

Univerzita Pardubice  
Dopravní fakulta Jana Pernera

Možnosti odstranění bariér v rámci železniční nákladní přepravy  
prostřednictvím sdílení dat

Ing. Petr Šohajek

Disertační práce  
2023

**Doktorand**

Ing. Petr Šohajek

**Studijní program**

P3710 Technika a technologie v dopravě a komunikacích

**Studijní obor**

3708V024 Technologie a management v dopravě a telekomunikacích

**Školitel**

doc. Ing. Radovan Soušek, Ph.D.

**Školitel specialista**

Ing. Jiří Čáp, Ph.D.

Prohlašuji:

Práci s názvem Možnosti odstranění bariér v rámci železniční nákladní přepravy prostřednictvím sdílení dat 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 Praze dne 1. června 2023

Ing. Petr Šohajek v. r.

### **Poděkování**

Děkuji svému školiteli Radovanu Souškovi a školiteli specialistovi Jiřímu Čápovi za rady, podněty a vstřícný přístup při zpracovávání disertační práce. Dále děkuji rodině a přátelům za jejich podporu. A konečně děkuji specialistům z oboru železniční dopravy a přepravy za jejich rady, informace a připomínky.

## **ANOTACE**

Disertační práce se zabývá tématem odstranění bariér v rámci železniční nákladní přepravy prostřednictvím sdílení dat mezi jednotlivými aktéry přepravního procesu. Práce je založena na dosavadních poznatcích v oblasti informačních systémů, systémů automatické identifikace, dispečerského řízení a železničního přepravního systému. Náplní práce je představení sady návrhů sloužících k eliminaci bariér, které spočívají ve vytvoření systému pro podporu rozhodování dispečerů na bázi metod vícekriteriálního rozhodování, fuzzy logiky a zajištění relevantních dat pomocí technologie RFID.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

železniční nákladní přeprava, RFID technologie, informační systém, vícekriteriální rozhodování, podpora rozhodování dispečerů, sdílení dat,

## **TITLE**

Possibilities of removing barriers in rail freight transport through data sharing

## **ANNOTATION**

The doctoral theses deals with the topic of removing barriers in rail freight transport through data sharing between individual actors of the transport process. The theses is based on existing knowledge in the field of information systems, automatic identification systems, dispatching control and railway transport system. The content of the theses is the presentation of a set of proposals for elimination of barriers, which consist in the proposal of a system to support dispatchers' decision-making based on multi-criteria decision-making methods fuzzy logic and the provision of relevant data using RFID technology.

## **KEYWORDS**

rail freight transport, RFID technology, information system, multi-criteria decision-making, dispatcher decision-making support, data sharing,

# OBSAH

ÚVOD .....	14
1 PŘEHLED SOUČASNÉHO STAVU POZNATKŮ V OBLASTI INFORMAČNÍCH TECHNOLOGIÍ PRO DOPRAVU.....	16
1.1 Současný stav výzkumu a zdrojů informací.....	16
1.2 Informace o vozidlech v dopravně-přepravním procesu.....	17
1.3 Standardizace a legislativa identifikačních technologií v dopravě .....	18
1.3.1 Legislativa upravující technologii GNSS.....	19
1.3.2 Legislativa upravující technologii RFID.....	20
1.4 Analýza identifikačních technologií v dopravě.....	21
1.4.1 Satelitní technologie GNSS.....	22
1.4.2 Radiofrekvenční technologie automatické identifikace a technologie OCR.....	23
1.5 Uplatnění informačních a identifikačních technologií v dopravě .....	24
1.5.1 Základní popis radiofrekvenční technologie .....	26
1.5.2 Použití technologie RFID v dopravě.....	28
1.5.3 Výhody a nevýhody použití RFID technologie.....	29
1.5.4 Dosavadní výzkum v oblasti využití RFID na železnici a použité přístupy.....	32
1.5.5 Vlastnosti systému a požadavky na umístění RFID technologie na vozidlo.....	35
1.5.6 Shrnutí využití RFID v železniční dopravě.....	37
1.6 Analýza informačních systémů železničního nákladního dopravce.....	39
1.6.1 EMAN/ELITE.....	39
1.6.2 GPPS .....	40
1.6.3 ÚDIV .....	40
1.6.4 TMS .....	41
1.6.5 CNP.....	41
1.6.6 Systém monitorování železničních vozidel.....	41
1.6.7 DISC OŘ .....	41
1.6.8 DISC-M.....	42
1.6.9 PRIS .....	42
1.6.10 CVA .....	43
1.7 Vlakovorba.....	43
1.7.1 Příprava plánu vlakovorby na síti .....	44
1.7.2 Příprava plánu vlakovorby pro uzly .....	44

1.8	Řízení a rozhodování v provozu uzlu a jeho okolí.....	45
1.8.1	Proces řízení práce s konkrétním vlakem.....	47
1.8.2	Dispečerské řízení provozu v uzlu .....	48
1.8.3	Centrum řízení provozu.....	49
1.9	Zabezpečovací systém radioblok .....	50
1.10	Shrnutí.....	53
2	CÍL DISERTAČNÍ PRÁCE.....	56
3	PŘEHLED METOD POUŽITÝCH K DOSAŽENÍ CÍLE PRÁCE .....	57
3.1	Fuzzy logika – metoda vícekriteriálního rozhodování .....	57
3.2	Tvorba hodnotícího systému užitím fuzzy logiky .....	60
3.3	Heuristický přístup.....	61
3.4	Empirické metody .....	62
3.5	Metoda dotazování s prvky expertního odhadu .....	63
3.6	Metody logické .....	65
3.7	Metoda analogie a komparace.....	67
4	NÁVRHY PRO ODSTRANĚNÍ BARIÉR.....	68
4.1	Návrh systému pro rozhodování dispečerů v uzlech.....	69
4.2	Návrh rozhraní pro komunikaci mezi provozními systémy .....	70
4.3	Stanovení priorit vlaků.....	73
4.3.1	Hodnocení přepravní zátěže vlaků .....	73
4.3.2	Postup hodnocení dopravní situace .....	80
4.3.3	Vstupní data .....	81
4.3.4	Kritéria hodnocení dopravní situace .....	82
4.3.5	Určení vstupních hodnot .....	85
4.3.6	Výstupní proměnné .....	86
4.3.7	Inferenční a rozhodovací pravidla.....	87
4.3.8	Aplikace fuzzy logiky při výpočtu hodnocení dopravní situace .....	88
4.3.9	Porovnání a vyhodnocení priority vlaků .....	90
4.4	Odstranění bariéry vstupu informací do rozhodovacího procesu.....	91
4.5	Experiment s RFID štítky a návrh umístění na nákladních vozech .....	92
4.5.1	Nákladní vozy .....	92
4.5.2	Podvozky.....	93
4.5.3	Proces testování.....	94

4.5.4	Výsledky experimentu .....	97
4.5.5	Návrh umístění RFID štítků na vozech .....	100
4.5.6	Návrh umístění RFID tagů na podvozcích .....	102
4.6	Návrh uplatnění RFID na regionálních tratích .....	105
4.6.1	Vylepšení radiobloku pomocí RFID technologie .....	105
4.6.2	Vybavení vozidla .....	106
4.6.3	Vybavení infrastruktury .....	106
4.6.4	Procesy řízení dopravy .....	106
5	VYHODNOCENÍ A DISKUSE O VÝSLEDČÍCH .....	111
5.1	Možnosti využití návrhu pro podporu rozhodování dispečerů .....	112
5.2	Vyhodnocení návrhu systému pro podporu rozhodování dispečerů .....	113
5.3	Možnosti dalšího rozvoje systému pro podporu rozhodování dispečerů .....	116
5.4	Vyhodnocení a diskuse o návrhu využití RFID na nákladních vozech .....	118
5.5	Vyhodnocení a diskuse o uplatnění RFID na regionálních tratích .....	119
6	PŘÍNOSY DISERTAČNÍ PRÁCE .....	121
7	ZÁVĚR .....	122
8	POUŽITÁ LITERATURA .....	125
9	PUBLIKAČNÍ ČINNOST DOKTORANDA SOUVISEJÍCÍ S TÉMATEM DISERTAČNÍ PRÁCE .....	133
10	SEZNAM PŘÍLOH .....	135



## SEZNAM OBRÁZKŮ

<b>Obrázek 1</b>	Informační systémy pro plánování a řízení provozu.....	39
<b>Obrázek 2</b>	Schéma řešeného systému.....	54
<b>Obrázek 3</b>	Schéma okolí uzlu.....	55
<b>Obrázek 4</b>	Lomená křivka S.....	60
<b>Obrázek 5</b>	Schéma systému s návrhy.....	68
<b>Obrázek 6</b>	Algoritmus hodnocení přepravní zátěže.....	75
<b>Obrázek 7</b>	Algoritmus hodnocení dopravní situace.....	81
<b>Obrázek 8</b>	Umístění tagů na voze řady Talls.....	96
<b>Obrázek 9</b>	Testování tagů pod úhlem 0° a 45°.....	97
<b>Obrázek 10</b>	Umístění štítku na rám vozu řady Faccs.....	98
<b>Obrázek 11</b>	Umístění štítku na rám podvozku typu 26-2.8.....	102
<b>Obrázek 12</b>	Umístění tagu na rám podvozku typu Y25.....	103
<b>Obrázek 13</b>	Umístění tagu na rám podvozku typu Talbot R.....	103
<b>Obrázek 14</b>	Umístění tagu na rám podvozku typu Diamond.....	104
<b>Obrázek 15</b>	Algoritmus přihlášení do RBS.....	107
<b>Obrázek 16</b>	Algoritmus žádosti o povolení k jízdě vlaku.....	108
<b>Obrázek 17</b>	Jízda vlaku.....	110
<b>Obrázek 18</b>	Prototyp digitálního automatického spřáhla Voith.....	117
<b>Obrázek 19</b>	Prototyp svorkovnice digitálního automatického spřáhla Voith.....	117

## SEZNAM TABULEK

<b>Tabulka 1</b>	Kategorie dat .....	71
<b>Tabulka 2</b>	Kritéria hodnocení přepravní zátěže a hodnoty kritérií .....	76
<b>Tabulka 3</b>	Hodnocení přepravní zátěže vlaku .....	79
<b>Tabulka 4</b>	Kritéria hodnocení dopravní situace a hodnoty kritérií .....	82
<b>Tabulka 5</b>	Vstupní proměnné a funkce příslušnosti .....	85
<b>Tabulka 6</b>	Vstupní proměnné a funkce příslušnosti .....	86
<b>Tabulka 7</b>	Výstupní proměnné a funkce příslušnosti .....	87
<b>Tabulka 8</b>	Základní stavová matice .....	88
<b>Tabulka 9</b>	Redukovaná stavová matice .....	88
<b>Tabulka 10</b>	Transformační matice 1 .....	89
<b>Tabulka 11</b>	Transformační matice 2 .....	89
<b>Tabulka 12</b>	Matice porovnání hodnot dosažených oproti dosažitelným .....	90
<b>Tabulka 13</b>	Matice priorit vlaků a pokynů .....	90
<b>Tabulka 14</b>	Vlastnosti testovaných tagů .....	95
<b>Tabulka 15</b>	Výsledky testování na vozu řady Faccs .....	98
<b>Tabulka 16</b>	Výsledky testování na podvozku typu Y25 .....	99
<b>Tabulka 17</b>	Výsledky testování na podvozku typu Y25 .....	99
<b>Tabulka 18</b>	RFID tagy na vozech .....	100
<b>Tabulka 19</b>	RFID tagy na podvozcích .....	102

## SEZNAM ZKRATEK

APS	Automatizované pracoviště strojmistra
ATEX	Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2014/34/EU o harmonizaci právních předpisů členských států týkajících se zařízení a ochranných systémů určených k použití v prostředí s nebezpečím výbuchu
BLE	Bluetooth Low Energy
CČA	IS pro centralizaci číselníků pro většinu aplikací a systémů
ČDC	ČD Cargo, a.s., železniční nákladní dopravce
ČD IS	ČD Informační systémy, a.s., společnost zabývající se vývojem a provozem informačních systémů
CDP	Centrální dispečerské pracoviště
CNP	IS pro podporu odbavení zásilky
CVA	IS pro podporu odúčtování pobytu vozu na vlečkách a VNVK
DISC-M	IS pro stanovení a sledování plnění plánu jízdy vozu
DISC OŘ	IS pro operativní řízení a sledování realizace plánu jízdy vlaků
D-VS	Dispečer-vedoucí směny
DAC	Digital automatic coupling – digitální automatické spřáhlo
ELITE	IS pro dlouhodobé plánování kapacit nákladní dopravy
EU	Evropská unie
ETA	Estimated time of arrival – odhadovaný čas příjezdu vlaku
ETCS	European train control system
ETI	Estimated time of interchange – odhadovaný čas předání vlaku
ETD	Estimated time of departure – odhadovaný čas odjezdu vlaku například z vlakotvorné stanice
GLONASS	Globalnaja navigacionnaja sputnikovaja systémá
GNSS	Global Navigation Satellite System
GPS	Global Positioning System
GPPS	IS pro dlouhodobé plánování procesů ve stanicích
GSM	Groupe Spécial Mobile, standard mobilní komunikace, v této práci zahrnuje i sítě vyšších generací, například 3G a 4G
HV	Hnací vozidlo
IoT	Internet of Things

IPU	Information processing unit
ISU	Information sharing unit
IS	Informační systém
IT	Informační technologie
IM	Infrastrukturní manažer
JŘ	Jízdní řád
LAN	Local Area Network
MM	Manipulační místo
Mn vlak	Manipulační vlak, kategorie vlaku
M-PRIS	Mobilní verze IS PRIS
MZ	Mimořádná zásilka
OCR	Optical character recognition
Oj vlak	Obslužná jízda, kategorie vlaku
PDA	Personal Digital Assistant, přenosný počítač
PJ	Provozní jednotka ČDC
PNL	Precisiated Natural Language, zpřesněný přirozený jazyk
PP	Přepravní prohlídka
PTP	Příruční technologie práce
PRIS	IS pro podporu místních prací ve stanici
RBC	Radiobloková centrála systému radioblok
RBS	Radioblokový zabezpečovací systém – radioblok
RBV	Radiobloková vozidlová jednotka
RFID	Radiofrekvenční technologie
RID	Úmluva o přepravě nebezpečných věcí po železnici
ŘPČT	Řízení provozu Česká Třebová
RSR	Radiofrequency system for Roads
RU	Railway undertaking – železniční dopravce
SIMON	Systém inteligentního monitorování železničních vagonů
SVJ	Sledovací vozová jednotka, sledovací vozidlová jednotka
SŽCZ	Správa železnic
TDPP	Technologická dokumentace provozního pracoviště
TMS	IS Transport management system

TP	Technická prohlídka
TSI TAF	Technické specifikace interoperability pro telematické aplikace v železniční nákladní dopravě
TSI WAG	Technické specifikace interoperability pro železniční nákladní vozy
ÚDIV	IS nástroj pro podporu hospodaření s nákladními vozy
UHF	Ultra High Frequency
VNVK	Všeobecná nakládková a vykládková kolej
VÚKV	Výzkumný ústav kolejových vozidel, certifikovaná osoba
VÚŽ	Výzkumný ústav železniční, certifikovaná osoba
VS	Vedoucí ve směně
ZEVO-O	IS pro správu provozních vozů

# ÚVOD

Jak autor již uvádí ve svých předcházejících práce, je nutno i zde na začátku uvést, že železniční doprava byla vždy postavena na pravidelnosti nebo alespoň na zajištění dohodnutých přeprav v garantovaných časech. Tato pravidelnost, respektive časová garance, může být na železniční dopravní cestě zajištěna pouze tehdy, jestliže existuje plán, podle kterého lze zajistit veškeré kapacity a zdroje pro jízdu vlaků. Hlavními zdroji využívanými v železniční nákladní dopravě jsou hnací vozidla, nákladní vozy, zaměstnanci dopravce a kapacita dopravní cesty. Veškeré zdroje používané pro naplánování, zajištění a realizaci i jednotlivé přepravy jsou omezené. Základem pro provedení přeprav dle požadavků zákazníků, s co možná nejmenším čerpáním kapacit zdrojů a rovněž aby nedocházelo k jejich přetěžování, je naplánování veškerých úkonů. Tyto plány jsou v případě systému přepravy jednotlivých vozových zásilek tvořeny například jízdním řádem, resp. jízdním řádem vlaků nákladní dopravy, plánem vlakotvorby a plánem řadění nákladních vlaků – v dnešní době jejich elektronickými aplikacemi.

Přestože pro provoz vlaků jsou platné údaje uvedené v jízdním řádu a dalších pomůckách, vlivem mnoha činitelů se dlouhodobě nedaří tento plán dodržovat a v kontextu provozního plánování a řízení provozu jsou kompetentní osoby na pracovních místech dispečerů nuceny v provozu improvizovat a rozhodovat na základě svých nejlepších schopností a znalostí.

Veškeré odlišnosti oproti naplánované jízdě vlaku znamenají v prostředí železniční dopravy razantní zvýšení nákladů a tím zhoršení výsledků hospodaření. Dosavadní reakce dopravce na změny byla a stále je zprostředkovávána na úrovni zaměstnanců operativního řízení prakticky v živém provozu. Při použití přirovnání pomocí terminologie výrobních podniků, zaměstnanci na výrobní lince sestavují výrobní plán přímo v průběhu směny. Z tohoto absurdního přirovnání je zřejmé, že tato situace není zcela v pořádku.

Moderní železniční dopravce, který má být úspěšný v konkurenčním boji 21. století, musí zavést opatření, která budou v kterémkoli logicky definovaném okamžiku schopna dávat do souladu zákaznickova přání s možnostmi železnice. Často protichůdné požadavky je zapotřebí zpracovat do plánu, neboť řešení ad hoc jsou ve většině případů méně efektivní. Rozhodujícími činiteli pro dosažení efektivní funkčnosti opatření dopravce jsou spolehlivé toky informací důležitých pro plánování i provozní řízení a dále pak nástroje pro plánování a řízení provozu, reprezentované v současné době zejména informačními systémy. Pokud nejsou

dostupné informace a nástroje pro jejich zpracování na náležitě úrovni, lze hovořit o zásadních bariérách v rámci modální i multimodální dopravy. Působení těchto bariér se naplno projevuje při řízení provozu uzlů a jejich okolí. K tomu, aby mohly být tyto bariéry odstraněny, je zapotřebí prozkoumat informační toky, dostupné informační technologie a systémy, technologie a přístupy k plánování a řízení dopravy, metody vícekriteriálního rozhodování a současné přístupy k řešení problematiky, dále provést analýzu dostupných zdrojů a kapacit, jakož i dosavadní přístup jiných autorů k problematice. Schéma řešeného systému je uvedeno v kapitole 1.10.

Uvedeným tématům je věnován prostor v teoreticko-analytické části. Na základě výsledků analýzy, při níž jsou využity empirické metody a metody dotazování, jsou navržena řešení reprezentovaná návrhem systému pro podporu rozhodování dispečerů, využívající metody vícekriteriálního rozhodování, metodu fuzzy logiky a systém získávání provozních informací týkajících se přepravovaných zásilek, resp. vozů, přičemž jsou navrženy způsoby sdílení informací. Návrhy jsou zpracovány na základě reálných procesů a práce v uzlech železniční dopravy.

Cílem práce je návrh možností odstranění bariér pro zajištění nepřerušovaných digitálních toků informací jednak mezi jednotlivými účastníky přepravního i dopravního procesu a jednak mezi dopravním prostředkem a centrálním informačním systémem, resp. informačním systémem koncového zákazníka (v zahraniční literatuře jsou tyto subjekty označovány jako „stakeholders“, což se dá vysvětlit, jako účastníci dopravně-přepravního procesu).

# **1 PŘEHLED SOUČASNÉHO STAVU POZNATKŮ V OBLASTI INFORMAČNÍCH TECHNOLOGIÍ PRO DOPRAVU**

Tato kapitola se zabývá současným vědeckým poznáním v oblasti informačních technologií pro dopravu. Dále pak představením teoretických aspektů spojených s metodami vícekritériálního rozhodování. Následně představuje teoretické aspekty a analýzu řízení provozu v přepravních uzlech, zejména s ohledem na řízení procesů souvisejících se vstupem dopravních prostředků do definované oblasti uzlů.

## **1.1 Současný stav výzkumu a zdrojů informací**

Disertační práce se zabývá dvěma základními oblastmi, jednak oblastí přepravních technologií a jednak informačních technologií. Oblast železničních technologií je z hlediska rychlosti postupu vývoje a zavádění nových technologií oproti oblasti informačních technologií poměrně stabilní, a tudíž je možné nalézt mnoho starších i novějších zdrojů informací. V oblasti informačních technologií se vývoj dá charakterizovat následovně. Podoblast vývoje automatické identifikace, zejména RFID technologie, se nachází ve stavu relativně stabilním a má dostupné informační zdroje. Podoblast vývoje informačních systémů, tedy softwarových technologií, se velmi dynamicky vyvíjí i vlivem změn na přepravním trhu, resp. změn technologií konkrétních realizací přeprav. Mimo ostatní důvody má zmíněná proměnlivost prostředí za následek nedostatečnost informačních zdrojů. V podstatě v době, kdy konkrétní softwarové řešení je popsáno a publikováno, je toto řešení již překonáno a příslušná publikace zastaralá. Všeobecně jsou zdroje informací o informačních systémech v dopravě z důvodu ochrany znalostí a obchodních zájmů společností velmi špatně dostupné.

Vývoj a výzkum dopravních, přepravních a s nimi spojených informačních technologií je v rámci Evropy reprezentován značnou měrou evropskými výzkumnými projekty a iniciativami v rámci programů, které v současné době probíhají nebo jsou ve stádiu přípravy. Jmenovat lze například vývojové aktivity v rámci společného podniku Shift2Rail Joint Undertaking a na něj navazujícího Europe's Rail Joint Undertaking (Evropská komise, 2021a). Dále pak vývoj a testování automatického spřáhla v rámci programu European Digital Automatic Coupling Delivery Programme (Shift2Rail, 2021). Dle Evropské komise (2021b) budou environmentální aktivity nově řešeny v rámci programu Horizon Europe Cluster 5: Climate, Energy and Mobility a dalších programů.



## 1.2 Informace o vozidlech v dopravně-přepravním procesu

Základem pro řízení dopravně-přepravních procesů, bez ohledu na druh dopravy, je dostupnost spolehlivých dat o stavu prvků (objektů) používaných v rámci těchto procesů. Například v případě řízení procesů v dopravních uzlech je žádoucí mít v dostatečné době před příjezdem dopravního prostředku do určitého uzlu informace jednak o dopravním prostředku a jednak o aktuální dopravní situaci v uzlu. Informace o dopravní situaci jsou zpravidla dostupné, avšak ty první zmíněné jsou i v dnešní době stále nedostupné anebo nespolehlivé. V případě železniční i silniční dopravy se běžně stává, že informace o vozidlech a přepravovaném nákladu jsou dostupné až po samotném příjezdu vozidla do uzlu či sledovaného bodu. V případě zaměření zkoumání speciálně na problematiku železniční dopravy, tak například Hranický, Šperka a Čamaj (2021) uvádí, že informace o vlakové soupravě (složení vlaku, soupis vozů ve vlaku a další – například přepravní dokumenty) jsou v současné době v mnoha případech k dispozici až po prohlídce soupravy a přepravní dokumentace a že jsou dostupné v elektronické podobě pouze po ručním zadání železničním zaměstnancem dopravce do příslušného informačního systému, což činí jejich kvalitu diskutabilní.

K tomu dále Hell a Varga (2018) uvádějí, že v Evropě (zde je nutné poznamenat, že hledání jiných, než evropských řešení je neefektivní, neboť rozdíly v provozování železniční dopravy a přepravy na jednotlivých kontinentech jsou z různých hledisek zásadní) v současné době neexistuje jednotný systém zpracování vlakové dokumentace, jednotná báze informací o vlacích a přepravovaném nákladu včetně jeho polohy. Balog a Mindas (2016) dodávají, že přístup k provádění technických prohlídek vozů není dostatečný, to souvisí i se zpracováním vlakové a přepravní dokumentace. Hlavní příčinou nehod je podle nich nedostatečně kontrolovaný technický stav vozů, nesystémová údržba a nízká prevence vyplývající z nedostatečné evidence technických a provozních parametrů železničních vozů (rychlost, ujetá vzdálenost, zatížení, respektive přetížení vozů atd.). Tvrdí, že tento stav je akutní, projevující se zvýšeným počtem nehod a kolizí na železnici, jakož i počtem vyřazovaných vozů z vlaku. Motivací příspěvku je, jak uvádí, skutečnost, že identifikaci vozů (soupis, resp. kontrolu vozů po příjezdu či před odjezdem z uzlu) v dnešní době stále provádějí pracovníci ručně. Upozorňují, že tito pracovníci musí provést vizuální kontrolu vozů a železničních nákladních listů. Dodávají, že po provedení tohoto úkonu další zaměstnanec zadává data do informačního systému. Přestože neodhalená technická závada na vozidle bývá často fatální a dohledatelná v oficiálních údajích například Drážní inspekce, z hlediska efektivního fungování železniční

přepravy jsou mnohem zásadnějším problémem závady či špatný technický stav odhalený při předávce vlaku mezi dopravci, což má za následek nutnost vyřazování vozů z vlaku. Systémovým řešením by bylo samozřejmě celkové zvýšení úrovně bezpečnosti, od zlepšení technického stavu vozového parku, přes kontroly provozovaných vozů jako takových, minimálně pak při zařazení do vlaku, po sjednocení parametrů této kontroly. Takový cíl je však obtížně realizovatelný, a proto i informace mohou pomoci.

Ke stejné problematice nedostatku kvalitních a rychle dostupných informací, stejně jako v předešlém textu uvedení autoři, dodává Hričová (2016), že stejná situace je v případě kontejnerů přepravovaných po železnici. Dle ní je to jeden z důvodů, proč je nutné se zaměřit na automatizaci nákladní železniční dopravy, neboť se identifikace vozů například ve Slovenské republice, obdobně jako v České republice, provádí ručně. Dále uvádí, že zaměstnanci (zpravidla tranzitéři) identifikují vlakovou soupravu nebo vozy osobním průchodem podél koleje, na které stojí souprava, a přepisují základní identifikátory, tedy čísla vozů a případně charakteristiky vozů, do papírového dokumentu, například soupisu vozů pro nákladní vlak. Dodává, že poté jsou čísla vložena do informačního systému v počítači.

V ČR tranzitéř při průchodu podél koleje diktuje vysílačkou čísla vozů zaměstnanci sedícímu v kanceláři, který je zadává do provozního informačního systému dopravce – například systému PRIS. Jinou možností je dle Navrátila (2019) zadávání do PRISu (M-PRISu) přímo při průchodu podél soupravy pomocí PDA. Uvedené postupy, jak již bylo uvedeno například Hranickým, Šperkou a Čamajem (2021), přináší riziko chyb. Jak uvádí Balog, Semanco a Simeková (2015) nedostatečná je i identifikace a kontrola komponent vozidel. Dle nich, jestliže vozidlo (železniční vůz) není vybaveno sledovacím zařízením, či je vybaveno, ale data nejsou dostupná, je zapotřebí rovněž ručního zadání informací do informačního systému až po příjezdu. Uvedený stav dostupnosti informací v dopravně-přepravním procesu, zejména před vstupem do uzlu, je zásadní bariérou efektivního provozování přepravních služeb.

### **1.3 Standardizace a legislativa identifikačních technologií v dopravě**

V dopravě je, z hlediska bezpečnosti, nutné v případě zavádění identifikačních technologií splnit příslušné normy a předpisy. Tyto předpisy se týkají jednak bezpečného provozování vozidel obecně, kam náleží témata umístění sledovací vozidlové jednotky či její napájení. Upevnění SVJ musí být dle 173/1995 Sb. (Česko, 1995) takové, aby například vlivem vibrací nedocházelo k trhlinám a jiným únavovým stavům skříně vozidla, a to zejména díky

samotné hmotnosti SVJ. S ohledem na bezpečnost samotné SVJ je vhodné tuto umístit buď do prostoru pod vozem, nebo v horní části vozu, nejlépe tak aby nebyla vidět.

Zásahy do vozové skříně dle Evropské unie (2013), například vyvrtání otvorů pro uchycení SVJ pomocí šroubů, není zásadní změnou konstrukce, přesto musí být vypracováno „Posouzení původního a nového stavu s ohledem na bezpečnost“ dle prováděcího nařízení Komise EU č. 402/2013 o společné bezpečnostní metodě pro hodnocení a posuzování rizik, ve znění nařízení Komise EU č. 2015/1136. Posouzení zpracovává Drážní úřad či osoba splňující kritéria dle přílohy II zmíněného prováděcího nařízení (Evropská unie, 2015). Pokud je shledána změna bezpečnosti vlivem nového stavu vozidla, je nutno, aby certifikovaná osoba (např. VÚŽ či VÚKV) provedla zkoušky bezpečnosti a došlo ke schvalovacímu řízení dle vyhlášky 173/1995 Sb. (Česko, 1995).

Umístění zařízení podél kolejí je nutné projednat a dohodnout s majitelem/správce infrastruktury. Z hlediska národní legislativy neexistuje pro umístění čtecí a zapisovací traťové jednotky žádné specifické omezení.

Při napájení SVJ, u řešení využívajících alternátor na nápravě či v ložiskové skříně, je dle Kostky (2018), nutností dodržet příslušná ustanovení vyhlášky 173/1995 Sb. Vyhláška Ministerstva dopravy, kterou se vydává dopravní řád drah, zejména ustanovení o schvalování vozidla. Požadavky, které je nutné splnit s ohledem na vlastnosti konkrétní technologie automatické identifikace, jsou uvedeny v následujících částech.

### **1.3.1 Legislativa upravující technologii GNSS**

Z hlediska mezinárodní legislativy byla v minulosti závazná ustanovení Rozhodnutí Komise EU 2006/861/ES o technické specifikaci pro interoperabilitu subsystému „Kolejová vozidla – nákladní vozy. Přestože uvedené rozhodnutí bylo nahrazeno nařízením TSI WAG – Nařízení Komise EU č. 321/2013 o technické specifikaci pro interoperabilitu subsystému „Kolejová vozidla – nákladní vozy“ a ze kterého oproti předchozímu předpisu neplynou žádná omezení umístění a provozu GNSS zařízení na nákladních vozech železničního systému, mnohá pravidla daná rozhodnutím 2006/861/ES jsou nadále užívána. Žádná z GNSS zařízení nejsou specifikována v příslušné aktuálně platné normě a vzhledem k nasazení těchto systémů u některých evropských železničních podniků lze předpokládat bezproblémové nasazení nepodléhající této právní normě rovněž v českých podmínkách.

Další z důležitých předpisů platných na území Evropské unie je „ATEX“ – Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2014/34/EU o harmonizaci právních předpisů členských států

týkajících se zařízení a ochranných systémů určených k použití v prostředí s nebezpečím výbuchu – v případě vysoce pravděpodobného požadavku na možnost provozu vozů i v chemických závodech a jiných provozech s nebezpečím výbuchu či při přepravě nebezpečných výbušných látek je nutné vyhovět tomuto předpisu. Výjimkou by bylo řešení, které by svou technologií nevyžadovalo splnění této normy (Evropská unie, 2014).

