstupují hodnoty z prvního mezivýpočtu. Hodnoty v této fázi byly získány pomocí níže uvedených vzorců 16 až 26.

vlak 2	odjezd 2. vlaku	10:04:00
	modelový vstup (odjezd)	9:56:00
	odjezd aktuální	10:04:00
	pravidelná jízdní doba	2,5
	předběžný příjezd (var. A)	10:06:30
	dodržení modelového PIPV	1
	teoretická jízdní doba	5
	modelový příjezd	9:58:30
	předběžný příjezd (var. B)	10:09:00
	pomocný výpočet	3,0
	1. pomalý a 2. rychlý vlak	1
	aktuální příjezd	10:09:00
	zpoždění	10,5
	do ŽST vlak 2.	2
do ŽST vlak 3.	1	

Obrázek 2-10 – Mezivýpočet pro druhý vlak

Zdroj: (autor)

$$t_{o2V} = \begin{cases} KV_{1v} \cdots sj_{1V} = sj_{2V} \\ NJ_{1v} \cdots sj_{1V} \neq sj_{2V} \end{cases} \quad (16)$$

$$t_{Ao2V} = \begin{cases} t_{o2V} \cdots t_{o2V} > t_{mv2V} \\ t_{mv2V} \cdots t_{o2V} \leq t_{mv2V} \end{cases} \quad (17)$$

$$t_{pp2VA} = t_{Ao2V} + \frac{JD_{2V}}{1440} \quad (18)$$

$$dmPIP_{2V} = \begin{cases} 1 \cdots t_{pp2VA} - \frac{mPIP_{2V}}{1440} < t_{Ap1V} \\ 0 \cdots t_{pp2VA} - \frac{mPIP_{2V}}{1440} \geq t_{Ap1V} \end{cases} \quad (19)$$

$$t_{JD_{2V}} = \left\{ \left\{ \left\{ \begin{array}{l} JD_{2V} \cdots JD_{1V} \leq JD_{2V} \\ \mathbf{a} \cdots JD_{1V} > JD_{2V} \end{array} \right\} \cdots sj_{1V} = sj_{2V} \right\} \cdots dmPIP_{2V} = 1 \right. \\ \left. \left. \begin{array}{l} JD_{2V} \cdots sj_{1V} \neq sj_{2V} \\ JD_{2V} \cdots dmPIP_{2V} \neq 1 \end{array} \right\} \right. \quad (20)$$

$$\mathbf{a} = \left[\left(t_{Ap1V} + \frac{mPIN_{2V}}{1440} \right) - t_{Ao2V} \right] \cdot 1440$$

$$t_{mp2V} = t_{mv2V} + \frac{JD_{2V}}{1440} \quad (21)$$

$$t_{pp2VB} = t_{Ao2V} + \frac{tJD_{2V}}{1440} \quad (22)$$

$$PV_{2V} = (t_{pp2VB} \cdot 1440) - (t_{Ap1V} \cdot 1440) \quad (23)$$

$$pPdR_{2V} = \begin{cases} \{0 \dots PV_{2V} > mPIPV2\} \dots s_{j1V} = s_{j2V} \\ \{1 \dots PV_{2V} \leq mPIPV2\} \\ \{0 \dots PV_{2V} > mPINJ2\} \dots s_{j1V} \neq s_{j2V} \\ \{2 \dots PV_{2V} \leq mPINJ2\} \end{cases} \quad (24)$$

$$t_{Ap2V} = \begin{cases} t_{Ap1V} + \frac{mPIPV2}{1440} \dots pPdR_{2V} = 1 \\ t_{Ap1V} + \frac{mPINJ2}{1440} \dots pPdR_{2V} = 2 \\ t_{pp2VB} \dots pPdR_{2V} = 0 \end{cases} \quad (25)$$

$$Z_{s2V} = (t_{Ap2V} - t_{mp2V}) \cdot 1440 \quad (26)$$

kde:

- t_{o2V} - „odjezd 2. vlaku“, teoreticky možný odjezd / průjezd druhého vlaku [hh:mm:ss]
- KV_{1V} - „křižování vlaků“, jedná se o nejdřívější možný čas odjezdu / průjezdu druhého vlaku, v případě jízdy druhého vlaku opačným směrem než vlak první [hh:mm:ss]
- M_{1V} - „následná jízda“, jedná se o nejdřívější možný čas odjezdu / průjezdu druhého vlaku, v případě jízdy druhého vlaku stejným směrem jako vlak první [hh:mm:ss]
- s_{j1V} - směr jízdy prvního vlaku, nabývá hodnot 1 a 2 [-]
- s_{j2V} - směr jízdy druhého vlaku, nabývá hodnot 1 a 2 [-]
- t_{Ao2V} - „odjezd aktuální“, čas odjezdu / průjezdu druhého vlaku, který je využíván ve výpočtu [hh:mm:ss]
- t_{mv2V} - „modelový vstup (odjezd)“, modelový vstupní čas druhého vlaku [hh:mm:ss]
- t_{pp2VA} - „předběžný příjezd (var. A)“, předběžný příjezd druhého vlaku varianta A [hh:mm:ss]
- JD_{2V} - „jízdni doba“, jízdni doba druhého vlaku [min]
- $mPINJ2$ - modelový provozní interval následné jízdy pro úsek s infrastrukturním omezením, v závislosti na směru jízdy následného vlaku, viz tabulka 2-8 [min]
- $dmPIPV_{2V}$ - „dodržení modelového PIPV“, jde o dodržení provozního intervalu pro druhý vlak, tato proměnná nabývá dvou hodnot 0 a 1, nula znamená, že interval je dodržen, jedna interval není dodržen [-]

- $mPIPV2$ – modelový provozní interval postupných vjezdů pro úsek s infrastrukturním omezením, v závislosti na směru jízdy předchozího vlaku, viz tabulka 2-8 [min]
- t_{Ap1V} – „aktuální příjezd“, aktuální čas příjezdu prvního vlaku [hh:mm:ss]
- tJD_{2V} – „teoretická jízdni doba“, pomocný výpočet vlaku pro druhý vlak [min]
- t_{mp2V} – „modelový příjezd“, čas příjezdu druhého vlaku [hh:mm:ss]
- t_{pp2VB} – „předběžný příjezd (var. B)“ předběžný příjezd druhého vlaku varianta B [hh:mm:ss]
- PV_{2V} – „pomocný výpočet“, pomocný výpočet pro druhý vlak [-]
- $pPdR_{2V}$ – „1. pomalý a 2. rychlý vlak“, pomocný výpočet, pro druhý vlak, tato proměnná nabývá tří hodnot 0, 1 a 2, nula znamená, že první vlak je rychlejší nebo stejně rychlý jak druhý vlak, jednička znamená, že první vlak je pomalejší než druhý, dvojka se využívá u jednosměrného pojiždění [-]
- Z_{s2V} – zpoždění druhého vlaku, vzniklé z důvodu sledu vlaků [min]

Třetí fází je výpočet pro n -tý vlak, je podobný jako pro druhý vlak. Struktura výsledků je shodná jako u druhého mezivýpočtu, viz obrázek 2-8. V tomto mezivýpočtu pro n -tý vlak dochází k výpočtu pomocí níže uvedených vzorců 27 až 37. Vzorce 27 až 37 vycházejí ze vzorců pro druhý vlak neboli vzorce 16 až 26. Vzorce 16 až 26 byly zobecněny tak, aby je bylo možno použít pro n -tý vlak neboli vznikly vzorce 27 až 37. Pro správnou funkci musely být ve vzorcích 27 a 36 dodatečně oproti vzorcům pro druhý vlak (vzorce 16 a 25) přidány kontrolní podmínky pro zajištění relevantních výsledků pro všechny možné stavy výpočtu.

$$t_{o(n)V} = \begin{cases} \mathbf{b} \cdots t_{mv(n-1)V} \cdot 1440 \neq JD_{(n-1)V} \\ t_{Ao(n-1)V} \cdots t_{mv(n-1)V} \cdot 1440 = JD_{(n-1)V} \end{cases}$$

$$\mathbf{b} = \begin{cases} \mathbf{c} \cdots Sj_{(n-1)V} = Sj_{(n)V} \\ t_{Ap(n-1)V} + \frac{mPIK2}{1440} \cdots Sj_{(n-1)V} \neq Sj_{(n)V} \end{cases} \quad (27)$$

$$\mathbf{c} = \begin{cases} t_{Ao(n-1)V} + \frac{mPINJ2}{1440} \cdots \text{jízda v prostorových oddílech} \\ t_{Ao(n-1)V} + \frac{JD_{(n-1)V} + mPINJ2b}{1440} \cdots \text{jízda v mezistaničních úsecích} \end{cases}$$

$$t_{Ao(n)V} = \begin{cases} t_{o(n)V} \cdots t_{o(n)V} > t_{mv(n)V} \\ t_{mv(n)V} \cdots t_{o(n)V} \leq t_{mv(n)V} \end{cases} \quad (28)$$

$$t_{pp(n)VA} = t_{Ao(n)V} + \frac{JD_{(n)V}}{1440} \quad (29)$$

$$dmPIP_{(n)V} = \begin{cases} 1 \cdots t_{pp(n)VA} - \frac{mPIP_{V2}}{1440} < t_{Ap(n-1)V} \\ 0 \cdots t_{pp(n)VA} - \frac{mPIP_{V2}}{1440} \geq t_{Ap(n-1)V} \end{cases} \quad (30)$$

$$t_{JD(n)V} = \left\{ \left\{ \begin{array}{l} \{ JD_{(n)V} \cdots JD_{(n-1)V} \leq JD_{(n)V} \\ \mathbf{d} \cdots JD_{(n-1)V} > JD_{(n)V} \end{array} \right\} \cdots s_{j(n-1)V} = s_{j(n)V} \right\} \cdots dmPIP_{(n)V} = 1 \\ \left\{ \begin{array}{l} JD_{(n)V} \cdots s_{j(n-1)V} \neq s_{j(n)V} \\ JD_{(n)V} \cdots dmPIP_{(n)V} \neq 1 \end{array} \right\} \quad (31)$$

$$\mathbf{d} = \left[\left(t_{Ap(n-1)V} + \frac{mPIN_{J2}}{1440} \right) - t_{Ao(n)V} \right] \cdot 1440$$

$$t_{mp(n)V} = t_{mv(n)V} + \frac{JD_{(n)V}}{1440} \quad (32)$$

$$t_{pp(n)VB} = t_{Ao(n)V} + \frac{t_{JD(n)V}}{1440} \quad (33)$$

$$PV_{(n)V} = (t_{pp(n)VB} \cdot 1440) - (t_{Ap(n-1)V} \cdot 1440) \quad (34)$$

$$pPdR_{(n)V} = \begin{cases} \left\{ \begin{array}{l} 0 \cdots PV_{(n)V} > mPIP_{V2} \\ 1 \cdots PV_{(n)V} \leq mPIP_{V2} \end{array} \right\} \cdots s_{j(n-1)V} = s_{j(n)V} \\ \left\{ \begin{array}{l} 0 \cdots PV_{(n)V} > mPIN_{J2} \\ 2 \cdots PV_{(n)V} \leq mPIN_{J2} \end{array} \right\} \cdots s_{j(n-1)V} \neq s_{j(n)V} \end{cases} \quad (35)$$

$$t_{Ap(n)V} = \begin{cases} \mathbf{e} \cdots t_{mv(n)V} \cdot 1440 \neq JD_{(n)V} \\ t_{Ao(n-1)V} \cdots t_{mv(n)V} \cdot 1440 = JD_{(n)V} \end{cases}$$

$$\mathbf{e} = \begin{cases} t_{Ap(n-1)V} + \frac{mPIP_{V2}}{1440} \cdots pPdR_{(n)V} = 1 \\ t_{Ap(n-1)V} + \frac{mPIN_{J2}}{1440} \cdots pPdR_{(n)V} = 2 \\ t_{pp(n)VB} \cdots pPdR_{(n)V} = 0 \end{cases} \quad (36)$$

$$Z_{s(n)V} = (t_{Ap(n)V} - t_{mp(n)V}) \cdot 1440 \quad (37)$$

kde:

- $t_{o(n)V}$ – „odjezd n-tého vlaku“, teoretický možný odjezd / průjezd n-tého vlaku [hh:mm:ss]
- $s_{j(n)V}$ – směr jízdy n-tého vlaku, nabývá hodnot 1 a 2 [-]
- $mPIN_{J2}$ – modelový provozní interval následné jízdy pro úsek s infrastrukturním omezením, v závislosti na směru jízdy následného vlaku, viz tabulka 2-8 [min]
- $mPIK_{2}$ – modelový provozní interval křižování pro úsek s infrastrukturním omezením, v závislosti na směru jízdy následného vlaku, viz tabulka 2-8 [min]

- $mPIN\textit{2b}$ – modelový provozní interval následné jízdy pro úsek s infrastrukturním omezením, v závislosti na směru jízdy následného vlaku, jedná se o hodnotu následné jízdy v případě jízdy v mezistaničních úsecích [min]
- $t_{Ao(n)V}$ – „odjezd aktuální“, čas odjezdu / průjezdu n-tého vlaku, který je využíván ve výpočtu [hh:mm:ss]
- $t_{mv(n)V}$ – „modelový vstup (odjezd)“, modelový vstupní čas n-tého vlaku [hh:mm:ss]
- $t_{pp(n)VA}$ – „předběžný příjezd (var. A)“, předběžný příjezd n-tého vlaku varianta A [hh:mm:ss]
- $JD_{(n)V}$ – „jízdni doba“, jízdni doba n-tého vlaku [min]
- $dmPIP_{(n)V}$ – „dodržení modelového PIP“, jde o dodržení provozního intervalu pro n-tý vlak, tato proměnná nabývá dvou hodnot 0 a 1, nula znamená, že interval je dodržen, jedna interval není dodržen [-]
- $mPIP\textit{2}$ – modelový provozní interval postupných vjezdů pro úsek s infrastrukturním omezením, v závislosti na směru jízdy předchozího vlaku, viz tabulka 2-8 [min]
- $t_{Ap(n-1)V}$ – „aktuální příjezd“, aktuální čas příjezdu předchozího vlaku (n-1 vlak) [hh:mm:ss]
- $tJD_{(n)V}$ – „teoretická jízdni doba“, pomocný výpočet vlaku pro n-tý vlak [min]
- $t_{mp(n)V}$ – „modelový příjezd“, čas příjezdu n-tého vlaku [hh:mm:ss]
- $t_{pp(n)VB}$ – „předběžný příjezd (var. B)“ předběžný příjezd n-tého vlaku varianta B [hh:mm:ss]
- $PV_{(n)V}$ – „pomocný výpočet“, pomocný výpočet pro n-tý vlak [-]
- $pPdR_{(n)V}$ – „1. pomalý a 2. rychlý vlak“, pomocný výpočet, pro n-tý vlak, tato proměnná nabývá tří hodnot 0, 1 a 2, nula znamená, že první vlak je rychlejší nebo stejně rychlý jak druhý vlak, jednička znamená, že první vlak je pomalejší než druhý, dvojka se využívá u jednosměrného pojíždění [-]
- $Z_{s(n)V}$ – zpoždění n-tého vlaku, vzniklé z důvodu sledu vlaků [min]

Součástí čtvrté fáze v prvním kroku, respektive poslední fázi každého kroku, je výpočet jízdni dob s přírážkami k rozjezdu, které modelu přinášejí reálnější odhad jízdni doby. Toto zpřesnění jízdni doby probíhá v úseku mezi dopravnami s kolejovým rozvětvením. Proces přidání přírážek k jízdni dobám funguje tak, že se využívají data a velikosti zpoždění z předchozích fází modelu. V tomto popisovaném případě prvního kroku se využijí data z výpočtu předchozích třech fází. V kroku dva by se použila data z mezivýpočtů prvních dvou fází. V krocích tři až n-tý krok by se použily mezivýpočty z první fáze.

Obrázek 2-11 znázorňuje jednu z variant výsledného výpočtu předposlední fáze každého z kroků, kromě kroku nula. Pro poslední fázi v každém kroku modelu se využijí hodnoty zpoždění ve žlutě zvýrazněném řádku z obrázku 2-11, a to pomocí níže uvedeného vzorce 38, a díky tomu se stanoví přírážky k rozjezdu každé ze 720 variant.

Číslo vlaku	808	45003	100	4210	52333	886
Zpoždění	0,0	0,0	0,5	6,5	7,0	11,5
odjezd	9:52:00	9:56:00	9:59:00	9:58:00	10:01:00	10:03:00
jízdní doba	2,5	4,0	3,5	5,5	5,0	3,5
ŽST	2	2	2	1	1	2
Pořadí	1					
		1				
			1			
				1		
					1	
					1	

Obrázek 2-11 – Výsledný mezivýpočet předposlední fáze daného kroku

Zdroj: (autor)

$$JDPkR_{(n)V} = \left\{ \begin{array}{l} JD_{(n)V} \cdots Z_{s(n)V} = 0 \\ JD_{(n)V} \cdots t_{pobyt(n)V} > 0 \\ JD_{(n)V} + PkR_{(n)V} \cdots t_{pobyt(n)V} = 0 \end{array} \right\} \cdots Z_{s(n)V} \neq 0 \quad (38)$$

kde:

- $JDPkR_{(n)V}$ – jízdní doba n-tého vlaku s přírážkami k rozjezdu [min]
- $JD_{(n)V}$ – „jízdní doba“, jízdní doba n-tého vlaku [min]
- $Z_{s(n)V}$ – zpoždění n-tého vlaku, vzniklé z důvodu sledu vlaků [min]
- $PkR_{(n)V}$ – přírážka k rozjezdu n-tého vlaku, viz tabulka 2-8 [min]
- $t_{pobyt(n)V}$ – doba zastavení vlaku v dopravně před infrastrukturním omezením neboli dopravna před vazbou 2, ŽST C a D viz obrázek 2-2 [min]

Na základě výše popsaného vzorce 38 se zjistí doby s přírážkami k rozjezdu. Tato hodnota jízdní doby s přírážkami k rozjezdu se využije v poslední fázi daného kroku, a to tak, že se do vzorců 12 až 37 vloží místo hodnoty $JD_{(n)V}$ hodnota $JDPkR_{(n)V}$. Po tomto kroku následuje zjištění suboptimální varianty provezených vlaků. Tento výpočet probíhá opět pro každou variantu, a to tak, že je každá varianta bodově ohodnocena na základě účelové funkce.

2.3.2 Popis účelové funkce navrhovaného modelu

Účelovou funkcí je myšlen vzorec 43. Výsledná (optimální nebo suboptimální) varianta je vybírána podle bodového hodnocení. Výsledná varianta, která má nejnižší hodnotu součtu bodů (vzorec 44), což vyjadřuje hodnota výsledného bodového hodnocení VBH . Toto nejnižší bodové hodnocení je na obrázku 2-12 zobrazeno červeným orámováním. Pod touto hodnotou je naopak maximální bodové hodnocení čili nejnepříznivější průvoz vlaků. Povaha výsledku (suboptimální, případně optimální) záleží na počtu vlaků. Tím, že každá varianta je založena na daném pořadí průvozu vlaků, z nalezené výsledné varianty vyplývá i pořadí jízd vlaků úsekem

s infrastrukturním omezením. Toto pořadí provázení je v navrženém modelu krátkodobé predikce jízdy vlaku uvedeno způsobem zobrazeným na obrázku 2-12, kde zeleně orámovaná část značí první variantu průvozu vlaků a modře orámovaná část značí druhou variantu průvozu.

Přirážky na stání	1	0,5	1,5	1	1	1	Mezistaniční úsek	NE						
do ŽST (směr jízdy vlaku)	A	A	B	B	B	A	PIK	1,5	PINJ	2	0,5			
	81,29	3558,77					5247,08							
	22004,68	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2
Varianta	4210	808	45003	886	100	52333	4210	808	45003	886	100	52333		
15	0,0	0,0	0,0	11,5	10,5	11,5	0,0	0,0	0,0	11,5	19,0	8,5		
odjezd	9:45:00	9:52:00	10:01:00	9:53:00	9:57:00	10:01:00	9:45:00	9:52:00	10:01:00	9:53:00	9:57:00	10:01:00		
jízdní doba	5,5	2,5	4,0	3,5	3,5	5,0	5,5	2,5	4,0	3,5	3,5	5,0		
ŽST	1	1	2	2	2	1	1	1	2	2	2	1		
Pořadí	1						2							
	1						1							
		1						1						
			1						1					
				1						1				
					1						1			
						1						1		

Obrázek 2-12 – Výsledné bodové hodnocení a varianty provázení vlaků

Zdroj: (autor)

Výpočet pro jednu z variant je ukázán na obrázku 2-13 a jeho matematický popis, pomocí vzorců 39 až 44 je uveden pod obrázkem 2-13.

Pořadí vlaků		1.	2.	3.	4.	5.	6.
Kategorie vlaku		R	Nex	Ex	Os	Z	R
Odjezd dle jízdního řádu		9:52:00	9:55:00	9:57:00	9:45:00	9:58:00	10:06:00
Modelový vstup (odjezd)		9:52:00	9:56:00	9:59:00	9:58:00	10:01:00	10:03:00
Zpoždění aktuální		0,0	1,0	2,0	13,0	3,0	-3,0
Zpoždění vzniklé sledem vlaků		0,0	0,0	0,5	6,5	7,0	11,5
Zpoždění vzniklé přirážkami k rozjezdu		0,0	0,0	1,0	0,0	1,0	1,0
Celkové zpoždění		0,0	1,0	3,5	19,5	11,0	9,5
Váha přednosti		9,36	8,77	9,94	5,85	0,58	9,36
Směr jízdy "1"	Ex	x	x	x	x	x	x
	5						
	R	x	x	x	x	x	x
	3						
	Os	x	x	x	116,96	x	x
3							
	Nex	x	x	x	x	x	x
25							
Kategorie vlaku bez korekce		x	x	x	x	0,58	x
Směr jízdy "2"	Ex	x	x	9,94	x	x	x
	5						
	R	9,36	x	x	x	x	9,36
	10						
	Os	x	x	x	x	x	x
5							
	Nex	x	8,77	x	x	x	x
30							
Kategorie vlaku bez korekce		x	x	x	x	x	x
Váha přednosti v závislosti na zpoždění		9,36	8,77	9,94	116,96	0,58	9,36
Bodové pro daný vlak		0,00	8,77	34,80	2280,70	6,43	88,89
Bodové hodnocení dané varianty		2419,6					

Obrázek 2-13 – Bodové hodnocení varianty

Zdroj: (autor)

$$Z_{a(n)V} = (t_{m(n)V} \cdot 1440) - (t_{vTJ\check{R}(n)V} \cdot 1440) \quad (39)$$

$$Z_{PkR(n)V} = PkR_{(n)R} = JDPkR_{(n)V} - JD_{(n)V} \quad (40)$$

$$Z_{c(n)V} = Z_{a(n)V} + Z_{s(n)V} + Z_{PkR(n)V} \quad (41)$$

$$BH_{(n)V} = \begin{cases} BH_{PC} \cdots KatV = Ex \vee R \vee Sp \vee Os \\ BH_{NDpz} \cdots KatV = Nex \wedge Vazba = 2 \\ BH_{NDvo} \cdots KatV = Nex \wedge Vazba = 1 A \vee 1 B \vee 3 A \vee 3 B \end{cases} \quad (42)$$

$$BHC_{(x)} = \sum_{n=1}^6 BH_{(n)V} \quad (43)$$

$$VBH = \min_{0 < x \leq 720} BHC_{(x)} \quad (44)$$

kde:

- $Z_{a(n)V}$ – „Zpoždění aktuální“, aktuální zpoždění n-tého vlaku [min]
- $t_{mv(n)V}$ – modelový vstupní čas n-tého vlaku [hh:mm:ss]
- $t_{vTJ\check{R}(n)V}$ – čas vstupu n-tého dle tabelárního jízdního řádu [hh:mm:ss]
- $Z_{PkR(n)V}$ – zpoždění vzniklé přírážkou k rozjezdu pro n-tý vlak [min]
- $PkR_{(n)V}$ – přírážka k rozjezdu n-tého vlaku, viz tabulka 2-8 [min]
- $JDPkR_{(n)V}$ – jízdní doba n-tého vlaku s přírážkami k rozjezdu [min]
- $JD_{(n)V}$ – „Jízdní doba“, jízdní doba n-tého vlaku [min]
- $Z_{c(n)V}$ – „Celkové zpoždění“, celkové zpoždění n-tého vlaku [min]
- $Z_{s(n)V}$ – zpoždění vzniklé z důvodu sledu vlaků pro n-tý vlak [min]
- $BH_{(n)V}$ – bodové hodnocení korekce přednosti pro n-tý vlak [-]
- $KatV$ – Kategorie vlaku z přílohy C [-]
- $Vazba$ – určuje, v jaké části (vazbě) se model nachází, viz obrázek 2-8, proměnná může nabývat hodnot (1 A + 1 B = část před úsekem infrastrukturního omezení, 2 = část v úseku infrastrukturního omezení, 3 A + 3 B = za úsekem s infrastrukturním omezením) [-]
- BH_{PC} – bodové hodnocení korekce přednosti pro kategorie vlaků s přepravou cestujících (Ex, R, Sp, Os) pro všechny úseky [-]
- BH_{NDpz} – bodové hodnocení korekce přednosti pro kategorie nákladních vlaků (Nex) v úseku před a za infrastrukturním omezením [-]
- BH_{NDvo} – bodové hodnocení korekce přednosti pro kategorie nákladních vlaků (Nex) v úseku infrastrukturního omezení [-]
- $BHC_{(x)}$ – „Bodové hodnocení dané varianty“, jedná se o bodové hodnocení jedné z x-té varianty (jedna z 720 variant) [-]
- VBH – Výsledné bodové hodnocení [-]

Vzorce 3 až 6, 8 až 10, 12 až 44 tvoří model krátkodobé predikce jízdy vlaků. Tyto vzorce jsou klíčem k zajištění fungování popsaného modelu. Vzorce 3 až 6 a 39 až 44 tvoří jádro

rozhodovacího algoritmu pro určení suboptimálního provedení. Důležitými vstupy jsou tři typy zpoždění. Konkrétně se jedná o vzorec 39 pro určení aktuální hodnoty zpoždění, se kterým vlak vstupuje do modelu predikce, je shodný pro všechny varianty. Dále zpoždění vzniklé sledem vlaků je pro každou variantu jedinečné, pro tento výpočet se využívají vzorce 12 až 37. Tato jedinečnost zpoždění taktéž platí pro zpoždění vzniklé přírážkou k rozjezdu, pro tento výpočet se využívají vzorce 12 až 38. Po tomto zjištění daných hodnot zpoždění pro každou variantu následuje určení, na jaké vazbě (obrázek 2-2) došlo k sestavení daných hodnot zpoždění. Na základě typu vazby, viz vzorec 42, se určí, jaký vzorec bodového hodnocení ze vzorců 3 až 6 se vybere. Vzorce 3 až 6 díky hodnotám korekce přednosti pro dané kategorie vlaků zajišťují splnění potřebných podmínek pro suboptimální provázení vlaků. Ve vzorcích 3 až 6 je integrovaná podmínka, pokud je zpoždění vlaku záporné neboli vlak má náskok, tak nesmí docházet k tomu, aby dané bodové hodnocení bylo záporné, ale bylo nulové, protože vlak s náskokem se chová jako vlak s nulovou předností.