Z hlediska interoperability se na zařízení nevztahují ustanovení TSI TAF Nařízení Komise (EU) č. 1305/2014 o technické specifikaci pro interoperabilitu subsystému „Využití telematiky v nákladní dopravě“ železničního systému Evropské unie, tudíž v tomto ohledu neexistuje žádné omezení při používání GNSS přijímačů na nákladních vozech konvenčního železničního systému.

### **1.3.2 Legislativa upravující technologii RFID**

Při zavádění RFID technologií je dle Maška, Kolarovszkiho a Čamaje (2016) nutné dodržet ustanovení předpisů a norem, které přímo souvisejí s implementací této technologie. Jmenovitě se dle nich jedná o rozhodnutí Komise 2006/861/ES o technické specifikaci pro interoperabilitu subsystému kolejová vozidla – nákladní vozy transevropského konvenčního železničního systému. Základními požadavky pro každý subsystém jsou bezpečnost, spolehlivost a schopnost plnit svou funkci, ochrana zdraví a životního prostředí, technická kompatibilita a schopnost vozidla přenášet informace mezi zemí a vozidlem (Evropská unie, 2006). Tento předpis byl ovšem nahrazen nařízením Komise (EU) č. 321/2013 o technické specifikaci pro interoperabilitu subsystému „kolejová vozidla – nákladní vozy“ železničního systému v Evropské unii, ve kterém požadavky uvedené v předchozím předpisu již uvedené nejsou, a tudíž nejsou závazné. Zde jsou podmínky tedy stejné jako při použití sledovacích zařízení na vozech založených na používání technologie GNSS. Ve zmíněné, již neplatné normě je uvedeno, že pokud je používána stacionární čtečka umístěná na trati, musí dekódovat štítky rychlostí až 30 km/h a přenášet informace do pozemního systému pro přenos dat (Evropská unie, 2006). Zde je zapotřebí podotknout, že dle praktických měření lze načítat RFID štítky, za určitých okolností, spolehlivě i při rychlosti 200 km/h; uvedené tvrzení je založeno na výsledcích testování RFID technologie v rámci projektu LogiGate (OLTIS Group, 2011).

Dalším předpisem, který je však stále platný, je norma ISO 18000-6 (Mašek, Kolarovszki a Čamaj, 2016). V uvedené normě je dále popsána interakce mezi čtečkou a RFID štítkem, protokoly, objednávky a schémata odstraňování kolizí (ISO/EIC, 2013). Dle Maška,

Kolarovszkiho a Čamaje (2016) se předpokládá, že čtečky jsou umístěny na vstupních a výstupních bodech trasy, kde je možné měnit pořadí vozů vlaku. K podmínkám čtení, resp. používání RFID štítků pro označování železničních aktiv (lokomotiv či vozů), kromě již zmíněného Maškem, Kolarovszkim a Čamajem (2016), Fernándéz et al. (2009) uvádí, že fyzické požadavky na štítky zahrnují obzvláště náročné podmínky, které se nevyskytují v jiných, dnes rozšířených způsobech používání RFID tagů. Fernándéz et al. (2009) dále uvádí, že RFID technologie musí odolávat drsnému venkovnímu prostředí jako je například trvalé vystavení prachu, vlhkosti, chemikáliím, opotřebením, vibracím a extrémním teplotám. Dále upozorňuje, že je zapotřebí zajistit nerušený prostor mezi RFID štítkem a čtečkou pro spolehlivé čtení na vhodnou vzdálenost. Dodává, že RFID štítky rovněž musí odolat silným nárazům při manipulaci pomocí jeřábů a dalších manipulačních mechanismů, proto je potřeba umístit štítky na vozidla tak, aby nepřekračovaly příčný průřez vozidla. Další podmínky spojené zejména s datovou standardizací jsou uvedeny v EPC Tag Data Standardu vydaném GS1 (2017).

Obdobně jako u technologie GNSS i zde je důležitým předpisem platným na území Evropské unie „ATEX“ – Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2014/34/EU o harmonizaci právních předpisů členských států týkajících se zařízení a ochranných systémů určených k použití v prostředí s nebezpečím výbuchu – v případě vysoce pravděpodobného požadavku na možnost provozu vozů i v chemických závodech a jiných provozech s nebezpečím výbuchu či při přepravě nebezpečných výbušných látek je nutné vyhovět tomuto předpisu (Evropská unie (2014).

Z hlediska TSI TAF Nařízení Komise (EU) č. 1305/2014 o technické specifikaci pro interoperabilitu subsystému „Využití telematiky v nákladní dopravě“ železničního systému Evropské unie a o zrušení nařízení (ES) č. 62/2006 neexistuje žádné omezení při používání RFID štítků na nákladních vozech konvenčního železničního systému. Stejně je tomu u RFID čteček umístěných podél tratí zmíněného železničního systému.

#### **1.4 Analýza identifikačních technologií v dopravě**

Analýza identifikačních technologií v dopravě a přepravě je zaměřena zejména na prozkoumání použitelnosti běžně dostupných komerčních produktů na železničních nákladních vozech, neboť tato vozidla na rozdíl od vozidel silničních a vozidel železničních osobních nedisponují zdrojem elektrického proudu. Situaci v budoucnu změní připravovaný projekt, zavádění digitálního automatického spřáhla (Shift2Rail, 2021), ale do té doby je zapotřebí brát do úvahy toto zásadní energetické omezení.

Železniční nákladní vůz v běžném provozu se dle Navrátila (2019) musí přistavovat k revizím technického stavu buď po uplynutí doby, nebo po dosažení určitého kilometrického proběhu. Dle něj je předepsaný maximální počet kilometrů u aktivně používaných vozů dosažen zpravidla dříve než za uvedenou dobu. Jak dodává, časové i kilometrické limity jsou stanoveny výrobcem vozu či jeho majitelem – samozřejmě v přípustných mezích předpisů. Pro dodržení požadavku na co možná nejmenší odstávku vozu by bylo vhodné provádět udržovací práce na sledovacích vozových jednotkách (SVJ) ve shodných intervalech.

#### **1.4.1 Satelitní technologie GNSS**

Na trhu se sledovacími jednotkami, přímo určenými pro železniční provoz či přizpůsobitelnými železničnímu provozu, je mnoho společností zabývajících se výrobou a poskytováním poměrně komplexních technologických celků. Některé ze společností založily své řešení na bázi satelitního určení polohy GNSS (Global Navigation Satellite System), konkrétně GPS – Global Positioning System, jiné společnosti zase na bázi systému GLONASS (Globalnaja navigacionnaja sputnikovaja sistema). Čínská řešení využívají kromě GPS i systém BeiDou.

Zde je nutno poznamenat, že jak v laických, tak odborných textech dochází k zaměňování pojmů GPS a GNSS. GPS je americký družicový systém, GNSS je obecné označení satelitních navigačních systémů určování polohy.

Samotný přenos naměřených dat z vozidlové jednotky je realizován pomocí pozemního globálního systému pro mobilní komunikaci (GSM). Jednotlivá řešení jsou schopna předávat tyto informace dále do systému formou datového přenosu (OLTIS Group, 2018).

Na trhu existují i specifická řešení získávání polohy vozidlové jednotky a obousměrného datového přenosu informací formou satelitů společností Globalstar a Skywave Orbcomm apod. Získávání polohy zařízení probíhá pomocí GPS a obousměrný datový přenos informací je realizován za pomoci družic. Nutno podotknout, že se jedná o řešení řádově dražší než použití „klasické“ kombinace pozemního systému GSM a systému GNSS.

Závažným problémem všech zařízení založených na využívání GNSS technologie je dle OLTIS Group (2018) nepřítomnost zdroje elektrické energie na nákladních vozech, ať už z průběžného vedení od hnacího vozidla, či z vozové baterie nebo vozového generátoru. Dále uvádí, že některé (menšina) z produktů jsou schopny energii samostatně generovat solárními články nebo generátory upevněnými na podvozku (dřík nápravy, ložisková skříň) a ukládat ji do baterií. Většina produktů má jako základ pro napájení sledovacích vozových jednotek (SVJ)

akumulátory (OLTIS Group, 2018). Baterie jakožto v provozu nedobíjený prvek limituje dobu provozu SVJ.

Jednotlivé produkty se dle OLTIS Group (2018) liší zejména délkou doby provozu – dáno kapacitou baterie a četností spojení (zaslání informací o poloze, zaslání měřených dat) s centrálním jádrem systému zajišťujícím zpracování dat přijatých z vozových jednotek. Upozorňuje, že odeslání polohy je méně energeticky náročné než odeslání/přijetí dat, přičemž tyto rozdíly jsou poměrně špatně definovatelné z důvodu toho, že výrobci zařízení často nezveřejňují energetickou charakteristiku nabízených řešení. Výdrž baterií, jak uvádí, je všeobecně dána intenzitou a četností aktivity SVJ a pohybuje se od půl roku po dvanáct let. Dále sděluje, že vliv mají samozřejmě také klimatické podmínky, v nichž se SVJ pohybuje. Upozorňuje navíc, že je nutno na tyto výrobci uveřejňované informace pohlížet rezervovaně.

OLTIS Group (2018) dále uvádí, že je potřeba též upozornit na nesrozumitelně definovaný pojem spojení, neboť často není zřejmé, zda se jedná pouze o zaznamenání pozice v prostoru (souřadnic) a její uložení do interní paměti či odeslání ke zpracování, nebo zaznamenání souřadnic a dalších měřených hodnot a jejich uložení do interní paměti či zaslání ke zpracování. Dle OLTIS Group (2018) je nutno vzít v případě pracovního prostředí do úvahy rovněž jeho výbušnost a nebezpečnost – příkladem, necht' jsou kotlové vozy osazené SVJ používané pro přepravu chemických látek – například chlóru nebo pohonných hmot.

#### **1.4.2 Radiofrekvenční technologie automatické identifikace a technologie OCR**

Sledovací jednotky, resp. systémy na bázi radiofrekvenčního určení polohy RFID, vyrábí a dodává celá řada společností. Stejně jako v případě GNSS technologie je závažným problémem všech zařízení založených na využívání GPS technologie nepřítomnost zdroje elektrické energie na nákladních vozech, ať už z průběžného vedení od hnacího vozidla, či z vozové baterie nebo vozového generátoru. Z těchto důvodů přistupují výrobci, s výjimkou nemnoha výrobců, kteří používají jako SVJ aktivní či poloaktivní tagy, k používání pasivních vozových tagů. V prostředí výbušném a nebezpečném je možné nasazení RFID technologie se speciálními tagy (OLTIS Group, 2011 a 2018).

Z hlediska používání je v Severní Americe rozšířen systém firmy Transcore – RFID tagy jsou vybaveny všechny nákladní vozy (TransCore, 2021) a pro jejich čtení je možno používat čtečky (readery) různých výrobců. V Evropě je zejména ve Skandinávských zemích rozšířen systém firmy Tagmaster (Asmag, 2011), jejíž výrobky jsou v souladu se standardem

společnosti GS1. V případě zavádění RFID sledování vozů v českém prostředí je otázkou, zda je nutné dodržovat standard GS1, jelikož není závazný.

Sledováním vozů na bázi OCR – optical character recognition – optické rozpoznávání znaků, se zabývá mnoho výrobců (OLTIS Group, 2018). Ten dále uvádí, že technologie je založena na snímání objektu, například železničního vozu vysokofrekvenční kamerou a následném zpracování obrazu pomocí specializovaných algoritmů. Z jeho popisu je zřejmé, že tato technologie umožňuje kromě identifikace vozidel rovněž kontrolovat stav vozů a jejich součástí (otevřené otvory, závady apod.). U těchto zařízení není nutné zajištění napájení elektrickou energií na nákladním voze, což umožňuje jejich použití zejména v přístavech (Donelly, 2021). Nebyly nalezeny žádné předpisy či normy upravující požadavky na daná zařízení.

## **1.5 Uplatnění informačních a identifikačních technologií v dopravě**

Senadeera a Dogan (2016) tvrdí, že chytrá vozidla by měla získávat informace ze senzorů a RFID tagů, které budou zpracovány centrální jednotkou vozidla a poté vyslány do ostatních vozidel. V souladu s předchozím tvrzením uvádějí Hell a Varga (2018), že při aplikaci RFID na železniční síť a vozidla, mohou být informační systémy schopné na základě informací ze senzorů optimalizovat aktuální dopravní situaci bez zásahu člověka nebo poskytnout zpětnou vazbu centrálnímu řídicímu pracovišti. Tak složitá infrastruktura však může být podle nich použita pouze jako prvek chytrých měst či inteligentních průmyslových zařízení, kde hraje důležitou roli bezpečnost. Další autoři, například Balog a Mindas (2016) či Jie a Liping (2014) uvádějí, že aby byly informační technologie skutečně přínosem, musí být napojeny na centrální a podpůrné informační systémy. V případě základních prvků železniční sítě jako jsou nákladní či seřaďovací stanice Jie a Liping (2014) prohlašují, že zvýšení kvality služeb stanic a zlepšení úrovně služeb nákladní dopravy probíhá pomocí zavádění informačních systémů do nákladních/seřaďovacích stanic. Například v Číně je dle nich zaváděna technologie internetu věcí (IOT) v nákladních/seřaďovacích stanicích, která má upravit a optimalizovat monitorování zabezpečení, což se odráží hlavně v aplikaci integrovaného inteligentního identifikačního a monitorovacího systému s využitím kamer pro monitorování bezpečnosti a systému kontroly příjezdu a odjezdu nákladních vlaků. Dále uvádějí, že pro podporu systému je aplikována technologie IOT v nákladních stanicích/seřaďovacích nádražích, jejímž cílem je zajistit monitorování bezpečnosti práce při provádění technické a přepravní prohlídky.



Dle Jie a Lipinga (2014) systémy mají následující funkce – detekce přetížení a nerovnoměrného rozložení nákladu, vážení vozů, detekce doběhu, detekce výkonů nákladních vozidel a sledování bezpečnosti nakládky a přípravy před odjezdem. V neposlední řadě je dle nich cílem zajistit propojení čtyř informačních systémů pro zajištění bezproblémového předávání informací ve stanici – controllingový systém, systém dirigování vozidel, automatický vlakový informační systém a velitelský dispečerský systém vlaku. Dále popisují, že pro provádění přepravní a technické prohlídky staničním personálem jsou používána mobilní zařízení (PDA), která slouží k zadávání záznamů o vlaku do zabezpečeného centralizovaného monitorovacího systému pro technickou a přepravní prohlídku ve stanici. Z hlediska komunikačních technologií konstatují, že v některých menších stanicích je použita technologie Wi-Fi k vybudování bezdrátové sítě LAN za účelem realizace přenosu dat ze senzorů. Závěrem Jie a Liping (2014) dodávají, že účelem uvedených technologií a systémů je dosáhnout monitorování celého procesu detekce a kontroly nákladu – k tomu kromě staničních systémů dopomáhají rovněž traťové informační systémy.

Naopak Balog a Mindas (2016) se zabývají použitím informační technologie spíše na vozidlech, s jejichž pomocí je možné monitorovat provozní parametry v reálném čase, což vytváří podmínky pro zajištění vyšší provozní bezpečnosti a zvýšení kvality zákaznických služeb tím, že by bylo umožněno online sledování aktuální polohy nákladního vozu. Shodně s Jie a Liping (2014) uvádějí, ovšem za pomoci jiných technologií, že je zapotřebí zajistit jednoznačnou identifikaci a přenos provozních parametrů železničního systému do interních informačních systémů, což výrazně může zjednodušit řízení provozu železniční dopravy, statistickou evidenci, sledování technického stavu železničních vozů a následné plánování údržby, jakož i celkově zvýšit bezpečnost železniční dopravy.

Balog a Mindas (2016) uvádějí, že sledování provozu a včasná plánovaná údržba vozového parku přispívá k tomu, aby do soupravy vlaku nebyl zařazen vůz se závadou, čímž je možné eliminovat rizikové situace na minimum. Jiem a Lipingem (2014) výše uvedené informační systémy mohou všeobecně získávat data ručním zadáváním anebo automatickým načítáním informací. Zdrojem automatizovaně získávaných informací je například inteligentní vůz, o kterém Balog a Mindas (2016) tvrdí, že předpokladem pro zřízení inteligentních vozů je vhodný vozový komunikační systém, ve kterém jsou senzory připojeny k systému pomocí bezdrátového připojení. Chytrý vůz dle Baloga a Mindase (2016) představuje využití senzorů, ovladačů, softwaru, technologie RFID a mnoha dalších zařízení nezbytných k nastavení takového vozu, neboť tato technologie dovoluje monitorování specifických komponentů a dílů

vozu, které mohou ovlivnit provoz. Jinými slovy, technologie traťová, například IOT či Wi-Fi, je napojena na technologii vozovou, kterou je například RFID a další komunikační technologie.

Na základě porovnání vlastností jednotlivých technologií, dostupnosti prvků technologie ve specializované laboratoři automatické identifikace Univerzity Pardubice, Dopravní fakulty Jana Pernera a osobních zkušeností autora s RFID technologií byla pro další zkoumání vybrána právě tato technologie, která je rovněž popisována v následujícím textu.

### **1.5.1 Základní popis radiofrekvenční technologie**

Radio Frequency Identification (RFID) je technologie, kterou lze použít k identifikaci objektů pomocí vysokofrekvenčních elektromagnetických vln k přenosu aktuálních informací (poloha, technický stav atd.). Za určitých podmínek může být RFID alternativou k technologii čárových kódů, technologii rozpoznávání optických znaků (OCR) nebo satelitní technologii (GNSS). Porovnání vlastností mezi, svým způsobem konkurenčními, technologiemi RFID a čárových kódů zmiňuje Hricová (2016), která uvádí, že čárové kódy oproti RFID nejsou dobře čitelné za špatného počasí nebo v prašném prostředí a tím pádem může být čtení dat zkreslené. Štítky RFID jsou ale v tomto prostředí čitelné. Také čtecí vzdálenost je ve srovnání s čárovými kódy několikanásobně větší. Technologie RFID, která zapadá do konceptu dopravní telematiky, je již velmi úspěšně vyvinuta a provozně ověřena.

Technologie RFID lze nasadit v mnoha oblastech (logistika, maloobchod, automobilový průmysl, poštovní služby, doprava, zdravotnictví atd.). Jak uvádí Hell a Varga (2018) Radio Frequency Identification (RFID) je technologie používaná pro automatickou identifikaci a přenos dat, jejímž jádrem je ukládání a přenos dat pomocí RFID tagů (štítků) neboli transpondérů a čtečky. Dle něj jsou základními součástmi systému RFID tag (štítek), RFID čtečka, anténa a middleware (software umožňující komunikaci mezi čtečkou RFID a informačním systémem uživatele). RFID štítek se skládá ze silikonového mikročipu připojeného k rádiové anténě. Dle Hricové (2016) hlavní rozdíl oproti technologii čárových kódů spočívá v tom, že radiofrekvenční štítek nemusí být viditelný; čtečka a štítek nemusí být ve vzájemném fyzickém kontaktu, aby bylo možné načíst data, a umožňuje skenování více štítků najednou. Dle ní vzdálenost čtení závisí na typu štítku a typu čtečky (síle a frekvenci vln) a může se pohybovat od několika centimetrů do několika desítek metrů. Violino (2005a) dodává, že při výběru čtečky UHF tagů (860 – 960 MHz UHF) je nutné vybrat takovou, která dokáže přečíst nejvíce tagů za sekundu a má nejdelší regulovatelný rozsah. Dle něj kromě toho je třeba vzít v úvahu také rozhraní, které připojuje čtečku k síti a napájení. Štítek RFID lze

upevnit, přilepit nebo vložit do identifikovaného objektu. Může to být předmět, komponenta, větší objekt nebo systém, který má být identifikován.

Jak uvádí Preradovic a Karmakar (2012), obousměrná komunikace probíhá mezi všemi součástmi RFID systému. Konstatují, že energie (elektromagnetické vlny) a časová razítka se přenášejí ze čtečky na štítek.

### **Základní typy RFID tagů**

Dle Violina (2005b) existují následující typy tagů:

- Pasivní tagy nemají vysílač, takže odrážejí energii (rádiové vlny) zpět do čtečky/antény, která vysílá rádiové vlny. Čtecí vzdálenost je 0,5 – 10 m pro UHF tagy. Velikost paměti je mezi 64 – 256 bity. V Evropě a Africe se používá frekvenční pásmo 865 – 869 MHz (Region 1). Pro Českou republiku je vyhrazeno pásmo 865,5 – 867,6 MHz. Pasivní tagy jsou levnější než aktivní.
- Aktivní tagy se skládají z vysílače a napájecího zdroje, který může být buď ve formě baterie, která vydrží přibližně 1–5 let, ale může mít provozní omezení ve vztahu k provozním teplotám, nebo ve formě fotovoltaického panelu nebo jiného externího zdroje. Tento typ štítků se používá například k identifikaci kontejnerů, železničních vozů a velkých opakovaně použitelných nádrží, které je v praxi potřeba identifikovat na velkou vzdálenost. Rozsah čtení je od 20 m do 100 m. Velikost paměti může být až 2 Mb.

Balog a Mindas (2016) popisují, že aktivní štítky RFID ve spojení se senzory umožňují měření fyzických parametrů v prostoru, včetně teploty, tlaku, a také měření tloušťky opotřebeného materiálu, vibrací nebo správného rozložení zatížení mezi nápravy vozu, aby nedošlo k přetížení vozu. Upozorňují, že technologie RFID sama o sobě není schopna tyto hodnoty měřit, ale může být spojena s jinými prvky, například senzory, které jsou určeny k měření těchto veličin. Dle nich jsou v současné době senzory integrovány do specializovaných RFID tagů a naměřené hodnoty, které jsou uloženy ve vnitřní paměti, jsou okamžitě k dispozici uživateli. S využitím příslušných technologií přenosu dat, například na bázi GSM nebo IoT je možné tyto informace sledovat a analyzovat v online režimu, dodávají Balog a Mindas (2016).

### **Základní typy paměti tagů jsou dle Violina (2005b) následující:**

- Pouze pro čtení (RO) – ukládá se pouze sériové číslo zakódované ve výrobě. Tento typ je podobný čárovému kódu – obsah již nelze měnit.
- Read Write (RW) – tagy RW mohou ukládat velké množství dat, např. na aktivní tag lze uložit data o velikosti od 16 Kb do 2 Mb. Data zapsaná na štítku lze smazat a přepsat až tisíckrát.
- Write Once Read Many (WORM) – tyto tagy umožňují pouze čtení. Štítek však není naprogramován během výroby, ale až jeho distributorem či uživatelem.

K výše uvedenému dodává, že v praxi se lze setkat s tím, že některé tagy mají paměť kombinovanou, tedy mohou být RO i RW současně. Dle něj například tag připojený k paletě může být označen pořadovým číslem palety v části RO, a tak zůstane stejný po celou dobu životnosti palety. Zmiňuje, že část RW lze použít k označení obsahu palety v daném čase – když je zboží vyloženo z palety a je naloženo nové zboží, je tato událost zapsána do paměti RW.

### **1.5.2 Použití technologie RFID v dopravě**

Dle Senadeery a Dogana (2016) letecká doprava hledá pokročilejší metody přesné manipulace se zavazadly, než jsou stávající metody, již od roku 1999. Dle nich pro identifikaci zavazadel využívá technologií automatické identifikace, zejména technologie čárových kódů a technologie radiofrekvenčních štítků. Uvádějí, že tradiční metody, které letecké společnosti používají k identifikaci zavazadel, jsou štítky s čárovým kódem a štítky na zavazadla nebo nálepky s odpovídajícím lístkem vydaným cestujícím. Dále konstatují, že v současné době letecký průmysl používá čtečky RFID a štítky zavazadel kódované RFID, které jsou ve srovnání s jízdenkami s čárovým kódem, buď připevněny k hlavnímu zavazadlu, nebo z ní tvoří centrální část. Obdobně jako Fernández et al. (2009) uvádí, že RFID štítky jsou schopné tolerovat drsné podmínky, například prostředí na letišti.

Další využití technologie RFID je v leteckém průmyslu – Boeing a Airbus se zabývají implementací technologie RFID na součásti a náhradní díly komerčních letadel, dodávají Senadeera a Dogan (2016).

Senadeera a Dogan (2016) zmiňují další možnosti používání RFID pro řízení dodavatelského řetězce, s jejíž pomocí je možné sledovat polohu produktu v různých bodech řetězce, neboť RFID štítky umístěné na výrobcích poskytují nepřetržité informace v celém dodavatelském řetězci.

Jednou z nově zaváděných aplikací RFID je dle Senadeery a Dogana (2016) implementace systému RFID na pozemních komunikacích (RSR), pro podporu navádění chytrých vozidel. Vysvětlují, že RSR se skládá ze štítků RFID, čteček RFID, jednotek pro zpracování informací (IPU) a jednotek pro sdílení informací (ISU). Uvádějí, že štítky RFID jsou připevněny na povrchu vozovek a čtečky RFID jsou instalovány u vozidel.

Pokud jde o použití technologie RFID pouze v železniční dopravě, v současné době je používána pro identifikaci, resp. sledování lokomotiv a železničních vozů. Sledování je dle Hella a Vargy (2018) zavedeno většinou u lokomotiv a již méně u železničních vozů. Dle Greengarda (2013) je sledování vozů pomocí RFID například na švédské železniční síti běžnou praxí. Balog, Semanco a Simeková (2015) označují problém sledovatelnosti zboží přepravovaného po železnici za skutečný a na místě. Dle Baloga et al. (2018) je využití RFID v železniční dopravě poměrně nízké, což ukazuje rozsáhlé možnosti posílení inovativního výzkumu v oblasti sledování vozů a lokomotiv v železniční nákladní dopravě. Dále tvrdí, že základním důvodem omezeného používání technologie RFID jsou celkové náklady na její implementaci. Podotýká rovněž, že v posledních několika letech se technologie RFID a identifikační standardy EPC a také globální síť EPC v oblasti logistiky rozšiřují a mají velký dopad na efektivitu práce, automatizaci a přesnost provádění procesů. Dále dodává, že v přepravních službách využívá technologii RFID mnoho organizací zabývajících se přepravou balíků nebo korespondencí – většinou jsou tagy umístěny na kontejnerech, roltejnerech, klecích, souborech zásilek nebo vozidlech. Konečně konstatuje, že ve skladovém hospodářství a poštovních nebo kurýrních službách je nasazení této technologie, včetně provozně osvědčených a spolehlivých komponent, poměrně běžné.

Při sledování zásilky v železniční nákladní dopravě je dle Baloga, Semanca a Simekové (2015) v železniční nákladní dopravě používán i vesmírný navigační systém GPS, který dokáže lokalizovat tag RFID s modulem GPS namontovaným na přepravní jednotce.

### **1.5.3 Výhody a nevýhody použití RFID technologie**

V dnešní době se identifikace a pořízení informací o vozidle a nákladu stále v mnohých případech provádí ručně. Jak uvádí Hricová (2016), soupis vozů vlaku se například na Slovensku provádí ručně. V souladu s Hricovou (2016) Balog, Semanco a Simeková (2015) dodávají, že automatizace pomocí RFID by přinesla do řízení provozu a údržby mnoho pozitivních faktorů. Tyto výhody jsou založeny na studiích osvědčených postupů úspěšně implementované technologie RFID v průmyslu a logistice.

Mezi hlavní výhody dle Hricové (2016) patří například:

- zvyšování kvality služeb,
- možnost sledovat zásilku zákazníky,
- zkrácení doby přepravy,
- nižší míra chyb způsobená lidskými faktory,
- efektivnější přeprava prostřednictvím monitorování,
- odstranění papírových dokumentů atd.

Existují ale také další oblasti, kde by dle Hricové (2016) automatizace mohla být užitečná, například:

- sledování technického stavu vozidla a podmínek provozu,
- datum posledních oprav nebo údržby atd.

Na základě výhod RFID technologie se někteří odborníci domnívají, že RFID technologie je v budoucnu schopna nahradit čárové kódy – tento názor má například Senadeera a Dogan (2016) a uvádějí další z výhod nasazení RFID technologie v letecké dopravě, a to přesnost čtení; u tagů umístěných na zavazadlech je přesnost čtení tagů asi 98 %, což je výrazně více ve srovnání s 85 % u zavazadel označených čárovým kódem. Z hlediska vlastností technického provedení může být samotný nosič informací, například aktivní tag RFID, dle Hella a Vargy (2018) robustní, vůči povětrnostním vlivům, mechanickému působení a korozivnímu prostředí odolná, vysoce žáruvzdorná jednotka.

Hricová (2016) však uvádí, že obě technologie mají výhody i nevýhody. **Mezi hlavní nevýhody RFID dle ní ve srovnání s čárovým kódem patří:**

- vyšší cena, zejména komponenty infrastruktury jako senzory, terminály a RFID antény,
- vyšší nároky na datovou propustnost IS, protože hromadné čtení tagů by mohlo krátkodobě přetížit informační systém,
- vyšší cena nosičů informací,
- nelze číst informace očima (ale lze použít tisknutelné inteligentní štítky),
- omezení spolehlivosti a dosahu čtení tagů z důvodu fyzikálních vlastností šíření signálu v okolí kovových povrchů a kapalin,
- potřeba pilotního nasazení a ladění k ověření funkčnosti konkrétní aplikace.

**Každá technologie má kromě nevýhod uvedených výše také výhody. V případě RFID technologie jsou dle Hricové (2016) následující:**

- automatickou identifikaci lze provádět bez dotyku a bez přímé viditelnosti mezi identifikátorem a čtečkou,
- obrovská datová kapacita,
- informace jsou poskytovány v reálném čase, což má zpravidla vliv na kvalitu provozních procesů,
- je možné nejen číst informace, ale také je zapisovat,
- zvýšení kvality řízení zásob snížením ztrát a zásob,
- jelikož se jedná o bezkontaktní technologii, identifikace objektu nevyžaduje přesné umístění ani viditelnost,
- současně lze identifikovat stovky předmětů,
- během procesu mohou být informace přidány ad hoc,
- snížení provozních nákladů bezobslužným provozem,
- možnost šifrování,
- padělání je obtížné.

Dále konstatuje, že RFID má mnoho způsobů použití v nákladní dopravě, zejména z hlediska přepravy zásilky po železnici. Uvádí důležitý požadavek na funkčnost – RFID tag musí být umístěn na určené místo tak, aby se zabránilo krádeži, ztrátám nebo poškození zásilky během přepravy.

**Použití RFID v dopravě dle Hricové (2016) přináší následující výhody:**

- dostupnost informací o přesném umístění zásilky,
- náklad je chráněn proti krádeži nebo ztrátě,
- informace jsou aktuální a včasné,
- informace o zásilce lze automatizovaně shromažďovat.

Aplikovaný výzkum provedl Fernández et al. (2009) a jeho tým, který uvádí, že na základě vlastního výzkumu vytvořili prototyp RFID systému pro železnici, který otestovali a zjistili následující výhody. Dle nich systém přináší úspory díky optimalizaci správy a údržby vozidel a dále umožňuje dohledat veškerá železniční aktiva a v důsledku toho globálně zvyšuje bezpečnost železniční nákladní dopravy, protože mechanické části jsou opravovány dle realističtějších plánů údržby, které jsou založené na skutečném používání vozidla. Jejich

výsledky testů ukazují, že uplatnění nízkonákladové pasivní RFID technologie by mohlo zvýšit produktivitu zejména v železničním průmyslu.

Implementace RFID technologie dle Hricové (2016) přináší pro železnici následující:

- zjištění skutečného řazení vozů, které přináší správné sestavování vlaků,
- detekci prostoje vozů,
- sledování rychlosti vlaku,
- evidenci vozů,
- monitorování pohybu vozů v železničním systému.

Samozřejmě jsou výše uvedené informace v současné době zajišťovány, ovšem RFID technologie má schopnost je zajistit efektivněji, než je tomu při využití technologií stávajících.

#### **1.5.4 Dosavadní výzkum v oblasti využití RFID na železnici a použité přístupy**

Tato část se věnuje směrům výzkumu nasazení RFID technologie na železnici. První směr je věnován identifikaci vozidel při nehodách, přičemž požadavky na použití technologie RFID pro tyto účely jsou uvedeny v následujícím odstavci. Další směr výzkumu se zabývá toky dat mezi RFID štítky a dalšími prvky umístěnými na vozidlech, například senzory, jakož i umístěním samotných RFID štítků na vozidla. Jiný ze směrů se zabýval výběrem vhodných RFID štítků.

Hell a Varga (2018) se zabývají **výzkumem identifikace vozidel při nehodách** a na základě výsledků výzkumu tvrdí, že v případě železničních nehod je obtížné před samotným zásahem určit přesný typ nehody a její prostorový rozsah. Popisují, že je obtížné určit typ a množství poškozených materiálů a zboží (zejména nebezpečného), které se uvolňuje z přepravních jednotek či přímo z vozů. V jejich výzkumu bylo zkoumáno, jak systém RFID čtečky namontovaný na dronu a infrastruktura pro identifikaci může poskytnout pomoc při nehodě nebo jiné mimořádné události. Jejich výzkum pracuje s myšlenkou, že v případě nehody by zasahující personál nehledal chemické a fyzikální vlastnosti na příslušné tabulce či nálepce umístěné na přepravní jednotce, ale informace by byly načítány z RFID štítku. Výsledky pokusů Hella a Vargy (2018) potvrdily použitelnost myšlenky, ovšem za specifických podmínek – limitující je zejména nosnost dronu využívaného pro načítání štítků umístěných na vozech, přičemž nevyřešenou otázkou je dosažitelnost RFID štítku v torzech havarovaných vozidel.



**Další směr věnující se komunikaci mezi prvky na vozech** prezentují Ußler, Michler a Löffler (2019), kteří provedli v železničním prostředí, ve kterém mají značný vliv rozměrné kovové hmoty, radiotechnické analýzy týkající se mobilního rádiového spojení prvků na vozech a při kterých byly hodnoceny polohy, resp. místa umístění sensorové a telematické jednotky (RFID štítku), přičemž však neopomíjejí ani komunikaci mezi vozem a informačním systémem.

Důraz jejich výzkumu byl kladen na optimální příjem signálů GPS a komunikaci prostřednictvím Bluetooth Low Energy (BLE) a příjem mobilního rádiového signálu GSM. Na základě výsledků testování Ußler, Michler a Löffler (2019) uvádějí, že BLE komunikace mezi senzory a telematickou jednotkou je vyhovující pro požadované úkoly a pro různé polohy umístění na různých typech nákladních vozů. Vyhodnocením síly příjmu signálu bylo prokázáno, že spojení pomocí BLE může mít dostatečnou sílu signálu mezi více nákladními vozy. Starší výzkum Baloga, Semanca a Simekové (2015) prováděný nikoliv na skutečných železničních vozech, nýbrž na pohybujících se železničních modelech velikosti H0 a přepočtený na vlastnosti skutečného vozu pomocí Taguchiho přístupu, se zabýval obdobnou oblastí, jako se zabývali Ußler, Michler a Löffler (2019). Pro pokusy byla Balogem, Semance a Simekovou (2015) použita stacionární RFID UHF Impinj čtečka, pracující v pásmu 860 až 960 MHz a software (multireader 6.4) a dále byl použit UHF RFID tag AD 223 odolný vůči povětrnostním vlivům, který může být pro speciální účely zapouzdřen v tepelně a chemicky odolném obalu. Jejich cílem bylo otestovat samotnou funkčnost načítání štítků v železničním prostředí.

V rámci výzkumu Balog, Semanco a Simeková (2015) identifikovali pět hlavních přínosů RFID technologie v železniční nákladní dopravě, a to sledovatelnost nákladu, poloha vozu na síti ve spolupráci s GPS, poloha vozu v soupravě, automatizovaný sběr dat o zásilce a tzv. chytré vozy (vozová diagnostika). Při navrhování a vytváření statického P-diagramu byly Balogem, Semancem a Simekovou (2015) identifikovány možné rušící faktory ovlivňující čtecí výkon RFID. Pro tento test byla jimi zvolena rychlost čtení jako charakteristika kvality. Výzkum měl další charakteristiky – byl analyzován dopad orientace RFID štítku vůči vozu (svisle, vodorovně) a vzdálenost od čtečky na rychlost čtení; při experimentu byly vzaty do úvahy všechny možné faktory – tři říditelné faktory a dva faktory neříditelné.

Výsledky testování dle Baloga, Semanca a Simekové (2015) ukazují, že faktory

- rychlost modelu elektrické lokomotivy (rychlost vlaku),
- vzdálenost antény čtečky od RFID tagu a
- směr umístění tagu,

jsou faktory ovlivnitelné, které zároveň ovlivňují čtecí výkon systému.

Mezi faktory, které dle Baloga, Semanca a Simekové (2015) nejsou dopravcem přímo ovlivnitelné a mají vliv na čtecí výkon systému, patří elektromagnetické rušení poblíž vozu či čtečky a samotný náklad naložený na voze. Fernández et al. (2009) navíc zmiňují faktor limitující načítání v podobě kovového, pro elektromagnetické vlny odrazivého, prostředí železničního vozu.

**Oblasti výběru vhodných tagů** se věnovala například Hricová (2016), která uvádí podmínky a metodiku výběru vhodných tagů v několika krocích. Dále tvrdí, že je na trhu spousta různých RFID tagů s různými charakteristikami a výběr je kvůli tomu obtížný, což by měla právě usnadnit zmíněná metodika. V rámci její metodiky jsou zmíněny i některé základní vlastnosti RFID technologie uvedené v následujících krocích:

- Krok 1 – definování produktů a dodávek různých výrobců a výběr správného systému. V závislosti na požadavcích může být systém pasivní, semi-pasivní nebo aktivní.
- Krok 2 – definování předmětů osazených štítky (vozy a přepravní jednotky různých výrobců a typů).
- Krok 3 – výběr vhodného typu tagu. Důležitý je materiál, kde budou umístěny RFID tagy, ale také vzdálenost dosahu čtení, což ovlivňuje vysílací frekvence. Ta může být nízká, vysoká, ultra vysoká, mikrovlnná nebo ultraširokopásmová. Požadavky na čtení a zápis informací na RFID lze rozdělit na tagy pouze pro čtení, tagy pro jeden zápis nebo přepisovatelné tagy.
- Krok 4 – stanovení velikosti vnitřní paměti tagu. Standardem je 96bitová paměť, ale paměť tagu lze naprogramovat na 96 bitů + 1 nebo dokonce možnost naprogramovat paměť tagů s integrovanými senzory 96bitů + 1 + senzor (zrychlení, teplota, tlak, vlhkost, citlivost na chemikálie apod.).
- Krok 5 – RFID tag je definován. Následuje tedy zvážení použití aktivního, poloaktivního nebo pasivního RFID tagu dodavatelem. Při rozhodování se bere v úvahu potřeba vlastního napájení. Poslední otázkou je, zda existuje možnost využití vlastního zdroje ke komunikaci se senzorem.
- Krok 6 – dokončení výběru vhodného RFID tagu.

Fernández et al. (2009) ve svém článku představují prototyp RFID technologie pro železnici nazvaný Transf-ID, který vznikl na základě vlastního výzkumu a který sleduje

elementy, jako jsou kolejová vozidla, podvozky, nápravy a výměnné nástavby. Nápravy považují za nejdůležitější mechanické součásti vozů, protože vyžadují pravidelnou údržbu a pracovníci je navíc musí měnit v pohraničních přechodových stanicích mezi Španělskem a Francií – španělské železniční tratě mají zpravidla iberský rozchod kolejí 1668 mm; francouzské mají normální rozchod 1435 mm. Dále uvádí, že byly prováděny testy s dalšími důležitými součástmi, jako jsou podvozky a spřáhla. Při testech dle nich bylo zkoumáno umístění tagů na tyto součásti v široké škále typů vozů, které byly k dispozici. V neposlední řadě zmiňují, že vyvinutý middleware agreguje data z jednotlivých čtení, identifikuje všechny různé součásti vlaku a jejich vzájemné vztahy. Tvrdí, že systém sleduje aktiva a zaznamenává trasy, odhaduje stáří vozů, počet najetých kilometrů nebo opotřebení – což je zvláště důležité pro díly, které se často vyměňují mezi různými nákladními vozy, což zvyšuje efektivitu provádění údržby na pohyblivých částech. Dále prohlašují, že systém automaticky uchovává zásoby a připravuje plány údržby na základě přesného počtu najetých kilometrů pro každou součást, nikoli pouze podle stáří. Fernández et al. (2009) dále zmiňují, že systém musel samostatně řešit několik abnormálních podmínek – jednou z nich je problematika nadbytečných informací – systém pracuje s tolerancí selhání – nefunkční nebo ztracené tagy nezabrání systému v identifikaci komponent, vozu a nákladu a signalizaci poruch. Závěrem Fernández (2009) uvádí, že systém počítá s chybami čtení z důvodu rušení nebo špatného dosahu čtečky.

### **1.5.5 Vlastnosti systému a požadavky na umístění RFID technologie na vozidlo**

Základní vlastností systému RFID v železniční nákladní dopravě je dle Hranického, Šperky a Čamaje (2021) schopnost v každém bodě dopravního řetězce identifikovat jeden z prvků, vlak, vůz a zásilku. A právě tyto informace, jak dále uvádí, poskytují komplexní informace o jakékoli části zmíněného dopravního řetězce.

Dle Maška, Kolarovszkiho a Čamaje (2016), kteří vycházejí ze zastaralého předpisu 2006/861/ES, má být vůz vybaven RFID štítky dle následujících požadavků, které jsou všeobecně dodržovány bez ohledu na platnost uvedeného rozhodnutí Evropské komise. Jak Mašek, Kolarovszki a Čamaj (2016) uvádějí, dva štítky jsou umístěny na bocích vozu tak, aby stacionární čtečka mohla načíst číslo vozu, čímž je zajištěna jednoznačná identifikace. Bez ohledu na platnost normy je minimální výška 500 mm a maximální výška 1100 mm středu štítků nad temenem kolejnice logickým požadavkem. Hell a Varga (2018) tvrdí, že pro spolehlivější identifikaci lze štítky umístit na několik stran (boční, spodní, horní) vozů, zejména kotlových, kontejnerů či jiného nákladu. Hell a Varga (2018) však pro čtení používají mobilní

čtečku připevněnou na dronu a záměrem je načítání vozů v případě nehody, nikoliv za běžného průjezdu či stání v bodě. Za těchto specifických okolností (čtení shora) doporučují, aby horizontální a vertikální úhly byly v průměru 50 °, což v praxi znamená, že je možné štítky bezpečně a spolehlivě načítat na vzdálenost 8 až 10 metrů. Ußler, Michler a Löffler (2019) uvádějí ke správnému umístění tagů a možnosti jejich propojení se senzory následující – při umístění senzorů a tagů na nákladní vůz je třeba vzít v úvahu materiální, finanční a praktické požadavky. Dle nich musí být tagy odolné vůči vlivům prostředí v železničním odvětví (zde se shodují s Fernándézem et al., 2009 i Balogem a Mindasem, 2016), levné a škálovatelné, ale také energeticky účinné, soběstačné a dosaditelné na starší vozidla.

Balog a Mindas (2016) uvádějí následující vlastnosti systému RFID v železniční dopravě. Dle nich lze v RFID tagu zakódovat kompletní informace o voze – kompletní číslo vozu (kód interoperability, kód státu, vlastní číslo vozu a kontrolní číslici) a na základě něho získat z databáze základní charakteristiky vozu (délka vozu přes nárazníky, hmotnost prázdného vozu, nosnost, ložná plocha a objem atd.). Zmiňují, že šifrováním a uložením částí dat elektronického nákladního listu na RFID tag lze identifikovat odesílatele, příjemce, plátce, celkovou hmotnost nákladu a podobně. Hricová (2016) dále dodává, že kromě dvanáctimístného čísla vozu lze na RFID štítek uložit datum konce platnosti revize, stav vozu, druh zboží, množství zboží přepravovaného ve vozech a spoustu dalších informací.

Jako shrnutí oblasti vlastností RFID systému lze využít Fernándéze et al. (2009). Dle nich by měl RFID systém používaný na železnici sledovat veškerá mobilní aktiva železničního dopravce, jako jsou nákladní vozy, kontejnery, podvozky, odnímatelné nápravy, spřáhla, výměnné nástavby, náklad, lokomotivy a další. Dále zmiňují, že lze označit všechna tato aktiva na jejich bocích a je tedy možno použít stejnou sadu antén ke čtení všech tagů. Dle jejich popisu tedy systém identifikuje aktiva při průchodu podél čteček, resp. antén, kdy vstupují nebo opouštějí kontrolní body. Konstatuje, že tato aktiva neprocházejí izolovaně, ale jsou nějakým způsobem propojena (zásilka s vozem a vůz s jeho součástí). Dále udává, že v rámci fungování systému middleware přijímá identifikační data z načtených RFID štítků a agreguje je, aby následně určil řazení vozidel v soupravě vlaku. Zmíněný middleware může také lokálně předzpracovávat identifikační data na kontrolních bodech a odesílat je přes IP síť do střediska pro zpracování dat, kde může železniční operátor aplikovat pravidla obchodní logiky. V předchozím textu uvedená tvrzení mohou být doplněna stanoviskem Hricové (2016), že umístění RFID tagu by mělo splňovat požadované funkce a dosáhnout maximální doby provozuschopnosti. Dle ní současně nesmí být RFID štítky ohroženy vlivy prostředí (obdobně

jako to tvrdí ostatní analyzovaní autoři) a dodává, že je důležité, aby byl štítek umístěn na vůz způsobem, který nejlépe odpovídá umístění čtecího zařízení na železniční trati. Tvrdí, že i když je rychlost vlaku vysoká, umístění tagu musí splňovat určitá kritéria, zejména to, že čtečka dokáže přesně a rychle přečíst informace uložené v tagu. K této problematice lze doplnit ještě tvrzení Fernándéze et al. (2009), že v rámci zajištění odolnosti tagů před vlivy prostředí je třeba dbát i na ochranu prvků RFID systému před vandalismem.

### **1.5.6 Shrnutí využití RFID v železniční dopravě**

V železniční nákladní dopravě i přepravě některé železniční podniky v roli dopravců a infrastrukturní manažeři dlouhodobě neplní mezinárodní smlouvy, technické předpisy, normy a další úmluvy, které jsou nezbytné pro spolehlivé a efektivní fungování železničního systému. Tento přístup lze nalézt například v oblasti soupisu vozů zařazených do vlaku, provádění přepravních prohlídek zásilek, provádění technických prohlídek vozů, vyhotovování mezinárodních zpráv o brzdění vlaku a podobně. Zatímco v případě neplnění dohod technického charakteru, například nesystematické údržby a nedostatečné prevence a eliminace rizik při provozu železničních nákladních vozů, dochází ke zvýšení rizika mimořádné události nebo opotřebení vozidel i železničních tratí. V důsledku toho mohou tyto jevy vést k opatřením, která spočívají ve snižování traťových rychlostí, snižování propustnosti tratí, vzniku zpoždění a dalším omezením v železniční dopravě. V případě neplnění předpisů provozně-obchodního charakteru dochází k poklesu kvality služby za hranici použitelnosti pro zákazníka. Zde je zásadním nedostatkem nedostatečné sdílení, resp. předávání dat mezi jednotlivými aktéry železniční přepravy – dopravci navzájem, dopravci s infrastrukturními manažery jakož i infrastrukturními manažery navzájem.

Z těchto a dalších výše uvedených důvodů byly na některých železnicích zavedeny technologie automatické identifikace. Technologie RFID se obvykle používá k identifikaci:

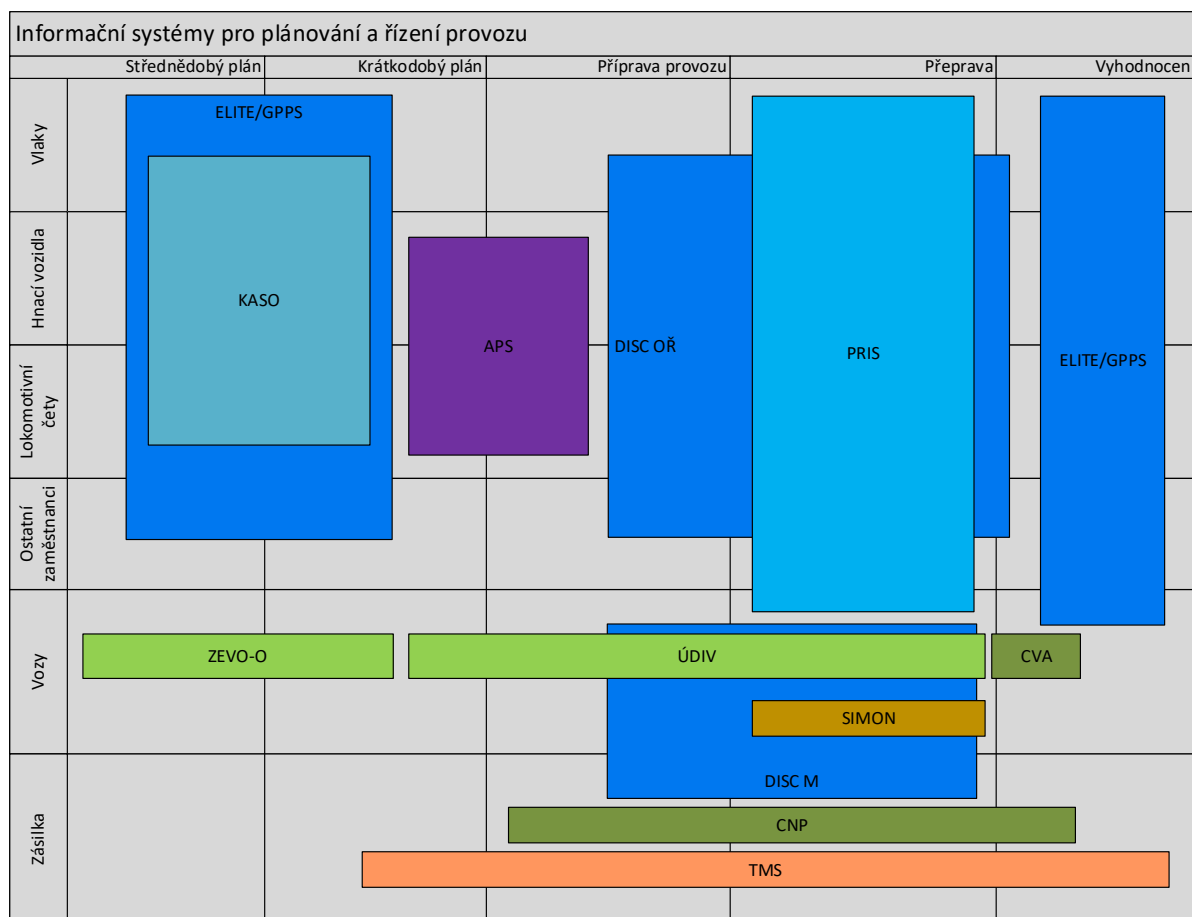
- vybrané soupravy nákladních vozů pohybujících se mezi výrobními podniky nebo výrobními závody téže společnosti,
- vybrané soupravy nákladních vozů nebo všechna vozidla pohybující se ve velkém území v rámci podniku (Třinecké železárny v Třinci – identifikace vozidel při vážení),
- vybrané soupravy vozidel pohybující se po vybraných trasách nebo tratích,
- všechna vozidla vjíždějící do uzavřených areálů, RFID tag je na vozidla umístěn při vjezdu, a naopak je z vozidel odstraněn po opuštění areálu,

- soupravy nebo vozové jednotky vybrané pro přepravu vybraných komodit (chemie, automobilový průmysl) mezi vybranými výrobními závody,
- vozidla v rámci relativně uzavřeného železničního systému (Švédsko, Finsko),
- vozidla používaná v síti s významným počtem ujetých kilometrů, která se skládá z několika tratí s důležitými uzly (Severní Amerika),
- vozidla majitele, přičemž jejich majitel je zároveň jejich téměř výhradním uživatelem.

Na základě tohoto výčtu je zřejmé, že se doposud RFID technologie ve většině případů používá pro ucelenou soupravu vozidel, uzavřenou množinu oblastí, uzavřenou množinu linek nebo uzavřený areál či systém. Ačkoli standardizace RFID existuje, a dokonce se zdá být v některých ohledech dostatečná (standarty RFID vydané GS1 existují již řadu let), nedošlo v jednotném evropském železničním prostoru k masovému nasazení technologie RFID. Jednou z příčin může být neschopnost dohody mezi aktéry na jednotném přístupu a standardizaci.

## 1.6 Analýza informačních systémů železničního nákladního dopravce

V následujících částech jsou uvedeny informační systémy železničního nákladního dopravce, které slouží pro plánování, realizaci a vyhodnocení železničního provozu. Současná IT podpora v oblasti řízení místních prací je nedostatečná a snižuje efektivitu práce zdrojů ve stanici. Popis stávající IT podpory je rozčleněn dle aplikací a jejich modulů. Níže uvedený obrázek 1 zachycuje informační systémy, které používá dopravce pro plánování a řízení provozu.



**Obrázek 1** Informační systémy pro plánování a řízení provozu (autor s využitím OLTIS Group, 2021a, 2021b, 2021c, 2021d, 2021e, 2021f, 2021g a ČD IS, 2021)

### 1.6.1 EMAN/ELITE

Informační systém, který je nazýván ELITE, je nástroj pro sestavu jízdního řádu, tedy návrhu tras vlaků a jejich náležitostí včetně jejich komunikace s manažerem infrastruktury (IM), Informační systém ELITE vytváří složitou datovou strukturu, obsahující informace o vlakotvorných náplních i místních pracích (OLTIS Group, 2021a). Pro místní práce v uzlu je vlastně zadavatelem požadavků na odbavení – zadává je formou zdůvodnění pobytu vlaku pro IM. Bohužel v rámci IS ELITE neexistuje propojení mezi činnostmi ve stanici a dobou

pobytu vlaku v rámci trasy. Je to důsledek nastavení procesů – nedostatečností žádosti o kapacitu dráhy. Český IM Správa železnic na rozdíl od dopravce nijak neřeší (jako ostatně mnoho dalších věcí, které mnozí jiní IM řeší) problematiku místních prací a ani neplánuje jejich realizace vzhledem ke svým zdrojům. Kopecký (2021) konstatuje, že z hlediska stavu procesů dopravce absentuje celková metodika plánování, řízení a sledování realizace obslužných jízd (jízdy souprav v rámci stanice a v přilehlém okolí), které se sice v ELITE dají plánovat, ale není jak tyto údaje dále v procesu plánování a řízení provozu využít.

### **1.6.2 GPPS**

GPPS je dle Mazače (2021) nástroj na sestavu grafikonu provozních procesů stanice (GPPS), který navazuje na dlouhodobé plánování provozu sítí i uzlů prováděné v IS ELITE. Dle OLTIS Group (2021b) tento nástroj umožňuje poloautomatickou koordinaci činností plánovaných pro jednotlivé vlaky a místní obslužné jízdy s cílem rovnoměrného využití zdrojů, například kolejí či zaměstnanců ve směně. Dále dle něj vytváří grafickou i datovou podobu plánu a data poskytuje pro další použití – zatím pouze pro zobrazení v provozním informačním systému dopravce PRIS. Dále uvádí, že následné využití informací například pro vyhodnocení efektivity práce stanice je realizováno přepočtem realizovaných výkonů na realizované činnosti a porovnáním s naplánovanými výkony pomocí GPPS. Mazač (2021) podotýká, že k vyhodnocování realizovaných výkonů nebyl GPPS nikdy určen a tato funkcionality by měla být jinde – například v controllingovém systému.

### **1.6.3 ÚDIV**

Nástroj Ústřední dirigování vozů (UDIV) slouží pro krátkodobé plánování hospodaření s prázdnými nákladními vozy a řízení provozu prázdných vozů vozovými dispečery, na místní úrovni především pro podporu práce vozového disponenta (OLTIS Group, 2021c). Dle Kopeckého (2021) nástroj umožňuje krátkodobé plánování využití vozu a sledování plnění tohoto plánu. Upozorňuje, že z pohledu místních činností s vozem je vytržený z kontextu ostatních IS železničního nákladního dopravce a obtížně se provazuje na okolní systémy, neboť železniční nákladní vůz je zdrojem pro přepravu i samotným přepravovaným nákladem. Tvrdí, že hospodaření s nákladními vozy bylo vždy procesně v rámci dopravce odděleno od hospodaření s ostatními náležitostmi vlaku. Dodává, že z hlediska časové osy plánování dopravce, procesy, a tedy i tento IS, postrádají dlouhodobý pohled na vozovou kapacitu, který se jeví jako důležitý například pro účely vyčleňování vozů pro určité obchodní případy či pro skupinu případů, oběhy vozů a souprav apod.



#### **1.6.4 TMS**

Nástroj pro řízení přepravy a vztahů se zákazníky – transport management system (TMS) (OLTIS Group, 2021d). Tento IS má dle Morkuse (2021) za úkol zajistit proces objednávání přepravy včetně objednávky souvisejících služeb u dalších dodavatelů a poskytovat zákazníkům dopravce aktuální informace o stavu zásilky v průběhu přepravy. Uvádí, že z pohledu místních prací byly dohodnuté milníky přepravy (předání a převzetí odpovědnosti) provázány na plánované činnosti ve stanici, aby bylo patrné, zda dochází k posunu mezi subjekty v rámci přepravy či nikoli. Dodává, že chybí pečlivé záznamy všech skutečností ovlivňujících fakturaci za přepravu.

#### **1.6.5 CNP**

Jak uvádí Kopecká (2019), nástroj Centrální nákladní pokladna (CNP) slouží pro podporu odbavení zásilky, především jejích listin. Dle ní plně podporuje činnosti nákladní pokladní, tedy místní práce, a přestože požadavkům plně vyhovuje, lze očekávat změnu požadavků na způsob odbavení zásilek (zásilky bez NL, odúčtování podle objednávky), které ale zatím lze aplikovat pouze na přepravy plně v režii jednoho dopravce.

#### **1.6.6 Systém monitorování železničních vozidel**

Nástroj Systém inteligentního monitorování železničních vagonů (SIMON) slouží u velmi malé skupiny vozidel k monitorování provozu železničních vozidel. Tento systém je založen na technologii GPS a přiřazování zaznamenávaných geografických souřadnic k digitální železniční síti (OLTIS Group, 2021e). Dle něj ze sledovací GPS jednotky umístěné na voze systém získává kromě polohových dat, ze kterých se vypočítává kilometrický proběh vozu, také data o rychlosti a zacházení s vozem (snímání nárazů). Konstatuje, že se bohužel jedná o systém nepříliš využívaný a relativně izolovaný – není napojen na ostatní informační systémy dopravce. Morkus (2021) zmiňuje, že některé lokomotivy jsou rovněž vybaveny sledovacími GPS jednotkami, které poskytují data přes příslušný middleware a rozhraní data přímo do systému DISC-OŘ. Dodává, že sledování vozidel je prováděno nestandardizovaně pro vybrané přepravy s vybranými hnacími vozidly a vozy, a tudíž není systematicky použitelné pro řízení provozu v železničním uzlu.

#### **1.6.7 DISC OŘ**

Nástroj DISC OŘ je dle OLTIS Group (2021f) dispečerský informační systém pro operativní řízení a sledování realizace plánu jízdy vlaků na síti dopravce, přičemž z pohledu

místních prací obsahuje pouze podporu pro plánování a řízení jízdy obslužných vlaků včetně náležitostí. Dle Kopeckého (2021) plně vyhovuje požadavkům na komunikaci s IM (konkrétně SŽCZ), ale neumožňuje efektivně řídit přepravy, neboť mu chybí pohled na plánovanou technologii odbavení konkrétního obchodního případu i na plán vozby v rámci systému vlakotvorby. Rovněž mu chybí pohled na místní činnosti s vlakem a také na obslužné jízdy, dodává Kopecký (2021). Dále dodává, že z celkového pohledu na průběh procesů plánování a řízení provozu dopravce je nevhodně využíván pro řešení změněných požadavků na přepravu několik hodin před realizací přepravy, jakož i řešení nedostatků samotných plánů pro realizaci, které jsou načítány ze systémů ELITE. Uvedené lze připodobnit tak, že na výrobní lince se plánuje, co, jak a kdy se vyrobí.

### **1.6.8 DISC-M**

Dispečerský informační systém – místenky (DISC-M) je dle OLTIS Group (2021g) nástroj pro stanovení a sledování plnění plánu jízdy vozu ve vlacích. Udává, že na základě aktualizovaného plánu vlakotvorby systém určí pro konkrétní jízdu vozu v systému JVZ (zásilka, směřování prázdného vozu, směřování do opravny apod.), kterými vlaky má být přepraven, přičemž tímto přidělením vozu do vlaku vzniká záznam příkazového listu pro zaměstnance doprovodu obslužné jízdy/vlaku (vedoucího posunu, posunovače či lokomotivní četou) pro odsun vozu z manipulačního místa (MM) výchozího, plán přechodu vozu mezi vlaky a záznam plánovaných složení použitých vlaků a záznam příkazového listu obslužné jízdy/vlaku pro přístavbu na cílové MM. Systém dnes není dle Kopeckého (2021) plně využíván, běží na pozadí jako zdroj dat pro ÚDIV a PRIS. Dále tvrdí, že nedostatkem je chybějící napojení na DISC-OŘ tak, aby dispečer dopravce měl informace o plánovaném složení vlaku a reálná data plánu vlakotvorby (skutečném složení vlaku), neboť tzv. provozní číslo vlaku již mnoho let nereprezentuje skutečnou náplň vlaku a mnoho dalších vlastností.

### **1.6.9 PRIS**

Provozní informační systém (PRIS) je dle ČD IS (2021) nástroj pro podporu místních prací ve stanici, které jsou spojeny s vlakotvorbou (například zpracování vlakové dokumentace), s vozy odstavenými ve stanici, vybranými přepravními procesy (vážení, překládka apod.), evidenčními úkony s vozem v kolejišti atd. Dle Kopeckého (2021) informační systém je, kromě dat vyměňovaných s DISC OŘ, ELITE a dalšími informačními systémy, z hlediska práce zaměstnanců v uzlech, v podstatě šablonou pro zadávání dat. Dále uvádí, že nedostatkem je, že zaměstnanci vždy musí příslušná data zadat (například soupis

vozů) místo toho, aby již v minulosti v přepravním procesu zadaná data sledovali a pouze upravovali drobné odlišnosti oproti skutečnému stavu věcí. Zmiňuje, že součástí PRIS je i aplikace pro mobilní zařízení (PDA a v blízké budoucnosti tablety). Dodává, že pro správnou funkčnost a správný přístup k pořizování dat chybí pro PRIS mnoho vstupních podkladů (aktualizovaný plán vlakovorby, plán přechodu vozu, plán obslužného vlaku/jízdy = příkazový list), plán činností pro profesi/zaměstnance, přičemž většinu z nich, jak již bylo zmíněno, je nutno do PRISu zjistit v uzlu a pořídit (zadat) do systému přímo.