3 Návrh způsobu využívání modelu při organizování železniční dopravy

Model krátkodobé predikce jízdy vlaků je primárně konstruován pro využití na dvoukolejných tratích, při kterém nastane infrastrukturní omezení na jedné ze dvou traťových kolejí. Ovšem po konstrukci modelu se ukázalo, že potenciál tohoto modelu je daleko vyšší, protože jej lze aplikovat pro normální provoz jako pomůcku pro tvorbu bezkolizní výhledové dopravy na jednokolejných a dvoukolejných tratích.

Princip jízdy vlaků při infrastrukturním omezení jedné ze dvou traťových kolejí se shoduje s principem jízd vlaků na jednokolejných tratích. Algoritmus navrženého modelu lze tedy využít i pro řízení běžného provozu na jednokolejných tratích. Jelikož zde je (roční) jízdní řád navržen bezkolizně, výhoda modelu se projeví až se vznikem zpoždění. Díky aplikaci modelu v případě zpoždění může dojít k lepšímu využití propustnosti daného úseku. Sekundárně model může přinést i jednotný pohled zaměstnanců, jenž organizují a řídí drážní dopravu na výhledovou dopravu. Hlavní přínos modelu nastává při vysoké hodnotě zpoždění vlaků a nutnosti překládat křižování.

3.1 Využívání modelu

Využívání modelu lze rozdělit na dva základní směry online provoz a off-line provoz. Online verzi modelu krátkodobé predikce jízdy vlaků lze využít ve třech úrovních. První úroveň je reálné řízení provozu na pozicích výpravčích a traťových dispečerů. V případě integrace modelu do některé provozní aplikace dojde ke snížení zátěže spojené s komunikací osobní, ale především telefonické, díky zvýšení validity dat v provozních aplikacích. Druhou možnou aplikační úroveň systému je úroveň operativního řízení na pozicích provozních dispečerů, kdy provozní dispečer, díky relevantním datům o výhledové dopravě, bude moci efektivněji plnit své úlohy plánování vlakové dopravy a bude lépe komunikovat s dispečery dopravců. Třetí možnou aplikační úroveň modelu je úroveň plánovací, její přínosy bude možno pocítit na straně dispečerského aparátu dopravců. Přidaná hodnota po implementaci modelu do provozních aplikací manažera infrastruktury a po distribuci dat do provozních systémů dopravců bude přínosem pro strojvedoucí a cestující, od čehož vznikla primární motivace pro vznik modelu. Díky této implementaci zjistí strojvedoucí a cestující předpokládaný odjezd vlaku neboli velikost předpokládaného zpoždění, které s největší pravděpodobností bude i reálným zpožděním. Využití off-line verze se předpokládá jako pomůcka při sestavování výlukových opatření, primárně pro konstrukci VNJR. Přiblížení tohoto používání bylo vysvětleno v kapitole 2.2. Dále by model mohl nalézt uplatnění jako pomůcka při konstrukci ad hoc vlaků jako

kontrola dodržení provozních intervalů. Toto shodné uplatnění modelu krátkodobé predikce jízdy vlaku jako pomůcky pro dodržení provozních intervalů lze taktéž aplikovat do aplikací, které jsou využívány pro sestavu ročního jízdního řádu.

V současné době je zásadní překážkou implementace tohoto systému předpisové „vakuum“. Ovšem závaznému uplatnění v praxi by musela předcházet odborná diskuze, která by potvrdila nebo konkretizovala navržený postup řešení tak, aby se mohl stát závazným. Tedy, aby byl obsažen v předpisech nebo v jiném dokumentu. Od toho by se následně mohla odvíjet implementace do provozních aplikací.

Pro reálné používání v praxi, a tím zajištění nestranného rozhodovatele o suboptimálním provázení vlaků, jeví se nejlepší tuto popsanou účelovou funkci integrovat do prohlášení o dráze, a tak zajistit legislativní oporu navrhovaného algoritmu nebo pro tuto funkci vytvořit technickou specifikaci. Ovšem před samotnou integrací do prohlášení o dráze nebo technické specifikace by bylo potřeba tento model odzkoušet v reálném provozu formou pilotního ověření a zjistit poznatky, jak se tento systém chová a jak jej vnímají obsluhující zaměstnanci.

Pro pilotní ověření se jeví jako nejvhodnější systém podrobit testování na vybraných úsecích dvoukolejných tratí, výhodou by byly tratě řízené z CDP, kde by nebylo nutno řešit přenos informací mezi výpravčými sousedních stanic, což by mohlo být v případě pilotního testování komplikované. U dvoukolejných tratí by bylo vhodné model nasadit jak na úsek, kde trvá dlouhodobá výluka jedné ze dvou traťových kolejí, kde by se validovala korekce přednosti v úseku s infrastrukturním omezením. Tak na trať s běžným provozem, kde by se validovala korekce přednosti jízd vlaků mimo úsek s infrastrukturním omezením. Pokud by k tomuto kroku došlo, mohlo by být z pracovišť získáno potřebné množství dat pro možnou implementaci do prohlášení o dráze, případně technické specifikace.

3.2 Kvalita výstupních dat

Uživateli výstupních dat jsou myšleni zaměstnanci organizující a řídící drážní dopravu, dispečerské aparáty manažera infrastruktury a dopravců, přepravci v nákladní dopravě, cestující a strojvedoucí. Nejvalidnější data o zpoždění potřebují zaměstnanci organizující a řídící drážní dopravu, protože i rozdíl půlminuty může vygenerovat rozdíl několika desítek minut zpoždění pro ostatní vlaky. Díky obecné filozofii řízení dopravy lze dále usoudit, že ostatní skupiny uživatelů také potřebují validní data o předpokládané velikosti zpoždění. Těmto uživatelům se dostávají data ve dvou rovinách. Jedná se o velikost zpoždění za infrastrukturním omezením, které je uváděno ve tvaru 0 až x min. Dále je v současné době užíváno aktuální zpoždění, které

je tvořeno při průjezdu vlaku dopravními body. Součástí aktuálního zpoždění je taktéž prezentace předpokládaného zpoždění, které je ovšem využíváno pouze pro vlaky, jenž čekají na přípojný vlak ve stanici, nikoliv pro prezentaci předpokládaného zpoždění vlaku, který bude projíždět úsekem s infrastrukturním omezením.

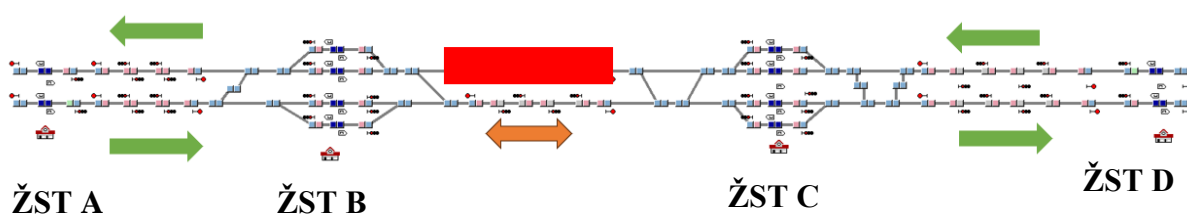
V kapitole 1.3.1 byl představen problém vztahující se k prezentaci předpokládaného zpoždění vlaků na úsecích s infrastrukturním omezením. Hlavní problém je v informování nezainteresovaných dopravních zaměstnanců. Tak jak u místního, tak u dálkového řízení přetrvává problém s informováním nezainteresovaných dopravních zaměstnanců, lépe řečeno nedostatečně se informuje podstatné okolí, viz obrázek 2-2 a jeho šedé vazby a dopravní. Do tohoto zainteresovaného okolí spadají dispečerské aparáty manažera infrastruktury a dopravců, strojvedoucí a cestující. Tento problém s informováním podstatného okolí může odstranit implementace modelu krátkodobé predikce jízdy vlaku. Dále je ale potřeba zachovat nastavená pravidla o informování cestujících dle směrnice SŽ SM100, a to ta, že se hodnota zpoždění zobrazovaná na informačních tabulích zaokrouhlí vždy dolů na číslo končící 0 nebo 5. Ovšem přesnou hodnotu, která bude známa, budou moci cestující zjistit v aplikacích manažera infrastruktury, např. GRAPP nebo v aplikaci dopravce. Tento rozdíl je důležité zachovat z důvodu toho, že přesné zpoždění dostupné v aplikacích manažera infrastruktury a v aplikacích dopravce je informativní a neřeší krácení jízdních dob, případně krácení pobytů. Problém krácení jízdních dob a krácení pobytů neřeší ani informační systémy, ovšem zaměstnanci obsluhující tyto informační systémy mají relevantní data od zaměstnanců organizujících a řídících drážní dopravu, pokud sami takový systém neobsluhují o tom, zda může dojít ke krácení pobytů, jenž jsou z důvodu výstupu a nástupu cestujících.

3.3 Simulační ověření kvality výstupních dat

Kvalita výsledných dat navrženého modelu byla srovnána s výsledky simulace provedené v simulačním programu OpenTrack a okomentována poznatky z praxe. Výsledek jedné ze simulovaných situací je uveden v této kapitole, ostatní situace jsou uvedeny v příloze M. Porovnávání výsledných simulací je provedeno ve čtyřech variantách pro čtyři simulované situace, komentář k výsledným simulacím je součástí této kapitoly. Jízdní řád, který byl vkládán do modelu krátkodobé predikce jízdy vlaků a do programu OpenTrack, je uveden v příloze M.

V simulačním programu OpenTrack byl vytvořen zvolený úsek tratě Staré Město u UH – Otrokovice, viz obrázek 3-1 se všemi potřebnými prvky, které jsou potřebné pro simulaci (přesné polohy návěstidel, výhybek, námezníků, staničních budov a nástupišť). Dále byly

v rámci zjednodušení vytvořeny pouze dvoukolejné vstupní stanice (Staré Město u UH a Otrokovice) tvořící podstatné okolí, viz šedé stanice v obrázku 2-2. Tak jako do navrženého modelu krátkodobé predikce jízdy vlaků, tak i do simulace v OpenTracku byla vložena filozofie pesimistického odhadu dopravní situace, a to pomocí toho, že vlaky v úseku bez infrastrukturního omezení jezdí po správných kolejích, viz zelené šipky v obrázku 3-1. Oranžová šipka v obrázku 3-1 představuje obousměrný provoz na úseku s infrastrukturním omezením. Zvolený úsek tratě je nastaven na simulaci jízdy v prostorových oddílech neboli využívání TZZ typu autoblok.



Obrázek 3-1 – Zvolený úsek tratě vytvořený v programu OpenTrack

Poznámka:

- ŽST A – Staré Město u Uherského Hradiště
- ŽST B – Huštěnovice
- ŽST C – Napajedla
- ŽST D – Otrokovice

Zdroj: (autor)

První variantou jsou výsledky získané ze simulačního programu OpenTrack. Druhou variantou jsou výsledky vytvořené pomocí navrženého modelu krátkodobé predikce jízdy vlaků s konkrétně stanovenými hodnotami modelových provozních intervalů, hodnot korekcí přednosti a přírážek k rozjezdu, viz tabulka 2-8. Třetí variantou jsou výsledky taktéž provedené v navrženém modelu krátkodobé predikce jízdy vlaků, ovšem s tím, že byly změněny hodnoty korekce přednosti jízdy vlaku, ale provozní intervaly a přírážky k rozjezdu zůstaly shodné jako ve druhé variantě. Hodnoty korekce jízdy vlaku pro třetí variantu byly stanoveny obecnými zásadami vycházejícími z prováděcího nařízení k předpisu SŽDC D7 část B a předpisu SŽ D1. Pro poslední čtvrtou variantu byly hodnoty korekce přednosti pro vyloučený úsek „vypnuty“ neboli jejich funkce byla potlačena zadáním vysokých hodnot. Ale opět provozní intervaly a přírážky k rozjezdu zůstaly shodné jako ve druhé variantě. V této čtvrté variantě je provázení vlaků řešeno pouze na základě předností jízdy vlaků z přílohy C neboli tato přednost není ovlivňována hodnotami korekce přednosti jako ve variantách dva a tři. Hodnoty korekcí přednosti pro jednotlivé varianty jsou uvedeny v tabulce 3-1.

Tabulka 3-1 – Hodnota korekce přednosti pro simulační varianty

Hodnota korekce přednosti v úseku s infrastrukturním omezením								
Kategorie vlaku:	Úsek z Huštěnovic do Napajedel				Úsek z Huštěnovic do Napajedel			
	Varianta				Varianta			
	Jedna	Dva	Tři	Čtyři	Jedna	Dva	Tři	Čtyři
Ex	X	5	5	60	X	5	5	60
R	X	3	10	60	X	10	10	60
Os	X	3	10	60	X	5	10	60
Nex	X	25	30	60	X	30	30	60

Zdroj: (16, 18, autor)

Každá simulovaná situace, jak již bylo zmíněno, má čtyři varianty neboli celkem 16 simulovaných možností. Předpokladem simulace uvedené v této kapitole a v příloze M je to, že dané vlaky jedou na čas. Jedním ze zásadních rozdílů je to, že OpenTrack, i když má zadanou pevnou jízdní dobu, tak vzhledem k trakčním vlastnostem vozidla a maximálním rychlostem infrastruktury tvoří nejkratší možnou jízdní dobu a s touto jízdní dobou počítá, a tím vzniká jízda s náskokem, která se vyrovnává ve stanicích s pravidelným pobytém. Další vlastností, která vychází z železniční logiky a předpisů a promítá se do výsledné simulace v OpenTracku, je to, že všem vlakům jsou primárně nastaveny jízdy po hlavních kolejích pro daný směr jízdy vlaku, mimo úsek s infrastrukturním omezením. Zde je realizována jízda pouze po jedné traťové koleji.

U sestavených variant průvozů vlaků (obrázky 3-2 až 3-5) podle OpenTracku nebo navrženého modelu je se potřeba zaměřit na to, jak jsou respektovány zvolené kategorie vlaků neboli respektování přednosti jízd vlaků. Případné odchylky porovnat s hodnotami korekce přednosti, viz tabulka 3-1.

Obrázek 3-2 ukazuje variantu jedna, která představuje provázení vlaků vytvořené pomocí OpenTracku. Při rozboru pořadí jízd vlaků zjistíme, že první provezený vlak R 808 i druhý provezený vlak Os 4210 respektují přednosti jízd vlaků. Ovšem třetí provezený vlak Nex 45003 nerespektuje přednosti jízd vlaků. Toto chybné pořadí se projevuje zpožděním vlaku Ex 100. Jednak vlak Ex 100 získává zpoždění díky čekání na dodržení PINJ a následně kontinuálním nabíráním zpoždění tím, že Nex 45003 má maximální rychlost $100 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$, ale Ex 100 má maximální rychlost $160 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$. Následující vlak R 886 i vlak 52333 ve zbytkové kapacitě jsou provázeny správně. Nesprávnost provezení vlaků může být z pohledu simulačního algoritmu OpenTracku správně. Ovšem takovýto algoritmus neodpovídá požadovanému provázení vlaků místem s infrastrukturním omezením. Algoritmus, jenž v OpenTracku určuje přednost, nemá stále stejná pravidla, nejdříve upřednostní nižší kategorii Nex před Ex a pak s vlakem ve

zbytkové kapacitě naopak správně čeká. Takovéto provázení odpovídá tomu, jako by všechny vlaky měly stejnou kategorii a modle pouze optimalizoval celkové zpoždění všech provezených vlaků. Takovéto provázení vlaků odpovídá algoritmu „bez dopravního citu“, tento problém lze pozorovat i v prvních variantách v příloze M. Získání věrnějšího řešení provozních situací v nástroji OpenTrack (v defaultním nastavení) by patrně bylo možné díky detailnějšímu nastavení preferencí v oblasti v modelu používaných jízdnicích cest. Nicméně tento proces je velmi specifický a lze jej jen nesnadno zobecnit.

Varianta dva, znázorněná na obrázku 3-3, představuje provázení vlaků vytvořené pomocí navrženého modelu krátkodobé predikce jízdy vlaků. Při rozboru pořadí jízd vlaků zjistíme, že první provezený vlak R 808 respektuje přednosti jízd vlaků. Ovšem druhý provezený vlak Os 4210 se jeví, jako kdyby nerespektoval přednosti jízd vlaků. Toto ovšem není relevantní úvaha, protože v tabulce 3-1 je uvedeno, že Os vlaky jedoucí z Huštěnovic do Napajedel mají korekci přednosti jízdy 3 min, naopak vlaky kategorie Ex jedoucí z Napajedel do Huštěnovic mají hodnotu korekce 5 min. Z těchto dat je patrné, že se model zachoval, přesně dle stanoveného zadání. Proto druhý vlak Os 4210 i třetí vlak Ex 100 jsou provázeny úsekem s infrastrukturním omezením správně. Čtvrtý vlak R 886, pátý vlak Nex 45003 i šestý vlak 52333 ve zbytkové kapacitě jsou provázeny tak, že respektují přednosti jízd vlaků. Takováto provázení vlaků nejvíce odpovídají reálnému provázení vlaků neboli splněnému jízdnicímu řádu. Tato kvalitativní vlastnost je představena také v příloze M ve variantě dva.

Varianta tři, znázorněná na obrázku 3-4, představuje provázení vlaků vytvořené pomocí navrženého modelu krátkodobé predikce jízdy vlaků. Při rozboru pořadí jízd vlaků zjistíme, že i když první provezený vlak Nex 45003 jakoby neodpovídá požadavkům stanoveným na základě hodnot korekce přednosti (Nex 30 min), tak tomu tak není. Protože se zde využívá svazkování vlaků, což je v pořádku. Toto svazkování je zapříčiněno tím, že druhý provázený vlak 100 kategorie Ex má nejnižší hodnotu korekce přednosti (Ex 5 min), a navíc se jedná o nejvyšší provázenou kategorii vlaku čili takový vlak by měl projet bez mimořádných zastavení, což je v daném průvozu splněno. Této uvedené myšlence projet s vlakem Ex 100 bez zastavení, která byla stanovena dle uvedené úvahy, jsou podřízeny všechny vlaky. Tím pádem třetí vlak, který projede, je vlak R 808, čtvrtý vlak je Os 4210, dále vlak R 886 a vlak 52333 ve zbytkové kapacitě odpovídá přednosti jízd vlaků. Navržený průvoz vlaků odpovídá obecně stanovenými parametry pro jakoukoliv trať, což přináší kvalitnější průvoz vlaků než v první variantě (OpenTrack) nebo v níže popsané čtvrté variantě (navržený model krátkodobé

predikce jízdy vlaků bez využívání korekce přednosti), ovšem ne tak kvalitní výsledek jako varianta dva. Příloha M ve variantě tři ukazuje další příklady takto nastavené korekce přednosti.

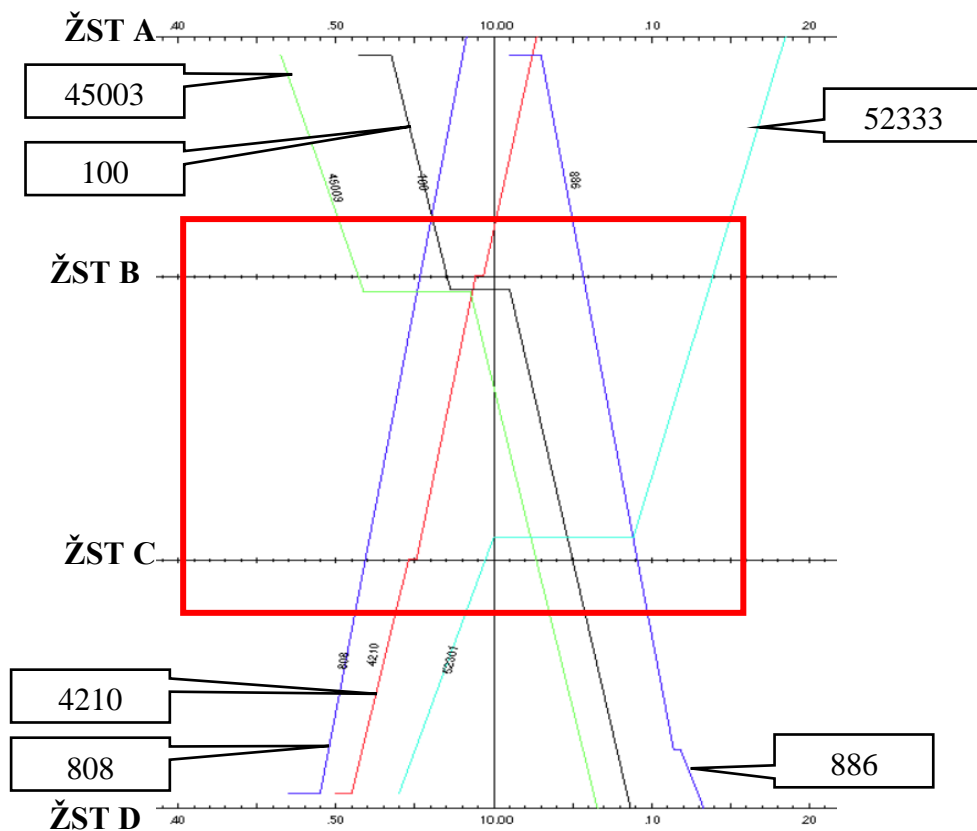
Varianta čtyři, znázorněná na obrázku 3-5, představuje provázení vlaků vytvořené pomocí navrženého modelu krátkodobé predikce jízdy vlaků. Do této varianty nezasahují korekce přednosti jízdy vlaků. Tato varianta striktně dodržuje přednosti jízd vlaků představené v příloze C. Tím pádem sice dojde ke splnění podmínek pro provázení vlaků, ale takovýto průvoz je „bez dopravního citu“. Jak obrázek 3-5, tak další příklady ve variantě čtyři uvedené v příloze M ukazují, že provázení vlaků, striktně řízené pouze kategorií vlaku, je nedostačené, toto tak potvrzuje potřebu přijímat korekce přednosti jízd vlaků, jak je navrženo v modelu.

Sada obrázků 3-2 až 3-5 představuje simulaci první (referenční) situaci. Je zde simulováno provázení šesti vlaků úsekem s infrastrukturním omezením. Tabulka 3-2 představuje kategorie vlaků stanovené pro první situaci. Popis názvů stanic použitý v obrázcích ŽST A – Staré Město u Uherského Hradiště, ŽST B – Huštěnovice, ŽST C – Napajedla, ŽST D – Otrokovice.