### **1.6.10 CVA**

Centrální vlečková agenda je dle Kopecké (2019) nástroj pro podporu odúčtování pobytu vozu na vlečkách a všeobecných nakládkových a vykládkových kolejích (VNVK). Uvádí, že systém shromažďuje informace o přistavení a odsunech vozů včetně případného přerušení pobytu a o provedených výkonech jako podklad pro odúčtování s vlečkařem. Kopecký (2021) uvádí, že nástroj plně pokrývá požadavky na podporu činností na vlečkách a VNVK, ale je vytržen z kontextu procesů dopravce a zavádí duplicitní či provozně neefektivní pořizování dat – problém není v nástroji, nýbrž v kontextu celé filozofie smluvních a provozních vztahů s provozovateli vleček.

## **1.7 Vlakotvorba**

Nejprve je popsána vlakotvorba jako systém a následně jsou uvedena úskalí z hlediska současného stavu plánování a řízení zdrojů.

Na základě dlouhodobě probíhajících místních šetření a dotazování zaměstnanců železničního nákladního dopravce autora (zejména říjen 2017 – březen 2018, září – prosinec 2018, září – prosinec 2019) byl zjištěn stav plánování a realizace provozu byl. Účastníky šetření bylo přibližně 25 osob pracujících na následujících pracovních místech dispečeri – vedoucí směny, vedoucí ve směně, vozmistři, vedoucí provozních pracovišť a technologové. Dále pak byla analyzována data plánů produktových přeprav a doklady dostupné v rámci informačního systému PRIS – tříděnky, doběhy vozů, výkazy vozidel pro nákladní vlak atd. Účelem bylo zjištění skutečného stavu plánování a realizace procesů v nákladních uzlech a stanicích. Výstupy byly využity pro návrh software pro podporu rozhodování dispečerů a v generalizované podobě jsou uvedeny v následujících podkapitolách týkajících se přípravy plánu vlakotvorby a řízení a rozhodování v provozu uzlu a okolí.

### **1.7.1 Příprava plánu vlakovorby na síti**

Vlakovorba, tedy svoz a rozvoz zátěže, náplň výchozích vlaků včetně obsluhy manipulačních míst, není dle Kopeckého (2021) zdrojem, jehož využití je třeba plánovat, ale je spíše popisem využití jiných zdrojů. Dále uvádí, že popis vlakovorby je komplikovaný a není zcela jasné, jak správně mají kompetentní pracovníci fungovat během krátkodobého plánování a realizace.

Plán vlakovorby vzniká dle Flodra (1990) a Gašparíka et al. (2011) na základě dat vozových proudů v rámci přeprav realizovaných v minulosti, které využily systém jednotlivých vozových zásilek – jsou tedy zohledňovány trendy ve vývoji přeprav na úrovni dlouhodobého plánu a tato etapa plánování je velmi dobře prováděna. Dle Kopeckého (2021) však úprava vlakovorby na základě změn dlouhodobého plánu má nedostatky v podobě nedostatečné precizace opatření, která jsou navrhována na základě změnových požadavků. Upozorňuje, že krátkodobé plánování vlakovorby neprobíhá vůbec, nýbrž je využito dispečerského řízení v etapě přípravy konkrétní přepravy či v rámci realizace přepravy, přičemž přechod mezi krátkodobým plánem a realizací, tedy mezi vlakovornou náplní a konkrétními požadavky na přepravu, popř. již konkrétními vozy, je neostrý. Dále tvrdí, že důvodem jsou patrně chybějící prvky v systému řízení provozu dopravce, které by činnosti s vlakovorbou zajišťovaly.

Mazač (2021) k předchozímu uvádí, že všechny činnosti s vlaky se v současné době řídí dlouhodobým plánem, který je reprezentován ročním jízdním řádem a všemi změnami. Dále tvrdí, že ad-hoc vlaky jsou provozovány bez použití dodatečných kapacit (existují určité rezervy právě pro případ vlaků jedoucích ad-hoc, které slouží například pro přepravu přetěží). K případě dlouhodobého plánu Mazač (2021) uvádí, že pro přípravu dlouhodobého plánu provozních procesů železničního dopravce ve stanici je používán informační systém Editace, modelování a analýza nákladního provozu (ELITE), resp. informační systém Grafikon provozních procesů stanice (GPPS), který spadá do skupiny systémů ELITE. Dodává, že tento software při přípravě jízdního řádu vlaku poskytuje plánovači vlaků (zaměstnanci dopravce) základní nástroj pro plánování všech postupů nutných pro obsluhu vlaků. Všechny plánované zdroje jsou přiřazeny činnostem prováděným v daném pořadí.

### **1.7.2 Příprava plánu vlakovorby pro uzly**

V dlouhodobém plánu se tvoří plán místních technologií, a to dokonce s automatizací sestavy na úrovni využití zdrojů – výsledkem je tak kromě vlastního plánu grafikonu provozní práce stanice (GPPS) i personální potřeba pro stanici (Gašparík et al., 2011). Při sestavě

neprobíhá koordinace využití zdroje mezi lokalitami, to je úlohou příslušného plánovače (Kopecký, 2021).

Dále uvádí, že krátkodobý plán se pro místní technologie sestavuje a řízení místních prací se realizuje zpravidla mimo existující plány a informační systémy. Zmiňuje, že je to patrně způsobeno chybějícím aktuálním plánem vlakovotvorby a dalšími vstupy, které jsou pro krátkodobé plánování činností ve stanici či uzlu důležité.

Dle něj místní technologie, tedy synchronizace kapacit různých zdrojů v čase, opět nejsou samostatným zdrojem, ale nástrojem pro snazší plánování a sledování činností ve stanici. Popisuje, že místní technologie představují hierarchii začínající dílčími činnostmi, které jsou seskupovány do úkonů a ty následně do technologií. Dále tvrdí, že v důsledku tohoto členění je možno velmi snadno a v zásadě automaticky plánovat potřebné činnosti na každém vlaku a obslužné jízdě. Zároveň má každá činnost dány požadované zdroje (profese) a tím se následně definuje potřeba těchto zdrojů (Mazač, 2021).

Dle Šperky (2020) je většina procesů ve vlakovotvorných stanicích mimo velké seřadovací stanice prováděna na hranici realizovatelnosti (samozřejmě v závislosti na aktuálním vytížení čet). Tvrdí, že potenciál racionalizace s cílem zvýšení kvality práce i dat o realizovaných procesech je ve vlakovotvorných stanicích vysoký. Racionalizace bez zavedení efektivních nástrojů by však kladla nároky na zaměstnance v kancelářích provozu, kteří však již dnes obvykle zastávají více funkcí a jejich pracovní vytížení je vysoké (Šperka, 2020).

## **1.8 Řízení a rozhodování v provozu uzlu a jeho okolí**

Procesy řízení a rozhodování v provozu uzlu a jeho okolí byly již v minulosti řešeny pomocí metod operační analýzy, která zahrnuje analytické a statistické metody a přístupy. Některé přístupy byly heuristické, jak je uvedeno například v učebních textech s názvem Operační analýza v železniční dopravě autorů Františka Brandalíka a Pavola Kluvánka z roku 1984. V případě vlaků, které se přibližují k uzlu či přesněji seřadovací stanici, se Brandalík a Kluvánek (1984) zabývají statistickým vyšetřováním vstupního toku vlaků a uvádí, že „je potřebné znát frekvenci vstupujících požadavků, tj. končících vlaků.“ a dále že „variabilitnost událostí v železniční dopravě způsobuje, že končící vlaky vstupují do vjezdového kolejiště v náhodných časových intervalech. Tato skutečnost je dána podstatou dopravního procesu jako společensko-ekonomického jevu, v němž se uplatňují stochastické závislosti“. S uvedenými tvrzeními lze souhlasit, avšak s ohledem na vývoj v oblasti informačních technologií je dle názoru autora v současné době nutné při řízení provozu vycházet z reálných situací a aktuálních

dat v daném okamžiku provozu, a tudíž autorův návrh používá neagregovaná statistická data i za účelem vylepšení fungování systému v budoucnu.

Procesy v rámci seřaďovací stanice dle Šperky (2020) v mnohých případech nejsou limitovány kapacitou zdrojů (koleje, zaměstnanci a další). Dle něj se spíše naráží na problém nedostatku informací o požadavcích – ať už od zákazníků (požadavky na odsun vozů z MM po nakládce/vykládce), dopravců (vstupující vlaky do sítě dopravce a jejich složení) a ze stanic poslední manipulace vlaků směřujících do dotčené stanice (požadovaný přechod vozů). Uvádí, že se tím výrazně snižuje efektivita řízení a využití zdrojů ve stanici, přičemž uvedená praxe narušuje nastavený systém vlakovorby neplánovanými zásahy do relační náplně vlaků anebo naopak zbytečným čekáním na zátěž (vozy, které mají přejít mezi vlaky), která podle vlakovorby daným vlakem vůbec neměla být přepravována. Houda (2020) navíc zmiňuje, že absence reálného plánu (co se skutečně v dané směně v nejbližších hodinách či minutách bude dít) vzešlého z několika etap plánování, navíc s pomocí informačních systémů, nedává dispečerům vedoucím směny žádný skutečně použitelný pracovní postup, podle kterého by měl svou činnost řídit, neboť všechny činnosti dle plánu v danou chvíli již neplatí, protože existuje několik provozních opatření a výjimek, které ho změnilo a je tudíž téměř nepoužitelný. Dle Houdy (2020) navíc v menších vlakovorných či seřaďovacích stanicích přistupuje problém s kapacitou zdrojů – zejména kolejí.

Kopecký (2021) uvádí, že železniční dopravce na rozdíl od silničního provozuje svou činnost na infrastruktuře cizího subjektu, jejíž kapacita na hranách sítě je přidělována, ovšem v uzlech tomu tak není. Dále konstatuje, že železniční dopravce tedy využívá zdroje (zejména koleje a zaměstnance řízení provozu) zcela cizího subjektu, který žádným rozumným způsobem své zdroje neplánuje a nesleduje vytížení kolejí a dalších zařízení ve stanicích. V případě zaměstnanců řízení provozu je situace stejná, dodává. Dopravce tak plánuje činnosti se zdroji, které předpokládá, že bude mít k dispozici, bez toho, aby dostal relevantní a aktuální informace o skutečném stavu – dochází tedy k situacím, kdy například koleje ve stanicích a někde i manipulační místa nemusí být k dispozici ve chvíli, kdy je dopravce potřebuje využít (Kopecký, 2021).

Houda (2020) uvádí, že ani velký železniční nákladní dopravce dnes nepoužívá téměř žádnou novou technologii pro racionalizaci procesů s cílem usnadnění práce v kolejišti, při které jde především o identifikaci objektů (vozů a listin). Poznává, že moderní technologie by významně usnadnily a urychlily průběh některých procesů, avšak upozorňuje, že i tyto nové technologie předpokládají přítomnost dat v systému dopravce ve správný čas, což je stálým

problémem. S tím souvisí i elektronizace průvodních listin, která může opět usnadnit práci ve stanici, dodává Houda (2020).

Nové technologie se nemusí nutně týkat jen informací o objektech, ale usnadnit i některé technické kroky, jako je například zkouška brzdy, technická prohlídka apod., bohužel cesta k dosažení potřebného efektu je ale dlouhá a v dnešním prostředí je možná pouze za spolupráce alespoň v rámci EU (Kopecký, 2021)

### **1.8.1 Proces řízení práce s konkrétním vlakem**

Proces řízení práce s konkrétním vlakem dle Kopeckého (2021) začíná příjezdem do vymezené oblasti a dispečer dopravce tuto informaci vidí v Dispečerském informačním systému Cargo operativní řízení (DISC OŘ). Dále uvádí, že co se dále bude dít s vlaky, v jakém pořadí se budou jednotlivé železniční vozy či jejich skupiny rozřadovat, určuje dispečer dopravce podle složení vlaku, které má k dispozici v Provozním informačním systému (PRIS), který obsahuje kompletní informace o soupravě vlaku i aktuálně probíhajících úkonech. Kvalita rozhodnutí závisí na tom, jak je dispečer dopravce kvalifikovaný a zkušený, neboť PRIS má pouze informační, a nikoli optimalizační charakter (Šperka, 2020). Dále Šperka (2020) uvádí, že některé z probíhajících činností v rámci technologie zpracování vlaku na sobě závisí a jejich správné provedení a podání informace o jejich provedení má vliv na provádění činností následujících, včetně těch, které mají být prováděny v jiné stanici a které by bylo vhodné provádět ještě před přiblížením vlaku do definovaného okolí předmětné stanice. Délka trvání činností se dle Navrátila (2019) odvíjí mimo počtu vozů také od délky jednotlivých vozů a jejich typu. Houda (2020) tvrdí, že návrh optimalizace proto musí počítat s těmito vlastnostmi při výpočtu (odhadu) času, potřebného pro každou aktivitu.

Rozhodnými okamžiky pro přípravu odjezdu vlaku jsou ukončení sestavy vlaku včetně provedení zkoušek a prohlídek, přivěšení hnacího vozidla, převzetí vlakové a přepravní dokumentace strojvedoucím a pořízení informace o připravenosti k odjezdu do DISC OŘ prostřednictvím aplikace strojvedoucího v tabletu či zasláním SMS – poté ve stanoveném čase (dle JŘ) vlak opouští stanici (Navrátil, 2019). Předchozí potvrzuje Kopecký (2021) a dodává, že úpravě času odjezdu vlaku rozhoduje dispečer dopravce (D-VS nebo VS), například sídlící v budově ŘPČT spolu s dispečerem provozovatele infrastruktury, navíc ve spolupráci s dispečerem železniční sítě (nyní například Centrální dispečerské pracoviště Praha nebo Přerov).

### 1.8.2 Dispečerské řízení provozu v uzlu

Dle Houdy (2020) v současné době nejsou v některých seřadovacích stanicích zaznamenány kapacitní potíže – takovou stanicí je například Česká Třebová, což je patrné i z Technologické dokumentace provozního pracoviště Česká Třebová pro stanici Česká Třebová (ČD Cargo, 2021). Dle něj naopak některé jiné seřadovací či vlakové stanice na české železniční síti, jmenovitě například Praha-Libeň, Kolín, Nymburk hl. n. či Olomouc ve špičkových časech kapacitní potíže zejména s kolejemi pociťují. Uvádí, že železniční uzly slouží v případě vysokých zpoždění nákladních vlaků jako jakýsi tlumič jejich dalšího přenosu po síti. Zmiňuje, že v případě výluk na infrastruktuře či jiných okolností, a tím způsobených vysokých zpoždění vlaků, dochází při rozhodování ke konfliktním situacím, který z přijíždějících vlaků má být v rámci stanice přednostně zpracován. Upozorňuje, že provozní informační systém (PRIS), který poskytuje dispečerům dopravce informace o přepravě zásilek a složení vlaku, nemá žádné procesně-optimalizační mechanismy, stejně je tomu i u informačního systému DISC OŘ.

Kopecký (2021) tvrdí, že veškerá rozhodnutí o pořadí zpracování vlaků s ohledem na zásilky přepravované do určitých směrů a s ohledem na plánované časy odjezdů vlaků, se stávají velice obtížnými, navíc s ohledem na případy, ve kterých přijíždějící vlak přepravuje přednostní zásilky či zásilky s pevným přechodem mezi vlaky. Dále zmiňuje, že pro rozhodování dispečera dopravce jsou tyto informace stěžejní pro zajištění správného přechodu zásilky. Houda (2020) dodává, že v situacích, kdy přijíždějící vlaky mají vysoká zpoždění, je pro dispečera dopravce téměř nemožné předvídat časy nezbytné pro provádění činností s vlaky a činit optimální nebo alespoň dobrá rozhodnutí na základě předchozích zkušeností.

Ačkoli má dispečer dopravce v DISC OŘ informace o aktuální poloze vlaku a jeho dosavadní jízdě, v mnoha případech není schopen odhadnout přibližný čas příjezdu (ETA) do stanice, neboť se na trase vlaku např. nachází jedno či více úzkých míst, dále chybí krátkodobé plánování odrážející aktuální stav a navazující informace o manipulaci se zátěží, které by byly dostupné v rámci celé dopravní sítě. (Houda, 2020).

Informace, které by měl mít dispečer k dispozici v ucelené podobě jsou dle Houdy (2020) i Kopecké (2019) následující:

- příjezd vlaku (plánovaný čas, předpokládaný čas, hmotnost, délka, počet náprav, počet vozů, hnací vozidlo),
- technologie zpracování (jakou technologií vlak v jeho stanici bude zpracován),
- zdroje nutné k zajištění provedení úkonů,



- kapacity zdrojů (jestli kapacity zdrojů, které má k dispozici, jsou dostatečné),
- časové ohodnocení dob potřebných pro provedení všech úkonů s vlakem,
- požadavky na přechod zátěže na vlaky, vč. přechodu místních vozů a končící vozy.

Kopecný (2021) i Houda (2020) shodně prohlašují, že v informačních systémech chybí funkcionality, která by na základě konkrétního složení vlaků, jak na příjezdu, tak na odjezdu ze stanice v rámci vymezeného časového úseku, podávala informace o tom, jak dlouho bude přechod konkrétních zásilek při postupu podle určitých scénářů trvat. Mazač (2021) tvrdí, že tato funkcionality je přes značnou složitost dosažitelná. Dále uvádí, že rovněž nejsou ani přibližně automatizovaně porovnávány dopady rozhodnutí o upřednostnění zpracování jednoho vlaku před druhým, respektive systém neposkytuje pracovníkovi zpětnou vazbu plynoucí z prováděných úkonů. Z toho dle něj vyplývá nemožnost vypočítat odhadované časy odjezdů výchozích vlaků (ETD), přičemž podobná situace je i v případě řízení provozu na síti.

Z těchto důvodů dispečerů dopravců i provozovatelů infrastruktury nemají dostatečné informace o tom, jestli daný vlak, resp. vlaková souprava využije trasu vlaku v plánovaném čase nebo bude muset být využita trasa jiná (Kopecný, 2021). Trasou vlaku není v případě této problematiky myšlen jen teoretický konstrukt v podobě objednané, resp. přidělené trasy vlaku dopravci, tzv. train path, ale časově a místně určená trasa pro jízdu vlaku, která lze vložit do jízdního řádu bez toho, aby omezila v daném čase uskutečnitelné jízdy jiných vlaků. Houda (2021) tvrdí, že pro přijetí kvalitních a odůvodnitelných rozhodnutí dispečera je zapotřebí mít informace na jednom místě, ve vhodné podobě a pokud možno co nejdříve. Dodává, že z hlediska rozhodování staničního dispečera je tedy žádoucí mít spolehlivé informace okamžitě po vstupu vlaku, který již nebude měnit své řazení do vymezené oblasti. Tyto informace jsou stejné jak pro vlaky přepravující jednotlivé vozové zásilky, tak pro přímé odesílatelské vlaky.

### **1.8.3 Centrum řízení provozu**

Systém dálkového řízení dopravy železničních tratí je v podstatě systém, ve kterém se z řídicích center řídí provoz v určité oblasti na různých tratích, stanicích, odbočkách, vlečkách a kolejištích. Podle Polacha (2006) používá český provozovatel infrastruktury Centrální dispečerská pracoviště (CDP) pro řízení dopravy na hlavních železničních tratích a vybraných regionálních tratích (například centra v Praze a Přerově) a Regionální dispečerská pracoviště pro řízení dopravy na regionálních tratích (například ve Volarech). V obou případech jsou dispečerů umístěni v budovách centrálního dispečinku a každý dispečer řídí dopravu ve vybrané oblasti.

Dálkové řízení dopravy má tříúrovňovou strukturu skládající se z hlavního dispečera, dopravního dispečera a dispečera. Hlavní výhodou dálkového řízení dopravy podle Polacha (2006) je, že všechny tři úrovně řízení jsou umístěny v jedné místnosti společně, takže komunikace mezi nimi je rychlejší a přesnější než v případě řízení provozu v každé stanici zvlášť. V České republice byl instalován systém radioblok (RBS) na trati Číčenice – Prachatice – Volary, který má regionální dispečerské pracoviště umístěné ve stanici Volary.

## **1.9 Zabezpečovací systém radioblok**

V uplynulých 40 letech byl provoz na mnohých regionálních tratích z ekonomických důvodů utlumován či docházelo k redukci pracovních míst dispečerů a dalších zaměstnanců sloužících v jednotlivých železničních stanicích. Na některé tratě v souvislosti s tlakem na úsporu provozních nákladů bylo instalováno moderní zabezpečovací zařízení umožňující řízení provozu na dálku z centrálních pracovišť. Na tratě s nižší hustotou provozu žádné zařízení instalováno nebylo a vzhledem k propuštění zaměstnanců bylo běžné řízení provozu převedeno na tak zvané zjednodušené řízení provozu. To spočívá v obsazení míst nutných k řízení provozu jen v naprosto nezbytné míře. To vedlo nejen ke snížení provozních nákladů na těchto tratích, ale také k výraznému snížení bezpečnosti provozu a zároveň ke snížení kapacity tratí a snížení kvality přepravních služeb. V současné době k uvedeným nevýhodám přistupuje také další, a to nedostatek informací o skutečné jízdě vlaku.

Rekonstrukční práce na železničních tratích jsou často spojeny především s nasazením nového řídicího a zabezpečovacího systému založeného na pokročilých technologiích. Řízení provozu za pomoci výpravčích, sloužících v každé stanici, je nahrazováno dálkovým řízením provozu z několika málo řídicích středisek. Jedná se dle Polacha (2006) o trend, který dlouhodobě výrazně zvyšuje celkovou efektivitu železniční dopravy. Významnou nevýhodou jsou poměrně vysoké pořizovací náklady zabezpečovacích systémů. Na regionálních tratích přináší zavedení moderních zabezpečovacích systémů s dálkovým řízením provozu největší úspory provozních nákladů, protože regionální tratě jsou vybaveny zastaralým zabezpečovacím zařízením, které vyžaduje pro provoz mnoho pracovníků. Investice do modernizace vybavení na regionálních tratích tak přináší nejvyšší úspory nákladů na pracovníka na kilometr trati a zároveň zvyšuje bezpečnost provozu. Technologie dálkového ovládní umožňuje zachování provozu na méně vytížených tratích obsluhujících velké oblasti státu s nižší hustotou obyvatelstva a s méně požadavky na nákladní dopravu, s využitím malého počtu dispečerů. V České republice je na některých regionálních tratích používán zabezpečovací systém

radioblok (RBS). Návrh spočívá v upgradu RBS pomocí technologie RFID, která umožní zvýšit bezpečnost a spolehlivost provozu při dlouhodobě udržitelných nákladech na instalaci RBS na další tratě, včetně udržitelných nákladů na údržbu, opravy a provoz.

V jednotlivých členských státech EU je zaváděn jednotný Evropský vlakový zabezpečovací systém ETCS. Tento systém se však pro zajištění bezpečnosti provozu na mnoha regionálních tratích příliš nehodí jak z hlediska infrastruktury, tak z hlediska vozidel. Určité regionální tratě mají z hlediska celoevropské sítě marginální význam, ovšem z hlediska regionu mají význam mnohdy zásadní. Jedná se zpravidla o tratě, na nichž je dlouhodobě provozována jedna a tatáž množina hnacích vozidel, jejichž počet je v řádu desítek kusů a která zpravidla neopouštějí svou oblast. Rovněž do oblasti vjíždí jiná vozidla jen velmi výjimečně. Interoperabilní řešení tedy není zapotřebí. Stálá množina vozidel se zpravidla skládá z několika typů starších vozidel, která nelze z různých důvodů jednoduše nahradit několika málo typy moderních vozidel s již instalovaným systémem ETCS. Rovněž instalace ETCS do starších vozidel není efektivní či dokonce možná.

Z tohoto důvodu byla již v nedávné minulosti hledána jednoduchá a levná řešení zabezpečení provozu na těchto tratích. Jedním z nich je český systém radioblok. Postupem času však RBS částečně zastaral a zároveň nadále přetrvávají jisté nedokonalosti v praktickém provozu. Na základě místního šetření byly zjištěny například následující nedostatky:

- Systém není 100% spolehlivý ve smyslu určení přesné polohy vlaku.
- Spolehlivost datové komunikace mezi RBC a RBV je v některých dnech pouze zhruba 80 %, výpadky nastávají například v kopcovitém terénu a za nepříznivých klimatických podmínek.
- Systém není schopen rozpoznat a skutečně zkontrolovat obsazenost kolejí ve stanici.
- Mnoho úkonů je závislých na jejich bezchybném provedení obsluhujícím personálem.

Přes mnohé proklamace je v České republice téma skutečného zvýšení bezpečnosti na regionálních tratích na okraji zájmu s výjimkou období následujících bezprostředně po nehodě. Závěrem z vyšetřování je v případě jedné z nehod na trati zabezpečené RBS dle Drážní inspekce (2011) následující zjištění: „*Zásadní příčinou mimořádné události bylo pochybení lidského faktoru – strojvedoucího vlaku Os 18003. Lidská chyba se projevila přehlédnutím a chybným vyhodnocením nastalé situace*”. V případě tratí, které nemají žádné zabezpečovací zařízení a kterých je v České republice desítky, bývá dle Drážní inspekce (2020) častou příčinou

nehody „Nesplnění ohlašovací povinnosti strojvedoucím vlaku ve stanici, nevyčkání příjezdu protijedoucího vlaku, nezažádání o souhlas k odjezdu vlaku a jeho nedovolený odjezd do prostorového oddílu trati obsazeného protijedoucím vlakem”, přičemž přispívajícím faktorem je „absence technického (zabezpečovací) zařízení, které by eliminovalo možné selhání lidského faktoru”. Navrhované řešení by mělo eliminovat všechny zásadní nevýhody RBS a v důsledku toho snížit riziko lidské chyby a zvýšit bezpečnosti a plynulost provozu.

### **Charakteristika radiobloku**

Zjednodušený a specifický systém dálkového řízení dopravy založený na technologii rádiových bloků byl vyvinut přesně pro podmínky v České republice, ale je použitelný i kdekoli jinde. Systém radioblok je založen na podobných principech jako evropský vlakový zabezpečovací systém (ETCS), ale s mnoha zjednodušeními. Zabezpečovací systémy, jako je ETCS, jsou založeny na datové komunikaci mezi vozidly a řídicími centry prostřednictvím neveřejné sítě a indikaci vlaku kolejovými obvody, počítadly náprav, kolejovými smyčkami, balíziemi či jinými technologiemi. Zabezpečovací systém radioblok je dle Veselého, Kačmaříka a Pavla (2019) založen na bezdrátové komunikaci mezi vozidly a řídicími centry prostřednictvím veřejných datových sítí a na indikaci vlaku pomocí zpráv o GPS poloze a zadáváním kódů o poloze strojvedoucím. Tento jednoduchý systém nedosahuje stejné úrovně bezpečnosti, ale praktický provoz dokázal, že se jedná o životaschopné a efektivní řešení zabezpečení provozu na méně využívaných regionálních tratích.

Základními součástmi RBS je radiobloková centrála (RBC) a vozidlová jednotka (RBV). Dle Správy železnic (2019) dopravní dispečer dává povolení a pokyny k jízdě zadáváním povelů do radioblokové centrály. Dále dodává, že RBV přijímá informace o povolení k jízdě a na displeji zobrazuje informace strojvedoucímu. A konečně konstatuje, že strojvedoucí podle pokynů řídí vlak do místa, kde končí povolení k jízdě a ze kterého se po jeho dosažení hlasově ohlásí. Na tratích vybavených RBS probíhá komunikace mezi dispečerským pracovištěm a vozidlem dvěma způsoby. Kromě datové komunikace mezi RBC a RBV se mezi dispečerem a strojvedoucím používá hlasová komunikace ve formě frází stanovených příslušným předpisem, a to téměř při všech úkonech, například ohlášení opuštění traťového úseku a sjednání další jízdy vlaku, což je dle Správy železnic (2019) uvedeno v předpisu D4. Z předpisu vyplývá, že věty musí obsahovat číslo vlaku nebo číslo vozidla, typ komunikace (datová nebo hlasová), umístění v oblasti RBS (stanice RBS, poloha na trati) a v případě potřeby číslo koleje, která je obsazena vlakem, a stav koleje, kterou vlak opustí (kolej může být

neobsazená nebo obsazená vozy). Palubní jednotka komunikuje s RBC prostřednictvím veřejné sítě GSM. Na základě údajů zadaných strojvedoucím a na základě GPS polohy přijaté z RBV zobrazuje RBC dispečerovi aktuální polohu vozidla či vlaku. Dispečer může také vidět volnost traťových a staničních kolejí na displejích RBC. V neposlední řadě RBC dle Chrdleho (2017) archivuje komunikaci mezi dispečerem a strojvedoucím. Konstatuje, že RBC má okamžitý přehled o všech vlacích a vozidlech, které

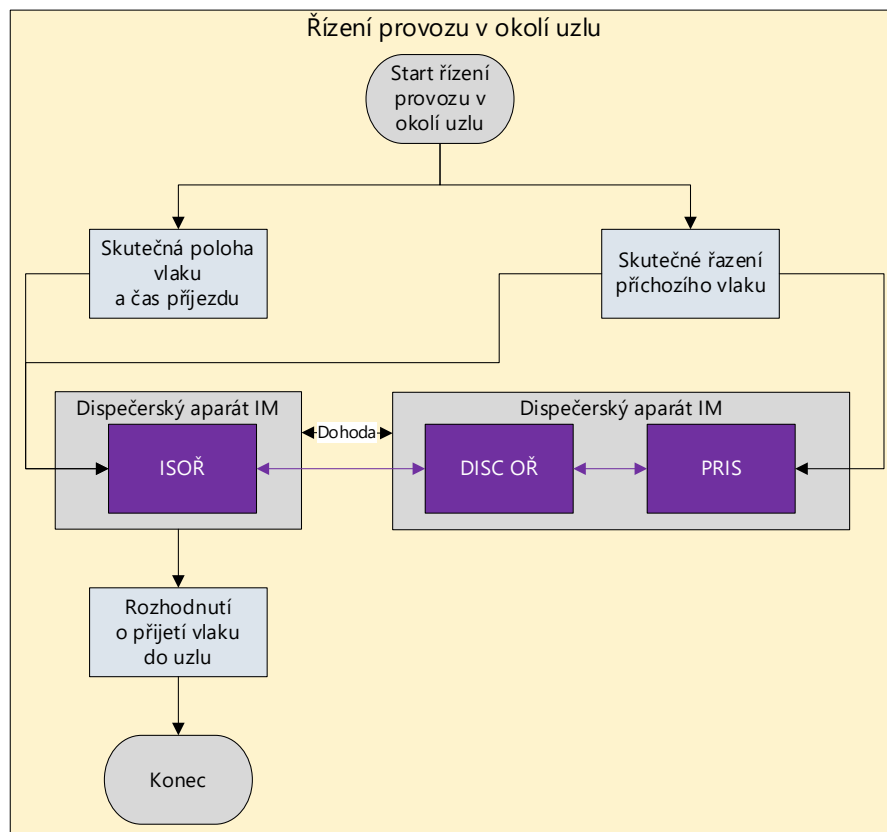
- se chystají začít jízdu v oblasti řízené RBS,
- se chystají vstoupit do oblasti řízené RBS,
- se chystají opustit oblast řízenou RBS,
- se pohybují v oblasti RBS, nebo
- stojí na určitém místě v oblasti RBS.