Tabulka 3-2 – Kategorie vlaků pro první situaci

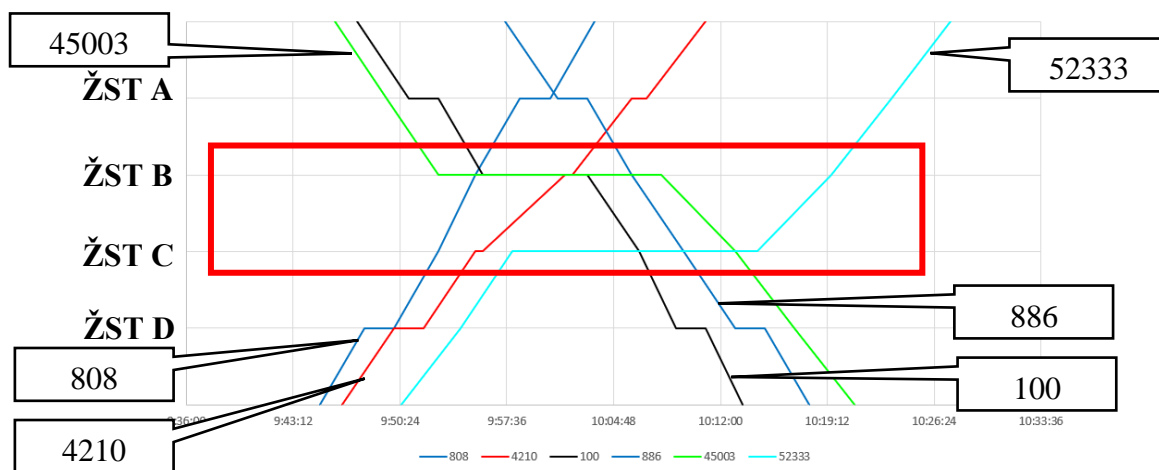
Číslo vlaku	Kategorie	Přirážka k rozjezdu
808	R	0,5
4210	Os	1
100	Ex	1
886	R	1
45003	Nex	1
52333	Zbytková kapacita	1

Zdroj: (autor)



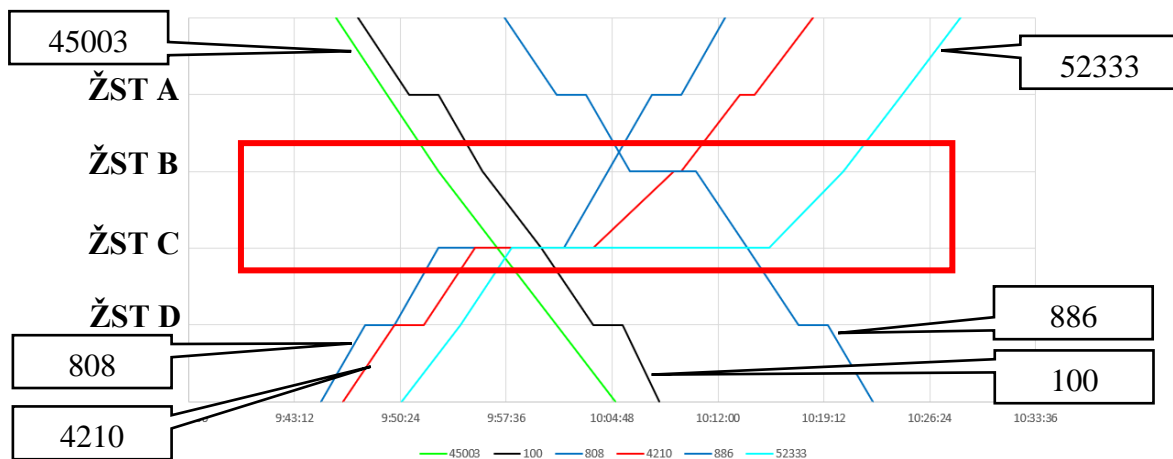
Obrázek 3-2 – Simulace pomocí OpenTracku (situace první, varianta první)

Zdroj: (autor)



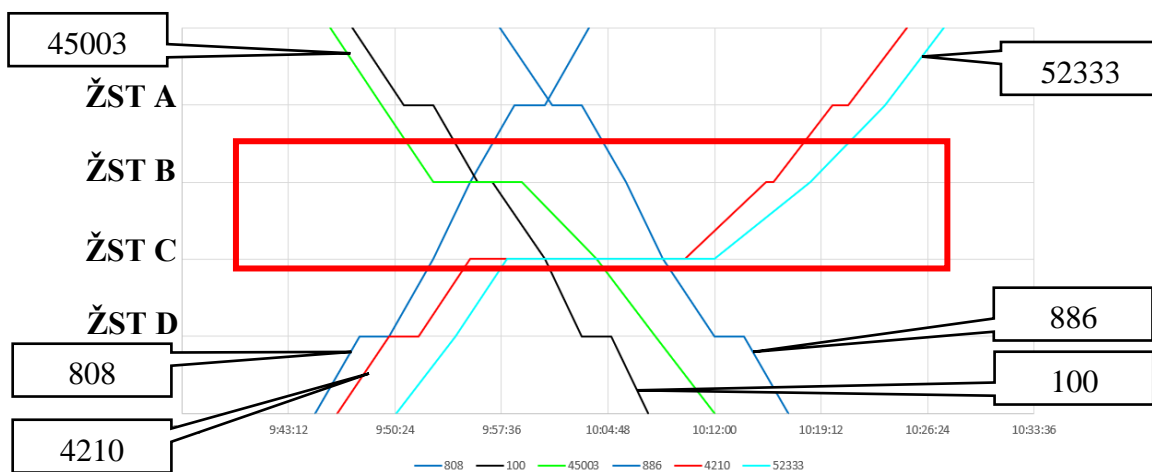
Obrázek 3-3 – Simulace pomocí navrženého modelu (situace první, varianta druhá)

Zdroj: (autor)



Obrázek 3-4 – Simulace pomocí navrženého modelu (situace první, varianta třetí)

Zdroj: (autor)



Obrázek 3-5 – Simulace pomocí navrženého modelu (situace první, varianta čtvrtá)

Zdroj: (autor)

4 Vyhodnocení přínosů

Navržený model v případě zavedení přinese pozitivní přínosy pro zaměstnance organizující a řídicí drážní dopravu neboli pro celý drážní provoz. Přidanou hodnotou tohoto modelu bude snížení stresové zátěže zaměstnanců řídicích a organizujících drážní dopravu, zvláště pak dispečerům na centrálních dispečerských pracovištích. Možnou nástavbou systému krátkodobé predikce jízdy vlaků bude možnost přesného informování strojvedoucích a cestujících o předpokládaném zpoždění vlaku.

Hodnoty předpokládaného zpoždění by se získaly z provozní aplikace, do které by se dal implantovat model krátkodobé predikce jízdy vlaků. V případě implementace navrženého modelu do dané provozní aplikace by, model čerpal potřebná data dle představených předpokladů stanovených v kapitole 2.1. Hodnoty předpokládaného zpoždění vlaků, které budou vytvořeny pomocí navrženého modelu, budou mít vysokou vypovídající hodnotu a přispějí k tomu, že cestující budou mít informaci, kdy daným místem s infrastrukturním omezením projedou a jaké bude výsledné zpoždění. Nejen cestujícím pomůžou tyto informace, taktéž pomůžou i dispečerským aparátům manažera infrastruktury a dopravců. V neposlední řadě mohou přispět k určení předpokládaného dodání zásilky zákazníkům v nákladní dopravě.

Přínos dílčí části modelu tvoří konkrétně bodové hodnocení neboli vzorce 3 až 6, 39 až 42. Účelovou funkcí je myšlen vzorec 43, respektive z něj přímo vycházející vzorec 44, který při implementaci do prohlášení o dráze, případně při vložení do technické specifikace, vytvoří podhoubí pro tvorbu dalších forem modelů predikujících vývoj dopravní situace, např. pro předpokládané obsazení staniční koleje, jenž by simulovalo dopravní situaci v dopravnách s kolejovým rozvětvením. Pokud by došlo k vydání některého legislativního dokumentu, který by obsahoval tuto účelovou funkci, může taktéž dojít k omezení stížností na nesprávné určení sledu vlaků. Tím, že by byl takovýto legislativní dokument vytvořený, tak by bylo dopředu zřejmé, jak se daná dopravní situace vyhodnotí, a tím pádem by mohlo dojít k homogenizaci služby určení sledu vlaků.

V případě ověřovacího provozu nebo ostrého nasazení je potřeba pamatovat na osvětu zaměstnanců organizujících a řídicích drážní dopravu. To konkrétně ve formě vysvětlení těchto hlavních bodů. Model nemůže zcela nahradit jejich práci, ale má primárně sloužit jako pomůcka pro odlehčení stresového rozhodování a odbourat přidanou komunikaci při organizování sledů vlaků se sousedními zaměstnanci organizující a řídicí drážní dopravu. Taktéž může v případě provedení dalších kroků navazujících na predikované provázení vlaku, informovat

strojvedoucí, a tak odbourat nezbytnou komunikaci se strojvedoucími, vycházející z předpisu SŽ D1. Dále v případě schválené účelové funkce v prohlášení o dráze či technické specifikaci dojde při dodržování predikovaného jízdního řádu k minimalizaci kvalitativních odchylek v provozu, typicky zpoždění. Dále vysvětlit proměnné vstupující do modelu a že model je nastaven opatrným neboli pesimistickým způsobem a nepočítá s krácením pravidelných jízdních dob, taktéž nepočítá s krácením dob k výstupu a nástupu cestujících. A taktéž uvést, že model předpokládá s tím, že v případě zastavení z dopravních důvodů se čas odjezdu z dané dopravní bude rovnat času příjezdu neboli zastavení se změní na průjezd. Totéž platí i pro případy, kdy má dopravce v dané dopravně zrušené všechny dopravní úkony.

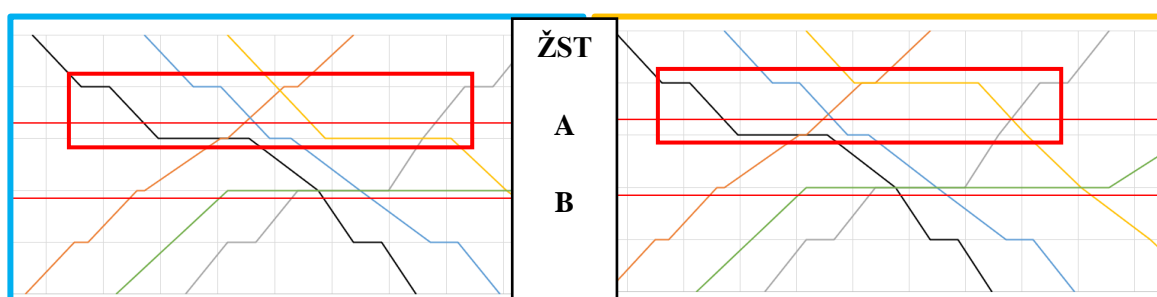
V neposlední řadě podotknout to, že i když nejsou cestující ani zákazníci, čekající na náklad na železničních vozech, přímými zákazníky manažera infrastruktury, potažmo zaměstnanců organizujících a řídících drážní dopravu, tak nepřímo na jejich přepravách (cestujících a nákladu) mají práci. A proto by neměli mít obavy z toho si poradit a vést se od toho simulačního modelu, který jim zajistí suboptimální provázení vlaků, což má za následek eliminaci zpoždění. A může vést k udržení zákazníků na železnici neboli zajištění jejich práce.

Navržený model byl porovnán s programem OpenTrack. Při tomto porovnávání bylo zjištěno, že simulace provázení vlaků v OpenTracku nedosahuje tak kvalitních výsledků hlavně v případech, kdy jsou pro konkrétní úsek stanoveny přesné omezující podmínky (hodnoty korekce přednosti), které vycházejí z předpisů a z prováděcích předpisů pro danou trať.

Jedním z předpokladů navrženého modelu je to, že všechny vlaky, projíždějící simulovaným úsekem, budou mít upravený TJŘ. TJŘ se upraví tak, že všechna zastavení z dopravních důvodů budou předělána na průjezdy neboli vlak pojedí z dané dopravní s náskokem v případě jízdy daného vlaku na čas. K tomuto rušení zastavení z dopravních důvodů dochází za všech hodnot zpoždění i v případech jízdy s náskokem. Tímto krokem se zajistí dosažení vyšší vypovídající schopnosti modelu neboli dosažení efektivnějšího provázení vlaků. Jedná se typicky o zastavení nákladních vlaků z důvodu předjíždění vlaky osobní dopravy nebo se jedná o pobyty z důvodu křižování. Takovéto pobyty z dopravních důvodů se zruší. Tímto krokem je zajištěna lepší kvalita krátkodobé predikce jízdy vlaků.

Navržený model krátkodobé predikce jízdy vlaků nereaguje na stavy, kdy při simulaci dojde k překročení počtu vlaků nad počet provozovaných kolejí v dopravních s kolejovým rozvětvením. Jedná se o stavy, kdy se vlivem určení optimálního sledu vlaků při simulaci takového provázení vlaků nasimuluje stav, kdy je v jeden okamžik více vlaků v dopravně

s kolejovým rozvětvením, než je počet provozovaných staničních kolejí. Tento problém byl při vývoji algoritmu řešen, ovšem nebylo dosaženo ideálního řešení, protože model nedokázal zajistit dodržování všech potřebných provozních intervalů. Dále při stavech, kdy bylo potřeba přesunout dva a více vlaků, jenž splňovaly podmínku, že odjezd prvního vlaku je dřívější, než čas příjezdu druhého vlaku, tak došlo pouze k přesunu vlaku s delším časovým pobytem, nikoliv obou vlaků. Tento stav je znázorněn na obrázku 4-1. Modře orámovaná část ukazuje výchozí dopravní situaci a oranžově orámovaná část znázorňuje přesun pouze žlutého vlaku, nikoliv i černého vlaku.



Obrázek 4-1 – Překročení počtu provozovaných kolejí

Zdroj: (autor)

Model dále neřeší prodloužení provozních intervalů, vznikajících při použití vlakových cest s omezením neboli v případech, kdy závěrová tabulka po určitou dobu neumožní stavět klasickou vlakovou cestu bez omezení. I když na tuto problematiku reaguje směrnice SM 104, tak dynamický rozvoj implementace této funkce do ZZ má za následek zpoždění v implementaci těchto bezpečnostních opatření do aplikací pro tvorbu jízdního řádu, a tím nemožnosti získat reálnou velikost těchto přírážek neboli velikosti provozního intervalu. Případné zapracování této nové proměnné by se v dotčených dopravních v algoritmu modelu změnilo velikosti modelových provozních intervalů.

V kapitole 1.3.2 byla uvedena skutečnost, která souvisí s výkonem dopravní služby zaměstnanců organizujících a řídicích drážní dopravu. Jedná se o generování chybných rozhodnutí, které vyvolají zpoždění a mohou vygenerovat takovému zaměstnanci i finanční postih. Navržený model krátkodobé predikce jízdy vlaku může výrazně pomoci zaměstnancům organizujících a řídicích drážní dopravu a v případě schválení účelové funkce odbřemnit od finančních postihů za chybná rozhodnutí, případně i od mimo příčinných souvislostí s MU.

Řešení této problematiky jde rozdělit do několika úrovní v závislosti na tom, jak velká část navrženého modelu se využije, jak rychle se změní legislativa a jak rychle dojde k vytvoření

kladného vzťahu a dôvery k používaniu navrhovaného algoritmu, prípadne jestli bude ochota se podělit o nedostatky zjištěné v provozu.

První úroveň je využití principu přiřádek k rozjezdu vlaku v závislosti na hmotnosti a řadě hnacího vozidla. Tento jednoduchý model by jen zajistil přepočítání aktuální jízdní doby a zajistil by tak validnější odhad jízdní doby vlaku, který byl mimořádně zastaven a rozjíždí se. Tato úroveň by neřešila predikci bezkolizního jízdního řádu.

Druhou úroveň by bylo využití celého algoritmu, ovšem na úrovni pomůcky, takže zodpovědnost za správný sled by nebyl na algoritmu, ale stále na zaměstnancích organizujících a řídicích drážní dopravu.

Třetí úroveň je schválení metodiky hodnocení zpoždění do prohlášení o dráze nebo technické specifikace a změny filozofie algoritmu z pomůcky na závaznou aplikaci, viz kapitola 1.3.1, a tak přenesení zodpovědnosti určení průvozu vlaků na algoritmus. Tento postup pro tuto legislativní změnu byl zmíněn v kapitole 3.1. Přínos v podobě homogenizaci služby byl uveden v kapitole 4.

Čtvrtou a finální úroveň, která bude mít přínos jak pro místně řízené dopravní, tak i pro dálkově řízené dopravní, je zajištění stejného „myšlení“ o sledu vlaků díky predikci bezkolizního jízdního řádu v některé z využívaných dopravních pomůcek pro zaměstnance organizující a řídicí drážní dopravu, a tím změny železničního paradigmatu. Je potřeba připomenout, že v současné době žádná provozní aplikace neumí automaticky tvořit bezkolizní jízdní řád v reálném provozu. Posledními vzbudami, které by zajišťovaly zdokonalování a vylepšování programu, by byla zpětná komunikace od návrhářů provozních aplikací z hlediska možností model případně navázat i na další data tam obsažená a především pak od zaměstnanců využívajících tento model v provozu.

Podrobnější představu o fungování navrhovaného modelu si je možné vytvořit v příloze N, ale částečně i v komentovaných průvozech v kapitole 3.3 a příloze M. Rozdílem mezi popisovanou kapitolou 3.3, rozšířenou o přílohu M a přílohu N, je to, že v kapitole 3.3 a příloze M jedou všechny vlaky na čas a sleduje se, jak se model mění při změně kategorií vlaků. Kdežto příloha N modeluje stavy, kdy kategorie vlaků jsou stejné, ale mění se zpoždění vlaků.

ZÁVĚR

Navržený model krátkodobé predikce jízdy vlaku mohl být do detailu navržen díky analytické části. V analytické části práce byly rozebrány stavy infrastrukturního omezení, které ze značné části tvoří výluky. Byly uvedeny požadavky na model a zdefinovány požadavky pro jeho používání jak u tratí nevybavených ETCS, tak tratí se smíšeným provozem, tak na tratích s výhradním provozem ETCS. Součástí analytické části bylo uvedení do problematiky toho, jak vysokou úroveň závaznosti může model představovat a jak se chovat k výsledkům modelu v případě, že by se jednalo o pomůcku nebo závaznou aplikaci. Tím, že byl v minulosti zkoušen model podobného charakteru, byla věnována analýza také problémům při testování tohoto modelu a tyto poznatky byly přeneseny do sestavy modelu. Poslední částí analytické části bylo sestavení požadavků na model.

V návrhové části práce byly detailně představeny matematické vzorce pro určení pořadí jízdy vlaku. Při jejich tvorbě bylo zjištěno, že pro jejich přesnou funkci je potřeba velké množství přesných vstupních údajů, aby model mohl optimálně rozhodnout o tom, jaký sled vlaků bude na omezeném úseku tratě optimální či suboptimální v závislosti na počtu vlaků, pro které je provádění vlaků predikováno. Byl také představen princip hledání optimální varianty provádění, který se nad šest vlaků mění v rekurentní princip hledání suboptimální varianty provádění vlaků. V dnešní době všechny tyto vstupní údaje analyzuje a na základě zkušeností, znalostí a dopravního citu rozhoduje zaměstnanec organizující a řídicí drážní dopravu. Součástí této návrhové části je také představení navržené metodiky bodového hodnocení modelu krátkodobé predikce jízdy vlaku. Toto bodové hodnocení tvoří nejdůležitější přínos v podobě navržené účelové funkce. Tato účelová funkce stanovuje, jak dané varianty provádění vlaků hodnotit. Pro vytvoření modelu krátkodobé predikce jízdy vlaku bylo použito prostředí nástroje Microsoft Excel.

Návrhová část taktéž představuje zvolený úsek trati a definuje náležitosti daného infrastrukturního omezení, díky kterým obecně navržený model dostává konkrétní obrysy. Nicméně navržený model při změně vstupních údajů může být použit na jakémkoliv jednokolejném nebo dvojkolejném úseku tratě.

Jak již bylo zmíněno, nejdůležitější složkou navrženého modelu krátkodobé predikce jízdy vlaků jsou vstupní parametry modelu. Pro tato data byla v návrhové části zpracována podrobná metodika, jak daná data získat a jak hodnoty dat ovlivňují model. Otestování této problematiky

v praxi a porovnání s podobným modelem bylo představeno v části simulačního ověření kvality výstupních dat.

Součástí práce je taktéž představení toho, kde by se navržený algoritmus mohl využít a v jaké formě jej používat, zda v on-line či off-line verzi. Další úrovní je představení toho, komu daný algoritmus pomůže a jakou část práce v závislosti na úrovni implementace je model schopný odbourat. Dále je zde pamatováno na to, že data je potřeba distribuovat do provozních aplikací manažera infrastruktury a dopravce tak, aby finální zákazník dostal potřebná data o plánované velikosti zpoždění. Pro vyšší přidanou hodnotu byly představeny možné legislativní, vnitropodnikové úpravy, které by v důsledku zajistily homogenizaci služby určování provázení vlaků, což by byla změna železničního paradigmatu.

SEZNAM POUŽITÝCH INFORMAČNÍCH ZDROJŮ

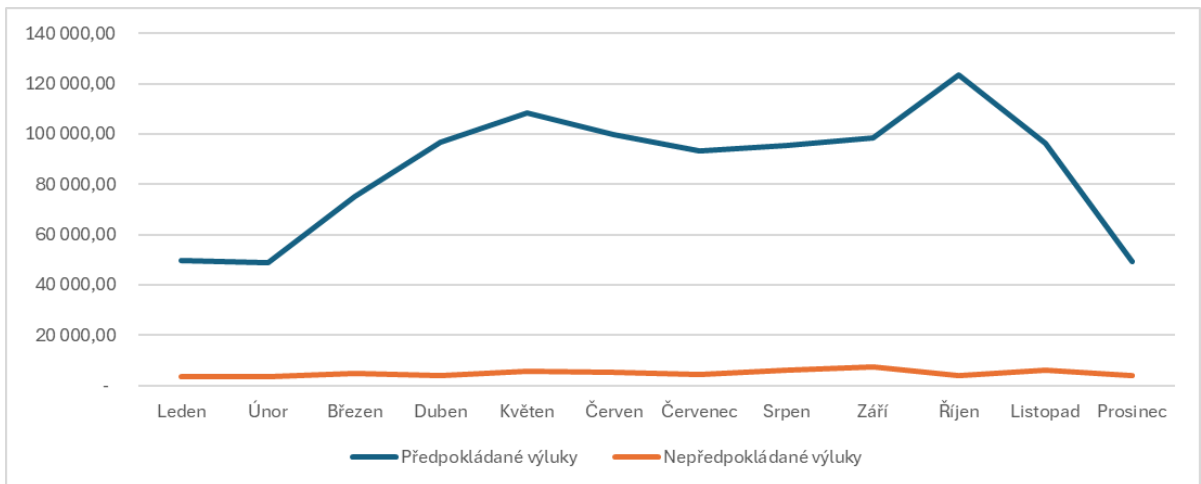
- 1) SPRÁVA ŽELEZNIČNÍ DOPRAVNÍ CESTY, STÁTNÍ ORGANIZACE, 2019. SŽDC SM124 Zjišťování kapacity dráhy. Praha, 128 s.
- 2) ŠUCHA, Matúš, HRUBAN Ivo, DRDLA Pavel, BULÍČEK Josef, Zdeněk, říjen 2017. Dopravně-psychologické posouzení psychické zátěže výpravčích a traťových dispečerů. In: Vědeckotechnický sborník ČD. Praha, s. 20. Dostupné z: doi: č. 44/2017
- 3) SPRÁVA ŽELEZNIC, STÁTNÍ ORGANIZACE, 2022. SŽ D1 ČÁST PRVNÍ Dopravní a návěštní předpis pro tratě nevybavené evropským vlakovým zabezpečovačem [online]. Praha: Správa železnic, státní organizace, 658 s. [cit. 2023.10.22].
- 4) SPRÁVA ŽELEZNIC, STÁTNÍ ORGANIZACE, 2023. Portál provozování dráhy: Výluková opatření a VR. SPRÁVA ŽELEZNIC, STÁTNÍ ORGANIZACE. Rozkazy o výluce [online]. [cit. 2023-11-04]. Dostupné z: <https://provoz.spravazeleznic.cz/Portal/ViewArticle.aspx?oid=1815510>
- 5) SPRÁVA ŽELEZNIC, STÁTNÍ ORGANIZACE, 2024. Nepředpokládané výluky 2023 [elektronický]. Interní zdroj.
- 6) Kalkulačka ceny za použití dráhy jízdou vlaku. Portál provozování dráhy: Aplikace [online]. [cit. 2024-02-20]. Dostupné z: <https://provoz.spravazeleznic.cz/kalkulacka/Vypocet.aspx>
- 7) Statistická ročenka 2022, 2023. In: Statistické ročenky [online]. Praha: Správa železnic, státní organizace, s. 20 [cit. 2024-02-20]. Dostupné z: doi:70994234
- 8) Pokyn generálního ředitele „Pracoviště pro dálkové řízení“, 2021. In: Pokyn generálního ředitele [online]. Praha: Správa železnic, státní organizace, s. 27 [cit. 2024-02-20]. Dostupné z: doi: SŽ PO-01/2021-GR
- 9) SPRÁVA ŽELEZNIC, STÁTNÍ ORGANIZACE, 2022. Provozní řád provozní aplikace ISOŘ [elektronicky]. Ve znění změny č. 1 a 2. Správa železnic, státní organizace, 58 s.
- 10) SPRÁVA ŽELEZNIC, STÁTNÍ ORGANIZACE, 2023. Směrnice pro poskytování informací cestujícím ve stanicích a na zastávkách prostřednictvím provozovatele dráhy. Ve znění změny č. 1 až 3. Správa železnic, státní organizace, 38 s.
- 11) Předpis SŽ (ČD) Z1. Předpis pro obsluhu staničních a traťových zabezpečovacích zařízení. Dlážděná 1003/7, 110 00 Praha 1: Správa železniční dopravní cesty, státní organizace, 2014. Změny č. 1. 422 s [cit. 2023.10.22]

- 12) KŘÍŽAN, Lukáš, 2022. *Přínosy dálkového řízení na trati Staré Město u Uherského Hradiště – Přerov*. Pardubice, 128 s. Dostupné také z: <https://dk.upce.cz/handle/10195/79953>. Bakalářská. Univerzita Pardubice. Vedoucí práce Ing. Martinu Vojtkovi, PhD.
- 13) GAŠPARÍK, Jozef a KOLÁŘ, Jiří. *Železniční doprava: technologie, řízení, grafikony a dalších 100 zajímavostí*. Praha: Grada Publishing, 2017. ISBN 978-80-271-0058-3.
- 14) POLACH, Vlastimil, ŠTURMA Martin, 2017. ASVC příležitost, zkušenost a další rozvoj. Reportér. AŽD Praha, (4), 34-39.
- 15) BULÍČEK, Josef. *Systémová analýza a rozhodování (opora s interaktivními prvky)*. Pardubice: Univerzita Pardubice, 2020.
- 16) SPRÁVA ŽELEZNIC, STÁTNÍ ORGANIZACE, 2013. Směrnice SŽDC č. 104 Provozní intervaly a následná mezidobí. Praha: Správa železnic, státní organizace, 63 s.
- 17) SPRÁVA ŽELEZNIC, STÁTNÍ ORGANIZACE, 2023. Prováděcí nařízení k předpisu SŽDC D7 část B: Zásady řízení provozu na vybraných tratích. Praha: Správa železnic, státní organizace, 116 s. Dostupné také z: <https://provoz.spravazeleznice.cz/Portal/ViewDirective.aspx?oid=1162199>
- 18) SPRÁVA ŽELEZNIC, STÁTNÍ ORGANIZACE, 2014. Portál provozování dráhy. Provozní intervaly a následná mezidobí [online]. [cit. 2024-03-08]. Dostupné z: <https://provoz.spravazeleznice.cz/Portal/ViewArticle.aspx?oid=1816497>
- 19) SPRÁVA ŽELEZNIC, STÁTNÍ ORGANIZACE, 2024. Portál provozování dráhy. Jízdní řády [online (.pdf)]. [cit. 2024-03-18]. Dostupné z: <https://provoz.spravazeleznice.cz/Portal/>
- 20) SPRÁVA ŽELEZNIC, STÁTNÍ ORGANIZACE, 2023. Portál provozování dráhy. Základní dopravní dokumentace: CDP Přerov; PNDOZ_01;02;03;04;05;06;07;08 [online]. [cit. 2023-11-16]. Dostupné z: <https://provoz.spravazeleznice.cz/Portal/Default.aspx>
- 21) SPRÁVA ŽELEZNIC, STÁTNÍ ORGANIZACE, 2014. Portál provozování dráhy. Pomůcky k jízdním řádům [online]. [cit. 2024-03-08]. Dostupné z: <https://provoz.spravazeleznice.cz/Portal/ViewArticle.aspx?oid=1612157>