Před zahájením jízdy vlaku v oblasti RBS je dle Chrdleho (2017) nutné provést všechny úkony, které jsou nutné k zabezpečení jízdy vlaku. Dle něj musí být vlak nejprve přihlášen do RBS a po přihlášení je vlak pod dohledem dopravního dispečera, který řídí určenou oblast. Zmiňuje, že přihlášení však neznamená, že vlak má povolení k jízdě a pokud se strojvedoucí pokusí jet bez povolení, RBV to téměř okamžitě vyhodnotí jako chybový stav a vozidlo zastaví otevřením elektropneumatického ventilu na brzdovém systému. Jak zmiňuje, dispečer dává povolení k jízdě pouze z jednoho bodu do druhého v jednom směru, přičemž RBV či strojvedoucí dispečerovi vždy oznámí dosažení takového bodu a zároveň strojvedoucí při dosažení bodu v železniční stanici zadá do RBV unikátní kód, který je nesmazatelně vyznačen na plechové tabuli, která je umístěna vedle koleje. Po ověření zadaných dat systémem RBS strojvedoucí požádá o povolení k jízdě na další místo prostřednictvím hovoru s dispečerem provozu, zmiňuje Chrdle (2017). Pokud je možná další jízda, dopravní dispečer zadá informace do RBC a RBV umožní strojvedoucímu pokračovat v jízdě, dodává.

## 1.10 Shrnutí

Na základě rešerše odborné literatury a analýzy současného stavu železničního provozu lze definovat dvě základní bariéry nepřerušného toku v rámci dodavatelsko-odběratelského řetězce. První bariérou je nedostatek relevantních informací o vozidlech a vlacích, které se blíží do uzlů, která je řešitelná některou z technologií automatické identifikace a sledování objektů. Informační bariéra sdílení dat je řešena návrhem spočívajícím v uplatnění technologie radiofrekvenční identifikace, který společně se stávajícími technologiemi zajistí informace o skutečné poloze a řazení vlaku a dalších veličinách i z regionálních tratí.

Druhou bariérou jsou nedostatky v samotných systémech řízení provozu, zejména v úsecích infrastruktury a časech před příjezdem dopravního prostředku do uzlu, kdy dispečer nemá relevantní informace, viz první bariéra, ale i kdyby je měl, tak nemá žádný nástroj podporující rozhodování v provozně složitých situacích ani na síti regionálních a hlavních tratích přilehlých k uzlu a ani v samotném uzlu. Tuto bariéru má za cíl odstranit návrh dynamického provozního řízení, reprezentovaného systémem pro podporu rozhodování dispečerů využívající metody multikriteriálního rozhodování a fuzzy logiku. Na obrázku 2 je možno vidět, které základní elementy s ohledem na uvedené bariéry jsou brány v úvahu.

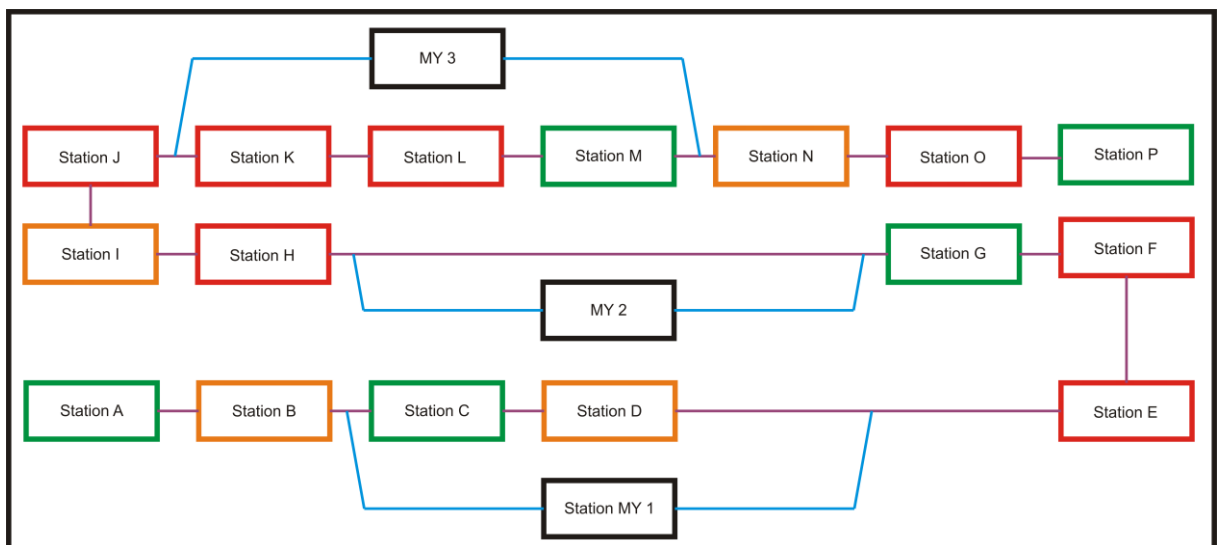


**Obrázek 2** Schéma řešeného systému (autor)

S ohledem na řízení provozu v uzlu je zapotřebí zmínit, že rozhodnutí o přijetí vlaku do uzlu dispečer činí na základě dostupných informací a zkušeností. Rozhodování dispečera je v případě nákladní dopravy mimo jiné ovlivněno topologií stanice a jejího okolí. Jak ukazuje obrázek 3, na němž je uveden příklad topologie seřaďovacích stanic označených MY 1-3, není možné nákladní vlak, který se blíží do seřaďovací stanice, odstavit pro předjetí vlakem osobní dopravy v kterékoli nácestné stanici. Při porovnání parametrů vlaku, například délky nákladního vlaku s parametry infrastruktury, se dispečerovi zúží rozhodovací prostor, neboť stanice označené na obrázku červeným rámečkem nemůže pro předjetí vlaku použít vůbec,

například z důvodu nedostatečné délky staničních kolejí. Stanice označené oranžovým rámečkem využít pro předjetí může, ale nemůže je využít pro odstavení vlaku, neboť se například jedná o stanice s nedostatečným počtem kolejí, přičemž problémem může být, že při zastavení či odstavení nákladního vlaku dojde k znemožnění využití nástupišť zastavujícím vlakem osobní dopravy. V popisovaném příkladu může dispečer použít k zastavení nákladního vlaku pouze stanice A, C, G, M a P, označené zeleným rámečkem.

Rozhodování o provozu v okolí uzlu obsahuje i další parametry než ty uvedené v příkladu. Jednotlivá vybraná kritéria rozhodování jsou popsána v podkapitolách 4.3.1 a 4.3.2.



**Obrázek 3** Schéma okolí uzlu (autor)

S ohledem na uvedené skutečnosti, včetně těch, které se týkají aktuálního evropského výzkumu v oblasti železničních technologií, a literární rešerši, lze prohlásit, že téma disertační práce je velmi aktuální.

## 2 CÍL DISERTAČNÍ PRÁCE

Práce se zabývá návrhem způsobu získávání a sdílení spolehlivých provozních dat jakož i návrhem dynamického provozního řízení.

Cílem disertační práce je návrh možností odstranění bariér pro zajištění nepřerušovaných digitálních toků informací jednak mezi jednotlivými účastníky přepravního i dopravního procesu a jednak mezi dopravním prostředkem a centrálním informačním systémem, resp. informačním systémem koncového zákazníka, prostřednictvím systému dynamického provozního řízení na úsecích zaústěných do dopravních uzlů železniční dopravy.

Díličí cíle spočívají jednak v návrhu úpravy procesů nákladní přepravy v rámci železničního módu s ohledem na zavedení automatické identifikace a jednak v návrhu na změnu řízení provozu na traťových úsecích zaústěných do uzlu po zavedení dynamického provozního řízení.

Návrh dynamického provozního řízení je reprezentován systémem řízení provozu v okolí uzlu a jeho součástí je systém pro podporu rozhodování dispečerů. Algoritmus/systém, používá metody vícekritériálního rozhodování a fuzzy logiky a je precizován pro využití v železničním uzlu, zejména v oblasti vah jednotlivých kritérií, zavedením či odebráním některých kritérií a je vyzkoušen s běžnými provozními daty.

Výsledným řešením této práce, jak již vyplývá z názvu, je zefektivnění procesu přepravy zboží pomocí odstranění bariér v rámci železniční přepravy prostřednictvím sdílení dat o přepravě, provedené prostřednictvím návrhu dynamického provozního řízení reprezentovaného návrhem procesů a návrhem systému pro podporu rozhodování dispečerů seřadovacích a vlakových stanic, který umožní dynamické řízení provozu na traťových úsecích zaústěných do zmíněných uzlů, a s jehož pomocí může dojít k racionalizaci řízení provozu v uzlu a jeho okolí a tím k racionalizaci provozu železniční nákladní přepravy

Přínosem by mělo být zjednodušení rozhodování dispečerů řízení provozu s ohledem na pořadí zpracování vlaků, snížení chybovosti rozhodování dispečerů a v budoucnu umožnění přesnějšího hodnocení výsledků jejich práce. V dlouhodobém horizontu je cílem odstranění zmíněných bariér prostřednictvím dalšího rozvoje a zavedení automatizace provozu.



### 3 PŘEHLED METOD POUŽITÝCH K DOSAŽENÍ CÍLE PRÁCE

Metody a technologie (zejména RFID) popsané v rámci práce budou aplikovány v oblasti realizace přepravy železniční dopravou v úseku řízení provozu uzlů a jejich okolí. V rámci železniční dopravy se jedná o oblasti jak vlakotvorby, přepravního systému určeného pro přepravu jednotlivých vozových zásilek, tak i přímých odesílatelských vlaků.

#### 3.1 Fuzzy logika – metoda vícekriteriálního rozhodování

Metody vícekriteriálního hodnocení umožňují posoudit různou důležitost kritérií hodnocením pomocí různých vah, jak uvádí například Fotr (2006). Dále tvrdí, že obecně jsou v rámci postupu hodnocení variant stanoveny váhy jednotlivých kritérií, které vyjadřují důležitost jednotlivých kritérií, přičemž je používáno pravidlo, že významnější kritéria mají přiděleny vyšší váhy. Pro návrh systému podpory rozhodování dispečerů je využita metoda fuzzy logiky a standardní metody vícekriteriálního rozhodování. Dle Klapky, Dvořáka a Popely (2001) lze problém vícekriteriálního rozhodování charakterizovat jako „*je dána nějaká množina možných variant (rozhodnutí, řešení) a máme vybrat variantu, která je co možná nejlepší vzhledem k dané množině kritérií (hledisek, charakteristik)*“. A dále popisuje, že se mezi uvažovanými kritérii mohou vyskytnout kritéria kvantitativní i kvalitativní. A dodává, že „*kvantitativní kritéria umožňují pro každou variantu stanovit hodnoty kritérií*“. Pro stanovení vah jsou využívány různé metody – v případě této práce jsou využity bodové stupnice a stanovení pořadí uplatněných kritérií, neboť v provozu železniční dopravy rozhodování závisí na pořadí. Použitou metodou pro samotné hodnocení kritérií a dosažení cílů je fuzzy logika, neboť značně odpovídá způsobu rozhodování dispečerů v dopravě. Jejím uplatněním budou ve značné míře zachovány stávající neautomatizované procesy (ty, které jsou žádoucí a efektivní), které předcházejí procesu rozhodování dispečerů v uzlech a navazují na konkrétní rozhodnutí. Metoda fuzzy logiky byla zvolena na základě pozorování dlouhodobé neúčinnosti deterministických i stochastických přístupů (operační analýzy).

Fuzzy logika je dle Fuzzytechu (2009) matematická větev, která dementuje tradiční předpoklad, že všechno v celkové oblasti úvah patří k dané oblasti úvah nebo nepatří. Uvádí, že je nutno ji chápat jako druh logiky, která rozeznává více než jen jednoduše pravdivé a nepravdivé hodnoty. Dále tvrdí, že pomocí fuzzy logiky mohou být problémy presentovány se stupni pravdivosti a nepravdivosti – tato teorie určuje, „jak moc“ prvek do množiny patří

nebo ne. Fuzzy logika pracuje dle Fuzzytechu (2009) s mírou členství, což demonstruje skutečnou realitu mnohem lépe. Fuzzy logika tedy měří jistotu nebo nejistotu příslušnosti prvku k množině. Jako příklad uvádí tvrzení o aktuálním počasí, že dnes je slunečno, by mohlo být 100% pravdivé, jestliže nejsou žádné mraky; z 80 % pravdivé, jestliže je pár mraků, a z 50 % pravdivé, jestliže je polojasno a z 0 % pravdivé, jestliže celý den prší. Analogicky tvrzení vlak má nejvyšší prioritu při jízdě (kritérium minimalizace zpoždění), by mohlo být 100% pravdivé, jestliže vlak má velmi vysoké zpoždění (např. kolem 120 minut), z 80 % pravdivé, jestliže má vysoké zpoždění (např. kolem 60 minut), z 30 % pravdivé, jestliže má drobné zpoždění (např. do 10 minut) a z 0 % pravdivé, jestliže vlak jede přesně dle stanoveného jízdního řádu.

Jiným příkladem vysvětlujícím fungování fuzzy logiky je dle Zadeha (2008) následující – množina se skládá z prvků sdílejících stejnou vlastnost, přičemž tato vlastnost je nezbytná pro stanovení hranic množiny. Na otázku „Je možné tyto hranice vždy jednoznačně definovat?“ Zadeh (2008) odpovídá „Ne.“. Například sice lze jednoznačně definovat soubor obsahující všechny obce patřící do okresu O – obec buď patří z administrativního hlediska k okresu D, nebo nepatří – zde funguje klasická logika, ale pro množinu obcí z hlediska vzdálenosti od správního střediska však nemůžeme jasně definovat ostrou hranici, která by rozlišovala velkou a malou vzdálenost (princip fuzzy logiky).

Pokud by byly uvedené příklady teorie fuzzy množin podrobeny pohledu jiného odborníka, například Türkşena (2006), tak v teorii fuzzy množin je úkolem identifikovat členská přiřazení k podtřídám entit popsaných přídavnými jmény nebo podtřídami, které jsou kvalifikovány příslovci za účelem zpřesnění nepřesností způsobených těmito modifikátory v kontextu Precisiated Natural Language (PNL) (zpřesněný přirozený jazyk). Rovněž uvádí, že fuzzy logika umožňuje zdůvodňování zdravého rozumu s nepřesnými predikáty vyjádřenými jako fuzzy množiny. Dále dle Türkşena (2006) se podstatná jména ve fuzzy teorii nazývají „lingvistické proměnné“ a přídavná jména sama o sobě nebo přídavná jména s příslovci tvoří soubor „lingvistických termínů“ lingvistické proměnné.

Kromě uvedeného rozdělení slov je, jak konstatuje, nutno rozlišovat navíc ještě další rozdělení lingvistických výrazů.

Zprv existují výrazy, které dle něj obsahují lingvistické termíny, které popisují entitu, objekt, výskyt atd. v rámci tvrzení, které je tvořeno předmětem (podstatným jménem), slovesem (predikátem) a alespoň jedním přídavným jménem anebo přídavným jménem a příslovcem atd.

Dále Türkşen (2006) uvádí, že existují výrazy, které obsahují lingvistické termíny, které se používají k ověření daného tvrzení, jež popisuje vlastnost podstatného jména (předmětu). Zatřetí existují lingvistické termíny, které označují a popisují naši víru nebo důvěru v teorii vědeckého poznání v rámci tvrzení nebo získané části informace. Upozorňuje, že existují i složitější výroky s vestavěnou hierarchií.

Türkşen (2006, přel. autorem) uvádí, že „*v teorii fuzzy logiky se používají popisná slova ve větách, které umožňují identifikovat členské hodnoty při určování fuzzy množin a slov, která pomáhají formovat logickou kombinaci fuzzy množin označených popisnými slovy v hierarchii konstruktů.*“

Konstatuje, že uvedené poměrně složité teze používání metody fuzzy logiky je pro potřeby praxe nutno zjednodušit a připravit v rámci modelu tak, aby byly snadněji uchopitelné a přinesly užitek. Tvrdí, že v opačném případě je možno zůstat u metod vícekritériálního rozhodování v podobě aplikace klasické matematické logiky, kde je nutno řešit potíže přílišné složitosti skutečného obrazu světa a neurčitosti. Přílišná složitost skutečného světa má za následek faktické neschopnosti sestavení modelu, resp. jestliže se podaří sestavit, tak je natolik složitý, že se nedá používat, což s přihlédnutím k složitosti procesů na železnici a všeobecné nepředvídatelnosti provozu znamená zbytečnost existence takového modelu nehledě na náročnost na strojový čas nutný pro realizaci výpočtů.

Neurčitost vzniká dle Kovářika (2008) v důsledku neschopnosti člověka přesně definovat skutečné stavy a přesně definovat instrumentální pojmy. Dále uvádí, že při použití přirozeného jazyka tato neurčitost není překážkou, neboť jeho nejdůležitější vlastností je vágnost jeho sémantiky (významu) a schopnost s vágními pojmy pracovat.

Obě výše uvedené teze popisuje Novák (1990), přičemž cituje L. A. Zadeha „*Roste-li složitost systému, klesá naše schopnost formulovat přesné a významné soudy o jeho chování, až je dosaženo hranice, za níž jsou přesnost a relevantnost prakticky vzájemně se vylučující charakteristiky.*“

Pro shrnutí poznatků o fuzzy logice se lze opřít o Türkşena (2006), anebo poněkud srozumitelněji vysvětlujícího Nováka (1990), dle něhož se jedná o prostředek, který umožňuje matematicky popsat nejasné nebo nejednoznačné pojmy a pracovat s nimi. Novák (1990) tvrdí, že pokud není možné stanovit zcela přesné hranice třídy, která je určena vágním pojmem, je možné nahradit rozhodnutí o příslušnosti určitého prvku k dané třídě pomocí míry, která je vybírána z nějaké stupnice. Dále uvádí, že tím bude mít každý prvek přiřazenou nějakou míru vyjadřující jeho místo a roli v dané třídě. Dále vysvětluje, že jestliže bude stupnice uspořádaná,

potom menší míra bude vyjadřovat, že daný prvek je někde blíže k okraji třídy. Tuto míru nazývá stupněm příslušnosti prvku do dané třídy a třídu, ve které je každý prvek charakterizován stupněm příslušnosti prvku do ní, nazývá fuzzy množinou. Zmiňuje, že jinak řečeno stupeň příslušnosti vyjadřuje stupeň přesvědčení, že daný prvek patří do dané fuzzy množiny. Dodává, že fuzzy logika hodnotí jistotu nebo nejistotu příslušnosti prvku k dané množině a že fuzzy logika je použitelná především v expertních systémech a dalších aplikacích umělé inteligence.

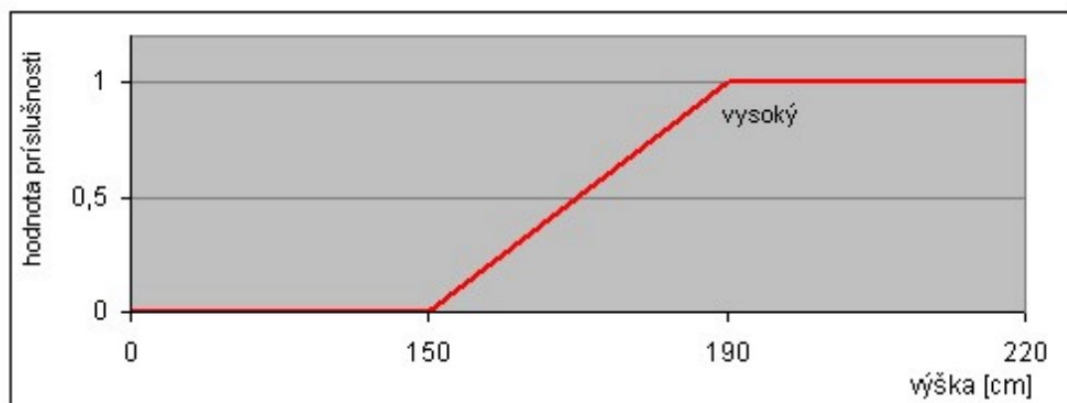
### 3.2 Tvorba hodnotícího systému užitím fuzzy logiky

Sestavení hodnotícího systému s fuzzy logikou obsahuje dle Dostála (2008) tři základní kroky:

- fuzzifikaci,
- fuzzy inferenci (myšlenkový proces),
- defuzzifikaci.

Fuzzifikace dle něj spočívá v převedení číselných hodnot proměnných na jazykové proměnné. Definování jazykových proměnných vychází z lingvistické proměnné, například u proměnné nákupní cena televizoru lze volit následující atributy: podezřele nízká, nízká, ideální, vysoká, příliš vysoká, nepřijatelná cena. Doporučuje využití tří až sedmi atributů pro proměnnou.

Stupeň členství atributů proměnné v množině je vyjadřován tzv. členskou funkcí, přičemž existuje celá řada tvarů těchto členských funkcí a dle Dostála (2008) je možné se v praxi setkat zejména se čtyřmi typy sestavenými z funkcí, jejichž průběh je ve tvaru lomených přímk  $\Lambda$ ,  $\Pi$ ,  $Z$  a  $S$ , viz obrázek 4. Upozorňuje však, že reálné podoby systému lépe popisují funkce na výpočty obtížnější ve tvaru křivek (např. Gaussova křivka).



Obrázek 4 Lomená křivka S (Dostál, 2008)

Fuzzy inference (odvozování určitých výroků z jiných) má dle Dostála (2008) za úkol pomocí pravidel definovat chování systému. Popisuje, že tvůrce systému k tomu používá pravidla „jestliže“, „pak“ a „nebo“ a prostřednictvím podmínkových vět systém následně vyhodnotí výsledný stav dané proměnné. Dále tvrdí, že pro každé pravidlo je možno určit váhu, kterou lze, resp. je dokonce zpravidla nutné na základě výsledků testování s daty upravovat. Zmiňuje, že celková pravidla tvůrce stanovuje sám s ohledem na cíl fungování systému. Výsledkem fuzzy inference je jazyková proměnná, dodává Dostál (2008), a uvádí příklad – jestliže se bude jednat o rozhodování o cenové nabídce, u níž mohou mít atributy hodnotu podezřele nízká, nízká, ideální, vysoká, příliš vysoká, nepřijatelná cena apod., pak uživatel dostane výstup, zda produkt koupit. Dále konstatuje, že odpovědí tedy může být ano, ne či doporučení blíže se o produkt zajímat nebo sledovat prodejní cenu atd. Pravidla fuzzy inference zapisuje ve tvaru podmínkové věty: <Když> Vstup1 <A> Vstup2 ... <Nebo> VstupN ... <Pak> Výstup1 <Váha>. Defuzzifikace je dle Dostála (2008) převedení fuzzy hodnoty výstupní proměnné tak, aby slovně co nejlépe vyjadřovala výsledek fuzzy výpočtu.

Metoda fuzzy logiky je základní metodou, kterou používá systém pro podporu rozhodování dispečerů. Na základě vstupních údajů o přepravní a dopravní situaci, následně při aplikaci pravidel a kritérií (podmínek) fuzzy systému probíhá rozhodovací proces algoritmu, dochází k výpočtům hodnot vlaků, stanovení pořadí vlaků dle jednotlivých priorit, přičemž výsledkem je soubor slovních pokynů pro dispečera, které může využít pro řízení provozu v určeném uzlu a situaci. Sestava systémů využívajících fuzzy množiny je popsána například v mezinárodní normě Mezinárodní elektrotechnické komise IEC 61131-7:2000 Programovatelné ovladače, část 7: Fuzzy řídicí programování. Autor při návrhu systému podpory rozhodování dispečerů využívá principů popsaných v této normě s ohledem na možnosti sestavení a funkčnost systému v prostředí železniční nákladní přepravy.

### 3.3 Heuristický přístup

Dle Tomka a Vávrové (2000) se lze v praxi setkat s faktem, že dosavadní matematické metody nelze úspěšně použít nebo je jejich využití s ohledem na specifickou povahu řešeného problému dokonce nemožné. V těchto případech lze dle nich zvolit heuristický přístup, který spočívá v hledání řešení pomocí algoritmu, o němž si badatel myslí, že vede k řešení, avšak není schopen tuto myšlenku dokázat exaktní metodou a formulací. Klapka, Dvořák a Popela (2001) zmiňují že „*V operačním výzkumu je heuristická metoda charakterizována jako metoda pro hledání „dobrých“ řešení (tj. řešení blízkých optimálnímu) pomocí intuitivního přístupu*

*a při rozumných výpočetních nákladech.*“ Ve shodě s Tomkem a Vávrovou (2000) a Tuzarem, Maxou a Svobodou (1997) konstatují, že heuristická metoda nezaručuje a ani nemůže zaručit nalezení optimálního (nejlepšího možného) řešení a běžně ani určit vzdálenost nalezeného přípustného (suboptimálního) řešení od optima.

Tuzar, Maxa a Svoboda (1997) tvrdí dále následující: *„Pro efektivní nalezení suboptimálních řešení v přijatelném čase využívají heuristické metody lokálních vlastností účelových funkcí, které jsou platné pouze v omezené části prostoru přípustných řešení.“* Dále konstatují, že s ohledem na krátkou dobu výpočtu, přijatelným nárokům na techniku a určitému přiblížení se k nejlepšímu možnému řešení, lze řešení dosažené heuristikou považovat za přijatelné.

V kontextu postupu tvorby metody poznamenávají, že *„Bud' je vytvořeno výchozí, často zcela libovolné přípustné řešení, které je dále postupně zlepšováno při nenarušení podmínek přípustnosti“* přičemž *„proces zlepšování řešení končí dosažením takového přípustného řešení, které již dále nelze žádnými změnami zlepšit“* nebo *„je vytvořeno nepřípustné výchozí řešení s hodnotou účelové funkce lepší, než může nabývat optimální (a tedy přípustné) řešení, toto řešení je dále upravováno tak, aby se postupně odstranilo narušení podmínek přípustnosti (při současném co nejmenším zhoršení hodnoty) účelové funkce v jednotlivých krocích“* přičemž *„výpočet končí získáním nějakého přípustného řešení nebo v okamžiku zjištění, že dalšími uvažovanými změnami nelze lepšího řešení dosáhnout.“*

Závěrem Tuzar, Maxa a Svoboda (1997) uvádějí, že *„Kritériem kvality heuristické metody jsou zejména praktické zkušenosti získané jejich používáním.“*

Pro vytvoření návrhu systému pro podporu rozhodování dispečerů je využito heuristického přístupu – navržené řešení je funkční – dokáže najít řešení, které je přípustné a vzhledem k nastaveným pravidlům dostatečně dobré, avšak není optimální. Návrhy umístění RFID štítků na železniční vozy jsou rovněž heuristické – navržená místa splňují požadavek na spolehlivé načítání štítků v reálném (nikoliv laboratorním) prostředí železniční dopravy, avšak u jednotlivých vozidlových řad by bylo možné na základě sofistikovaného vybavení pro měření odrazivosti vln nalézt optimální místa.

### **3.4 Empirické metody**

V rámci disertační práce jsou využity empirické metody. Dle Molnára (2012) jsou tyto metody založeny na *„bezprostředním živém obraze reality“*. Uvádí, že tyto metody umožňují prostřednictvím smyslových počítků a vjemů zdokonalených využitím techniky zjistit

konkrétní jedinečné vlastnosti objektu nebo jevu v realitě. Tyto metody jsou použity pro zjišťování fungování dopravních a přepravních procesů nákladního dopravce a následně ověření navrženého řešení. Empirické metody je možné dle Molnára (2012) rozdělit do podskupin, které se liší způsobem provádění. Dle něj se jedná se o pozorování, měření a experimentování. Pozorování a měření je prováděno v rámci několika oblastí této práce – používání informačních systémů dispečery, fungování technologie radiofrekvenčních štítků či průběh přepravního procesu.

Z hlediska realizace výzkumu lze dle Molnára (2012) empirické metody rozdělit na:

- Experimentální metody, které se používají při vědeckém výzkumu v technických a přírodních vědách.
- Neexperimentální metody, které zahrnují historický výzkum (zkoumání přehledů o jevech a událostech v minulosti pro pochopení současnosti a předpověď budoucnosti), průzkum (přímé dotazování velké skupiny lidí pro vysvětlení problémů a jevů právě probíhajících) a případové studie (vysvětlují problémy a jevy v minulosti i současnosti v konkrétní organizaci či skupině organizací). Tyto metody jsou využívány při výzkumech sociotechnických systémů v oblasti společenských věd, avšak hodí se i pro výzkum fungování železničního systému.
- Quasi experimentální metoda, která spočívá v provádění akčního výzkumu. Jedná se o proces systematického sběru dat o fungování systému ve vztahu ke stanoveným záměrům a cílům včetně sběru dat v rámci systémové zpětné vazby za účelem plánování akcí na základě formulovaných hypotéz.

K samotnému experimentu Ochrana (2020) uvádí, že se jedná o cílevědomě provedený pokus, dle stanoveného výzkumného postupu s cílem nalézt odpověď na vědecký problém, a to buď potvrzením, nebo vyvrácením určité hypotézy. Metoda experimentu byla využita při získávání charakteristik RFID technologie v železničním prostředí, kde působí vlivy tvarů jednotlivých typů objektů (vozidlových komponent, vozidlových částí, kolejnic apod.) a zároveň se projevují technické vlastnosti jednotlivých RFID štítků a čteček.