SEZNAM PŘÍLOH

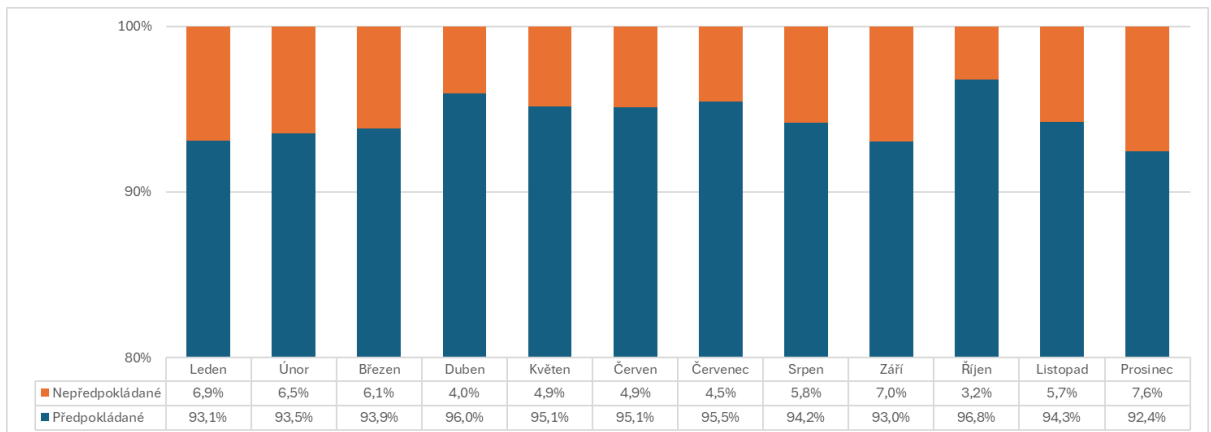
A.	Přehled výluk na síti Správy železnic za rok 2023	86
B.	Gestorský výklad k zajišťování výhybek v logické výhybkové spojení při poruchách ...	89
C.	Přednosti jízdy vlaků	95
D.	Schéma systému	96
E.	Mapa traťových úseků z CDP a RDP	102
F.	Centrální dispečerské pracoviště Přerov	103
G.	Checklandova metodika	108
H.	Vzorec zamknutí zpoždění	110
I.	Pomůcka s typovými jízdními dobami, rychlostmi a brzdícími procenty pro vlaky nákladní dopravy, vlaky osobní dopravy a Lv vlaky	111
J.	Následná mezidobí	114
K.	Maximální hodnota zpoždění	115
L.	Maximální hodnota zpoždění	118
M.	Porovnání navrženého modelu a programu OpenTrack	120
N.	Popis navrženého modelu	127

A. Přehled výluk na síti Správy železnic za rok 2023



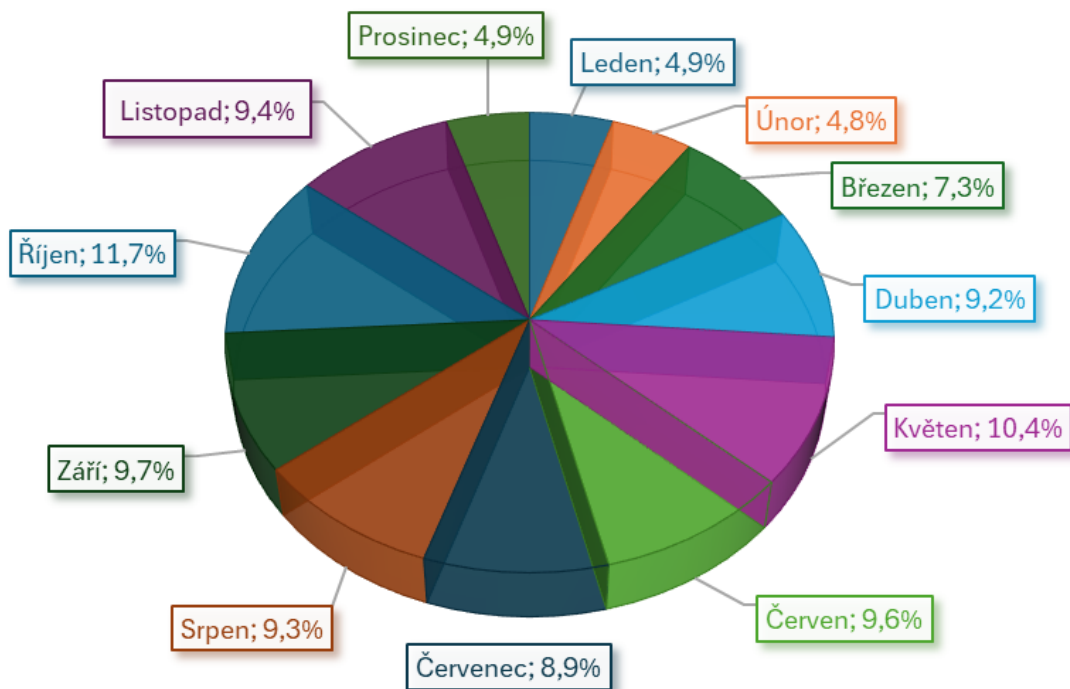
Obrázek A-1 – Grafické znázornění hodinového zastoupení výluk

Zdroj: (4, 5, autor)



Obrázek A-2 – Percentuální zastoupení výluk

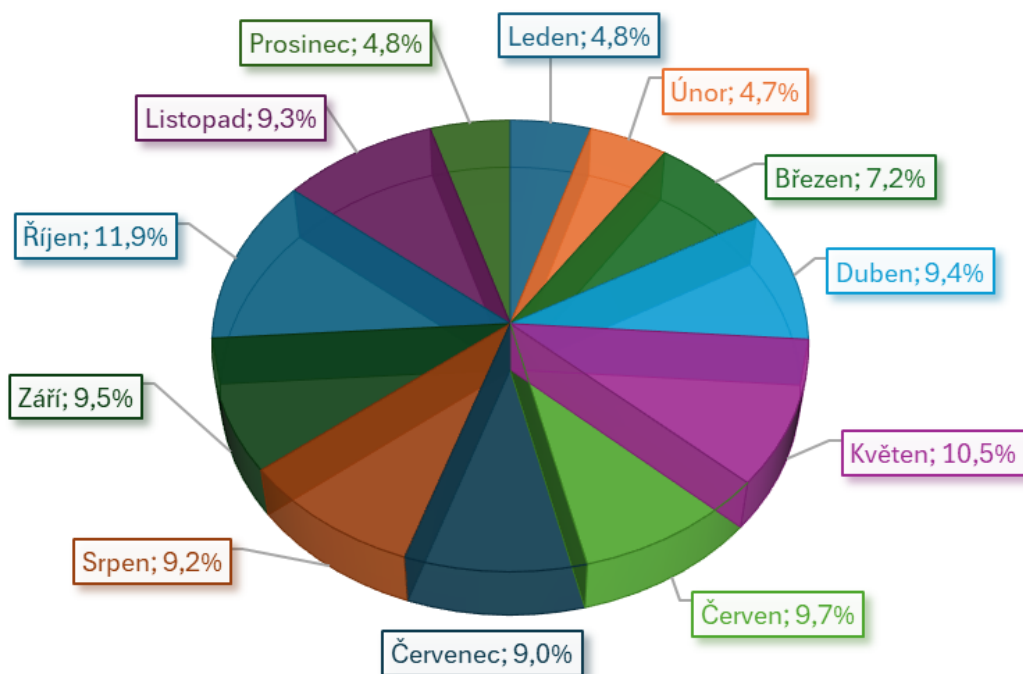
Zdroj: (4, 5, autor)



Obrázek A-3 – Procentuální zastoupení všech výluk v roce 2023

Poznámka: jedno procento činí 10 932,75 hodin výluk

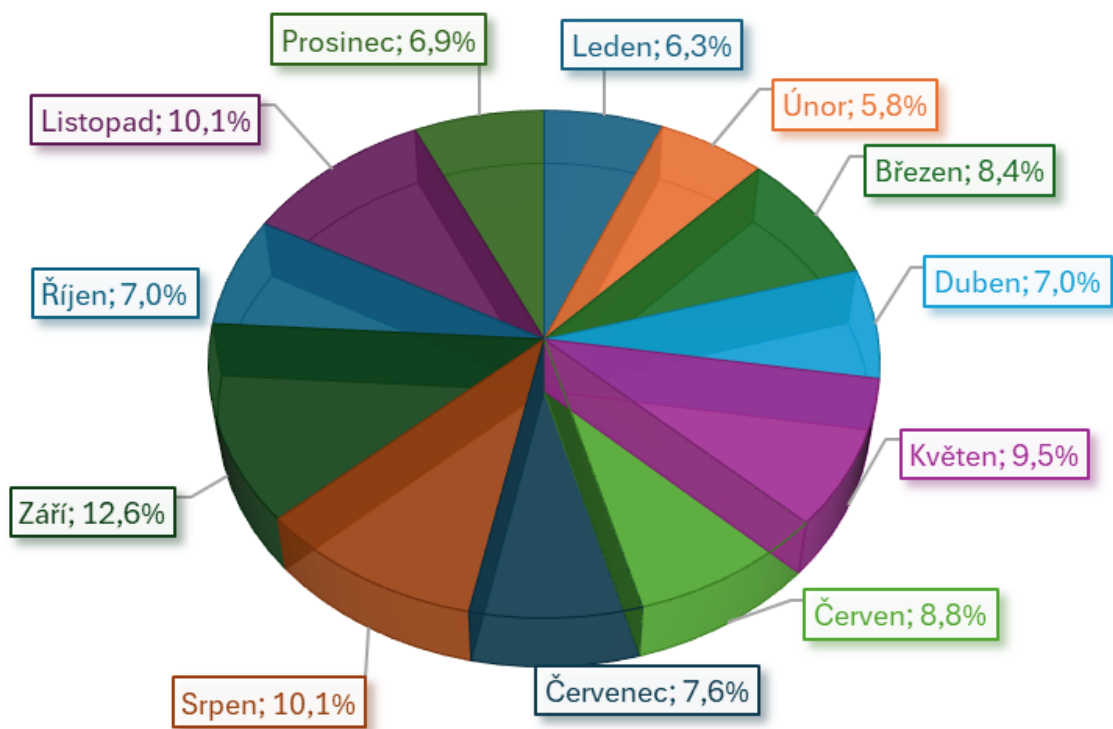
Zdroj: (4, 5, autor)



Obrázek A-4 – Procentuální zastoupení předpokládaných výluk v roce 2023

Poznámka: jedno procento činí 10 348,70 hodin výluk

Zdroj: (4, 5, autor)



Obrázek A-5 – Procentuální zastoupení nepředpokládaných výluk v roce 2023

Poznámka: jedno procento činí 584,04 hodin výluk

Zdroj: (4, 5, autor)

B. Gestorský výklad k zajišťování výhybek v logické výhybkové spojce při poruchách



Váš dopis zn.
Ze dne
Naše zn. 44221/2022-SŽ-GŘ-O11
Listů/příloh 3/0

Vyřizuje David Spisar
Telefon +420 972 325 044
Mobil +420 602 457 743
E-mail spisar@spravazeleznic.cz

Datum 07. července 2022

Dle rozdělovníku
(pouze elektronicky)

Gestorský výklad k zajišťování výhybek v logické výhybkové spojce při poruchách

Pro stanovení jednoznačných podmínek k postupu obsluhujících zaměstnanců při zajišťování výhybky, která je součástí výhybkové logické spojky, vydává Odbor řízení provozu tento gestorský výklad.

Aktuálně jsou v normě TNŽ 34 2620 a v předpisech SŽ T100 a SŽDC (ČD) Z1 stanoveny podmínky pro zajišťování výhybek a výhybek, které jsou součástí výhybkové spojky, pouze všeobecně bez rozlišení, zda se jedná o fyzickou spojku, nebo o logickou spojku.

V návaznosti na ustanovení těchto DAP a na základě stanoviska O14 ze dne 29. června 2022, čj. 46073/2022-SŽ-GŘ-O14, upřesňuje gestorský útvar předpisu SŽDC (ČD) Z1 podmínky pro zajišťování výhybek ve výhybkových spojkách takto:

- 1) Rozlišení výhybkové spojky pro potřeby obslužných předpisů a z hlediska zabezpečovacího zařízení:
 - a) **Fyzická spojka** – z hlediska zabezpečovacího zařízení dvojice výhybek (výhybková spojka), k jejichž přestavování dochází postupně. Po dosažení koncové polohy první přestavované výhybky se začne přestavovat druhá výhybka. Indikace stavu výhybek je zobrazována shodně pro obě výhybky fyzické spojky.
 - b) **Logická spojka** – z hlediska zabezpečovacího zařízení dvojice výhybek (výhybková spojka), k jejichž přestavování dochází nezávisle na sobě. Indikace stavu konkrétní výhybky je zobrazována samostatně, bez ohledu na stav druhé výhybky z této výhybkové spojky.

Vlastní povel k přestavění výhybkové spojky (např. „S+“) ze strany obsluhujícího zaměstnance je vždy společný pro celou výhybkovou spojku (bez ohledu, zda se jedná o fyzickou nebo logickou spojku) a při individuálním přestavování výhybky z JOP lze zadat příslušný povel z menu symbolu libovolné výhybky výhybkové spojky.



Obrázek 1 – Příklad menu fyzické spojky, zobrazeného ze symbolu výhybky č. 1



Obrázek 2 – Příklad menu fyzické spojky, zobrazeného ze symbolu výhybky č. 2



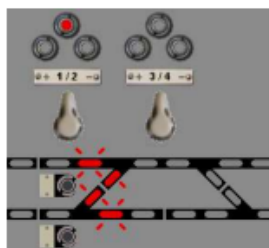
Obrázek 3 – Příklad menu logické spojky, zobrazeného ze symbolu výhybky č. 1



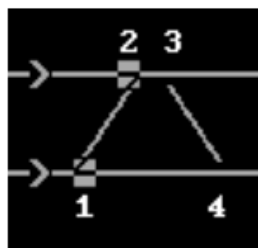
Obrázek 4 – Příklad menu logické spojky, zobrazeného ze symbolu výhybky č. 2

2) Postup obsluhujícího zaměstnance při ztrátě indikace koncové polohy výhybky fyzické spojky:

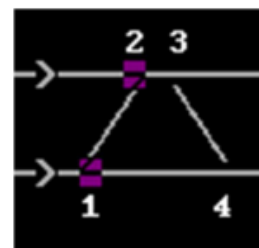
- a) Informace o koncové poloze výhybky je vždy indikována pro celou výhybkovou spojku, bez ohledu, zda je daný stav na jednom prvku nebo obou prvcích.



Obrázek 5 – Příklad indikace ztráty polohy fyzické spojky výhybky 1/2 u SZZ RZZ



Obrázek 6 – Příklad indikace ztráty polohy fyzické spojky výhybky 1/2 u SZZ ovládaného z JOP



Obrázek 7 – Příklad indikace ztráty komunikace fyzické spojky výhybky 1/2 u SZZ ovládaného z JOP

- b) Obsluhující zaměstnanec je povinen pro jízdu drážních vozidel zajistit podmínky stanovené DAP, např. zjištění stavu výhybky, a zda je přestavena do koncové polohy, zavedení dopravních opatření, nouzové zajištění správné koncové polohy výhybky jejím uzamčením v požadované koncové poloze přenosným mechanickým¹ zámekem nebo zámekem, který je na výhybce napevno namontován.

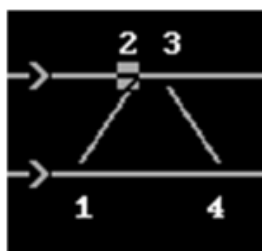
Zajištění správné koncové polohy výhybky (uzamknutí) pro danou jízdní cestu v případě, kdy není indikována její koncová poloha, se u fyzické spojky provádí **vždy u obou výhybek** této fyzické spojky.

- c) Před dovolením jízdy drážního vozidla přes výhybku, které nemá indikaci koncové polohy, musí u SZZ ovládaného z JOP obsluhující zaměstnanec tuto výhybku předat na nouzové ruční stavění povelu „RST>“ z menu² symbolu výhybky, aby nedošlo k vyhodnocení rozřezu výhybky.

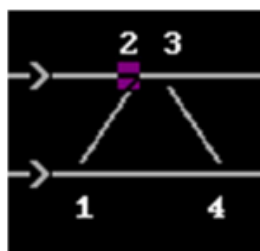
Po předání výhybky na nouzové ruční stavění povelu „RST>“ musí být jízdy drážních vozidel, pro které je tato výhybka výhybkou pojížděnou nebo odvratnou, uskutečňovány na nouzovou jízdní cestu, a to po celou dobu trvání poruchy.

3) Postup obsluhujícího zaměstnance při ztrátě indikace koncové polohy výhybky logické spojky:

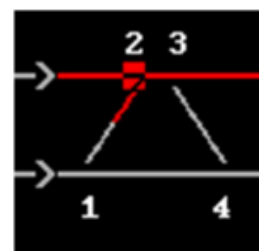
- a) Informace o koncové poloze výhybky je indikována pro každou výhybku samostatně.



Obrázek 8 – Příklad indikace ztráty polohy výhybky č. 2 z logické spojky 1/2 u SZZ ovládaného z JOP



Obrázek 9 – Příklad indikace ztráty komunikace výhybky č. 2 z logické spojky 1/2 u SZZ ovládaného z JOP



Obrázek 10 – Příklad indikace rozřezu výhybky č. 2 z logické spojky 1/2 při obsazeném KÚ u SZZ ovládaného z JOP

¹ Přenosný výměnový zámek, přenosný odtlačný zámek, přenosný zámek čelistového závěru

² Pouze SZZ, u kterých je povel nabízen. Další podmínky pro postup u SZZ bez povelu „RST>“ stanoví obslužné předpisy

- b) Obsluhující zaměstnanec je povinen pro jízdu drážních vozidel zajistit podmínky stanovené DAP, např. zjištění stavu výhybky, a zda je přestavena do koncové polohy, zavedení dopravních opatření, nouzové zajištění správné koncové polohy výhybky jejím uzamčením v požadované koncové poloze přenosným mechanickým¹ zámekem nebo zámekem, který je na výhybce napevno namontován.

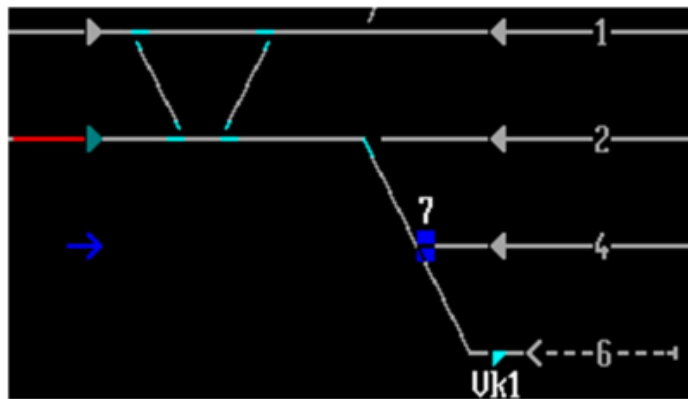
Zajištění správné koncové polohy výhybky (uzamknutí) pro danou jízdní cestu v případě, kdy není indikována její koncová poloha, se u logické spojky provádí **vždy pouze u výhybky** této logické spojky, která nemá indikaci koncové polohy.

- c) Obsluhující zaměstnanec musí před dovolením jízdy drážních vozidel pro tu výhybku z logické spojky, která má na monitoru s reliéfem kolejiště indikovanou koncovou polohu, zajistit ověření tohoto stavu textovým výpisem na rizikové stránce (samostatně povelom STAV, nebo volbou nouzové jízdní cesty povelom PN nebo PP) a na výhybce musí být zaveden nouzový závěr.
- d) Před dovolením jízdy drážního vozidla přes výhybku, které nemá indikaci koncové polohy, musí u SZZ ovládaného z JOP obsluhující zaměstnanec tuto výhybku předat na nouzové ruční stavění povelom „RST>“ z menu² symbolu výhybky, aby nedošlo k vyhodnocení rozřezu výhybky.

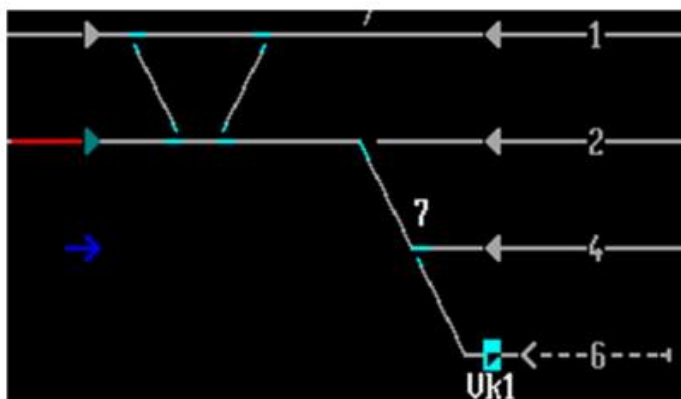
Po předání výhybky na nouzové ruční stavění povelom „RST>“ musí být jízdy drážních vozidel, pro které je tato výhybka výhybkou pojížděnou nebo odvratnou, uskutečňovány na nouzovou jízdní cestu, a to po celou dobu trvání poruchy.

4) Výkolejka ve spojnici s výhybkou

- a) Výhybková spojka může být tvořená kromě výhybek i výhybkou a výkolejkou, např. „Vk1/7“.
- b) V případě ztráty indikace koncové polohy výkolejky je nutno uplatňovat i ustanovení DAP pro poruchy výkolejek (zajištění náhradní boční ochrany, snížení rychlosti v jízdní cestě, pro kterou tvoří výkolejka boční ochranu apod.).
- c) V případě ztráty indikace koncové polohy výhybky u logické spojky, kdy výkolejka má indikovanou koncovou polohu, je pro jízdu drážních vozidel nutno zajistit, aby výkolejka, která pro tuto jízdní cestu tvoří boční ochranu, byla v poloze na koleji (pokud již v této poloze není) a zajištěna nouzovým závěrem, zpravidla po povelu „PN“.



Obrázek 11 - Příklad nouzové vlakové cesty na staniční kolej č. 4, kdy pojížděná výhybka č. 7 nemá indikaci koncové polohy

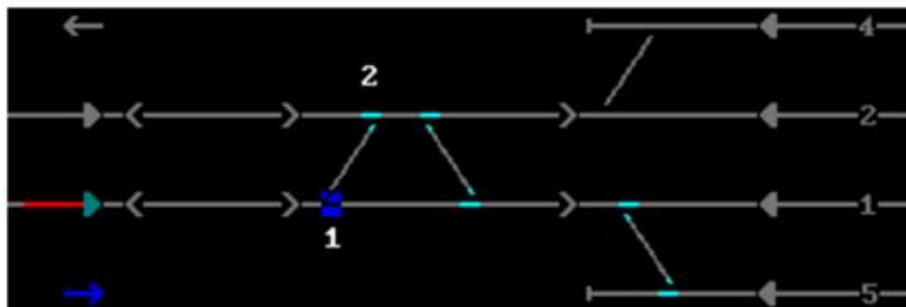


Obrázek 12 – Příklad nouzové vlakové cesty na staniční kolej č. 4, kdy odvrtná výkolejka V_{k1} nemá indikaci koncové polohy (nutno zajistit podmínky náhradní boční ochrany jízdní cesty)

5) Konkrétní příklady zajišťování výhybek v logické spojce:

- a) Součástí jízdní cesty bude logická spojka 1/2 a pojížděná výhybka č. 1 z této spojky nemá indikaci koncové polohy:

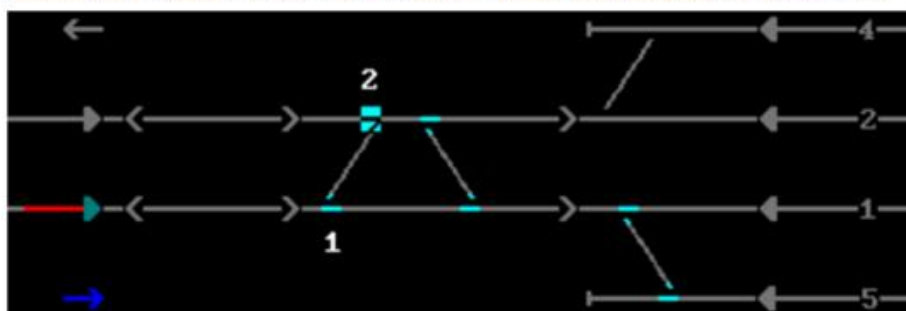
obsluhující zaměstnanec postupuje podle DAP a u této výhybkové spojky musí uzamknout pojížděnou výhybku č. 1 v koncové poloze stanovené závěrovou tabulkou a předat ji na nouzové ruční stavění povelom „RST>“ z menu symbolu výhybky



Obrázek 13 – Příklad nouzové vlakové cesty s pojížděnou výhybkou č. 1, která nemá indikaci koncové polohy (logická spojka 1/2)

- b) Součástí jízdní cesty bude logická spojka 1/2 a odvrtná výhybka č. 2 z této spojky nemá indikaci koncové polohy:

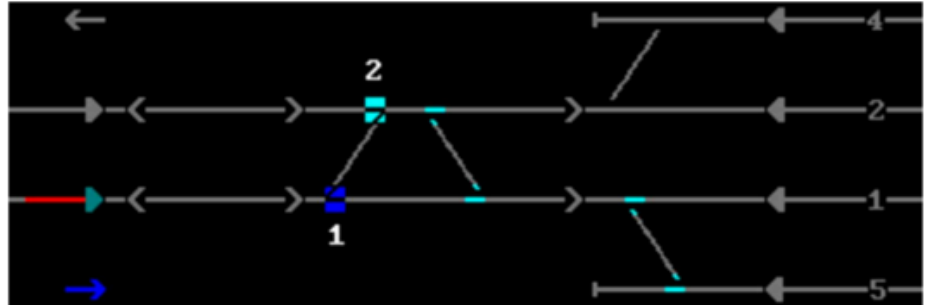
obsluhující zaměstnanec postupuje podle DAP a u této výhybkové spojky musí uzamknout odvrtnou výhybku č. 2 v koncové poloze stanovené závěrovou tabulkou



Obrázek 14 – Příklad nouzové vlakové cesty s odvrtnou výhybkou č. 2, která nemá indikaci koncové polohy (logická spojka 1/2)


- c) Součástí jízdní cesty bude logická spojka 1/2 a pojížděná výhybka č. 1 a odvratná výhybka č. 2 z této spojky nemá indikaci koncové polohy:

obsluhující zaměstnanec postupuje podle DAP a u této výhybkové spojky musí uzamknout pojížděnou výhybku č. 1 a také odvratnou výhybku č. 2 v koncové poloze stanovené závěrovou tabulkou, a předat výhybku č. 1 na nouzové ruční stavění povelom „RST>“ z menu symbolu výhybky



Obrázek 15 - Příklad nouzové vlakové cesty s pojížděnou výhybkou č. 1 a odvratnou výhybkou č. 2, které nemají indikaci koncové polohy (logická spojka 1/2)

Dotčené zaměstnance s tímto gestorským výkladem prokazatelně seznámte.