### **3.5 Metoda dotazování s prvky expertního odhadu**

V rámci této disertační práce je užito osobního dotazování expertů, zaměstnanců provozu ČD Cargo (vedoucích provozních pracovišť, vedoucích technologů, metodiků, technologů, produktových plánovačů, dispečerů ve směně, signalistů spádovišť, vedoucích posunu, systémových analytiků) za účelem získání aktuálních informací o provozu,

nedostatků při plánování a realizaci provozu, technických a technologických omezení železničního provozu i informačních technologií, způsobech řízení provozu a řešení situací, nastavení rozhodných pravidel a kritérií jednak pro návrh systému pro podporu rozhodování a jednak nastavení limitů a pravidel umístění RFID štítků v kontextu návrhu uplatnění RFID technologie a v neposlední řadě verifikaci návrhů. Jedná se dle Kozla et al. (2006) o nejtradičnější typ dotazování, který spočívá v přímé komunikaci mezi tazatelem a respondentem. Dle něj jsou na základě dotazování získány primární údaje. Zmiňuje, že při dotazování existuje přímá zpětná vazba mezi dotazovaným a tazatelem. Upozorňuje, že kvalita odpovědí je závislá na ochotě respondentů s tazatelem spolupracovat, avšak ten je může motivovat k odpovědím či podávat zpřesňující vysvětlení. Samotné dotazování může mít rovněž dle Kotlera a Kellera (2007) strukturovanou (přesné dodržování postupů a pořadí otázek), polo-strukturovanou či nestruturovanou formu (volná forma rozhovoru). Zásadní výhodou je dle nich, že tento typ získávání informací má vysokou návratnost odpovědí a poskytne tazateli informace navíc formou pozorování reakcí na otázky. Výsledky dotazování byly následně použity jako základ pro využití metody expertního odhadu, která je založena na anonymní spolupráci s experty a experty mezi sebou anonymně. Samotná metoda expertního odhadu lze dle Štědrone a kol. (2012) využít pro získání nových originálních myšlenek, například pro určení plánovaných hodnot projektů, při nižších nárocích na počet nasazených expertů a jejich čas než například u metody expertního panelu. Další jím zmíněnou výhodou metody je „*zohlednění specifík posuzovaného informačního systému, jeho správce, okolí, uživatelů apod.*“

K metodě expertního odhadu Janíček (2007b) zmiňuje že „*její podstata spočívá v tom, že se systematicky iteračním postupem, sbližují anonymně získané názory skupiny expertů na řešení problému.*“ Postoje expertů se vyvíjí v průběhu několika kol dotazování, přičemž jsou experti dotazování nezávisle na sobě. Existuje více podob, avšak v případě této disertační práce byly expertům předloženy série dotazníků. Experti poté zcela nezávisle na sobě odpovídají na série otázek v několika cyklech do té doby, než se jejich názory na řešení problému sblíží. Uvedený postup popisuje jednak Štědroň a kol. (2012), ale také Janíček (2007b). K sblížení názorů dochází dle Štědrone a kol. (2012) tak, že po seznámení s postoji ostatních expertů změni svůj názor nebo předloží argumenty, na jejichž základě změni názor jiní experti. Samotné otázky musí být dle nich konstruovány tak, aby se na ně dalo odpovídat kvantitativně a zároveň se předpokládá podrobná argumentace. Výsledkem je, jak konstatují, několik řešení včetně argumentů pro a proti jednotlivým řešením. Dosažená řešení, resp. myšlenky mohou přinést



výhled do budoucího vývoje, shodu nad tématem či alespoň částečné sladění názorů a postojů mezi účastníky. Výsledkem může být alespoň stanovený směr a způsob výzkumu.

Pro dosažení použitelných výsledků dotazování i řešení v rámci expertního odhadu je zapotřebí mít k dispozici experty, kteří jsou pro výzkum vhodní. Dle Janíčka (2007a) má expert *„v oboru hluboké, rozsáhlé a komplexní vědomosti, znalosti a zkušenosti, myslí systémově, tvořivě a předvídavě, je schopen účelově a efektivně přispět k naplnění prázdného expertního systému.“* Dle něj však experti nemají stejnou úroveň schopností – liší se například v úrovni odbornosti, schopnosti tvůrčího myšlení a schopnosti systémového přístupu, což je základem pro získání báze znalostí a následné navrhování řešení. Jak zmiňuje, je nemožné, aby všichni byli na stejné úrovni – existují experti specialisté v oboru s nedostatečnými tvůrčími invencemi, nedostatečným systémovým přístupem, který se projevuje spíše intuitivním přístupem. Zvláštní kategorií, jak Janíček (2007b) konstatuje, jsou tzv. nadoboroví experti – bohémové. Závěrem dodává, že pro potlačení nevýhod jednotlivých expertů je právě vhodná metoda expertního odhadu, resp. řešení expertního systému za pomoci několika expertů, kteří spoluprací vytvoří „dokonalého experta“.

### 3.6 Metody logické

Metody logické dle Molnára (2012) zahrnují množinu metod využívajících principy logiky a logického myšlení. Jedná se zejména o „párové“ metody, které jsou následující:

- abstrakce x konkretizace,
- analýza x syntéza,
- indukce x dedukce.

Dodává, že v praxi konkrétního vědeckého výzkumu se jednotlivé metody vzájemně doplňují, kombinují a ve svém účinku překrývají a tím vytvářejí i určitou synergii.

Abstrakce je dle autorů Janíčka a Marka (2013) a Molnára (2012) vytváření objektu či modelu, který obsahuje pro výzkumníka charakteristické vlastnosti, přičemž ty méně důležité či méně charakteristické nejsou uvažovány.

Koncretizace je dle Molnára (2012) opakem abstrakce – jde o proces, kdy dochází k aplikaci charakteristických a obecných vlastností objektů v rámci jedné skupiny na konkrétní objekt patřící do stejné skupiny objektů. Tvrdí jinými slovy, že je vyhledáván konkrétní výskyt obecného objektu a snahou je na něj aplikovat charakteristiky platné pro tuto třídu objektů.

Analýza je, jak uvádí Molnár (2012), proces rozčlenění celku na části. Dle něj se jedná o prozkoumávání jednotlivých vlastností a vazeb postupující od celku k částem. Konstatuje, že se při analýze postupuje logicky od obecného ke konkrétnímu neboli „shora dolů“ a že je zapotřebí se zamýšlet nad dostatečností hloubky poznání chování a charakteristik prvků v rámci systému. K uvedenému Ochrana (2020) dodává, že obecně lze analýzu charakterizovat několika základními kroky:

- 1) Identifikace celistvého předmětu, jehož výstupem je definování výzkumného předmětu.
- 2) Dekompozice celku na části, výstup je vybrání vhodného druhu analýzy.
- 3) Aplikace vybrané analytické metody, výstupem jsou výsledky analýzy.
- 4) Interpretace výsledků analýzy, výstupem kroku jsou interpretované výsledky analytického zkoumání.

Dle Ochrany (2020) je syntéza proces založený na spojování částí do jednoho celku. Tvrdí, že tento vůči analýze opačný postup spojuje charakteristiky prvků do jediného celku a tím lze získat ucelený obraz o daném systému. Dále uvádí, že se nejedná jen o prosté skládání jednotlivých částí do celku, ale o odhalování nových vztahů a zákonitostí. Získané poznatky jsou dle Molnára (2012) poté syntetizovány a představeny v dílčích i celkových závěrech.

Analýza je použita pro potřeby odhalení současného stavu informačních a identifikačních systémů používaných v prostředí nákladních dopravců působících ve střední Evropě stejně jako nastavení souvisejících dopravních a přepravních procesů.

O dedukci Hendl (2008) tvrdí, že se jedná o proces založený na logickém odvození závěru z množiny jiných pravdivých tvrzení či poznatků nazývaných jako premisy. Dedukce je dle něj způsob usuzování z obecných poznatků na poznatky konkrétní, přičemž platnost konkrétního jevu se dokazuje odkazem k jeho soudu obecnému. Molnár (2012) popisuje dedukci jako způsob myšlení, při kterém od obecných závěrů, tvrzení a soudů přecházíme k závěrům, tvrzením a soudům méně známým, zvláštním. Tvrdí, že východiskem jsou známé, ověřené a obecně platné závěry aplikované na jednotlivé dosud neprozkoumané případy. Konstatuje, že dedukce je procesem, ve kterém se testuje, zda vyslovená hypotéza je schopna vysvětlit zkoumaný fakt. Ochrana (2020) uvádí, že dedukce je metoda, která je založena na syllogismu – to je typ deduktivního uvažování, ve kterém se ze dvou původních premis odvozuje závěr. Tvrdí, že premisy jsou jednak větší a jednak menší podle toho, zda ten stejný člen je nejdříve použit v širším významu a potom v užším významu. Dodává, že pro zmíněný syllogismus platí, že z premis vyvozený závěr je jistý.

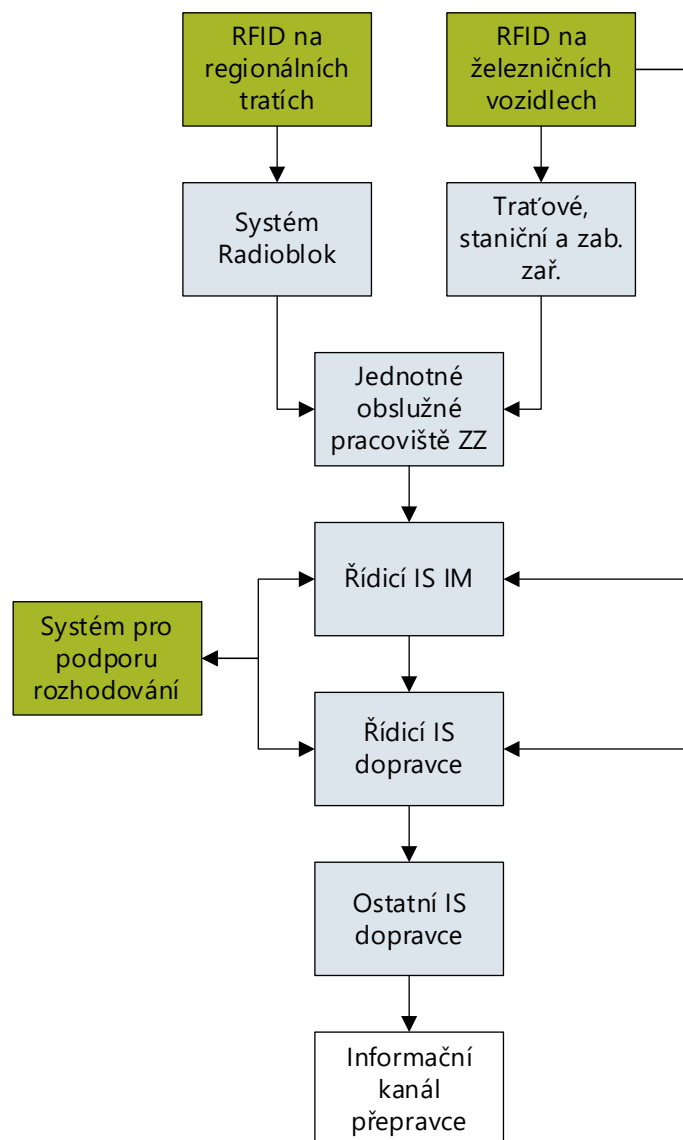
Indukci Molnár (2012) charakterizuje jako proces vyvozování obecného závěru na základě získaných poznatků o jednotlivostech, jednotlivých soudech. Podle něj indukce zajišťuje přechod od jednotlivých soudů k obecným. Dále dodává, že závěr získaný indukcí je možné považovat za hypotézu, která nabízí vysvětlení, ovšem těchto vysvětlení může být skutečně více. Upozorňuje, že závěry mají omezenou platnost, neboť jsou ovlivněny subjektivními postoji (zkušenostmi, znalostmi). Gábor, Kopanev a Križalkovič (1989) v souladu s Molnárem (2012) doplňují, že v případě výzkumné metody indukce se jedná především o tzv. neúplnou indukci. Tvrdí, že zpravidla jde o heuristickou metodu zkoumání a objevování nových skutečností a objevené skutečnosti touto metodou jsou pouze hypotézami (premisami) a je vždy nutné jejich pravdivost dokázat. Metody logické jsou použity v rámci obecného přístupu k řešení této disertační práce.

### **3.7 Metoda analogie a komparace**

Analogie je dle Gentnera (1983) charakterizována přenosem vztahů mezi objekty spíše než přenosem vlastností mezi objekty. Podle Štědrně et al. (2012) analogie umožňuje přenos výsledků známého procesu v systému na jiný systém, který je mu podobný. Oproti tomu komparace se dle Štědrně et al. (2012) zabývá vlastnostmi stejných objektů (jejich chováním) za neměnných nebo za různých podmínek. Analogie bude použita pro aplikaci technologií automatické identifikace v různých částech železničního a dopravního systému. Metoda komparace je využita při hodnocení výsledků pokusů jednak s technologií automatické identifikace RFID a jednak úprav procesu toku a zpracování dopravně-přepavních informací.

## 4 NÁVRHY PRO ODSTRANĚNÍ BARIÉR

Tato část disertační práce se zabývá návrhem na odstranění některých bariér v železniční nákladní přepravě. Jednou z oblastí je úprava procesu rozhodování v procesu řízení dopravy v železničních uzlech a dalších zájmových bodech na síti. Pro rozhodování v železničních uzlech je nezbytné mít relevantní a včasné informace o jednotlivých vlacích na síti. Návrh se zabývá získáváním a zpracováním dostupných informací jednak na hlavních tratích a jednak na tratích regionálních. Zjednodušené schéma návrhů v kontextu dalších částí přepravního systému a sdílení dat je na obrázku 5.



**Obrázek 5** Schéma systému s návrhy (autor)

Zeleně jsou označeny oblasti návrhu. Informace o poloze vlaku a jeho řazení získané pomocí radiofrekvenční technologie jsou následně použity ve stávajících systémech řízení provozu. V případě RFID dat používaných v systému zabezpečení regionálních tratí Radioblok jsou data o složení a poloze vlaku na trati předávány do řídicích systémů IM pomocí stávajících nástrojů. Data jsou používána v systému pro podporu rozhodování, avšak aby se předešlo duplicitám v datech a rozhraních, je navržena jedna linie toku dat, a to prostřednictvím řídicího systému IM. V případě dat o zásilkách, resp. vozech jsou data do systému pro podporu rozhodování předávána řídicím informačním systémem dopravce. Data o poloze vlaku a času příjezdu do uzlu jsou do řídicího systému dopravce jednak získávána ze řídicího systému IM a jednak jsou párovány s daty získanými přímo ze systému RFID.

#### **4.1 Návrh systému pro rozhodování dispečerů v uzlech**

Tato část disertační práce se zabývá návrhem komunikace a následně návrhem úpravy řízení provozu, které spočívá v hodnocení jednotlivých vlaků, které se blíží do uzlu a stanovení priority těchto vlaků. Návrh by v budoucnu mohl sloužit jednak jako metodika a jednak jako nástroj pro rozhodování dispečerů ve skutečném provozu železniční nákladní přepravy a přepravním procesu. Stanovení priority vlaků, která prakticky znamená sestavení pořadí zpracování vlaků v seřaďovací stanici a má vliv na samotné přibližování vlaku k uzlu, tedy k seřaďovací stanici, umožní dispečerům železničního nákladního dopravce i dispečerům správce infrastruktury snáze rozhodovat o provozu na základě výstupů z automatizovaného systému hodnocení vlaků. Je nutno poznamenat, že vlaky, které vstupují do porovnání, mají naplánován, resp. odhadován příjezd od seřaďovací stanice v rámci plovoucího časového úseku dne. Délka tohoto úseku byla stanovena na 90 minut. Pokud by provoz byl realizován bez narušení a následně vzniklých zpoždění, nebyl by tento algoritmus, resp. proces hodnocení vůbec potřeba, neboť pořadí příjezdu a zpracování vlaků je stanoveno již v dlouhodobém plánu, tedy jízdním řádu a jeho pomůckách. Pro potřeby disertační práce a dostupné zpracování úlohy byl použit nástroj ze sady Microsoft Office – Excel. Důvodem pro výběr tohoto nástroje je nízká pořizovací cena, dostupnost, autorova znalost funkcionalit a schopnost rutinního provádění opatření. Rovněž pro hodnocení variant není zapotřebí instalace modulů. Alternativním a mnohem sofistikovanějším nástrojem může být například software Matlab. Pro zadávání vstupních údajů, poloautomatizované provádění výpočtů a hodnocení vlaků lze využít již zmíněný nástroj MS Excel či software vyvinutý autorem v rámci projektu Studentských grantových soutěží. Ukázka software je umístěna v příloze B.

## 4.2 Návrh rozhraní pro komunikaci mezi provozními systémy

Navrhovaný systém musí být v souladu s legislativou založenou na existujících standardech – zejména technických specifikacích interoperability pro užití telematiky v železniční nákladní dopravě TSI TAF. Jestliže jsou východiskem existující standardy EU, je nezbytné respektovat již zmíněné standardy TSI TAF pro komunikaci mezi subjekty na železnici i pro účely komunikace mezi provozovatelem infrastruktury v roli provozovatele dráhy, který řídí provoz na přilehlých tratích a provozovatelem seřaďovací stanice v roli navazujícího provozovatele infrastruktury (což může být ta stejná organizace), jako i mezi provozovatelem drážní dopravy v roli subjektu požadujícího provedení služeb spojených s přepracováním vlaků a provozovatelem seřaďovací stanice v roli subjektu provádějícího veškeré s tím spojené úkony. Předpis TSI TAF v současné době přesně určuje procesy a komunikační objekty pro plánování a realizaci dopravy včetně samotné jízdy vlaku, avšak zcela opomíjí oblast přepracování vlaků. Popisovaný autorův návrh předpokládá rozšíření předpisů TSI TAF o oblast uzlové či seřaďovací stanice, kde by mělo dojít k úpravě těchto částí předávaných dat:

- žádost o trasu (path request),
- příprava vlaku (train preparation),
- předpověď jízdy vlaku (train running forecast),
- informování v případě narušení provozu (information in case of traffic disruption),
- odhadování času předání a příjezdu vozu (ETI/ETA of the wagon),
- jízda vozu (wagon running),
- předávání zpráv (exchange reporting).

Cílem návrhu je úprava procesu realizace přepravy, spočívající v upřesnění informací v rámci žádostí o přepravu železničních vozů konkrétním vlakem, včetně upřesnění provádění požadovaných činností na vlaku, pokud to seřaďovací stanice umožňuje. Přejed vozů je určen aktualizací předpokládané jízdy vlaku a v případě nedodržení podmínek přepravy dle plánu (např. ztráta přípoje či objednaný přechod vozu má dopad na odjezd následného vlaku ve smyslu vzniku zpoždění tohoto vlaku) je opět nutné plán přepravy aktualizovat.

Uvedený proces předpokládá následující komunikaci:

- přechod vozů ve stanici (aktualizace informací; dopravce > provozovatel seř. ŽST),
- požadované činnosti s vlakem (dopravce > provozovatel seř. ŽST),
- složení vlaku (dopravce > provozovatel seř. ŽST a naopak),

- připravenost vlaku k odjezdu (provozovatel seř. ŽST > dopravce a naopak).

Poslední dva uvedené body komunikace jsou již v současné době realizovány pomocí dvou rozhraní.

Už dnes je možné mít k dispozici alespoň jednu hodinu před příjezdem daného vlaku do seřaďovací stanice relativně spolehlivé informace o odhadovaném času příjezdu (ETA), podle kterých lze upravit činnosti a nasazení zdrojů pro provedení řadičích prací. Rozhodujícím předmětem návrhu je tedy rozhraní sloužící k předávání informací mezi systémy. Poté, co bude rozhraní v budoucnu navrženo (není předmětem této disertační práce), bude možné na základě návrhu popsaného v rámci této disertační práce sestavit komplexní „systém řízení provozu uzlu“, který by mohl využívat nástroj pro podporu rozhodování dispečerů, popsaný v kapitole 4.3, jako jeden z modulů.

Základní data a jejich parametry, která by měla být sdílena, jsou rozdělena do tří skupin, které je možno vidět v tabulce 1.

**Tabulka 1** Kategorie dat

Technická data	Technologická data	Data pro identifikaci
Délka vlaku	Přechod vozu mezi vlaky	Odesílatel (ID)
Brzdící procenta	Směrování (cílová stanice) vozu	Příjemce (ID)
Maximální rychlost	Stanice řazení vozů	Strojvedoucí (ID)
Řady hnacích vozidel	Číslo vlaku	Telefonní číslo na strojvedoucího
Délky vozů	Počet vozů	Vybavení strojvedoucího tabletem
Počet náprav	Řazení (složení) vlaku	Číslo trasy (Path ID)
Hmotnost vozů	RID / nebezpečné zboží, mimořádné zásilky	Identifikace vlaku (např. číslo vlaku DISC OŘ)
Hmotnost zásilky	Pevný přechod/instradace	Aktuální pozice (stanice/zeměpisná poloha)
Trakce (ne/závislá)	Informace pro manipulaci (limity/nařízení)	Výkonný dopravce
	Plánované činnosti (aktuální) např. technická prohlídka po příjezdu	Licence dopravce
	Odhadovaný čas příjezdu do bodu na síti (například seřaďovací stanice)	Dostupné trasy v daném směru
	Odhadovaný čas odjezdu (ETD)	Dostupné časy pro odjezd z uzlu
	Číslo soupravy (je-li zavedeno)	Dostupné časy příjezdu do uzlu
	Typ přepravy (jednotlivé vozové zásilky, ucelená souprava, zvláštní, vojenská)	
	Limit času odjezdu (pro každá vůz) – požadavek dopravce	
	Důvěra technické prohlídky	
	Výchozí stanice vozu	
	Cílová stanice vozu	
	Kolej příjezdu	
	Kolej odjezdu	

Zdroj: autor s využitím OLTIS Group, (2018a, 2018b) a (ČD IS, 2018)

V první skupině jsou technická data, která reprezentují limity pro zacházení se soupravou končícího či průběžného vlaku a která jsou určena pro dispečery dopravce, dispečery provozovatele infrastruktury i pro provozní zaměstnance stanice. Například maximální rychlost, tažná síla, hmotnost vlaku a brzdicí procenta slouží mimo jiné pro určení dob přibližování či vzdalování vlaku do/ze stanice.

Druhá skupina zahrnuje technologická data, která závisí na konkrétní situaci. Vlak označený stejným číslem i se stejnými technickými parametry může zcela běžně přepravovat nebezpečné zboží, přednostní zásilky nebo vyžadovat jiné zacházení s ohledem na zásilku či technický stav vozů. Podle aktuální situace bude připraven konkrétní plán pro rozřadění daného vlaku a vypočten nejbližší možný čas odjezdu vlaku (ETD).

Ve třetí skupině jsou data sloužící pro identifikaci vlaku, trasy vlaku, komunikujících stran apod. Některá z uvedených dat jsou v současné době dostupná ve stávajících IS (například DISC OŘ či PRIS dopravce ČD Cargo) (OLTIS Group, 2021a a 2021b) a také ČD IS (2021). Některá data však k dispozici běžně nejsou, například zeměpisná poloha, nejpozdější čas odjezdu či informace o aktuálně dostupných trasách pro příjezd či odjezd z uzlu. Tato data by byla využita pro modelování optimálního průběhu procesů, zejména rozřadování souprav a k výběru optimální skutečné trasy vlaku odjíždějícího z uzlu s ohledem na jeho jízdu v traťovém úseku, která není mnohokrát přerušována například předjížděním vlaky vyšších kategorií. Uvedené nedostatky v případě regionálních tratí řeší dílčí návrh úprav systému radioblok a jeho nasazení do provozu.

Na základě těchto dat bude schopen stávající systém grafikonu provozních procesů seřaďovací stanice (není předmětem návrhu) vypočítávat časy nezbytné k provádění všech plánovaných aktivit a tímto také odhadovat čas odjezdu každého vlaku se zohledněním počtu přecházejících vozů a dostupných tras pro vjezd a odjezd z uzlu. Systém by mohl počítat se zjednodušením v podobě fixních časů přepracování vozů, avšak nahrazení fixních časů dynamickými je možné.

Dále navrhovaný nástroj usnadní dispečerům rozhodování o zpracování vlaků a možnostech odjezdů vlaků, na které přechází zátěž vlaků přijíždějících. Rozhodovací proces vyžaduje komplexní informace o provozu a informace o průběhu celého řadícího procesu. S tím je spojena změna provádění soupisu vlaku z manuálního na automatický, zajištěný pomocí technologie RFID. Návrh rozhraní je částečně založen na stávajících procesech a jednotlivých činnostech v rámci procesů a technologií používaných pro přepracování vlaků. Předtím než bude možné vytvořit skutečný systém pro řízení procesů v uzlu je nutné nově získaná spolehlivá



data využít k řízení provozu na síti tratí, které jsou zaústěné do příslušného uzlu. S tím souvisí hlavní náplň návrhu, a to navržení systému pro podporu rozhodování založeném na hodnocení a stanovování priorit vlaků, které míří do sledované oblasti. Bez nastavení tohoto procesu bude sice možné optimalizovat provádění úkonů s jedním konkrétním vlakem v jedné konkrétní stanici, ale nebude možno optimalizovat přepravní proces, protože zásilky do vícera výchozích vlaků nepřiváží pouze jeden vlak, ale hned několik vlaků. Z tohoto důvodu je tedy nutné řešit optimalizaci příjezdu vlaků na přílehlé síti a priority jízdy a zpracování vlaků, a to za pomoci metod vícekriteriálního rozhodování a dalších metod.

### **4.3 Stanovení priorit vlaků**

Hodnocení a stanovení priority vlaku je navrženo jako dvoufázové. První fáze nazvaná „Hodnocení přepravní zátěže vlaku“ ohodnotí samotné zásilky, resp. vozy zařazené ve vlaku a stanoví „významnost“ vlaku z přepravního hlediska zásilek a jejich dopadu na doby trvání provádění technologií. K tomu jsou využity standardní metody vícekriteriálního rozhodování. Druhá fáze nazvaná „Hodnocení dopravní situace“ má za úkol jednotlivé vlaky ohodnotit z hlediska dopravního a poskytnout prostřednictvím metody fuzzy logiky výstupy srozumitelné a vhodné pro dispečery dopravce.

#### **4.3.1 Hodnocení přepravní zátěže vlaků**

Pro stanovení, resp. vyhodnocení přednosti vlaků při rozhodování o přednostním přijetí vlaků k provádění technologických úkonů v seřadovací stanici, byla využita metoda vícekriteriálního rozhodování založená na přiřazování počtu bodů ke každému kritériu. Byla vybrána kritéria, která popisují samotné složení vlaku a tím pádem vliv na náročnost či délku trvání provádění technologie. Pro stanovení vah kritérií byla využita bodová stupnice spočívající v přiřazení počtu devíti bodů u nejvýznamnějšího kritéria a jednoho bodu u nejméně významného kritéria. U jednotlivých kritérií je navíc uplatňován princip kladných a záporných kritérií, který má za cíl upřednostňovat vlaky, které vyžadují méně zdrojů nebo času pro jejich zpracování v seřadovací stanici. Princip spočívá ve vynásobení výsledné hodnoty vlaku u daného kritéria (například počet vozů mimo svážný pahrbek) hodnotou (-1). Hodnota tohoto kritéria se tedy u tohoto vlaku z jeho celkového hodnocení odčítá, což způsobí, že vlak vezoucí více takovýchto zásilek získá horší hodnocení než jiný vlak s jinak stejnými parametry. Určení vah kritérií proběhlo expertním odhadem ve spolupráci s dispečery železničního dopravce. Aby byla zajištěna porovnatelnost jednotlivých hodnot kritérií u konkrétních vlaků, bylo provedeno normování vah (vztažení vah jednotlivých kritérií k jednomu celku).

Váha kritéria definuje významnost daného kritéria a vypočítá se dle následujícího vzorce:

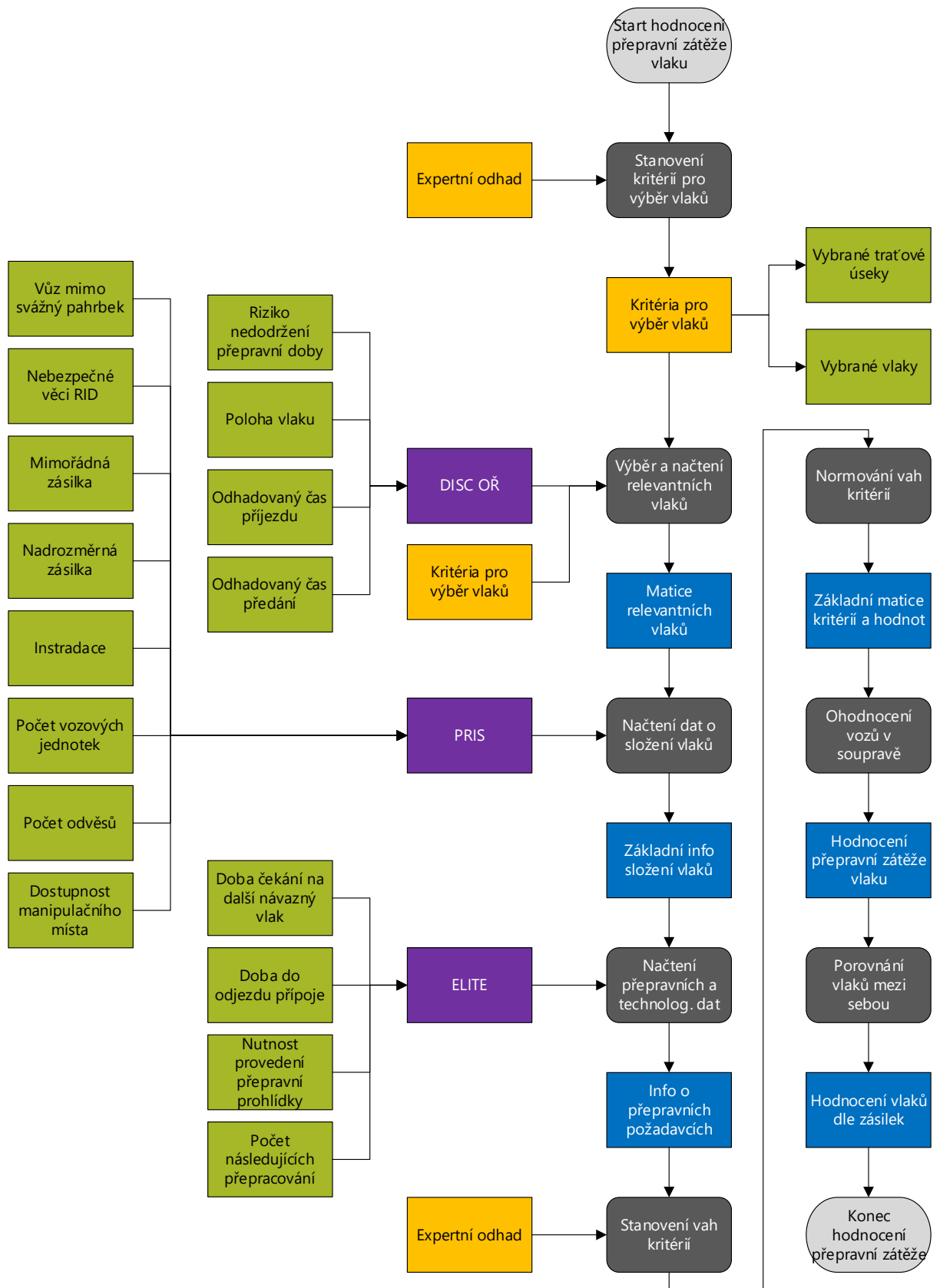
$$w_j = \frac{v_j}{\sum_{k=1}^n v_k}, \text{ kde } j = 1, 2, \dots, n \quad (1)$$

$v_j$  ...váha j-tého kritéria

$w_j$  ... normovaná hodnota váhy kritéria

Pro získání celkového vyhodnocení priority vlaku z hlediska zásilek, viz obrázek 6, je provedeno hodnocení každého vozu v soupravě vlaku podle bodové stupnice vozů, která hodnotí „váhu“ konkrétní zásilky. Následně jsou vlaky mezi sebou porovnány a je jim přiřazeno pořadí podle výsledných hodnot, které jsou součtem hodnot u jednotlivých kritérií. Nejvyšší prioritu má vlak, který má nejvyšší hodnotu součtu kritérií.

Hodnota priority vlaku dle přepravované zátěže je zároveň jedním z kritérií, které je využito v rámci stanovení priority vlaku na základě dopravní situace – hodnoty kritéria jsou připočteny k celkovému výsledku. Pro zajištění významnosti hodnocení vlaků dle přepravované zátěže jsou hodnoty vynásobeny hodnotou 100. Ve schématu algoritmu na obrázku 4 jsou kritéria označena zelenou barvou. Do procesu vstupující činitele jsou označeny žlutou barvou a umístěny vlevo od tmavě šedých obdélníků zobrazujících činnosti algoritmu. Modrou barvou je zobrazen aktuální stav v rámci algoritmu. Světle šedé obrazce znázorňují začátek a konec části algoritmu stanovení priorit vlaků.