 Ing. Eduard Tržil
08.07.2022 11:51
Podepsáno elektronicky

Ing. Eduard Tržil, MPA
ředitel odboru řízení provozu

(podepsáno elektronicky)

Rozdělovník:

Správa železnic, státní organizace

Generální ředitelství

Ředitel O12, O13, O14, O18

Oblastní ředitelství

Ředitel OŘ Brno, Ostrava, Hradec Králové, Plzeň, Praha, Ústí nad Labem

Centrální dispečerské pracoviště

Ředitel CDP Praha, Přerov

Stavební správa

Ředitel SSV, SSZ

Centrum telematiky a diagnostiky

Ing. Vladimír Říha

Ing. Dalibor Sojka

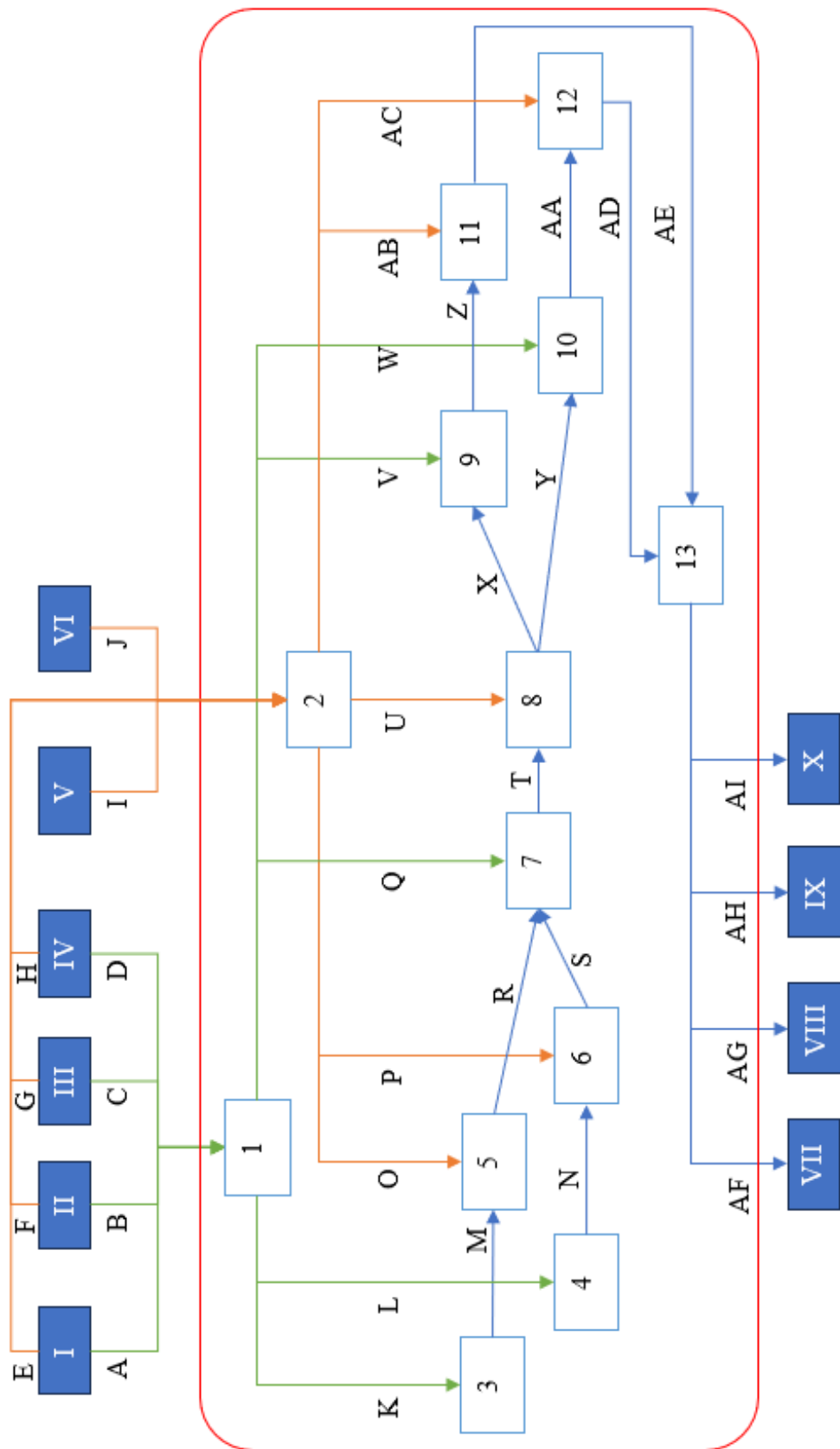
C. Přednosti jízdy vlaků

Tabulka C-1 – Přednost vlaků převedena na váhu důležitosti

váha	Kategorie vlaku
10,53	mimořádné vlaky v obecném zájmu
9,94	expresní vlaky s dovolenou rychlostí vyšší než 140 km·h ⁻¹ , včetně jízd lokomotivních vlaků a souprav pro tyto vlaky;
9,36	rychlíky s dovolenou rychlostí vyšší než 140 km·h ⁻¹ , včetně jízd lokomotivních vlaků a souprav pro tyto vlaky
8,77	mezistátní nákladní expresní vlaky s dovolenou rychlostí vyšší než 100 km·h ⁻¹ včetně a minimálním měrným trakčním výkonem 2,1 kW/1 hrt;
8,19	expresní vlaky s dovolenou rychlostí do 140 km·h ⁻¹ včetně, včetně jízd lokomotivních vlaků a souprav pro tyto vlaky;
7,60	rychlíky s dovolenou rychlostí do 140 km·h ⁻¹ včetně, včetně jízd lokomotivních vlaků a souprav pro tyto vlaky;
7,02	mezistátní nákladní vlaky s dovolenou rychlostí vyšší než 100 km·h ⁻¹ včetně a minimálním měrným trakčním výkonem 2,1 kW/1 hrt;
6,43	spěšné vlaky, včetně jízd lokomotivních vlaků a souprav pro tyto vlaky;
5,85	osobní vlaky, včetně jízd lokomotivních vlaků a souprav pro tyto vlaky;
5,26	vlaky nákladní dopravy: vnitrostátní expresní;
4,68	vlaky nákladní dopravy: ostatní mezistátní;
4,09	vlaky nákladní dopravy: průběžné;
3,51	vlaky nákladní dopravy: soupravové [vlaky, které nejsou určeny pro jízdy vlaků osobní dopravy podle odrážky
2,92	vlaky nákladní dopravy: manipulační
2,34	vlaky nákladní dopravy: vlečkové;
1,75	lokomotivní vlaky;
1,17	služební vlaky;
0,58	vlaky ve zbytkové kapacitě dráhy.
0,00	Posun mezi dopravami

Zdroj: (3, autor)

D. Schéma systému



Obrázek D-1 – Schéma systému určení přednosti jízdy vlaku s prvky a vazbami

Zdroj: (autor)

Tabulka D-1 – Vnitřní prvky systému a jejich funkce

Prvek	Označení	Sousední prvky		Požadované parametry (FUNKCE PRVKU)	
		předcházející	následující	nosič (aktivní prvek)	obsah (funkce)
1	datový sklad vstupních informací nutný pro první fázi simulace	I, II, III, IV	3, 4, 7, 9, 10	PA provozovatel dráhy	parametry vlaku, aktuální parametry vlaku, parametry provozních intervalů
2	datový sklad vstupních informací nutný pro druhou fázi simulace	V, IV	5, 6, 8, 11, 12	PA provozovatel dráhy	pořadí jízdy vlaků v nevyloženém úseku a pořadí jízdy vlaků v omezeném úseku
3	přirážky k jízdním dobám na základě varianty pro směr A před omezujícím úsekem	1	5	systém predikce	vytvoření aktuálních jízdních dob před vyloženým úsekem ve směru A
4	přirážky k jízdním dobám na základě varianty pro směr B před omezujícím úsekem	1	6	systém predikce	vytvoření aktuálních jízdních dob před vyloženým úsekem ve směru B
5	systém predikce jízdy vlaků před omezujícím úsekem ve směru A	2, 3	7	systém predikce	určuje v jakém pořadí vlaky pojedou před vyloženým úsekem ve směru A
6	systém predikce jízdy vlaků před omezujícím úsekem ve směru B	2, 4	7	systém predikce	určuje v jakém pořadí vlaky pojedou před vyloženým úsekem ve směru B
7	přirážky k jízdním dobám na základě varianty v omezujícím úseku	1, 5, 6	8	systém predikce	vytvoření aktuálních jízdních dob ve vyloženém úseku
8	systém predikce jízdy vlaků v omezujícím úseku	7	9,10	systém predikce	určuje v jakém pořadí vlaky pojedou ve vyloženém úseku
9	přirážky k jízdním dobám na základě varianty pro směr A za omezujícím úsekem	1, 8	11	systém predikce	vytvoření aktuálních jízdních dob za vyloženým úsekem ve směru A
10	přirážky k jízdním dobám na základě varianty pro směr B za omezujícím úsekem	1, 8	12	systém predikce	vytvoření aktuálních jízdních dob za vyloženým úsekem ve směru B
11	systém predikce jízdy vlaků před omezujícím úsekem ve směru A	2, 9	13	systém predikce	určuje v jakém pořadí vlaky pojedou za vyloženým úsekem ve směru A
12	systém predikce jízdy vlaků před omezujícím úsekem ve směru B	2, 10	13	systém predikce	určuje v jakém pořadí vlaky pojedou za vyloženým úsekem ve směru B
13	ISOŘ (informační systém operativního řízení)	7	VIII, IX, X	PA provozovatel dráhy	informování cestujících o předpokládaném zpoždění

Zdroj: (autor)

Tabulka D-2 – Prvky podstatného okolí a jejich funkce

Prvek	Označení	Sousední prvky		Požadované parametry (FUNKCE PRVKU)	
		předcházející	následující	nosič (aktivní prvek)	obsah (funkce)
I	pravidelný jízdní řád vlaku	-	1	TJR (tabelární jízdní řád)	informace o plánované poloze vlaku na trati
II	aktuální zpoždění vlaku	-	1	PA provozovatele dráhy	informuje všechny účastníky železničního provozu o zpoždění
III	parametry vlaku	-	1	PA provozovatele dráhy	určuje aktuální parametry vlaku
IV	modelové provozní intervaly	-	1	PA provozovatele dráhy	určují omezující podmínky pro jízdu vlaků v dopravních
V	přednosti jízdy vlaků z SŽ D1	-	2	předpis	stanovuje pravidla pro pořadí jízdy vlaků
VI	VNJR a ROV (seznam omezujících podmínek)	-	2	pracovník	stanovuje pravidla pro pořadí jízdy vlaků při výluce
VII	výsledné pořadí vlaků	13	-	NJR (nákresný jízdní řád)	Optimální určení pořadí jízdy vlaků
VIII	navigace	13	-	provozní aplikace dopravce	informování strojvedoucích o plánovaném zpoždění a plánované koleji
IX	GRAPP (grafická prezentace polohy)	13	-	www stránka	kommunikace s informačními systémy provozovatele dráhy
X	mobilní aplikace	13	-	aplikace dopravce	kommunikace s informačními systémy dopravců

Zdroj: (autor)

Tabulka D-3 – Vazby v systému

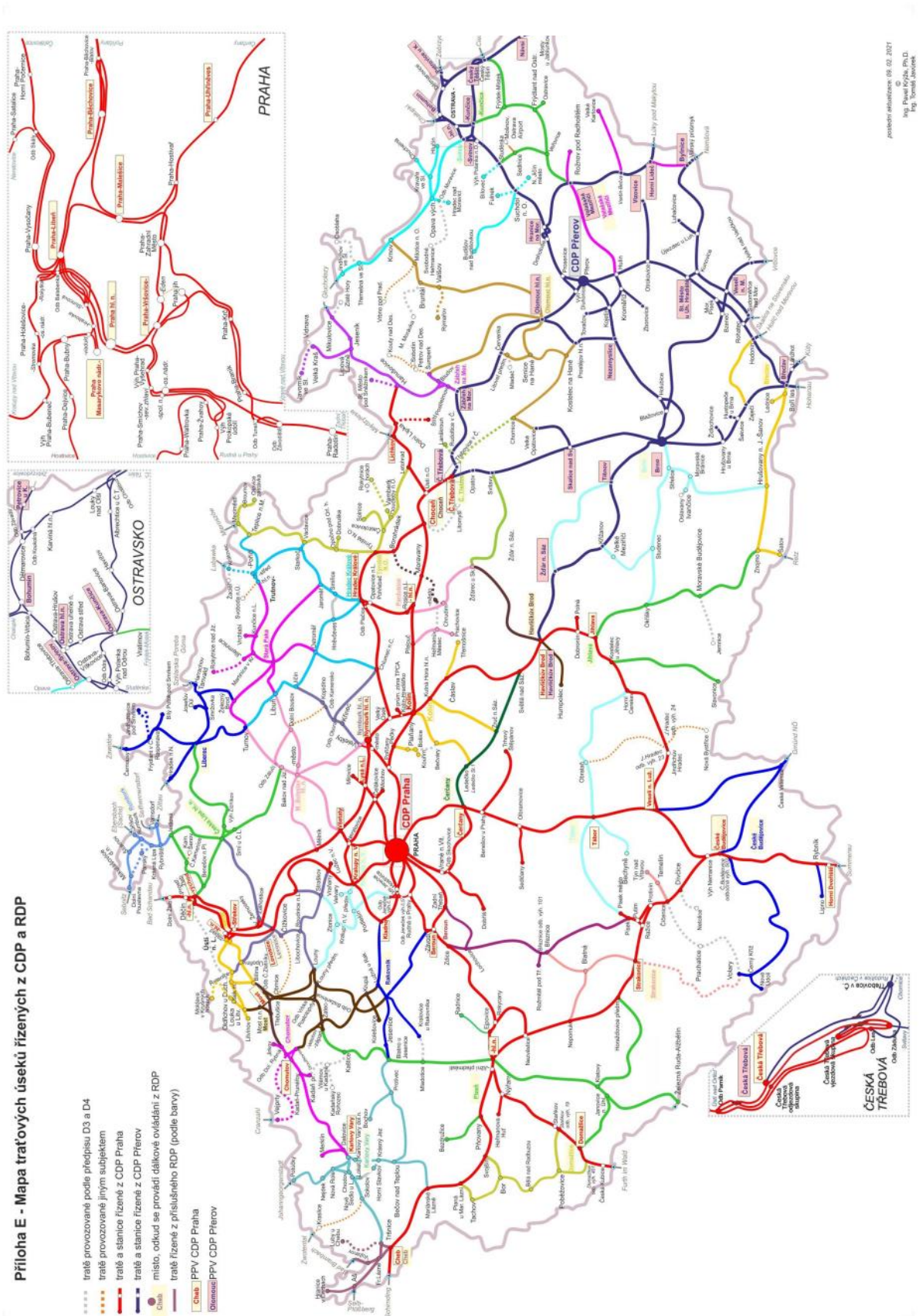
Vazba	Označení	Parametry		Prvek	
		Nosič	obsah	Předcházející	Následující
A	tok informací o pravidelné poloze vlaku	TJŘ	informace o plánované poloze vlaku na trati	I	1
B	tok informací o aktuální poloze vlaku	PA provozovatele dráhy	informuje všechny účastníky železničního provozu o zpoždění	II	1
C	zpráva o brždění vlaku	PA provozovatele dráhy	hmotnost, délka, způsob brždění, spojení se strojevodou (GSMR, TRS)	III	1
D	provozní intervaly	KANGO-Kmen	určují omezující podmínky pro jízdu vlaků v dopravních	IV	1
E	tok informací o pravidelné poloze vlaku	TJŘ	informace o plánované poloze vlaku na trati	I	2
F	tok informací o aktuální poloze vlaku	PA provozovatele dráhy	informuje všechny účastníky železničního provozu o zpoždění	II	2
G	zpráva o brždění vlaku	PA provozovatele dráhy	hmotnost, délka, způsob brždění, spojení se strojevodou (GSMR, TRS)	III	2
H	provozní intervaly	KANGO-Kmen	určují omezující podmínky pro jízdu vlaků v dopravních	IV	2
I	tok informací	PA provozovatele dráhy	stanovuje pravidla pro pořadí jízdy vlaků	V	2
J	tok informací	NJŘ	optimální určení pořadí jízdy vlaků	IV	2
K	data potřebná pro první část simulace	datové uložště	stanovuje pravidla pro jízdní doby vlaků v dané provozní situaci	1	3
L	data potřebná pro první část simulace	datové uložště	stanovuje pravidla pro jízdní doby vlaků v dané provozní situaci	1	4
M	výsledek první části simulace pro směr A	systém predikce	vytvoření aktuálních jízdních před vyločeným úsekem	3	5
N	výsledek první části simulace pro směr B	systém predikce	vytvoření aktuálních jízdních před vyločeným úsekem	4	6
O	data potřebná pro druhou část simulace	datové uložště	stanovuje pravidla pro pořadí jízdy vlaků v dané provozní situaci	2	5

P	data potřebná pro druhou část simulace	datové uložště	stanovuje pravidla pro pořadí jízdy vlaků v dané provozní situaci	2	6
Q	data potřebná pro první část simulace	datové uložště	stanovuje pravidla pro jízdní doby vlaků v dané provozní situaci	1	7
R	pořadí jízdy vlaků před omezujícím úsekem ve směru A	systém predikce	výsledné pořadí jízdy vlaků před vyloučeným úsekem ve směru A	5	7
S	pořadí jízdy vlaků před omezujícím úsekem ve směru B	systém predikce	výsledné pořadí jízdy vlaků před vyloučeným úsekem ve směru B	6	7
T	výsledek první části simulace ve vyloučeném úseku	systém predikce	vytvoření aktuálních jízdních ve vyloučeném úseku	7	8
U	data potřebná pro druhou část simulace	datové uložště	stanovuje pravidla pro pořadí jízdy vlaků v dané provozní situaci	2	8
V	data potřebná pro první část simulace	datové uložště	stanovuje pravidla pro jízdní doby vlaků v dané provozní situaci	1	9
W	data potřebná pro první část simulace	datové uložště	stanovuje pravidla pro jízdní doby vlaků v dané provozní situaci	1	10
X	pořadí jízdy vlaků v omezujícím úseku	systém predikce	výsledné pořadí jízdy vlaků v omezujícím úseku	8	9
Y	pořadí jízdy vlaků v omezujícím úseku	systém predikce	výsledné pořadí jízdy vlaků v omezujícím úseku	8	10
Z	výsledek první části simulace ve směru A	systém predikce	vytvoření aktuálních jízdních za vyloučeným úsekem	9	11
AA	výsledek první části simulace ve směru B	systém predikce	vytvoření aktuálních jízdních za vyloučeným úsekem	10	12
AB	data potřebná pro druhou část simulace	datové uložště	stanovuje pravidla pro pořadí jízdy vlaků v dané provozní situaci	2	11
AC	data potřebná pro druhou část simulace	datové uložště	stanovuje pravidla pro pořadí jízdy vlaků v dané provozní situaci	2	12
AD	pořadí jízdy vlaků před vyloučeným úsekem trati	GTN	pořadí jízdy vlaků za vyloučeným úsekem trati	12	13
AE	pořadí jízdy vlaků před vyloučeným úsekem trati	GTN	pořadí jízdy vlaků za vyloučeným úsekem trati	11	13

AF	výsledek	GTN	optimální určení pořadí jízdy vlaků (to, jak to pojede)	13	VII
AG	ISOŘ	PA provozovatele dráhy	Tok informací do všech systémů, které tuto informaci potřebují	13	VIII
AH	navigace	PA dopravce	informování strojvedoucích o plánovaném zpoždění	13	IX
AI	GRAPP	www stránka	kommunikace s informačními systémy	13	X

Zdroj: (autor)

E. Mapa traťových úseků z CDP a RDP

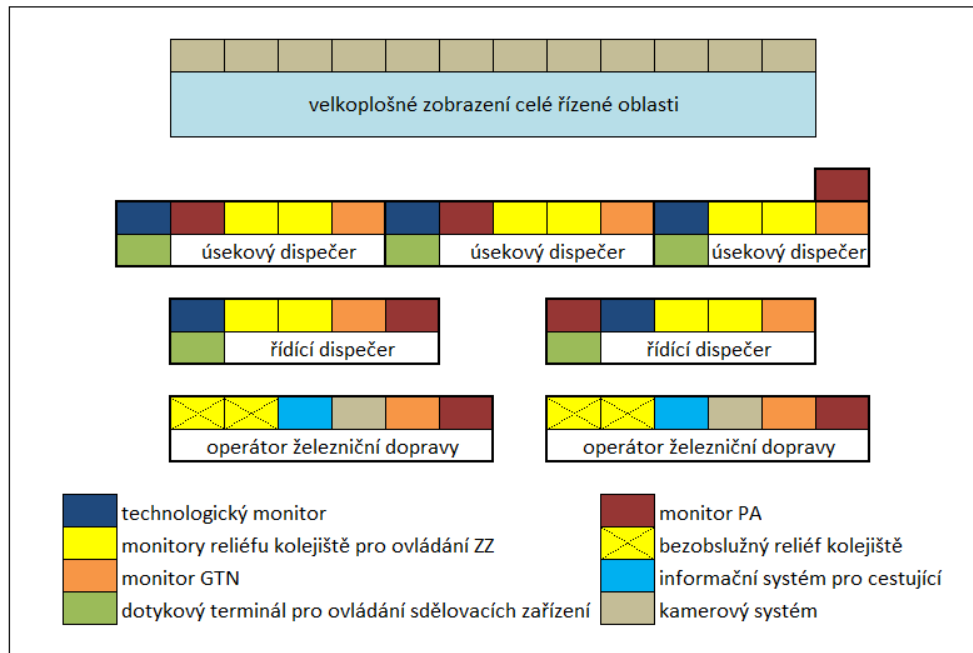


Obrázek E-1 – Mapa traťových úseků z CDP a RDP

Zdroj: (autor)

F. Centrální dispečerské pracoviště Přerov

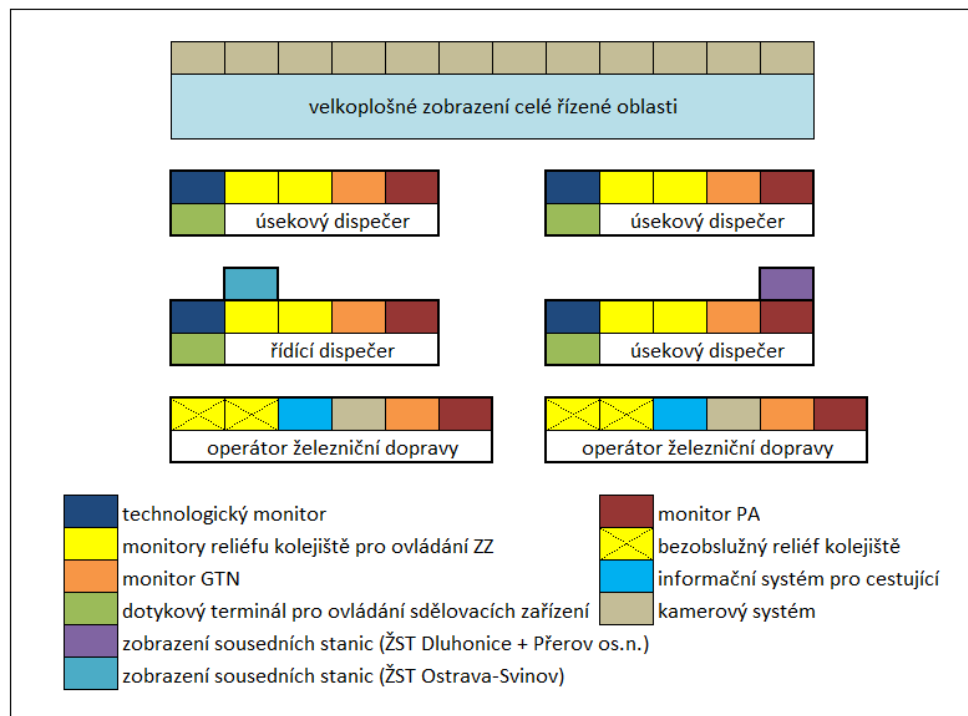
Řídicí sál č. 1



Obrázek F-1 – Konfigurace a organizační členění řídicího sálu číslo 1

Zdroj: (20, autor)

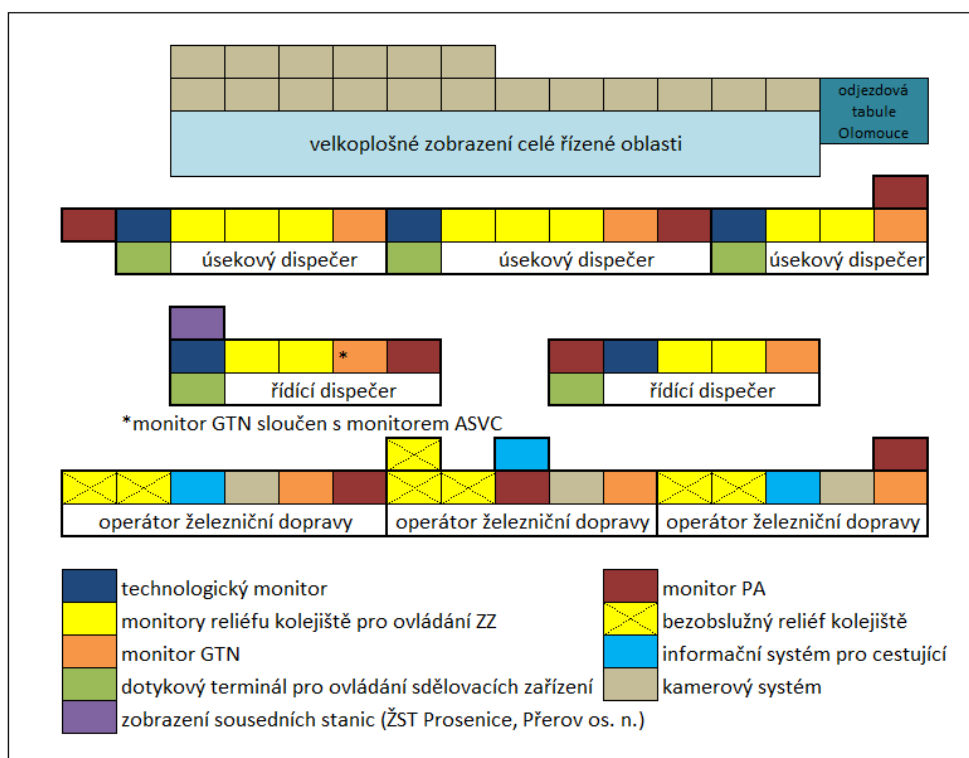
Řídicí sál č. 2



Obrázek F-2 – Konfigurace a organizační členění řídicího sálu číslo 2

Zdroj: (20, autor)

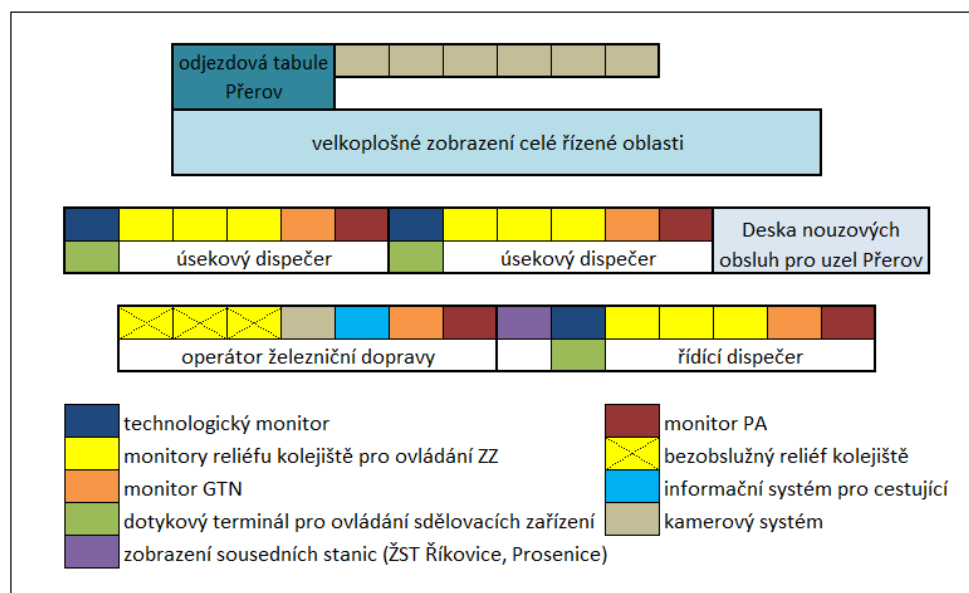
Řídicí sál č. 3



Obrázek F-3 – Konfigurace a organizační členění řídicího sálu číslo 3

Zdroj: (20, autor)

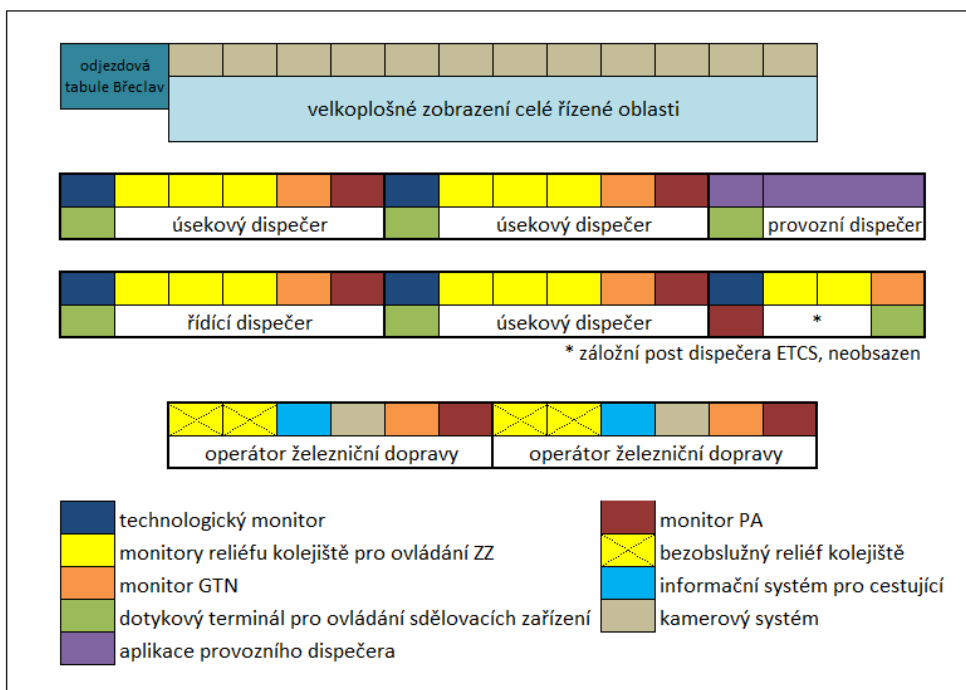
Řídicí sál č. 4



Obrázek F-4 – Konfigurace a organizační členění řídicího sálu číslo 4

Zdroj: (20, autor)

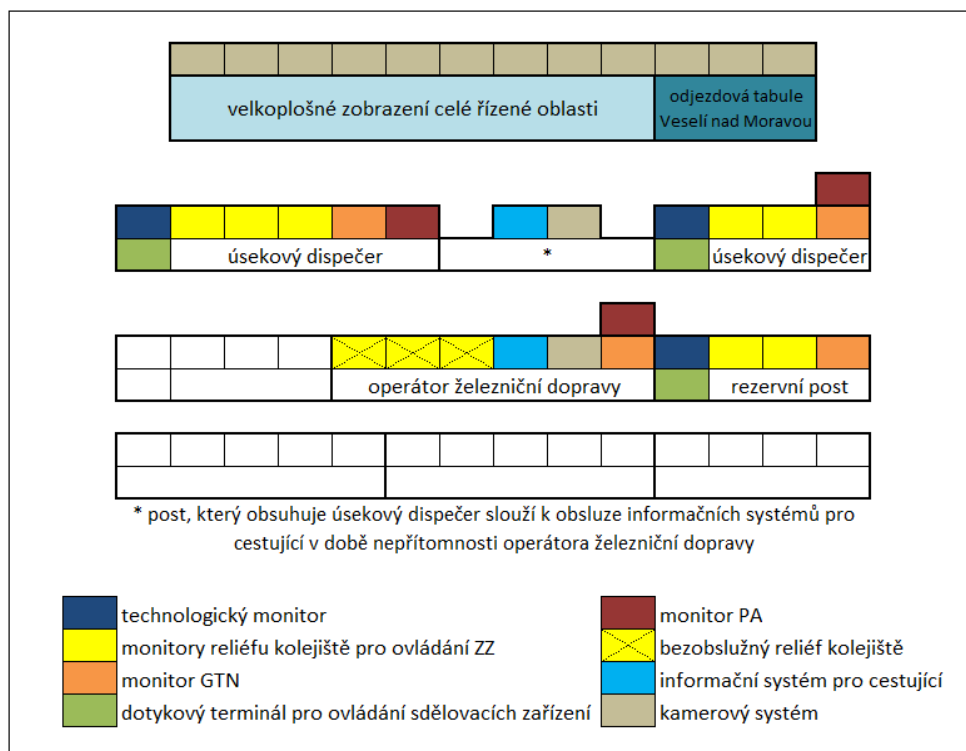
Řídicí sál č. 5



Obrázek F-5 – Konfigurace a organizační členění řídicího sálu číslo 5

Zdroj: (20, autor)

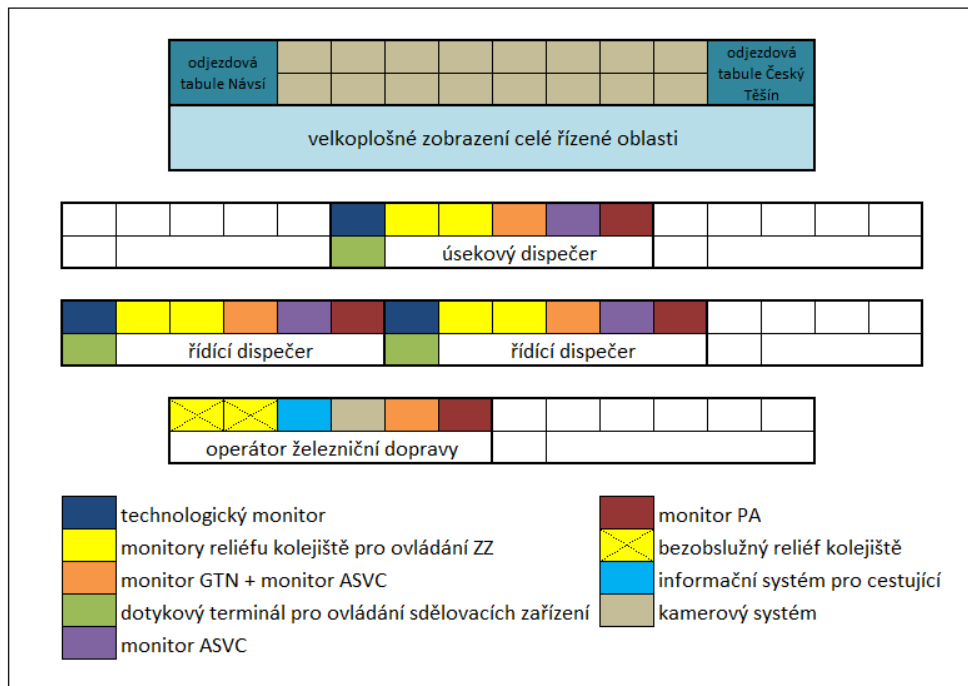
Řídicí sál č. 6



Obrázek F-6 – Konfigurace a organizační členění řídicího sálu číslo 6

Zdroj: (20, autor)

Řídicí sál č. 8



Obrázek F-8 – Konfigurace a organizační členění řídicího sálu číslo 8

Zdroj: (20, autor)

G. Checklandova metodika

1. Poznávací fáze

P1. Uvědomění si základního hlediska:

- model umožňující určení přednosti v úseku s infrastrukturním omezením,
- tento model by primárně využili zaměstnanci řízení provozu a dispečerské aparáty,
- sekundárními uživateli by mohli být strojvedoucí, potažmo cestující (například pomocí aplikace GRAPP).

P2. Popis struktury:

- produkt systému – krátkodobá predikce jízdy vlaků v oblasti infrastrukturního omezení,
- vstupy – pravidelný jízdní řád, aktuální zpoždění, přednosti jízd vlaků z SŽ D1, VNJŘ (seznam omezujících podmínky), parametry vlaku, provozní intervaly.

P3. Popis procesů:

- zadání nebo automatické získání vstupní dat,
- získávání aktuálních dat o vlaku z provozní aplikace,
- predikce provázení vlaků.

2. Modelová fáze

M1. Vyslovení kořenové definice:

systém určení přednosti jízdy vlaku v infrastrukturním omezení,

- objekt transformace (C) – výlukový jízdní řád (zpravidla VNJŘ) a rozkaz o výluce,
- vykonavatelé (A) – navržený systém,
- transformace (T) – prognóza provozu a určení přednosti v aktuálních podmínkách,
- základní hledisko (W) – racionální využití kapacity dopravní cesty,
- vlastnictví nebo příslušnost (O) – autor diplomové práce, manažer infrastruktury (v případě implementace)¹,
- prostředí (E) – železniční doprava, produkt pro provozní zaměstnance, kteří organizují drážní dopravu, případně jako zdroj informací pro cestující a další uživatele.

M2. Konceptuální model (dekompozice):

- 1) vznik stavu, který vede k výlukám traťových kolejí mezi dopravními s kolejovým rozvětvením,

¹ Popis tvorby systému krátkodobé predikce jízd vlaků bude prováděn v základu ve dvou rovinách. Primárně pomocí vytvoření pilotního modelu v obecném prostředí (Microsoft Excel) pro konkrétní úsek. Sekundárně možnost implementace do některé provozní aplikace provozovatele dráhy cestou programátorského řešení. Je potřeba zdůraznit, že pro toto jako autor diplomové práce vytvářím podklad, ale otázku implementace a formy této implementace, pro zavedení do praxe z objektivních důvodů nedovedu zaručit.

- 2) zavedení výluky a zavedení výlukového opatření,
- 3) generování bezkolizní výhledové dopravy v provozní aplikaci dle zavedených infrastrukturních (zpravidla výlukových) opatření,
- 4) model krátkodobé predikce jízdy vlaků předává data ostatním informačním systémům manažera infrastruktury.

M 3. Kořenové definice podsystémů dílčích aktivit:

- 1) vznik infrastrukturního omezení z důvodu,
 - a. plánované výluky,
 - b. nepředpokládané výluky,
 - c. mimořádnost (porucha ZZ),
 - d. mimořádné události,
 - e. složitý posun,
- 2) zavedení zákazu jízdy vlaků na úsek s infrastrukturním omezením,
- 3) generování bezkolizní výhledové dopravy v provozní aplikaci v závislosti na infrastrukturním omezením a dopravní situaci v úseku dotčeném daným omezením,
- 4) vizuální zobrazení predikce obsluhujícímu zaměstnanci,
 - a. využití vizuální podpory například v listu GTN v části výhledová doprava,
 - b. přejímání bezkolizní výhledové dopravy do systému ASVC,
- 5) provozní aplikace ve které je model krátkodobé predikce jízdy vlaků předává data ostatním provozním aplikacím manažera infrastruktury,
- 6) ostatní provozní aplikace manažera infrastruktury informují,
 - a. cestující o plánovaném zpoždění vlaků,
 - b. informování strojvedoucích o plánovaném zpoždění vlak,
 - c. předávají data o zpoždění provozním aplikacím dopravců.

3. Implementační fáze

Složení:

- A) převedení výpočetní logiky modelu do provozní aplikace,
- B) zahájení zkušebního provozu na vybraných úsecích,
 - a. nejdříve testovat při výlukách na jedné ze dvou traťových kolejí,
 - b. nasazení na širší okruh tratí (nasazení na dvoukolejných tratích s ASVC),
 - c. nasazení na širší okruh tratí (nasazení na dvoukolejných tratích bez ASVC s plnou peronifikací),
- C) implementace modelu na celou síť.

(metodika sestavena na základě zdroje 7, autor)

H. Vzorec zamknutí zpoždění

$$t_{zz} = \frac{2 \cdot s_{to}}{v_{max}} * 60 + \frac{t_{SECTIONTIMER}}{60} = \frac{2 \cdot 1,5}{160} * 60 + \frac{40}{60} = 1,79 \text{ min} \cong 2 \text{ min} \quad (45)$$

kde:

- t_{zz} – čas zamknutí zpoždění [min] (zaokrouhlí se na celé půlminuty nahoru) [min]
- s_{to} – běžná délka traťového oddílu [km]
- s_p – délková přírážka [km]
- $t_{SECTIONTIMER}$ – doba oprávnění k jízdě v případě jízdy pod dohledem vlakového zabezpečovače ETCS [40 s], jedná se o časovou přírážku [s]

Pro přiblížení konstanty dva, která násobí běžnou délku traťového oddílu je uvedena definice úplného závěru jízdni cesty. *Závěr jízdni cesty se změní na úplný závěr jízdni cesty při vjezdu vlaku – obsazením kteréhokoli kolejového úseku mezi místem předepsané viditelnosti předvěsti vjezdového návěstidla a vjezdovým návěstidlem s návěstí dovolující jízdu nebo přestavením odjezdového (cestového) návěstidla v sousední dopravě na návěst dovolující jízdu (popř. obsazením kolejového úseku před ním), pokud je toto návěstidlo předvěstí vjezdového návěstidla vlastní dopravy. (11)* Z této definice je zřejmé, že úplný závěr vlakové cesty nastane dva traťové oddíly před návěstidlem. Proto se využívá konstanta dva.

I. Pomůcka s typovými jízdními dobami, rychlostmi a brzdícími procenty pro vlaky nákladní dopravy, vlaky osobní dopravy a Lv vlaky

Tabulka I-1 – Typová jízdní doba pro nákladní vlaky směr Přerov – Břeclav

1	2	3f	8f
<i>Nejvyšší stanovená rychlost:</i>		100	
<i>Potřebná brzdící procenta:</i>		63	
Přerov os.n.			100/63
Přerov přednádraží		2	
Říkovice		4⁵	
Hulín		5	
Tlumačov		4⁵	
Otrokovice		4⁵	
Napajedla		4	
Huštěnovice		4	
Staré Město u U.H.		4	
Nedakonice		4	
Moravský Písek		5	
Bzenec přívoz		3	
Rohatec		5⁵	
Hodonín	3)	5	
Lužice		3⁵	
Moravská Nová Ves		3	
Vých Hrušky		4	
Břeclav přednádraží		3	
Břeclav os.n.		3	

Zdroj: (21)

Tabulka I-2 – Typová jízdní doba pro nákladní vlaky směr Břeclav – Přerov

1	2	3f	8f
<i>Nejvyšší stanovená rychlost:</i>		100	
<i>Potřebná brzdicí procenta:</i>		63	
Břeclav os.n.			100/63
Břeclav přednádraží		3	
Vých Hrušky		3	
Moravská Nová Ves		4	
Lužice		3	
Hodonín	3)	3⁵	
Rohatec		5	
Bzenec přívoz		5⁵	
Moravský Písek		3	
Nedakonice		5	
Staré Město u U.H.		4	
Huštěnovice		4	
Napajedla		4	
Otrokovice		4	
Tlumačov		4⁵	
Hulín		4⁵	
Říkovice		5	
Přerov přednádraží		4⁵	
Přerov os.n.		2	

Zdroj: (21)

Tabulka I-3 – Typová jízdní doba pro Expresní vlaky a Rychlíky směr Přerov – Břeclav

1	2	3k	8k
<i>Nejvyšší stanovená rychlost:</i>		160	
<i>Potřebná brzdicí procenta:</i>		192 141	
Přerov os.n.			160/¹⁹²₁₄₁
Přerov přednádraží		2	
Říkovice		3	
Hulín		3	
Tlumačov		3	
Otrokovice		3⁵	
Napajedla		3	
Huštěnovice		2⁵	
Staré Město u U.H.		3	
Nedakonice		3	
Moravský Písek		3	
Bzenec přívoz		2	
Rohatec		3⁵	
Hodonín	3)	4	
Lužice		2⁵	
Moravská Nová Ves		2	
Vých Hrušky		2⁵	
Břeclav přednádraží		3	
Břeclav os.n.		3	

Zdroj: (21)

Tabulka I-4 – Typová jízdní doba pro Expresní vlaky a Rychlíky směr Břeclav – Přerov

1	2	3e	8e
<i>Nejvyšší stanovená rychlost:</i>		160	
<i>Potřebná brzdicí procenta:</i>		192 141	
Břeclav os.n.			160/ ¹⁹² ₁₄₁
Břeclav přednádraží		3	
Vých Hrušky		3	
Moravská Nová Ves		2^s	
Lužice		2	
Hodonín	3)	2^s	
Rohatec		4	
Bzenec přívoz		3^s	
Moravský Písek		2	
Nedakonice		3	
Staré Město u U.H.		3	
Huštěnovice		3	
Napajedla		2^s	
Otrokovice		3	
Tlumačov		3^s	
Hulín		3	
Říkovice		3	
Přerov přednádraží		3	
Přerov os.n.		2	

Zdroj: (21)

J. Následná mezidobí

Tabulka J-1 – Následné mezidobí

NÁSLEDNÁ MEZIDOBÍ			STARÉ MĚSTO U UH. HRADIŠTĚ – HUŠŤŤOVICE																	
traťová kolej:		1	JEDE JAKO DRUHÝ																	
druh (rychlost) vlaku; zast./proj.	jízdni doba	R			Os	nákladní rychlý				nákladní střední				nákladní pomalý				Lv		
		PP	ZP	ZZ	PP	PZ	ZP	ZZ	PP	PZ	ZP	ZZ	PP	PZ	ZP	ZZ	PP	ZZ		
JEDE JAKO PRVNÍ	R	PP	2,5	2,5	2,0	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,0	
		ZP	3,5	3,5	2,5	3,0	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	2,5
	Os	ZZ	4,0	3,5	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	2,5
		PP	3,5	4,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,0
	nákl. rychlý	PZ	5,5	5,5	4,5	4,5	4,5	5,5	4,0	4,0	4,5	5,0	4,0	4,0	5,0	5,0	4,0	4,0	4,5	5,0
		ZP	6,5	6,5	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	7,0	7,0	6,0	6,0	6,0	5,5
		ZZ	8,5	7,5	6,5	7,0	6,5	7,5	6,0	6,0	6,5	7,0	6,0	6,0	7,0	7,0	6,0	6,0	6,5	7,0
	nákl. střední	PP	4,0	5,0	4,0	4,0	4,0	4,0	3,5	3,5	4,0	4,0	3,5	3,5	5,0	5,0	3,5	3,5	4,0	3,5
		PZ	6,0	6,0	5,0	5,0	5,0	6,5	4,5	4,5	4,5	6,0	4,0	4,0	5,5	5,5	4,0	4,0	4,5	6,0
		ZP	8,5	8,5	8,0	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	8,5	8,5	7,5	7,5	7,5	7,0
	nákl. pomalý	ZZ	10,0	9,0	8,5	8,5	8,0	9,5	7,5	7,5	8,0	9,0	7,5	7,5	8,5	8,5	7,5	7,5	8,0	9,0
		PP	10,0	13,0	12,0	11,5	12,0	10,5	10,0	10,0	11,5	10,5	10,0	10,0	10,5	10,5	9,5	9,5	11,5	10,0
PZ		11,5	13,5	12,5	12,5	12,5	14,0	10,5	12,0	12,0	14,0	10,0	10,5	10,5	10,5	10,0	10,0	12,0	14,0	
Lv	ZP	14,0	14,0	13,0	12,5	13,0	12,0	12,0	12,0	12,5	12,0	11,5	11,5	12,5	12,5	11,5	11,5	12,5	11,5	
	ZZ	15,0	14,0	13,0	13,5	13,0	14,5	12,0	12,5	12,5	14,5	11,5	11,5	12,5	12,5	11,0	11,0	12,5	14,5	
Lv	PP	4,0	4,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,0	3,0	3,5	3,5	3,0	3,0	4,5	5,0	3,0	3,0	3,5	3,0	
	ZP	5,5	4,5	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	5,0	5,0	4,0	4,0	4,0	3,5	

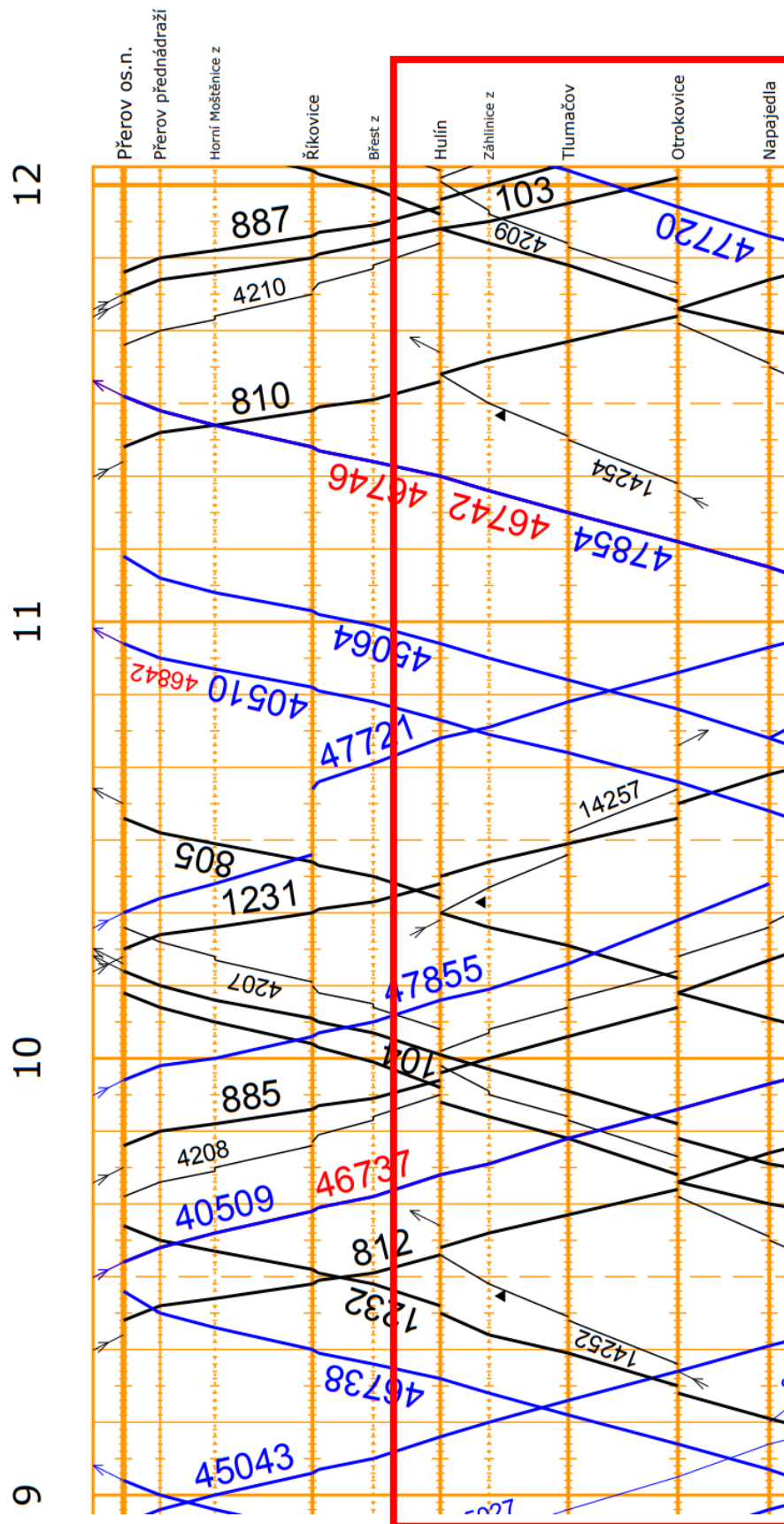
parametry vlaků: R: lok. 362 + 400 t; Os: lok. 362 + 250 t; nákl. rychlý: lok. 363 + 1000 t, 600 m; nákl. střední: lok. 363 + 2000 t, 600 m; nákl. pomalý: lok. 740 až 745 + 1900 t, 600 m; Lv: 80 km/h

PP - v obou stanicích projíždí PZ - v zadní stanici projíždí, v přední zastavuje ZP - v zadní stanici zastavuje, v přední projíždí ZZ - v obou stanicích zastavuje

datum vypracování: 19. 9. 2014

vypracoval: Odbor základního řízení provozu, SŽDC

Zdroj: (18)



Obrázek K-2 –Nákresný jízdní řád

Zdroj: (19)

Tabulka K-1 – Korekce přednosti vlaků pomocí VNJR

Kategorie vlaku	Číslo vlaku	Dopravce	Odchylka na vstupu	Odchylka na výstupu	Vstupy do modelu * (hodnota korekce přednosti)
Ex	104	České dráhy, a.s.	0	1,5	1,5
R	805	České dráhy, a.s.	0	3,5	3,5
R	888	České dráhy, a.s.	0	2	
R	890	České dráhy, a.s.	0	2	
Os	4207	České dráhy, a.s.	0	2	2
Os	4209	České dráhy, a.s.	0	2	
Nex	45043	ČD Cargo, a.s.	2,5	5	35
Nex	46737	PKP CARGO SPÓŁKA AKCYJNA	0	35	
Nex	47721	CER Slovakia a. s.	6	9	
Pn	46842	DB Cargo Czechia s.r.o.	0	3	x
Nex	45064	Rail Cargo Carrier – Czech Republic s.r.o.	0	3	3
Nex	46742	PKP CARGO SPÓŁKA AKCYJNA	0	2	

Poznámka:

- vlaky které jsou v obrázku K-1, ale nejsou v tabulce K-1 nezískaly při průjezdu infrastrukturním omezením žádné zpoždění, takže hodna „Odchylka od výstupu“ je rovna nula,
- * „Vstupy do modelu“ se vypočtou jako maximální hodnota „Odchylky na výstupu“ pro danou kategorii vlaku a směr jízdy vlaku.