**Obrázek 6** Algoritmus hodnocení přepravní zátěže (autor)

V níže uvedeném textu jsou uvedena jednotlivá kritéria hodnocení vlaků dle přepravní zátěže spolu s vysvětlením důvodu pro výběr daného kritéria a jeho funkcí. Kritéria hodnocení přepravní zátěže stanovená expertním odhadem včetně bodové hodnoty kritéria jsou uvedena v tabulce 2.

**Tabulka 2** Kritéria hodnocení přepravní zátěže a hodnoty kritérií

Vstupní proměnná	Bodová hodnota kritéria (1-9)
mimořádná zásilka	2
počet vozových jednotek	9
počet následujících přepracování	7
vůz mimo svázný pahrbek	4
nutnost provedení přepravní prohlídky	5
intradace	9
zásilky přepravující nebezpečné věci RID	9
počet odvěsů	-6
riziko nedodržení přepravní doby zásilek	7
doba do odjezdu přípoje	8
doba čekání na návazný vlak	7
nadrozměrná zásilka	9
dostupnost manipulačního místa	5

Zdroj: autor

**Mimořádná zásilka** – jedná se o zásilku, která z různých důvodů (například technické omezení vozu, přeložený vůz apod.) vyžaduje pozornost při jízdě vlaku a zároveň může vyžadovat při zpracování v seřaďovací stanici časově i technicky náročnější technologii práce. Z tohoto důvodu, pokud vlak veze takovou zásilku, jedná se o kritérium, jehož hodnota snižuje prioritu vlaku.

**Počet vozových jednotek** – jedná se údaj, který vyjadřuje délku vlaku ve vozových jednotkách (2 nápravy = 1 vozová jednotka, avšak například jeden kloubový intermodální vůz je hodnocen jako dvě jednotky, přestože má 6 náprav). Čím více vozových jednotek vlak veze, tím větší časová náročnost bude při zpracování vlaku, tím pádem vlak kratší má všeobecně vyšší prioritu oproti vlaku delšímu.

**Počet následujících přepracování** – toto kritérium sleduje délku přepravní trasy vozu ovšem ne z hlediska kilometrické vzdálenosti, která je v prostředí střeoevropské železnice zanedbatelná, ale z hlediska délky času, který zásilka tráví na své přepravní cestě. Je všeobecně známo, že značnou část přepravního času zabírá provádění technologických úkonů v rámci seřaďovacích stanic, a proto je důležitým kritériem počet následujících přepracování. Kritérium má kladnou funkci. Vlak, který přepravuje vozy, které čeká v souhrnu více přepracování, má

vyšší prioritu než vlak, který má v souhrnu vozy, které na následující cestě navštíví méně seřadovacích stanic či stanic, kde je vlak přepracován.

**Vůz mimo svážný pahrbek** – každý vůz, který z technických, přepravních či jiných důvodů nemůže být v dané seřadovací stanici ze soupravy končícího vlaku rozřazen přes svážný pahrbek, vyžaduje vyvěšení ze soupravy a odstavení na k tomu určenou kolej, na které čeká na přesun do směrové skupiny zpravidla pomocí technologie zajištění. Samotný úkon vyjmutí tohoto vozu trvá delší dobu než standardní sunutí vozů na svážný pahrbek. Toto kritérium hodnotí a upřednostňuje vlaky, které vezou co možná nejmenší počet vozů, které není možné rozřadit přes svážný pahrbek.

**Nutnost provedení přepravní prohlídky** – jedná se o kritérium, které sice nemá přímý dopad na rozřadování souprav příjíždějících vlaků, ale při uvědomění si vyčerpatelnosti kapacit staničních zaměstnanců v některých stanicích zejména v budoucnu, kdy pro zpracování končícího vlaku a přípravu výchozího vlaku bude využit zaměstnanec v kumulované profesi vozmistr-tranzitér přípravář-vedoucí posunu, bude mít dopad na provádění úkonů a jejich časový sled, neboť všechny činnosti nepůjde bez automatizace či odstranění činností provádět současně. I v případě, že by v předchozí větě popsaný stav nenastal, stále bude platit, že provedení přepravní prohlídky z jakéhokoli důvodu (například dle požadavku přepravce – kompletnost zásilky či zajištění zásilky proti pohybu) znamená delší dobu pobytu vozu/vlaku, a tudíž se jedná o nežádoucí činitel působící v přepravní špičce.

**Instradace** – jedná se o zásilky, které mají stanovenou pevnou přepravní směrovací cestu a stanovený pevný sled konkrétních vlakových spojů, kterými mají být přepravovány. Zařazení těchto zásilek do jiných vlaků je silně nežádoucí, neboť v tom případě s největší pravděpodobností dojde ke zpoždění dodání zásilky přepravci. Jedná se tedy o prioritní zásilky. Z tohoto důvodu tedy vlak vezoucí instradace má prioritu oproti vlakům, které je nevezou.

**Vozy přepravující nebezpečné věci RID** – samotné zásilky prioritní přepravu nevyžadují. Některé zásilky nemohou být rozřazeny přes svážný pahrbek – kritérium má nižší bodovou hodnotu, a tudíž vlaky přepravující nebezpečné věci RID a zároveň nemohou být rozřazeny přes svážný pahrbek mají nižší prioritu než vlaky přepravující zásilky RID, které mohou být rozřazeny přes svážný pahrbek, ale vyšší než vlaky přepravující větší množství vozů přepravujících zásilky, které nemohou být rozřazeny přes svážný pahrbek. Všeobecně je však žádoucí tyto zásilky mít pod dohledem a zbytečně je nevystavovat riziku nepovolené a neoprávněné manipulace s nimi v případě odstavení vlaku v menší nácestné stanici. Toto kritérium zvyhodňuje vlaky přepravující zásilky RID.

**Počet odvěsů** – toto kritérium má podobnou funkci jako kritérium počet vozových jednotek. Odvěs je množina minimálně jednoho a více vozů, které jsou ze soupravy odvěšeny za účelem jejich společného rozřadění na určitou relační kolej ve směrové skupině seř. ŽST, bez ohledu, zda všechny směřují do stejné relace. Více odvěsů znamená větší časovou náročnost rozřadění soupravy. Z tohoto důvodu se jedná o záporné hodnotící kritérium.

**Riziko nedodržení přepravní doby zásilek** – jedná se o kritérium, které zohledňuje buď zásilky snadno zkazitelné, které by však měly být přepravovány jako instradované zásilky, anebo a to zejména, jde o zásilky, které na základně smluvních podmínek mají stanovenou krátkou přepravní dobu. Kritérium upřednostňuje vlaky přepravující tyto „rizikové“ zásilky.

**Doba do odjezdu přípoje** – tato doba, jak by se mohlo zdát, neznamena absolutní časovou hodnotu mezi aktuálním časem a časem odjezdu vlaku, na který by zásilky dle plánu vlakotvorby a plánu řadění nákladních vlaků měly přejít, ale znamená zmíněnými pomůckami jízdního řádu stanovenou hodnotu mezi příjezdem vlaku končícího a odjezdem vlaku následného, upravená o předpokládané zpoždění končícího vlaku. Zpoždění výchozího vlaku se nepředpokládá. Toto kritérium je stanoveno na základě předpokladu, že jízdu končícího vlaku nelze urychlit a například případné rozhodnutí o pozdržení odjezdu výchozího vlaku by mělo být řešeno v rámci jiné úlohy. Kritérium upřednostňuje vlaky, které mají nižší celkovou hodnotu času přechodu vozů mezi vlaky.

**Doba čekání na návazný vlak** – jde o dobu mezi plánovaným příjezdem končícího vlaku a výchozího návazného vlaku po odjezdu výchozího vlaku, na který mají přejít zásilky z končícího vlaku. Parametr upřednostňuje vlaky končící vezoucí zásilky, u kterých je dlouhý interval mezi vlaky v určité relaci.

**Nadrozměrná zásilka** – nadrozměrná zásilka zařazená do vlaku, podobně jako zásilka RID, může působit potíže při odstavení v nácestné stanici a zvýšení rizik pro okolní provoz, a tudíž kritérium upřednostňuje vlaky vezoucí tyto zásilky.

**Dostupnost manipulačního místa pro jednotlivé vozy** – toto kritérium má doplňkový charakter a má význam zejména pro místní vozy, vozy přistavované na vlečky a vozy přecházející na manipulační vlaky. Kritérium udává prioritu vlakům, které přepravují vozy, které lze po přepracování rovnou zařadit do vlaku obsluhujícího manipulační místo, které je volné.

Propočet pro konkrétní sadu dat obsahující osmi vlaků je uveden v tabulce 3. Výpočtové tabulky založené na údajích z tříděnek obsahující sady dat pro hodnocení vlaků dle přepravované zátěže jsou příloze A.

**Tabulka 3** Hodnocení přepravní zátěže vlaku

Výsledek		Mimořádná zásilka	Počet vozových jednotek	Počet následujících přepracování	Vůz mimo pahrbek	Nutnost provedení PP	Instradace	RID	Počet odvěsů	Riziko nedodržení přepravní doby	Hodnocení doba do odjezdu přípoje	Hodnocení doba čekání na návazný vlak	Nadrozměrná zásilka	Dostupnost MM
80	Počet bodů	2	9	7	4	5	9	9	6	7	8	7	9	5
1,00	Normovaná váha	0,03	0,11	0,09	0,05	0,06	0,11	0,03	0,08	0,09	0,10	0,09	0,11	0,06
80,94	Vlak1	-0,08	-5,40	8,14	-0,35	-0,31	22,50	2,53	-4,35	4,38	29,60	23,54	0,00	0,75
32,09	Vlak2	0,00	-3,38	5,43	-0,15	0,00	0,00	2,50	-4,35	2,98	15,60	13,21	0,00	0,25
53,10	Vlak3	-0,08	-2,59	3,41	-0,20	-0,31	22,50	0,03	-1,80	1,84	18,10	11,64	0,00	0,56
111,49	Vlak4	-0,15	-5,74	7,61	-0,55	-0,63	45,00	0,05	-4,35	4,11	36,30	28,70	0,00	1,13
51,55	Vlak5	0,00	-5,06	8,05	-0,20	0,00	0,00	5,03	-4,35	4,55	24,60	18,38	0,00	0,56
43,59	Vlak6	-0,08	-1,69	2,28	-0,15	-0,31	22,50	0,00	-1,05	1,31	12,00	8,40	0,00	0,38
101,15	Vlak7	0,00	-5,06	9,36	-0,35	-0,06	45,00	2,50	-4,35	4,73	24,90	24,24	0,00	0,25
109,44	Vlak8	0,00	-4,16	7,00	0,00	0,00	45,00	0,00	-3,90	3,50	36,10	25,90	0,00	0,00

Zdroj: autor

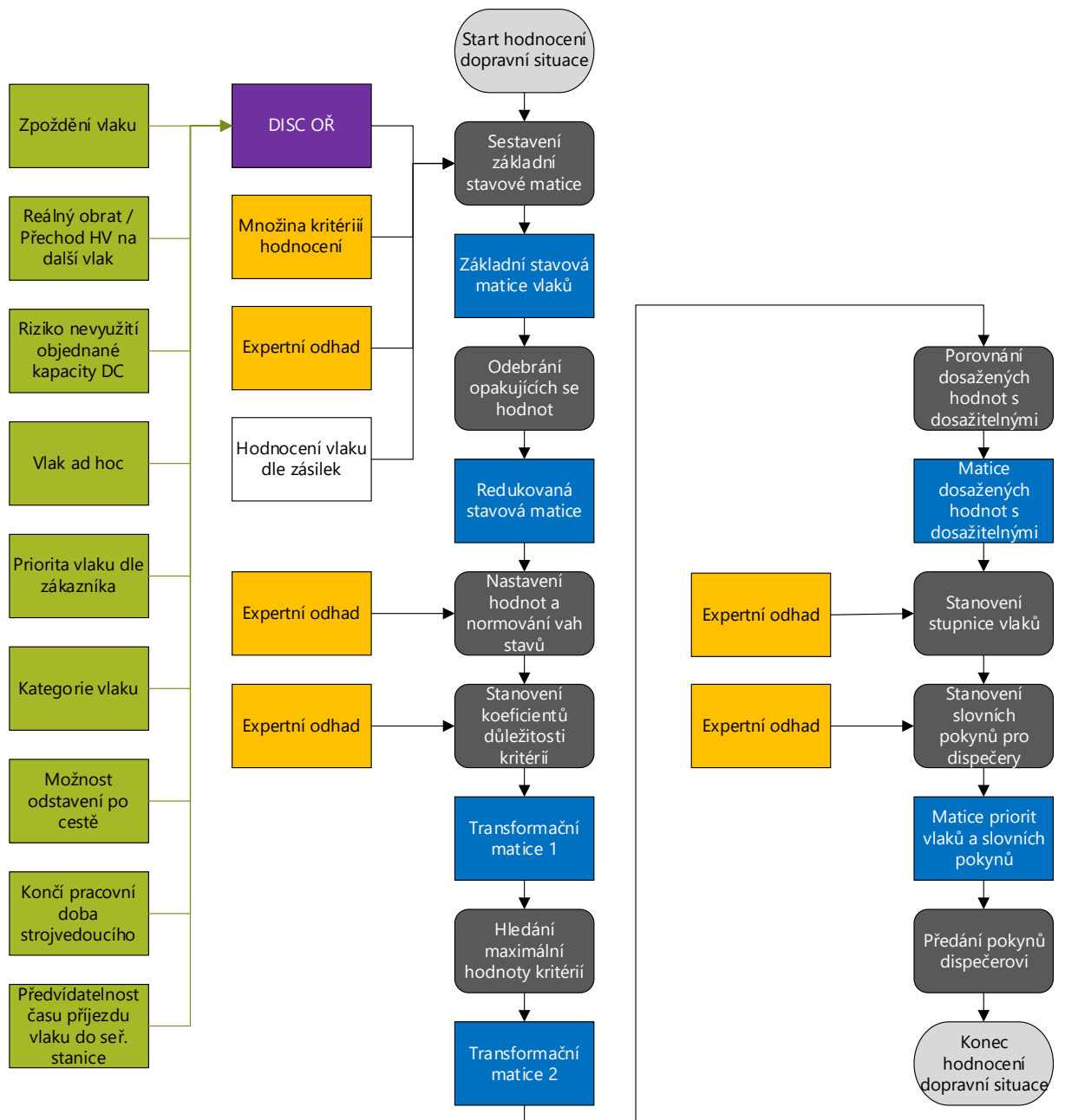
Na základě provedených výpočtů vyplynulo, že z přepravního hlediska je pořadí vlaků určených k vjezdu do seřadovací ŽST, či obecného sledovaného uzlu následující: vlak4, vlak8, vlak7, vlak1, vlak3, vlak5, vlak6 a jako poslední vlak2. Například vlak4, získal z přepravního hlediska nejvyšší prioritu, neboť veze několik instradovaných zásilek, jeho zásilky mají dlouhou dobu čekání na další návazný přípojný vlak a délka vlaku, resp. počet zásilek je vysoký (jedná se o dlouhý vlak). Výsledné stanovení priorit využívá hodnocení na základě přepravní zátěže vlaku, avšak dopravní situace může celkově změnit pořadí vlaků, a to velmi výrazně. Například prioritní vlak4 může být upozaděn například ve prospěch vlaku1.

### **4.3.2 Postup hodnocení dopravní situace**

V této podkapitole je uveden popis algoritmu systému, který na základě hodnocení dopravní situace navrhne pořadí zpracování vlaků a dispečerovi navrhne pomocí slovního pokynu postup práce s vlakem. Algoritmus uvedený na obrázku 7 používá jako vstupní kritérium výsledek hodnocení přepravní zátěže vlaku – ve schématu algoritmu je zobrazeno bílou buňkou. Dále algoritmus používá hodnoty kritérií (zelená barva) získané z informačního systému dopravce. V případě ČD Cargo se jedná o dispečerský systém DISC OŘ označený fialovou barvou.

Vstupy do procesu jsou označeny žlutou barvou a umístěny vlevo od tmavě šedých obdélníků zobrazujících činnosti. Tmavě modrou barvou je zobrazen aktuální stav v rámci algoritmu. Světle šedé obrazce znázorňují začátek a konec části algoritmu stanovení priorit vlaků. V uvedeném zobrazení algoritmu jsou zakresleny pole s expertním odhadem, která nejsou součástí standardního rutinního průběhu algoritmu, ale jsou zapotřebí pouze při prvotním nastavování algoritmu pro určitý železniční uzel. V následujícím textu je uveden příklad práce algoritmu.





Obrázek 7 Algoritmus hodnocení dopravní situace (autor)

### 4.3.3 Vstupní data

System potřebuje na samém začátku průběhu výpočtu získat a načíst vstupní data o vlastnostech jednotlivých vlaků směřujících do konkrétního uzlu. Vstupní data a výpočty spojené s přepravní zátěží jsou umístěny v příloze A. Pro tuto konkrétní iteraci bylo použito 8 vlaků nákladní dopravy. Vstupní data lze rozdělit na dvě základní skupiny. První skupinou jsou data rozhodná pro hodnocení vlaků z přepravního hlediska. Druhou skupinou jsou data rozhodná pro hodnocení vlaků z hlediska dopravní situace.

Základní data pro hodnocení přepravní situace byla získána z Výkazů vozidel pro nákladní vlak pomocí systému PRIS. Data pro hodnocení vlaků z hlediska dopravní situace byla pro stejnou skupinu 8 vlaků získána ze systému DISC OŘ.

#### 4.3.4 Kritéria hodnocení dopravní situace

Vstupní data jsou navrženým systémem pro podporu rozhodování dispečerů zpracována dle předem stanovených kritérií neboli faktorů, které v případě rutinního provozu budou moci být obsluhou systému jednotlivá kritéria aplikována či nikoliv. V praxi by pro každý uzel mohla být aktivní kritéria i jejich hodnota stanovena systémově analytiky dopravce či infrastrukturního manažera. Výběr jednotlivých kritérií  $K_i$  pro zařazení do systému byl autorem konzultován a verifikován s experty – dispečery vedoucími směny a systémovými analytiky dopravce pomocí metody dotazování a expertního odhadu. Jednotlivá kritéria mají různou významnost. Tato významnost byla stanovena pomocí bodovací metody – každé kritérium má tedy stanovenou bodovou hodnotu v souvislosti s významností v rámci hodnocení dopravního situace.

K ohodnocení dopravní situace byla stanovena kritéria hodnocení jednotlivých vlaků pohybujících se na svých trasách ve směru k seřadovací stanici. Pro zjednodušení nejsou uvažovány rozdíly mezi jednotlivými tratěmi – znamená to, že trasa je stejná a očekávaný čas příjezdu vlaku je obdobný (+/- 30 minut od dispečerem stanoveného limitu), odlišné je složení zátěže vlaku včetně ohodnocení (viz předchozí podkapitola) a zásadně odlišné jsou dopravní vlastnosti a přepravní návaznosti. Hodnocení dopravní situace je provedeno na základě metody mlhavé (fuzzy) logiky. Pro získání celkového vyhodnocení priority vlaku je provedeno hodnocení podle bodové stupnice 1 až 30. Všechna kritéria jsou kladná. Kritéria byla určena autorem na základě výsledků dotazování dispečerů. V dále uvedeném textu jsou uvedena jednotlivá kritéria spolu s vysvětlením důvodu pro výběr daného kritéria.

**Tabulka 4** Kritéria hodnocení dopravní situace a hodnoty kritérií

Kritéria hodnocení dopravní situace	Bodová hodnota kritéria (1-30)
zpoždění vlaku	30
reálný obrat / přechod HV na další vlak	20
riziko nevyužití objednané kapacity dopravní cesty,	10
vlak ad hoc,	8
priorita vlaku dle zákazníka,	15
kategorie vlaku,	12
možnost odstavení vlaku po cestě,	20
končí pracovní doba strojvedoucího,	20
předvídatelnost času příjezdu vlaku do seřadovací stanice.	20

Zdroj: autor

**Zpoždění vlaku** – jedná se o vlastnost vlaku, která přímo ovlivňuje dříve stanovený plán vlaku jakožto dílčí realizace obchodního případu a má přímý dopad na mnoho dalších procesů v rámci provozu. Rozhodná hodnota zpoždění vlaku je stanovena nastavením logistických, resp. funkčních vstupních proměnných. Zejména z hlediska seřadovací stanice ovlivňuje možnosti přechodu vozů mezi vlaky. Dále pak ovlivňuje fond výkonu pracovní doby strojvedoucích, hnacích vozidel, staničních zaměstnanců a dalších kapacit. Samotné kritérium zpoždění vlaku z hlediska stanovení priority vlaku nepůsobí přímo, nýbrž zprostředkovaně. Vysoká hodnota u tohoto kritéria má v praxi dopad na samotný průběh jízdy vlaku. U těchto vlaků dochází vlivem kolizí s plány ostatních vlaků k jejich upořádání. Prakticky dochází k předjíždění jinými vlaky, potíží s pracovní dobou strojvedoucího (je nutno střídat na ose jiným strojvedoucím, který ovšem musí být odebrán z jiného výkonu či povolán do služby navíc, resp. je mu prodloužena směna), potíží s zajištěním HV, neboť to, které je stále ještě vázáno na výkonu zpožděného vlaku, již mělo být nasazeno na zcela jiný výkon, hrozí propadnutí objednané kapacity dopravní cesty a podobně. V některých případech, pokud to smluvní podmínky se zákazníky dovolují je pro stabilizaci situace vhodné takový vlak odstavit a pokračovat v jízdě v jinou, vhodnější dobu.

**Reálný obrat/přechod HV** – toto kritérium zohledňuje v daném čase možnost nasazení končícího vlaku na vlak výchozí či tranzitní s výměnou HV dle jízdního řádu. Hodnota „ne“ tedy znamená, že takový přechod HV není možný a dále nepopisuje důvody, proč to tak není. Důvodem nemožnosti přechodu HV může být například zpoždění končícího vlaku, neexistence plánu přechodu, odstoupení HV do údržby, zpoždění výchozího či tranzitního vlaku apod.

**Riziko nevyužití objednané kapacity dopravní cesty** – kritérium hodnotí riziko propadnutí objednané kapacity dopravní cesty, kterou konkrétní vlak používá při své jízdě bez ohledu, zdali byla pro tento vlak původně určena či zdali existuje v daném čase a daném úseku jiná trasa, která by byla použitelná. Cílem by mělo být využít objednanou trasu, kterou již daný vlak spotřebovává v celé trase.

**Vlak ad hoc** – vlaky, které jsou připraveny a vypraveny nadplán mají vyšší prioritu než vlaky dle plánu. Při použití terminologie používané pro konstrukci jízdních řádů by se jednalo o vlaky „rušící“. Vlakem ad hoc oproti dosavadní praxi nejsou vlaky, které mají jet dle plánu, ale ve znatelně upravené časové či traťové poloze, neboť vlak „tak zpožděný“, který používá v daném čase zcela jiné než jemu přidělené kapacity, nemůže být upřednostňován na úkor skutečných ad hoc vlaků a vlaků jedoucích dle JŘ. Autor předpokládá zavádění ad hoc vlaků takových, které závažně neohrožují provoz vlaků plánovaných a pravidelně jedoucích.

**Priorita vlaku dle zákazníka** – například v případě dopravce ČDC oddělení „zákaznické centrum“ může udělit některým vlakům prioritu oproti jiným. Jedná se dvoustavové kritérium, které nabývá hodnot 0 a 1, a zohledňuje obchodní výhodnost provedení přepravy přednostně.

**Kategorie vlaku** – již od počátků fungování železnice byly stanoveny kategorie vlaků, které na základě jejich vlastností zcela přirozeně určovaly prioritu vlaku. Kategorie vlaků jsou používány dodnes a v případě tohoto návrhu kritérium kategorie vlaku určuje prioritu vlaku dle jeho zařazení do kategorií Nex, Pn a Mn. Jednotlivé kategorie vlaků mají stanovenou jinou hodnotu kritérií.

**Možnost odstavení vlaku po cestě** – toto kritérium zohledňuje jako možnost řešení provozních situací odstavením vlaku v nácestné stanici. K takovému kroku je možno přistoupit z důvodu nedostatku volných (vjezdových, směrových či odjezdových) kolejí v samotné seřaďovací / vlakotvorné stanici nebo z jiného důvodu nemožnosti dojezdu do stanice. Rozhodujícím omezením je délka staničních kolejí v nácestných stanicích. Jestliže algoritmus nenajde vhodnou nácestnou stanici k odstavení, musí vlak dále pokračovat v jízdě a je nutné provést jiná opatření včetně zajištění volné koleje v seřaďovací stanici. Rozhodovací kritérium tedy upřednostňuje vlaky „neodstavitelné“. Na tento rozhodovací algoritmus by měl bezprostředně navazovat algoritmus vyhledávající pro všechny vlaky vhodné stanice k odstavení.

**Končí pracovní doba strojvedoucího** – kritérium zohledňuje pracovní dobu strojvedoucího na vlaku. Jestliže strojvedoucímu končí pracovní doba, je nutné tento vlak buď co možná nejrychleji dostat do seřaďovací stanice, nebo alespoň vhodné stanice, kde může proběhnout vystřídání anebo je nutné tento vlak ve vhodné stanici odstavit. Informace o končící pracovní době strojvedoucího je získávána z dispečerského systému DISCOŘ v případě, že se jedná o vlak ČD Cargo. V případě, že není možné získávat informaci o končící pracovní době automatizovaně, a dopravce má zájem tuto informaci poskytnout dispečerovi infrastrukturního manažera, je pro správnou funkčnost nutné hodnotu do systému pro podporu rozhodování zadat ručně. Kritérium upřednostňuje vlaky vedené strojvedoucími s končící pracovní dobou.

**Předvídatelnost času příjezdu vlaku do seřaďovací stanice** – na základě statistických údajů z uplynulých provozních dnů lze vypočítávat pravděpodobnost zpoždění vlaku, přičemž do kritéria zasahují i nestatistické údaje, například jestliže vlak projíždí výlukou v traťovém úseku, lze předpovídat alespoň přibližná hodnota zpoždění.

### 4.3.5 Určení vstupních hodnot

Pro vstupní hodnoty  $IV_i$  jednotlivých kritérií  $K_i$  byly stanoveny rozsahy, které mohou nabývat, přičemž tento rozsah má svou spodní a horní mez  $IVd_i \leq IV_i \leq IVh_i$ . Hodnoty vstupují do systému jako slovní výrazy neboli lingvistické proměnné, které jsou následně kvantifikovány – jsou jim přidělena číselné hodnoty, která jsou nadále používány v rámci výpočtu. Příklad vstupních proměnných je možné vidět v základní stavové matici v podkapitole 4.3.8.

Dále je ke každé vstupní proměnné určena hodnotící stupnice příslušnosti s definovaným rozsahem, přičemž jednotlivé stupnice se překrývají. Tím se rozumí, že jednotlivé definované funkce pracují na stejném normovaném definičním oboru a jsou normovány, aby měly stejnou vypovídající hodnotu. Zároveň byl stanoven tvar funkcí – jedná se o funkce tvaru S. Z tabulky 5 je zřejmé, že systém pracuje s 10 vstupními proměnnými, každá s vlastní hodnotící stupnicí. Některé z funkcí jsou takzvané speciální případy, tvoří tedy tzv. crisp set v rámci fuzzy setu a jejich funkce příslušnosti nabývají pouze dvou stavů – 0 a 1.

**Tabulka 5** Vstupní proměnné a funkce příslušnosti

Vstupní proměnná	Hodnocení vlaku dle zásilek	Zpoždění vlaku (minuty)	Reálný obrat/přechod HV	Riziko nevyužití objednané kapacity DC	Vlak ad hoc	Priorita vlaku dle zákazníka	Kategorie vlaku	Možnost odstavení po cestě (max. 680 m)	Končí pracovní doba strojevedoucího	Předvídatelnost času dojezdu do SŽST
Typ funkce	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
Počet funkcí příslušnosti	5	6	1	1	1	1	6	1	1	1
Rozsah funkcí	0-150	0-1200	0-1	0-1	0-1	0-1	0-5	0-1	0-1	0-1

Zdroj: autor

Dále byly stanoveny hodnotící stupnice vstupních proměnných obsahující hodnoty lingvistického pojmenování jednotlivých funkcí příslušnosti – viz tabulka 6. Samotný výpočet pak pracuje s normovanými hodnotami a váhami kritérií, jak je uvedeno v transformační matici v tabulce 10.

Z uvedených hodnot je zřejmé, že byly využity jednak slovní výrazy „ano“ a „ne“, které by byly postačující pro rozhodování v rámci klasické multikriteriální metody hodnocení, které jsou však modifikovatelné pro jiné lingvistické proměnné a jednak výrazy u kategorie vlaku „Mn“, „Pn a „Nex“. V případě zpoždění vlaku je využito lingvistických proměnných „extrémní“, „velmi vysoké“, „vysoké“, „střední“, „nízké“ a „včas“. Kritérium délka vlaku dle návrhu slouží jako doplňující proměnná, na kterou systém reaguje obdobně jako na proměnné „ano“ a „ne“ z hlediska možnosti odstavení vlaku v nácestné stanici. V případě nemožnosti

odstavení vlaku systém zobrazí dispečerovi instrukci o nutnosti nepřetržité jízdy vlaku až do zájmového uzlu.

**Tabulka 6** Vstupní proměnné a funkce příslušnosti

Vstupní proměnná	Funkce 1	Funkce 2	Funkce 3	Funkce 4	Funkce 5	Funkce 6
Hodnocení vlaku dle zásilek – vlak je důležitý	nejméně	málo	průměrně	hodně	nejvíce	
	0-40	41-50	51-90	91-120	121-150	
Zpoždění vlaku (minuty)	včas	nízké	střední	vysoké	velmi vysoké	extrémní
	0-60	61-120	121-300	301-480	481-720	721-1200
Reálný obrat/přechod HV	ne	ano				
	0	1				
Riziko nevyužití objednané kapacity DC	ne	ano				
	0	1				
Vlak ad hoc	ne	ano				
	0	1				
Priorita vlaku dle zákazníka	ne	ano				
	0	1				
Kategorie vlaku	obslužná jízda	Mn	Pn	Rn	Nex	vojenský vlak
	0	1	2	3	4	5
Možnost odstavení po cestě (max. 680 m)	ne	ano				
	0	1				
Končí pracovní doba strojvedoucího	ne	ano				
	0	1				
Předvídatelnost času dojezdu do SŽST	ne	ano				
	0	1				

Zdroj: autor

#### 4.3.6 Výstupní proměnné

Z hlediska výstupních hodnot je definována jedna výstupní hodnota  $OV_i$  včetně příslušného rozsahu, kterého může nabývat, přičemž tento rozsah má svou spodní a horní mez  $OV_{di} \leq OV_i \leq OV_{hi}$ . Spodní mez je stanovena na hodnotu 0, horní mez je stanovena na hodnotu 100. Hodnoty vystupují ze systému jako kvantifikované proměnné s vazbou na lingvistické výrazy. Výstupní proměnné je určena hodnotící stupnice příslušnosti s definovaným rozsahem. Zároveň byly stanoveny tvary funkcí – jedná se o funkce tvaru S. Počet funkcí příslušnosti je stanoven na 3. Dále byla stanovena hodnotící stupnice výstupní proměnné obsahující hodnoty lingvistického pojmenování jednotlivých funkcí příslušnosti.