Zdroj: (5, autor)

L. Maximální hodnota zpoždění

$$t_{Zmax} = \begin{cases} t_{pp} + t_{\check{c}} - t_{tPmax} \cdots t_{pp} \geq t_{Pmax} \\ t_{pp} + t_{\check{c}} - t_{pp} \cdots t_{pp} < t_{Pmax} \end{cases} \quad (46)$$

kde:

- t_{pp} – doba pravidelného přestupu [min]
- $t_{\check{c}}$ – čekací doba [min]
- t_{Pmax} – maximální přestupní doba [min]
- t_{Zmax} – maximální hodnota zpoždění [min]

Tabulka L-1 – Korekce přednosti vlaků pomocí přestupních dob

spojení			doba pravidelného přestupu [min]	čekací doba [min]	maximální přestupní doba v Otrokovicích [min]	maximální hodnota zpoždění [min]					
Staré Město u UH – Zlín střed						27	3	3	3		
							Ex	R	Sp	Os	
							3				
Os	4231	14201	18	10	25	x	x	x	25		
R	896	14203	6	10	13	x	13	x	x		
Os	4245	14261	4	3	4	x	x	x	4		
Os	4201	14207	4	10	11	x	x	x	11		
R	801	14209	9	0	6	x	6	x	x		
Os	4203	14281	8	10	15	x	x	x	15		
Sp	1653	14213	6	0	3	x	x	3	x		
Os	4205	14215	6	0	3	x	x	x	3		
R	803	14217	6	0	3	x	3	x	x		
Os	4207	14219	7	10	14	x	x	x	14		
R	805	14221	15	5	17	x	17	x	x		
Os	4209	14223	7	0	4	x	x	x	4		
R	807	14225	8	0	5	x	5	x	x		
Os	4235	14227	7	0	4	x	x	x	4		
Ex	130	14229	30	0	27	27	x	x	x		
Os	4211	14231	8	0	5	x	x	x	5		
R	809	14233	8	0	5	x	5	x	x		
Os	4213	14235	8	0	5	x	x	x	5		
Sp	1655	14237	8	0	5	x	x	5	x		
Os	4215	14239	7	0	4	x	x	x	4		
R	811	14241	8	0	5	x	5	x	x		
Os	4217	14243	8	0	5	x	x	x	5		
Sp	1657	14267	9	0	6	x	x	6	x		
Os	4219	14245	3	10	10	x	x	x	10		
R	813	14269	8	10	15	x	15	x	x		
R	880	14247	2	10	10	x	10	x	x		
Os	4221	14271	8	10	15	x	x	x	15		
R	815	14249	8	25	30	x	30	x	x		
Os	4223	14251	12	10	19	x	x	x	19		

Zdroj: (19, autor)

Tabulka L-2 – Korekce přednosti vlaků pomocí přestupních dob

spojení			doba pravidelného přestupu [min]	čekací doba [min]	maximální přestupní doba ve Staré Měště u Uherského Hradiště [min]	maximální hodnota zpoždění [min]			
Otrokovice – Uherské Hradiště						13	11	16	5
						Ex	R	Sp	Os
					4				
Os	4200	12200	3	10	10	x	x	x	10
Os	4202	4301	6	10	12	x	x	x	12
Os	4204	4333	4	10	10	x	x	x	10
Os	14206	881	2	5	5	x	x	x	5
Os	4230	4335	4	10	10	x	x	x	10
R	814	1281	6	10	12	x	12	x	x
Ex	101	1764	7	10	13	13	x	x	x
Os	4206	883	3	5	5	x	x	x	5
R	812	12235	6	10	12	x	12	x	x
Ex	103	1766	7	10	13	13	x	x	x
Os	4208	885	3	5	5	x	x	x	5
R	810	12239	6	10	12	x	12	x	x
Ex	105	1768	7	10	13	13	x	x	x
Os	4210	887	3	5	5	x	x	x	5
Os	4212	4341	8	10	14	x	x	x	14
R	808	1283	6	10	12	x	12	x	x
R	889	1770	10	5	11	x	11	x	x
Os	4214	889	3	5	5	x	x	x	5
Sp	1652	4135	10	10	16	x	x	16	x
Os	4216	4343	9	10	15	x	x	x	15
R	806	1285	6	10	12	x	12	x	x
R	891	1772	10	10	16	x	16	x	x
Os	4218	891	3	5	5	x	x	x	5
Sp	1654	4137	10	10	16	x	x	16	x
Os	4232	4345	9	10	15	x	x	x	15
R	804	1289	6	10	12	x	12	x	x
Ex	107	1774	7	10	13	13	x	x	x
Os	4220	893	3	5	5	x	x	x	5
R	802	1291	6	10	12	x	12	x	x
Ex	109	4349	8	10	14	14	x	x	x
Os	4222	895	4	5	5	x	x	x	5
R	800	4351	6	10	12	x	12	x	x
Os	4236	4353	7	20	23	x	x	x	23

Zdroj: (19, autor)

$$HKP_{(Ex)} = \begin{cases} t_{Zmax} \cdots t_{Zmax} < 5 \\ 5 \cdots t_{Zmax} \geq 5 \end{cases} \quad (47) \quad HKP_{(R,Sp,Os)} = \begin{cases} t_{Zmax} \cdots t_{Zmax} < 10 \\ 10 \cdots t_{Zmax} \geq 10 \end{cases} \quad (48)$$

kde:

- t_{Zmax} - maximální hodnota zpoždění [min]
- HKP - hodnota korekce přednosti [-]

M. Porovnání navrženého modelu a programu OpenTrack

Tabulka M-1 představuje jízdní řád vkládaný do navrhovaného modelu krátkodobé predikce jízdy vlaků a programu OpenTrack.

Tabulka M-1 – Jízdní řád a kategorie vlaků

Číslo vlaku	Odjezd	jízdní doba [min]	Příjezd	pobyt [min]	odjezd do úseku s infrastrukturálním omezením	jízdní doba [min]	Příjezd	pobyt [min]	odjezd do úseku s infrastrukturálním omezením	jízdní doba [min]	Příjezd	pobyt [min]	Odjezd	jízdní doba [min]	Přirážky na rozjezd [min]	Směr jízdy
886	10:03:00	3,0	10:06:00	0,0	10:06:00	2,5	10:08:30	0	10:08:30	3,5	10:08:30	0	10:08:30	1	1	z Napajedel do Huštěnovic
4210	9:51:00	3,5	9:54:30	0,5	9:55:00	5,5	10:00:30	0,5	10:00:30	4,0	10:01:00	0,5	10:01:00	1	1	z Huštěnovic do Napajedel
100	9:53:00	3,0	9:56:00	0,0	9:56:00	2,5	9:58:30	0	9:58:30	2,5	9:58:30	0	9:58:30	1	1	z Napajedel do Huštěnovic
808	9:50:00	3,0	9:53:00	0,0	9:53:00	2,5	9:55:30	0	9:55:30	3,0	9:55:30	0	9:55:30	0,5	0,5	z Huštěnovic do Napajedel
52333	9:54:30	3,5	9:58:00	0,0	9:58:00	4,0	10:02:00	0	10:02:00	4,0	10:02:00	0	10:02:00	1	1	z Huštěnovic do Napajedel
45003	9:49:30	3,5	9:53:00	0	9:53:00	4,0	9:57:00	0	9:57:00	4,0	9:57:00	0	9:57:00	1	1	z Napajedel do Huštěnovic

Zdroj: (autor)

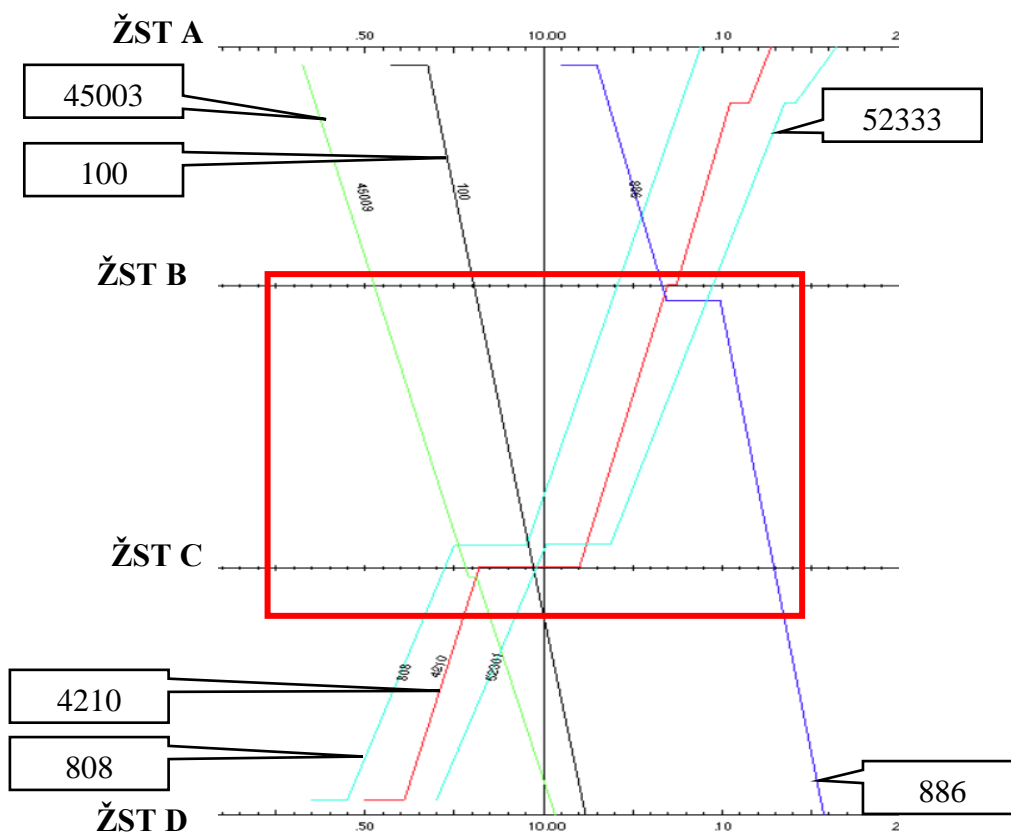
Sada obrázků M-1 až M-4 představuje simulaci druhé situace. V této druhé situaci dojde u vlaku 808 kategorie rychlík ke změně kategorie na vlak ve zbytkové kapacitě. Obrázek M-1 ukazuje variantu která vznikla za pomoci simulační programu OpenTrack. Obrázky M-2 až M-4 znázorňují varianty dva až tři, viz kapitola 3.3. Kategorie vlaků pro druhou simulovanou situaci jsou uvedeny v tabulce M-2.

Tabulka M-2 – Kategorie vlaků pro druhou situaci

Číslo vlaku	Kategorie	Přirážka k rozjezdu
808	Zbytková kapacita	0,5
4210	Os	1
100	Ex	1
886	R	1
45003	Nex	1
52333	Zbytková kapacita	1

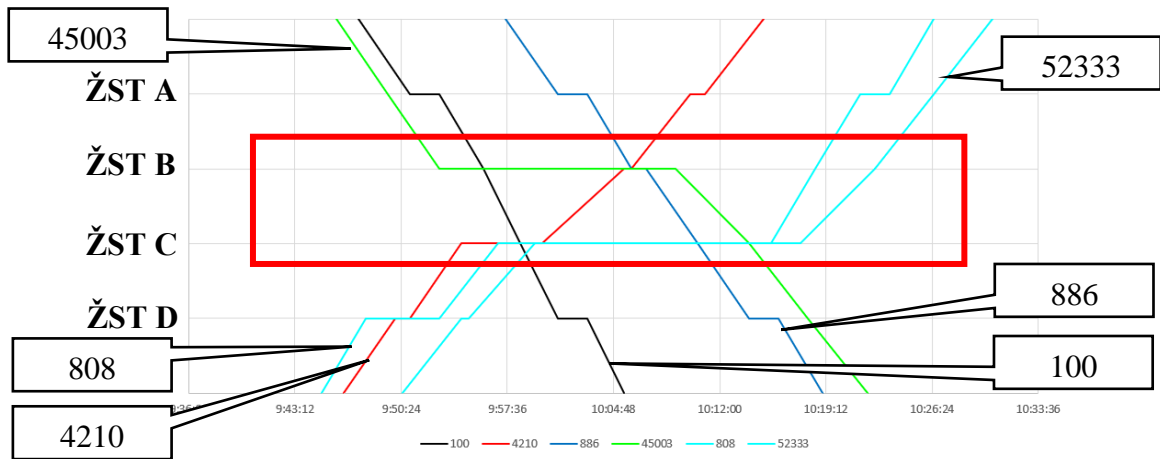
Zdroj: (autor)

Popis názvů stanic použitý v obrázcích ŽST A – Staré Město u Uherského Hradiště, ŽST B – Huštěnovice, ŽST C – Napajedla, ŽST D – Otrokovice.



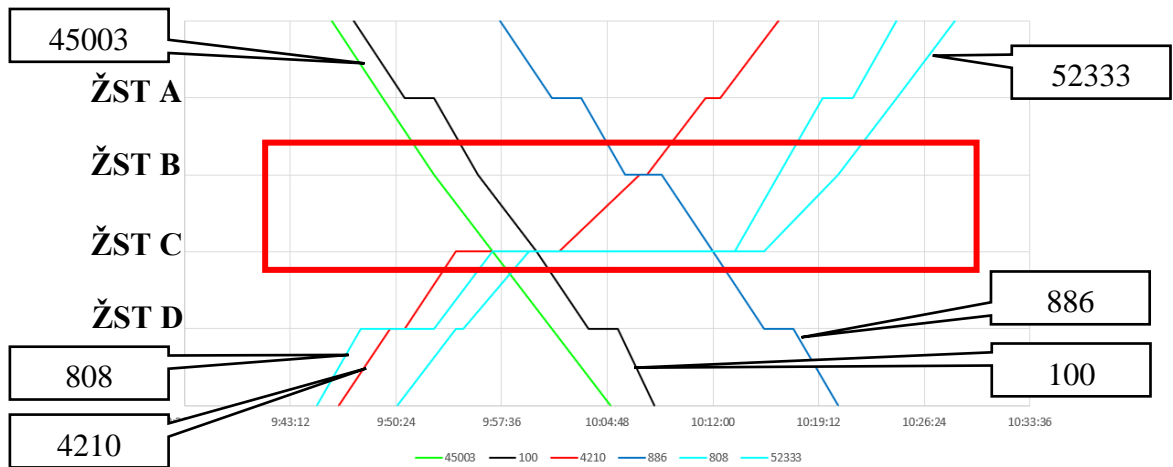
Obrázek M-1 – Simulace jízdního řádu pomocí OpenTracku (situace druhá, varianta první)

Zdroj: (autor)



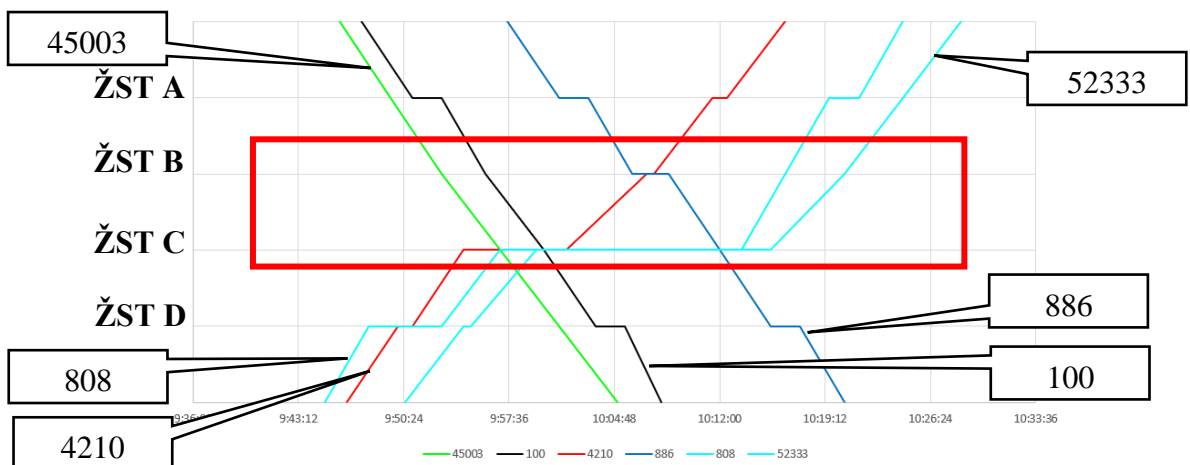
Obrázek M-2 – Simulace jízdního řádu pomocí navrženého modelu (situace druhá, varianta druhá)

Zdroj: (autor)



Obrázek M-3 – Simulace jízdního řádu pomocí navrženého modelu (situace druhá, varianta třetí)

Zdroj: (autor)



Obrázek M-4 – Simulace jízdního řádu pomocí navrženého modelu (situace druhá, varianta čtvrtá)

Zdroj: (autor)

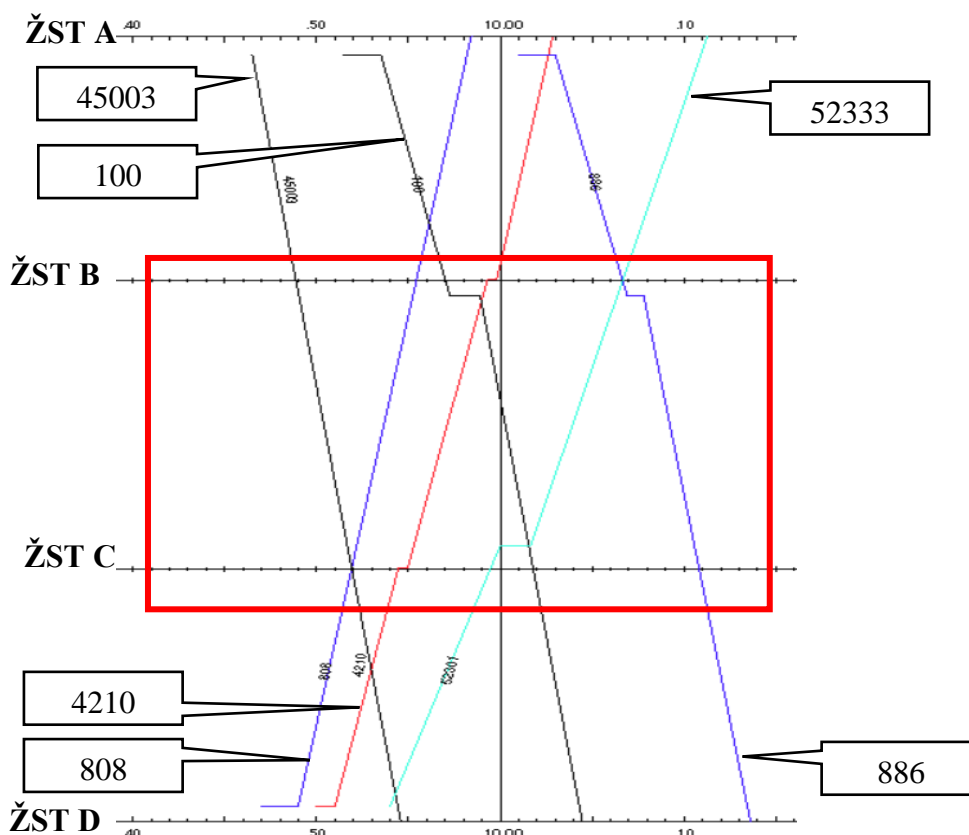
Sada obrázků M-5 až M-8 představuje simulaci třetí situace. V této třetí situaci dojde u vlaku 45003 kategorie nákladní expres ke změně kategorie na vlak kategorie Ex. Obrázek M-5 ukazuje variantu která vznikla za pomoci simulační programu OpenTrack. Obrázky M-6 až M-8 znázorňují varianty dva až tři, viz kapitola 3.3. Kategorie vlaků pro třetí simulovanou situaci jsou uvedeny v tabulce M-3.

Tabulka M-3 – Kategorie vlaků pro třetí situaci

Číslo vlaku	Kategorie	Přirážka k rozjezdu
808	R	0,5
4210	Os	1
100	Ex	1
886	R	1
45003	Ex	1
52333	Zbytková kapacita	1

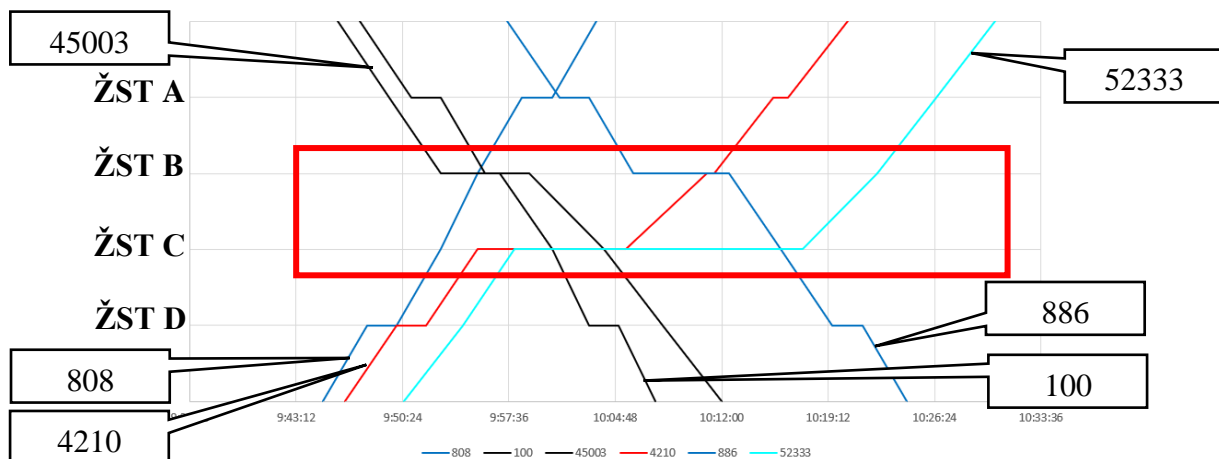
Zdroj: (autor)

Popis názvů stanic použitý v obrázcích ŽST A – Staré Město u Uherského Hradiště, ŽST B – Huštěnovice, ŽST C – Napajedla, ŽST D – Otrokovice.



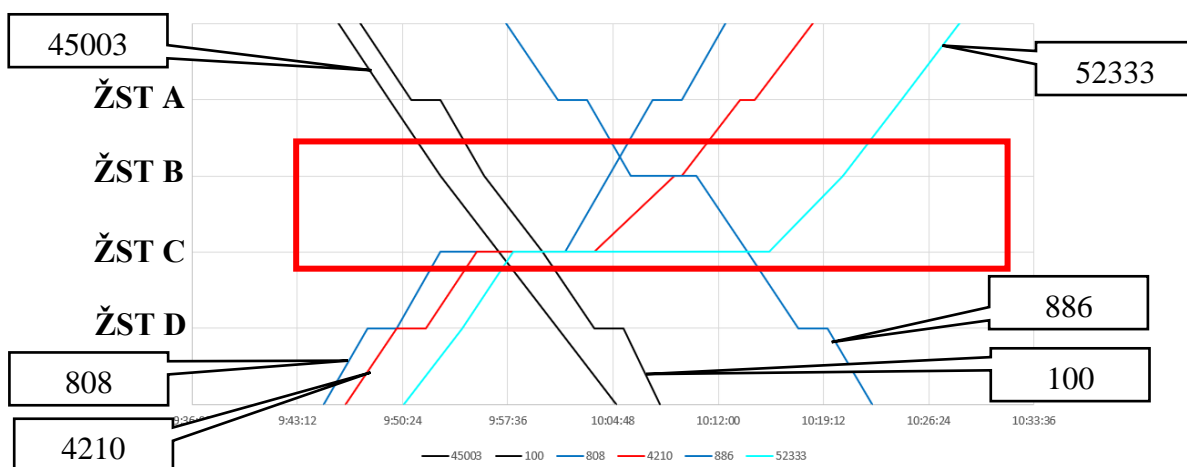
Obrázek M-5 – Simulace jízdního řádu pomocí OpenTracku (situace třetí, varianta první)

Zdroj: (autor)



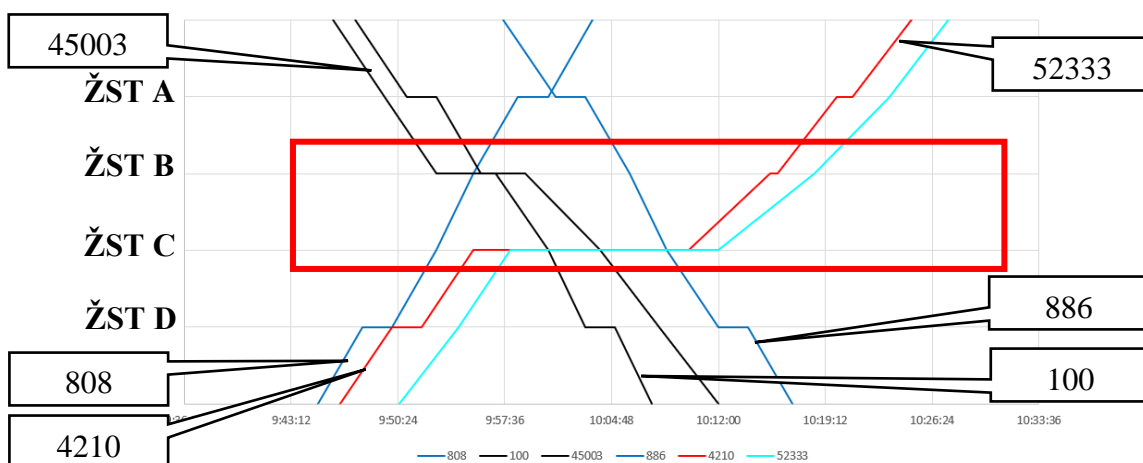
Obrázek M-6 – Simulace jízdního řádu pomocí navrženého modelu (situace třetí, varianta druhá)

Zdroj: (autor)



Obrázek M-7 – Simulace jízdního řádu pomocí navrženého modelu (situace třetí, varianta třetí)

Zdroj: (autor)



Obrázek M-8 – Simulace jízdního řádu pomocí navrženého modelu (situace třetí, varianta čtvrtá)

Zdroj: (autor)

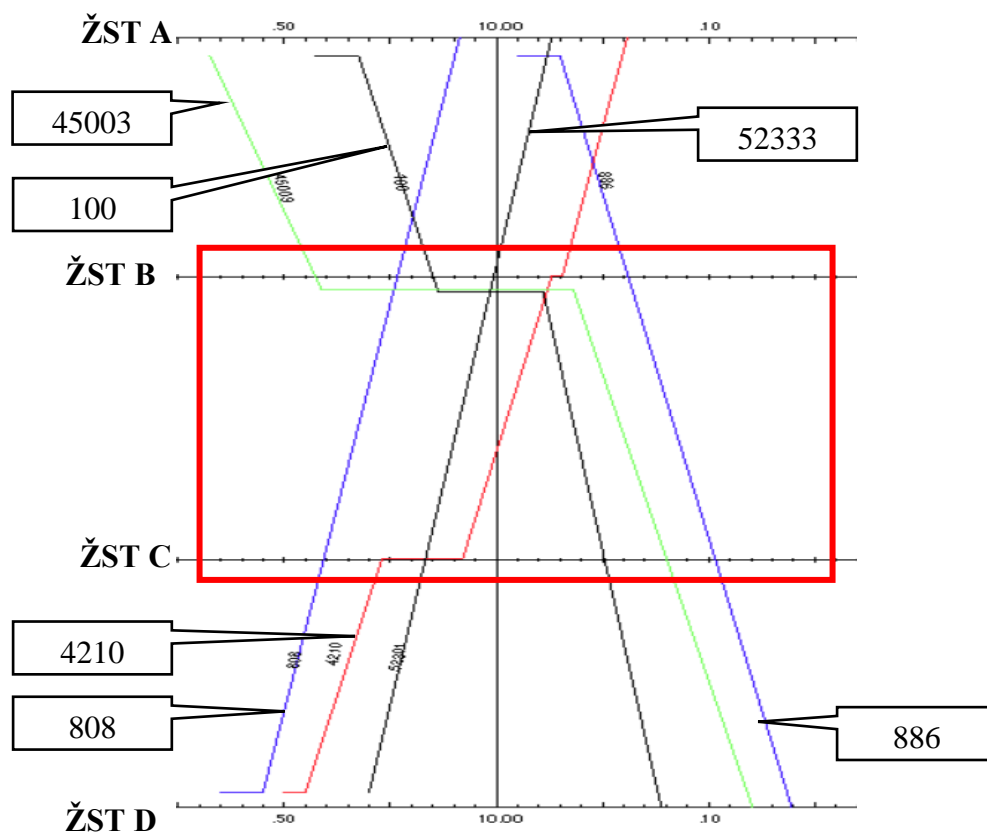
Sada obrázků M-9 až M-12 představuje simulaci čtvrté situace. V této čtvrté situaci dojde u vlaku 52301 v kategorii zbytková kapacita ke změně kategorie na vlak kategorie Ex. Obrázek M-9 ukazuje variantu která vznikla za pomoci simulační programu OpenTrack. Obrázky M-10 až M-12 znázorňují varianty dva až tři, viz kapitola 3.3. Kategorie vlaků pro čtvrtou simulovanou situaci jsou uvedeny v tabulce M-4.

Tabulka M-4 – Kategorie vlaků pro čtvrtou situaci

Číslo vlaku	Kategorie	Přirážka k rozjezdu
808	R	0,5
4210	Os	1
100	Ex	1
886	R	1
45003	Nex	1
52333	Ex	1

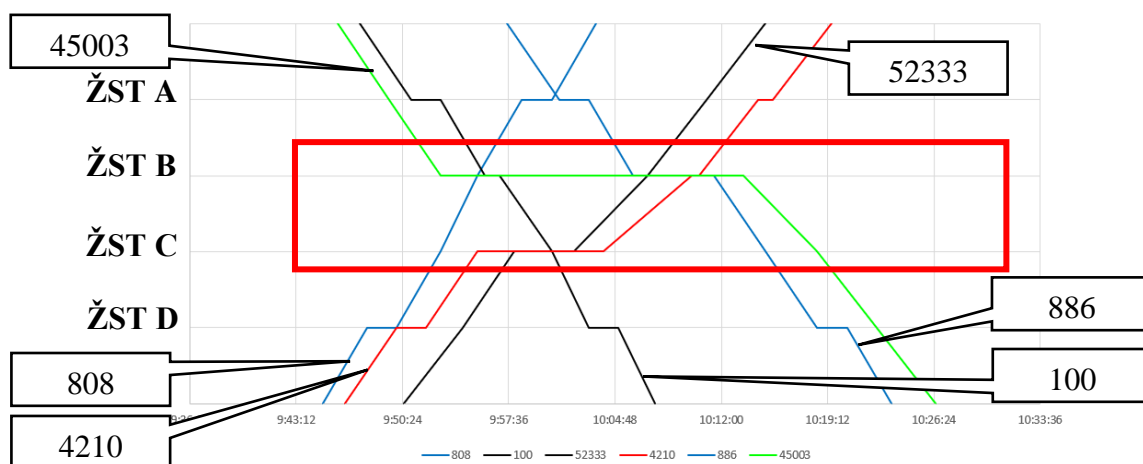
Zdroj: (autor)

Popis názvů stanic použitý v obrázcích ŽST A – Staré Město u Uherského Hradiště, ŽST B – Huštěnovice, ŽST C – Napajedla, ŽST D – Otrokovice.



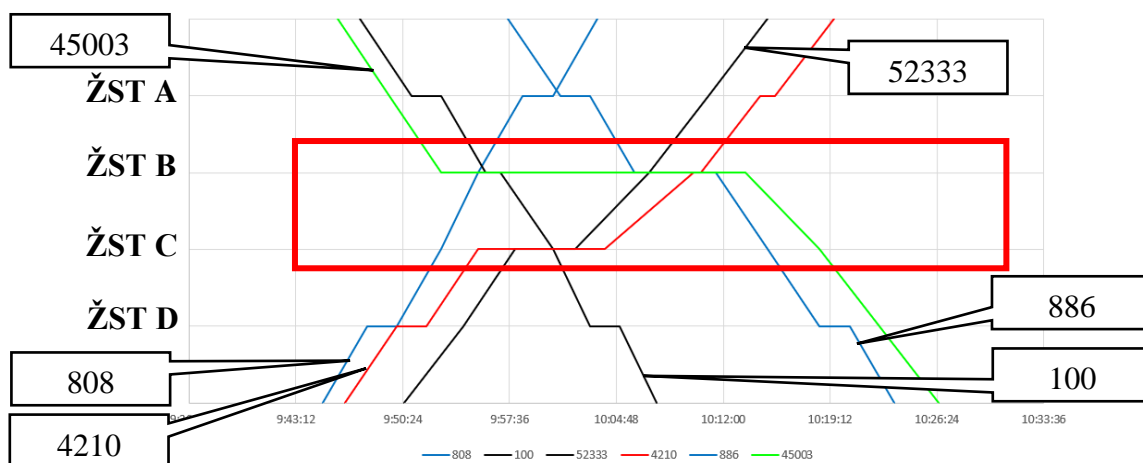
Obrázek M-9 – Simulace jízdního řádu pomocí OpenTracku (situace čtvrtá, varianta první)

Zdroj: (autor)



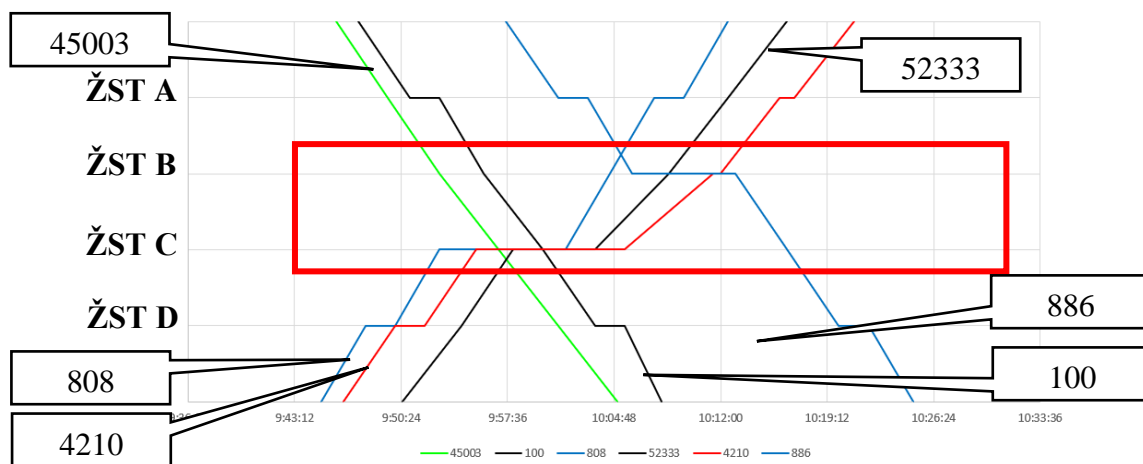
Obrázek M-10 – Simulace jízdního řádu pomocí navrženého modelu (situace čtvrtá, varianta druhá)

Zdroj: (autor)



Obrázek M-11 – Simulace jízdního řádu pomocí navrženého modelu (situace čtvrtá, varianta třetí)

Zdroj: (autor)



Obrázek M-12 – Simulace jízdního řádu pomocí navrženého modelu (situace čtvrtá, varianta čtvrtá)

Zdroj: (autor)

N. Popis navrženého modelu

Obrázky N-1 a N-2 ukazují výsledné provázení vlaků vytvořené pomocí navrženého modelu krátkodobé predikce jízdy vlaků. Vstupní hodnoty korekce přednosti jízd vlaků, přírážky k rozjezdu a modelové provozní intervaly byly do obou modelovaných situací, vloženy stejné, a to konkrétně hodnoty z tabulky 2-8. Dále byl v obou variantách zvoleny stejné kategorie vlaků, viz tabulky N-2 a N-3. Dalším principem je to, že i když se změní velikost zpoždění, tak se nemění časová poloha vlaku. Neboli když jel vlak bez zpoždění a dle TJŘ měl projíždět danou dopravnou 10:00, tak při zpoždění 5 min se jeho TJŘ změní, tak jako by měl danou dopravnou projíždět v 9:55. Tato úvaha nad dopravní situací je uvedena z důvodu detailního představení fungování korekcí přednosti jízd vlaků, proto byla z tabulky 2-8 vybrána nejdůležitější data představující hodnoty korekce přednosti jízd vlaků v úseku s infrastrukturním a mezením. Tato data jsou uvedena v tabulce N-1.

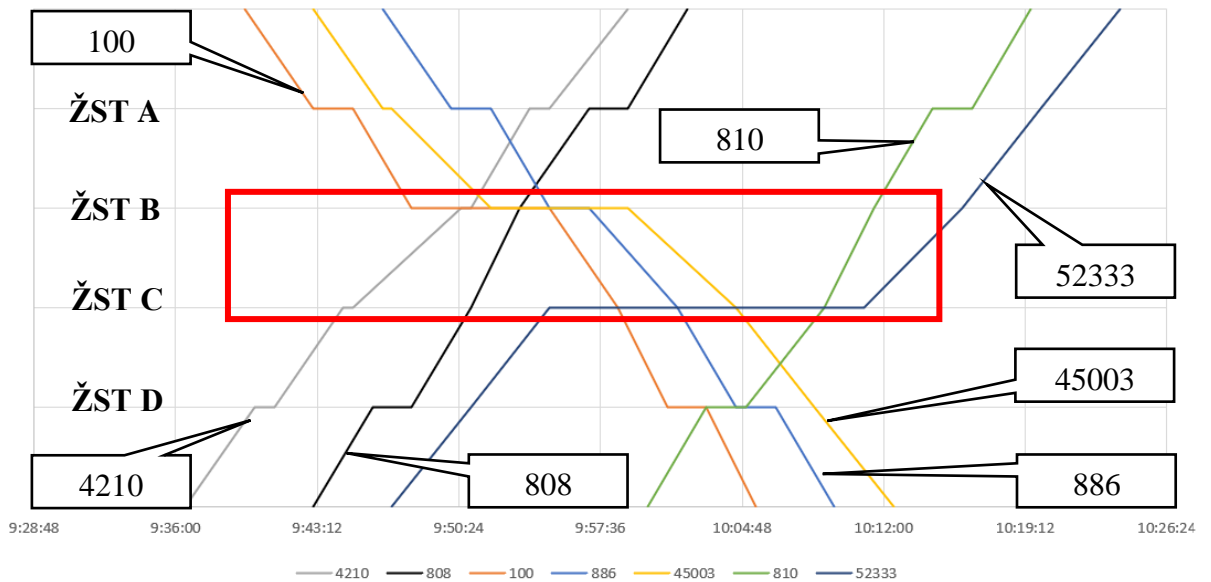
Tabulka N-1 – Korekce přednosti jízd vlaků v úseku s infrastrukturním omezením

Korekce přednosti jízd vlaků v úseku s infrastrukturním omezením [min]					
Kategorie vlaku		Ex	R	Os	Nex
Směr jízdy vlaku:	do Napajedel	5	3	3	25
	do Huštěnovic	5	10	5	30

Zdroj: (16, 18, autor)

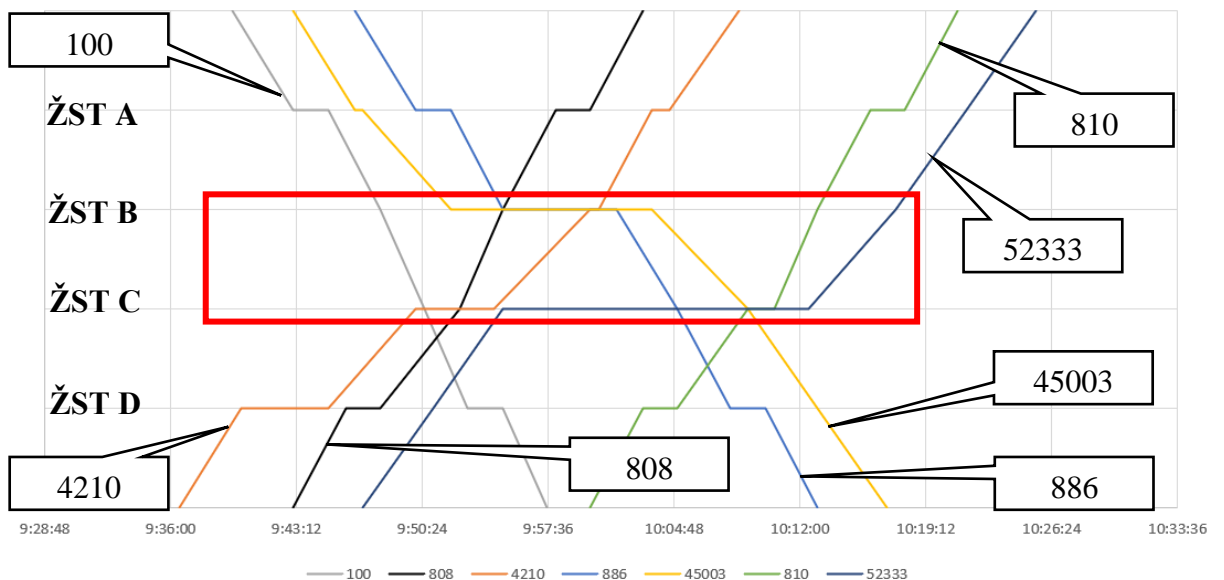
Obrázek N-1, ukazující provázení vlaků, ve variantě jedna ukazuje situaci, kdy vlak Ex 100 jede bez zpoždění, a díky hodnotám korekcí přednosti je upřednostněn Os 4210 a R 808, jenž mají pro směr jízdy do Napajedel nižší hodnotu korekce přednosti než vlaky kategorie Ex. Naopak varianta dva znázorněná na obrázku N-2 ukazuje, že v případě, kdy vlak Ex 100 má hodnotu zpoždění 5 min, tak se model chová jinak, protože hodnota korekce přednosti pro vlaky kategorie Ex je 5 min. Z toho důvodu se model přepne do varianty vyšší preference vlaku Ex 100 dle vzorce 4 tak, že kategorii vlaku, která je dle přílohy C převedena na váhu, respektive body násobí hodnotou 10, čímž je zajištěn ona preference. Naopak zaměříme-li se na vlak Nex 45003, tak i když má daný vlak zpoždění a model by jej mě upřednostňovat tak při pohledu na vzorec 6 tomu tak není. Protože, aby byla zajištěna určitá preference vlaků s přepravou cestujících nepočítá se hodnotou aktuálního zpoždění u vlaků bez přepravy cestujících, ale pouze se zpožděním, které vznikne vlivem přírážek k rozjezdu vlaku a zpoždění vzniklé sledem vlaků. Poslední ukázkou chování korekcí předností je to, že pokud jede vlak s náskokem, model by primárně vybíral varianty provázení vlaků takové, kde vlak s náskokem projede jako první, protože by snižoval hodnotu účelové funkce a v extrémních případech by tato funkce mohla být

záporná, což je nepřijatelné. Z tohoto důvodu je do vzorců 3 až 6 zakomponována podmínka, která zajišťuje to, že pokud je zpoždění záporné, čili náskok převede se tato hodnota na nulové zpoždění, aby negativně neovlivňovala provázení vlaků. Z toho důvodu není vlak Nex 45003 ve druhé variantě upřednostněn. Popis názvů stanic použitý v obrázcích ŽST A – Staré Město u Uherského Hradiště, ŽST B – Huštěnovice, ŽST C – Napajedla, ŽST D – Otrokovice.



Obrázek N-1 – Simulace jízdního řádu pomocí navrženého modelu, varianta jedna

Zdroj: (autor)



Obrázek N-2 – Simulace jízdního řádu pomocí navrženého modelu, varianta dva

Zdroj: (autor)

Tabulka N-2 – Jízdní řád, kategorie a zpoždění vlaků, varianta jedna

ŽST	Tlumačov		Otrokovice				Napajedla				Huštěnovice				Staré Město				Nedakonice		Přirážky na rozjezd		
	Nedakonice		Staré Město		Huštěnovice		Napajedla		Huštěnovice		Napajedla		Staré Město		Otrokovice		Tlumačov						
	Odjezd	Jízdní doba [min]	Příjezd	Pobyt [min]	Odjezd	Jízdní doba [min]	Příjezd	Pobyt [min]	Odjezd	Jízdní doba [min]	Příjezd	Pobyt [min]	Odjezd	Jízdní doba [min]	Příjezd	Pobyt [min]	Odjezd	Jízdní doba [min]	Příjezd	výše zpoždění		pravidelný odjezd	Do stanice
R 886	9:46:30	3,5	9:50:00	2,0	9:52:00	3,0	9:55:00	0,0	9:55:00	2,5	9:57:30	0,0	9:57:30	3,0	10:00:30	2,0	10:02:30	3,0	10:05:30	1,0	9:54:00	Huštěnovice	1
Os 4210	9:36:30	3,5	9:40:00	1,0	9:41:00	3,5	9:44:30	0,5	9:45:00	5,5	9:50:30	0,5	9:51:00	4,0	9:54:00	1,0	9:55:00	4,0	9:59:00	0,0	9:45:00	Napajedla	1
Ex 100	9:39:30	3,5	9:43:00	2,0	9:45:00	3,0	9:48:00	0,0	9:48:00	2,5	9:50:30	0,0	9:50:30	2,5	9:53:00	2,0	9:55:00	2,5	9:57:30	0,0	9:48:00	Huštěnovice	1
R 808	9:43:00	3,0	9:46:00	2,0	9:48:00	3,0	9:51:00	0,0	9:51:00	2,5	9:53:30	0,0	9:53:30	3,0	9:56:30	2,0	9:58:30	3,0	10:01:30	0,0	9:51:00	Napajedla	0,5
Z 52333	9:47:00	4,0	9:51:00	0,0	9:51:00	4,0	9:55:00	0,0	9:55:00	4,0	9:59:00	0,0	9:59:00	4,0	10:03:00	0,0	10:03:00	4,0	10:07:00	-60,0	10:55:00	Napajedla	1
Nex 45003	9:43:00	3,5	9:46:30	0,0	9:46:30	3,5	9:50:00	0,0	9:50:00	4,0	9:54:00	0,0	9:54:00	4,0	9:58:00	0,0	9:58:00	4,0	10:02:00	60,0	8:50:00	Huštěnovice	1,5
R 810	10:00:00	3,0	10:03:00	2,0	10:05:00	4,0	10:09:00	0,0	10:09:00	2,5	10:11:30	0,0	10:11:30	3,0	10:14:30	2,0	10:16:30	3,0	10:19:30	0,0	10:09:00	Napajedla	0,5

Zdroj: (autor)

Tabulka N-3 – Jízdní řád, kategorie a zpoždění vlaků, varianta dva

ŽST	Tlumačov		Otrokovice				Napajedla				Huštěnovice				Staré Město				Nedakonice		Přirážky na rozjezd	
	Nedakonice		Staré Město		Huštěnovice		Napajedla		Huštěnovice		Napajedla		Otrokovice		Tlumačov		Do stanice	pravidelný odjezd				
	Odjezd	Příjezd	jízdní doba [min]	Příjezd	pobyt [min]	Odjezd	jízdní doba [min]	Příjezd	pobyt [min]	Odjezd	jízdní doba [min]	Příjezd	pobyt [min]	Odjezd	jízdní doba [min]	Příjezd			výše zpoždění			
R 886	9:46:30	9:50:00	3,5	9:52:00	2,0	9:55:00	0,0	9:57:30	0,0	9:57:30	2,5	9:57:30	0,0	10:00:30	3,0	10:02:30	3,0	10:05:30	1,0	9:54:00	Huštěnovice	1
Os 4210	9:36:30	9:40:00	3,5	9:41:00	1,0	9:44:30	0,5	9:50:30	0,5	9:50:30	5,5	9:51:00	0,5	9:54:00	1,0	9:55:00	4,0	9:59:00	0,0	9:45:00	Napajedla	1
Ex 100	9:39:30	9:43:00	3,5	9:45:00	2,0	9:48:00	0,0	9:50:30	0,0	9:50:30	2,5	9:50:30	0,0	9:53:00	2,0	9:55:00	2,5	9:57:30	5,0	9:43:00	Huštěnovice	1
R 808	9:43:00	9:46:00	3,0	9:48:00	2,0	9:51:00	0,0	9:53:30	0,0	9:53:30	2,5	9:53:30	0,0	9:56:30	2,0	9:58:30	3,0	10:01:30	0,0	9:51:00	Napajedla	0,5
Z 52333	9:47:00	9:51:00	4,0	9:51:00	0,0	9:55:00	0,0	9:59:00	0,0	9:59:00	4,0	9:59:00	0,0	10:03:00	4,0	10:03:00	4,0	10:07:00	-60,0	10:55:00	Napajedla	1
Nex 45003	9:43:00	9:46:30	3,5	9:46:30	0,0	9:50:00	0,0	9:54:00	0,0	9:54:00	4,0	9:54:00	0,0	9:58:00	0,0	9:58:00	4,0	10:02:00	-60,0	10:50:00	Huštěnovice	1,5
R 810	10:00:00	10:03:00	3,0	10:05:00	2,0	10:09:00	0,0	10:11:30	0,0	10:11:30	2,5	10:11:30	0,0	10:14:30	2,0	10:16:30	3,0	10:19:30	0,0	10:09:00	Napajedla	0,5

Zdroj: (autor)