Výstupní proměnnou je priorita jízdy jednotlivých vlaků. Pro přehledné a rychlé hodnocení priority vlaků a předávání informace dispečerovi byla určena stupnice priorit vlaků. Zařazení vlaků do jednotlivých stupňů probíhá na základě procentuálního zisku bodů z celkového počtu možných bodů. Stupně priorit navrhl autor na základě expertního odhadu systémových analytiků ČD Cargo, viz tabulka 7.

**Tabulka 7** Vstupní proměnné a funkce příslušnosti

Výstupní proměnná	Funkce 1	Funkce 2	Funkce 3
Priorita jízdy vlaku	vlak nemá prioritu jízdy	vlak má nižší prioritu jízdy	vlak má prioritu jízdy a zpracování ihned po příjezdu
	0-60	61-70	71-100

Zdroj: autor

Rozhodovací pravidla reprezentovaná stupni priorit jsou následující:

- Více než 70 bodů – vlak má prioritu jízdy a zpracování ihned po příjezdu.
- 61 až 70 bodů – vlak má nižší prioritu jízdy, ale jede standardně po své trase, po příjezdu do seřadovací stanice je zpracován dle aktuálně dostupné kapacity.
- Méně než 61 bodů – vlak nemá prioritu jízdy a jede standardně po své trase. V případě, že není volná kapacita seřadovací stanice (zejména není volná kolej), či není umožněna nepřerušovaná jízda na trase, může dispečer rozhodnout o odstavení vlaku po cestě ve vhodné nácestné stanici. Jestliže se jedná o vlak, který z důvodu jeho délky nelze odstavit po cestě, je nutné ho přijmout do seřadovací stanice a před jeho příjezdem bezpodmínečně uvolnit kolej.

#### 4.3.7 Inferenční a rozhodovací pravidla

Jak je uvedeno v kapitole pojednávající o použitých metodách, metoda fuzzy logiky pracuje s příslušností výroků k množinám. Příslušnost je ovlivněna pravidly a způsobem jejich použití, které jsou často založena na implikaci „když...poté...“, resp. „IF...THEN...“ a využití logických operátorů typu „AND“, „OR“ a „NOT“. Inferenční pravidla stanovují, jak jsou hodnoty vstupních lingvistických proměnných reprezentovány číselnými vstupními proměnnými, a naopak výstupní číselné proměnné reprezentovány výstupními lingvistickými proměnnými. Rozhodovací pravidla propojují jednotlivé lingvistické vstupní proměnné s lingvistickými výstupními proměnnými za pomoci logického operátoru „AND“ – a zároveň. Vzhledem k množství kritérií, vstupních a výstupních hodnot lingvistických kritérií není možné zde přijatelným způsobem prezentovat všechna pravidla IF...THEN ve formě tabulky. Celkové množství pravidel je dán počtem kombinací kritérií, které lze vytvořit se všemi deseti kritérii, přičemž některá ze vstupních kritérií K nabývají 2 až 6 hodnot proměnných a zároveň výstupní proměnná nabývá 3 hodnoty proměnných.

### 4.3.8 Aplikace fuzzy logiky při výpočtu hodnocení dopravní situace

Na základě vstupních údajů o vozech a vlcích bylo možné sestavit základní stavovou matici obsahující vstupní proměnné. Tato matice obsahuje všechny varianty hodnot kritérií, které mohou nastávat, viz tabulka 8.

**Tabulka 8** Základní stavová matice

Vlak	Hodnocení vlaku dle zásilek	Zpoždění vlaku (minuty)	Reálný obrat/přechod HV	Riziko nevyužití objednané kapacity DC	Vlak ad hoc	Priorita vlaku dle zákazníka	Kategorie vlaku	Možnost odstavení po cestě (max. 680 m)	Končí pracovní doba strojvedoucího	Předvídatelnost času dojezdu do SZST	Délka vlaku (metry)
Vlak1	průměrně	střední	ne	ano	ne	ne	Pn	ne	ano	ano	720
Vlak2	nejméně	extrémní	ne	ano	ne	ano	Pn	ne	ne	ne	720
Vlak3	málo	včas	ano	ne	ne	ano	Mn	ano	ne	ne	345
Vlak4	hodně	vysoké	ano	ano	ne	ano	Nex	ne	ne	ne	714
Vlak5	průměrně	včas	ano	ne	ne	ne	Nex	ano	ano	ne	675
Vlak6	málo	velmi vysoké	ano	ano	ne	ne	Mn	ano	ano	ano	390
Vlak7	hodně	nízké	ano	ano	ne	ne	Pn	ano	ne	ano	675
Vlak8	hodně	vysoké	ne	ne	ano	ano	Nex	ano	ne	ano	555

Zdroj: autor

Následně byla sestavena redukováaná stavová matice, kde je provedeno odebrání násobně opakujících se hodnot a zároveň jsou zobrazeny u některých kritérií skutečné vstupní hodnoty proměnných, viz tabulka 9.

**Tabulka 9** Redukovaná stavová matice

Vlak	Hodnocení vlaku dle zásilek	Zpoždění vlaku (minuty)	Reálný obrat/přechod HV	Riziko nevyužití objednané kapacity DC	Vlak ad hoc	Priorita vlaku dle zákazníka	Kategorie vlaku	Možnost odstavení po cestě (max. 680 m)	Končí pracovní doba strojvedoucího	Předvídatelnost času dojezdu do SZST	Délka vlaku (metry)
Vlak1	80,9	230	ano	ano	ano	ano	Mn	ano	ano	ano	720
Vlak2	32,1	1 110	ne	ne	ne	ne	Pn	ne	ne	ne	450
Vlak3	53,1	0					Nex				345
Vlak4	111,5	450									714
Vlak5	51,6	0									675
Vlak6	43,6	750									390
Vlak7	101,2	120									675
Vlak8	109,4	367									555
Celkem	583,3	3 027,0									

Zdroj: autor

Tím se zjednodušuje nastavování hodnot vah stavů jednotlivých kritérií v následujícím kroku při vzniku transformační matice 1, viz tabulka 10. Ta je sestavena následovně – jednotlivé stavy kritérií byly ohodnoceny tak, aby součet bodů u každého kritéria byl roven 100 – normování vah. Bodování bylo provedeno kvalifikovaným odhadem. Následně byly stanoveny koeficienty důležitosti samotných kritérií. U každého z nich byl stanoven váhový koeficient, kterým se příslušné body stavu násobí.



**Tabulka 10** Transformační matice 1

Vlak	Hodnocení vlaku dle zásilek	Zpoždění vlaku (minuty)	Reálný obrát/přechod HV	Riziko nevyužití objednané kapacity DC	Vlak ad hoc	Priorita vlaku dle zákazníka	Kategorie vlaku	Možnost odstavení po cestě (max. 680 m)	Končí pracovní doba strojvedoucího	Předvídatelnost času dojezdu do SZST
Vlak1	13,9	7,6	70	70	60	70	50	80	80	80
Vlak2	5,5	36,7	30	30	40	30	30	20	20	20
Vlak3	9,1	0,0					20			
Vlak4	19,1	14,9								
Vlak5	8,8	0,0								
Vlak6	7,5	24,8								
Vlak7	17,3	4,0								
Vlak8	18,8	12,1								
Koeficient	100	30	20	10	8	15	12	20	20	25
Celkem	10 000	3 000	2 000	1 000	800	1 500	1 200	2 000	2 000	2 500

Zdroj: autor

V následujícím kroku jsou pro každé kritérium body a koeficienty násobeny a zároveň je hledána maximální hodnota každého kritéria – transformační matice 2, viz tabulka 11. Například je-li koeficient důležitosti kritéria 10 a hodnoty veličin dávají v součtu hodnotu 100, tak celková hodnota kritéria je 1000. Jestliže je hodnota kritéria vlaku „ano“ = 70, tak po vynásobení je rovna 700, což je zároveň maximum, protože hodnota kritéria vlaku „ne“ = 30, což je po vynásobení 300. Pro zvýšení účinku kritéria hodnocení vlaku dle zásilek bylo toto kritérium vynásobeno 100.

**Tabulka 11** Transformační matice 2

Vlak	Hodnocení vlaku dle zásilek	Zpoždění vlaku (minuty)	Reálný obrát/přechod HV	Riziko nevyužití objednané kapacity DC	Vlak ad hoc	Priorita vlaku dle zákazníka	Kategorie vlaku	Možnost odstavení po cestě (max. 680 m)	Končí pracovní doba strojvedoucího	Předvídatelnost času dojezdu do SZST
Vlak1	1 387,5	227,9	1 400	700	480	1 050	600	1 600	1 600	2 000
Vlak2	550,1	1 100,1	600	300	320	450	360	400	400	500
Vlak3	910,3	0,0	0	0	0	0	240	0	0	0
Vlak4	1 911,2	446,0	0	0	0	0	0	0	0	0
Vlak5	883,7	0,0	0	0	0	0	0	0	0	0
Vlak6	747,2	743,3	0	0	0	0	0	0	0	0
Vlak7	1 734,0	118,9	0	0	0	0	0	0	0	0
Vlak8	1 876,1	363,7	0	0	0	0	0	0	0	0
MAX	1 911,2	1 100,1	1 400,0	700,0	480,0	1 050,0	600,0	1 600,0	1 600,0	2 000,0
Suma	12 441,3									

Zdroj: autor

Součet maximálních hodnot představuje za daných okolností nejlepší možnou kombinaci kritérií vlaku. Poměr bodů každého kritéria každého vlaku a maxima bodů každého kritéria tedy ukazuje, jak se který vlak odlišuje od vlaku, který by byl nejlepší možný, resp. za daných okolností by měl nejvyšší prioritu, viz tabulka 12.

**Tabulka 12** Matice porovnání hodnot dosažených oproti dosažitelným

Vlak	Hodnocení vlaku dle zásilek	Zpoždění vlaku (minuty)	Reálný obrat/přechod HV	Riziko nevyužití objednané kapacity DC	Vlak ad hoc	Priorita vlaku dle zákazníka	Kategorie vlaku	Možnost odstavení po cestě (max. 680 m)	Končí pracovní doba strojvedoucího	Předvídatelnost času dojezdu do SŽST
Vlak1	1 387,5	227,9	600	700	320	450	360	1 600	1 600	2 000
Vlak2	550,1	1 100,1	600	700	320	1 050	360	1 600	400	500
Vlak3	910,3	0,0	1 400	300	320	1 050	240	400	400	500
Vlak4	1 911,2	446,0	1 400	700	320	1 050	600	1 600	400	500
Vlak5	883,7	0,0	1 400	300	320	450	600	400	1 600	500
Vlak6	747,2	743,3	1 400	700	320	450	240	400	1 600	2 000
Vlak7	1 734,0	118,9	1 400	700	320	450	360	400	400	2 000
Vlak8	1 876,1	363,7	600	300	480	1 050	600	400	400	2 000

Zdroj: autor

### 4.3.9 Porovnání a vyhodnocení priority vlaků

Samotné pořadí příjezdu a zpracování vlaků je určeno ziskem bodů. Z dat uvedených v tabulce 13 vyplývá, že nejvyšší prioritu má vlak číslo 1, který dle hodnocení přepravní zátěže skončil až na čtvrtém místě. Ke zvýšení jeho priority po provedení hodnocení dopravní situace přispělo několik činitelů a to – relativně nízké zpoždění, a tudíž očekávaná spolehlivost jízdy společně se zajištěným přechodem vozů mezi vlaky v seřadovacích stanicích. Dále pak končící doba strojvedoucího, což je kritérium, které by dispečera dopravce mělo přinutit k vymáhání upřednostnění vlaku u správce infrastruktury (pokud neexistuje vhodná možnost vystřídání strojvedoucích). Dalším kritériem, které vlaku zvýšilo hodnocení, je jeho délka 720 metrů, což jej při stanoveném limitu maximální délky kolejí v nácestných stanicích na hodnotě 680 metrů činí „neodstavitelným“. Posledním kritériem, které vlak prioritizuje je riziko nevyužití přidělené trasy vlaku. Naopak opačně prioritu vlaku číslo 1 ovlivňuje kritérium neexistence přechodu HV vozidla na jiný vlak a to, že se jedná o pravidelný (nikoliv ad hoc) vlak zavedený v jízdním řádu přepravující jednotlivé vozové zásilky mezi seřadovacími stanicemi v síti dopravce. Obdobný komentář by mohl být uveden u ostatních vlaků, avšak s ohledem na vyhrazený prostor a na srozumitelnost tabulek bylo od toho upuštěno.

**Tabulka 13** Matice priorit vlaků a pokynů

Vlak	Součet	Pořadí vlaků do seř. ŽST	Bodové hodnocení vlaků	Slovní pokyny pro dispečera	Slovní pokyny pro dispečera
Vlak1	9 245,4	1	74	priorita jízdy a zpracování ihned po příjezdu	bez dalšího opatření
Vlak2	7 180,2	6	58	přijmout	a před příjezdem uvolnit kolej
Vlak3	5 520,3	8	44	odstavit po cestě	bez dalšího opatření
Vlak4	8 927,2	2	72	priorita jízdy a zpracování ihned po příjezdu	bez dalšího opatření
Vlak5	6 453,7	7	52	odstavit po cestě	bez dalšího opatření
Vlak6	8 600,5	3	69	přijmout a zpracovat ve volné kapacitě	bez dalšího opatření
Vlak7	7 882,9	5	63	přijmout a zpracovat ve volné kapacitě	bez dalšího opatření
Vlak8	8 069,8	4	65	přijmout a zpracovat ve volné kapacitě	bez dalšího opatření

Zdroj: autor

V praxi bude docházet k situacím, kdy vlaky budou vlivem své jízdy a provozní situace na tratích měnit své časy příjezdů, tím bude nutné přepočítávat jejich vlastnosti a následně případně měnit jejich pořadí a výstupem z algoritmu budou jiná doporučení pro dispečery. Zřejmě bude nutné stanovit pravidla aktualizace dat a nakládání s nimi s ohledem na zabránění stavu, kdy by algoritmus měnil svá doporučení „pod rukama“. To je řešitelné například vložení podmínky nemožnosti přeskočení dané sady vlaků nově načtenou sadou vlaků, byť by měly na základě výpočtu vyšší prioritu. Jinou možností pro zamezení propadání konkrétního vlaku vlivem příjezdu dalších vlaků s vyšší prioritou do oblasti by mohlo být řešení prostřednictvím zařazení podmínky, která stanovila maximální počet iterací výpočtů, do kterých by vlak mohl znovu vstoupit. Zvláštním případem, který dosud nebyl řešen a představuje do budoucna výzvu k vyřešení je přečíslování vlaku (dle jízdního řádu či z rozhodnutí dispečera) v rámci přibližovacího úseku.

#### **4.4 Odstranění bariéry vstupu informací do rozhodovacího procesu**

Tato podkapitola se zabývá návrhem spočívajícím v rozšíření zavedení RFID technologie na železnici, přičemž jsou aplikovaným výzkumem ověřeny vlastnosti RFID technologie rozhodující pro rutinní provoz v železničním prostředí, a to jednak z pohledu načítání štítků umístěných na vozidlových skříních a jednak z pohledu načítání štítků umístěných na komponentech. RFID technologie se v logistickém řetězci používají již dlouhou dobu, jejich využití je známé u balíkových a kusových zásilek, používají se ve skladech pro identifikaci nebo ochranu proti krádeži. Další využití této technologie zahrnuje použití v železniční nákladní dopravě, a to jak v oblasti evidence konstrukčních částí vozidel či celých vozidel, tak v oblasti monitorování průjezdu vozidel podél konkrétních bodů. Při praktickém nasazení se lze setkat s mnoha omezeními a výzvami souvisejícími s fyzikálními vlastnostmi RFID technologie. V následující podkapitole jsou představeny zkoumané prvky zapojené do experimentu a průběh experimentu. Následující část představuje výsledky a doporučení definovaná na základě těchto výsledků a prezentuje problematiku aplikace RFID technologie na evropských železnicích. Cílem následující podkapitoly 4.5 je představit výsledky dosažené při zkoumání možností a limitů uchycení RFID štítků na železniční nákladní vozy a jejich komponenty a následně návrh spolehlivého umístění štítků. Limity se týkají více oblastí, např. chování různých štítků na různých površích a místech na vybraných vozech, čtecích vzdáleností (čtení štítků z různých vzdáleností a z různých úhlů) na různých místech na vozech (různé konstrukce vozů, různé podvozky, různé typy štítků, různé způsoby umístění, různé vzdálenosti). V rámci autorova výzkumu byl proveden celoroční test za účelem ověření

trvanlivosti vybraných způsobů připevnění RFID tagů. Dále byly zkoumány možnosti rutinní instalace (osazování) a čtení tagů. Vzhledem k charakteristice železniční nákladní dopravy (procesy, vozidla, subjekty podílející se na provozu a údržbě vozidel, subjekty zabývající se dopravou, životním prostředím apod.) a vzhledem k dosavadním zkušenostem s nasazením RFID technologie bylo nutné najít limity RFID technologie provedením výzkumu v reálném prostředí železniční dopravy. Pouze vhodné a standardizované umístění RFID štítků na nákladních vozech a jejich komponentech může pomoci odstranit dosavadní bariéru získávání spolehlivých a relevantních informací do informačních systémů.

#### **4.5 Experiment s RFID štítky a návrh umístění na nákladních vozech**

Cíl experimentu byl definován na základě autorových předchozích laboratorních zkušeností s testováním štítků. Cílem bylo otestovat chování jednotlivých typů štítků na konkrétních místech na železničních nákladních vozech a jejich komponentech. Výsledky dříve provedených testů čtení RFID štítků ukázaly, že bez promyšleného umístění tagů se vyskytuje problém s rušením signálu mezi čtečkou a štítkem. Toto rušení ztěžuje nebo dokonce znemožňuje čtení štítků. S tím je spojen také problém náhodného čtení štítků. Signál je na povrchu vozu odrazen a je načten štítek na jiném místě, na které signál nebyl mířen. V důsledku toho nelze spolehlivě identifikovat vůz, sestavit pořadí vozů ve vlakové soupravě a přesně identifikovat součásti vozidla. V rámci testování a měření spolehlivosti čtení štítků na nákladních vozech proběhlo v Kralupech nad Vltavou několik testů. Nejprve jsou představeny charakteristiky každé řady vozů a podvozků, protože se jedná o prvky, které ovlivňují průběh experimentu a použité metody. Postup a metody provádění experimentu jsou uvedeny v následujících podkapitolách. Samotné testování neprobíhalo dle žádného mezinárodního standardu. Testování probíhalo dle podmínek stanovených autorem s ohledem na reálné použití RFID štítků v běžném železničním nákladním provozu.

##### **4.5.1 Nákladní vozy**

Ke zkoumání byla vybrána sada vozů různých řad s různými typy podvozků. Jednotlivé řady vozidel byly vybrány na základě několika kritérií, přičemž hlavním kritériem bylo široké rozšíření řady vozidel včetně podtypů a velký počet provozuschopných vozidel v evropském vozovém parku. Hlavní důraz je kladen na podobnost konstrukcí vozů bez ohledu na jejich konstrukční zařazení do vozové řady. Například výsypné vozy řady Falls mají podobné vlastnosti podvozku jako kryté vozy řady Talls. Podobně je řada Eas podobná Tams; Res řadě Sgs atd. Kromě všeobecné rozšířenosti byla dalším kritériem specifičnost konstrukce. Například husté žebrování bočnic výsypných vozů zvláštní konstrukce vozů řady Ua nebo

vibracemi ovlivněné stěny vozů řady Eas. Mezi poslední kritéria patří specifická konstrukce (kloubové vozy, vozové jednotky) a provoz vozů v prašném nebo jinak náročném prostředí. Na základě výše uvedených kritérií byly vybrány následující řady vozů.

Vybrané řady vozů:

- Faccs a Falls/výsypný vůz vybavený podvozky 26-2.8 (rozšířený po celé Evropě),
- Eas/otevřený vůz vybavený podvozky Y25 (rozšířený po celé Evropě),
- Es/otevřený vůz dvounápravový (vybrány z důvodu opětovného rozšířeného používání řady a vzhledem k podobnosti s jinými dvounápravovými vozy, jako je délka rámu pouze 8 760 mm, což způsobuje problémy s přesným čtením pořadí vozů ve vlakové soupravě ve vyšších rychlostech, vozová jednotka),
- Zans/kotlový vůz vybavený podvozky Y25 (vůz bez tabule a schrány na nálepky) a Zas/kotlový vůz vybavený podvozky Talbot R (vůz s tabulí),
- Ua/výsypný vůz zvláštní stavby vybavený podvozky typu Diamant (segmentový tvar podvozku a bočnice způsobuje problémy jak při umístění tagu na vhodné místo ve správné výšce, tak při následném čtení tagu z důvodu rušení signálu výztuhami bočnice),
- Uacs/vůz zvláštní konstrukce pro přepravu sypkých materiálů vybavený v jednom případě podvozkem 26-2.8 a v jiném případě vybavená podvozkem Y25 (velmi specifický tvar skříně vozů a rozšíření řady po celé Evropě),
- Sggmrss/intermodální vůz vybavený podvozky Y25 (kloubový vůz),
- Sgnss/intermodální vůz vybavený podvozky Y25 (rozšířený po celé Evropě),
- Rils/plošinový vůz zvláštní konstrukce vybavený podvozky Y25 (nákladový prostor je uzavřen posuvnými stěnami; vozové tabule jsou jediná místa vhodná pro umístění štítků).

#### 4.5.2 Podvozky

Prvním zvoleným typem podvozku je 26-2.8, což je středoevropský dvounápravový podvozek. Rám je svařovaný, skládá se z bočnic z lisovaného plechu uložených na ložiskových skříních osmilistými pružnicemi, které jsou zavěšeny na rámu plochými závěsy. V bočnicích se nachází otvor sloužící pro údržbu a kontrolu (Vagony, 2019). Druhý vybraný typ, Y25 (svařovaný), je standardní evropský podvozek UIC. Rám podvozku Y25 je svařen ze dvou podélných nosníků. Odpružení zajišťují vinuté pružiny. Podélné nosníky se skládají z I-profilů, které mají podobné vlastnosti odrazu signálu jako U-profilů (Jahn, 2017). Třetí vybraný typ, Talbot Type R, je německý dvounápravový podvozek. Svařovaný rám se skládá ze dvou bočnic.

Listové pružnice jsou uloženy na bočnicích pomocí dlouhých závěsů. Podvozek Talbot/Minden Dorstfeld má čtyři/dva otvory pro údržbu brzd a kontrolu bočnic (Jahn, 2017). Čtvrtý vybraný typ, Diamond, je celosvětově rozšířený dvounápravový podvozek. Rám se skládá z dvou příhradových nosníků z lité oceli, upevněných k ložiskovým skříním a zajištěných šroubem. Bočnice mají velmi členitý tvar, který spolu s pružinami způsobuje rušení signálu (Vagony, 2019).

### 4.5.3 Proces testování

Radiofrekvenční identifikace (RFID) je technologie, která může být použita k identifikaci objektů pomocí vysokofrekvenčních elektromagnetických vln pro přenos aktuálních informací (poloha, technický stav atd.). Za určitých podmínek může být RFID alternativou k technologii čárových kódů (BT), technologii rozpoznávání optických znaků (OCR) nebo satelitní technologii (GNSS). Základními komponenty systému jsou RFID tag, RFID čtečka, anténa a middleware (software umožňující komunikaci mezi RFID čtečkou a koncovou aplikací zákazníka). RFID tag se skládá z křemíkového mikročipu připojeného k rádiové anténě. Hlavní rozdíl oproti technologii čárových kódů spočívá v tom, že radiofrekvenční štítek nemusí být viditelný, aby bylo možné data načíst, a umožňuje skenovat více tagů najednou (Preradovič a Karmakar, 2012). Obousměrná komunikace probíhá prostřednictvím RFID tagu a čtečky RFID, mezi čtečkou RFID a RFID softwarem a mezi RFID softwarem a aplikací. Energie (elektromagnetické vlny) a časová razítka jsou přenášeny ze čtečky do tagu.

Pro testování byly použity dva typy čteček, Honeywell Intermec CK 70 a Motorola FX9500. Mobilní počítač Honeywell Intermec má frekvenci 865-868 MHz (EU), která splňuje normy EPC global Class 1 Gen 2, ISO 18000-6C. Jeho maximální výstupní výkon je 30 dBm (1 W). Druhým typem čtečky je stacionární čtečka Motorola FX9500, která splňuje normy EPC globální třídy 1 Gen 2, ISO 18000-6C a ISO 18000-6B se třemi externími anténami Motorola AN480, která má maximální výstupní výkon 60 dBm (2 W).

Pro testování byly použity pasivní tagy Confidex, The Tag Factory a Honeywell Intermec. Charakteristika jednotlivých štítků je uvedena v podkapitole níže. Kritériem pro výběr tagů pro testování byla čitelnost na kovových površích z dostatečného čtecího rozsahu deklarovaného výrobcem, vhodné rozměry cca 150 x 40 mm a vhodnost tvaru (tloušťka do 20 mm a maximální splynutí s okolním povrchem). Rozměry štítků byly vybrány na základě provedených měření zamýšlených míst pro umístění, které by poskytly vzdálenost nejméně 20 mm od jakékoli překážky.

Klasifikace splývavosti s povrchem vycházela z výsledků zkoušek odolnosti proti násilnému odstranění z povrchu vozu. Štítek byl připevněn k povrchu ve vodorovné poloze pomocí oboustranné, běžně dostupné lepicí pásky. Kovový povrch byl zbaven mastnoty a nečistot pomocí technického benzínu, který nerozpouští barevný povrch. Povrch štítku byl také zbaven mastnoty. Po úplném vyschnutí povrchů byl každý štítek opatřen zmíněnou lepicí páskou. Štítek byl přitlačen k povrchu silou 20 N. Následně byl zkoušený kovový profil otočen tak, aby byl štítek ve svislé poloze. Zkouška odolnosti byla provedena úderem tupým předmětem o hmotnosti 4 kg (kovové kladivo), vedenými rovnoběžně s povrchem ve výšce 3 mm. Vzdálenost hrany štítku od hrany kladiva byla 400 mm. Byl sledován odraz zkušebního kladiva nad povrchem tagu a počet zásahů potřebných k odstranění tagu z povrchu. Žádný z tagů nebyl poškozen natolik, aby po tomto testu přestal fungovat. Na základě výsledků testů a vzhledem k částečnému zkrácení výsledků při testování touto metodou byly tagy následně klasifikovány na stupnici od 1 (nejlepší) do 4 (nejhorší). Testováno bylo následujících 12 typů pasivních tagů, uvedených v tabulce 14. Na začátku testování nebyl preferován žádný ze štítků.

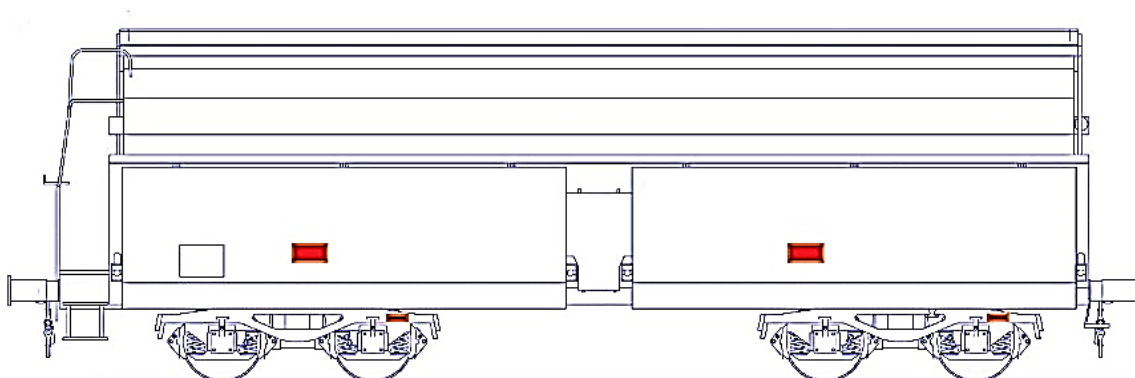
**Tabulka 14** Vlastnosti testovaných tagů

Typ tagu	Výrobce	Rozměry (mm)	Čtecí dosah podle výrobce (m)	Vhodnost tvaru (1 = nejlepší)
M-princ	Tag factory	90 x 34 x 7	nedostupný	1
Ironside Slim	Confidex	85 x 21 x 10	10	2
Carrier Tough II	Confidex	115 x 30 x 3,9	12	1
Survivor	Confidex	155 x 26 x 14,5	18	3
Ironside	Confidex	51,5 x 47,5 x 10	9	3
Ironside Micro	Confidex	27 x 27 x 5,5	5	2
Steelwave Micro	Confidex	38 x 13 x 4,5	3.5	3
Steelwave Micro II	Confidex	38 x 13 x 4,5	5	3
Captura	Confidex	57,5 x 19 x 20	10	4
H86a1w	RFID_tag	80 x 40 x 1	nedostupný	1
IT76 (na ocel)	Intermec Honeywell	111,5 x 21,8 x 5,1	13	1
IT36 (na plast)	Intermec Honeywell	111,5 x 21,8 x 5,1	13	1

Zdroj: autor

Každý vůz je vybaven výše specifikovanými štítky na určených místech, jak je znázorněno na obrázku 8. Ve chvíli provádění pokusu s RFID štítky je na voze umístěn pouze jeden štítek. Ostatní štítky jsou ve stejné chvíli uloženy v kovové krabici. Testovaný štítek je umístěn ve čtyřech různých místech na voze. Standardně by měly být na každém voze umístěny 4 štítky, dva na každé straně vozu.

U kloubových vozů, jako je například řada Sggnss, by mělo být umístění štítků odlišné. Na části vozu A by měly být dva štítky, stejně jako na části B. U vozových jednotek sestávajících ze dvou vozidel, která mohou být potenciálně provozována samostatně (každé vozidlo má vlastní dvojkolí), by štítky měly být umístěny na každém vozidle, jako by se jednalo o dva samostatné vozy. Každý z podvozků by měl mít na každé straně připevněný štítek (dva štítky na každém podvozku). To platí i pro vozy vybavené jednonápravovými podvozky. Vozy vybavené pevným pojezdem (vozy bez podvozků) by měly být vybaveny pouze štítky na rámu vozů.



**Obrázek 8** Umístění tagů na voze řady Talls (autor s využitím ČDC, 2020)

Pokus byl prováděn u každého vybraného typu vozu a podvozku a byl rozdělen na dvě základní části, primární a sekundární měření. Primárním měřením bylo na základě dosavadních zkušeností a typového listu každého štítku určit nejvhodnější místa pro umístění štítku na konkrétním typu vozu a podvozku. Bylo testováno několik oblastí umístění a na základě těchto výsledků bylo určeno vhodné místo pro umístění štítku. Na vybraných místech pak byla prováděna sekundární měření. Cílem bylo najít skutečné hodnoty vzdáleností štítků od čtečky, na které je možné spolehlivě štítky načítat. Každý štítek byl přečten ze šesti různých vzdáleností a ze dvou různých úhlů (0 a 45 stupňů k povrchu, viz obrázek 9) na předem definovaných místech na každém typu vozu, aby bylo dosaženo dostatečných výsledků kvality čtení jako základu pro praktické nasazení v budoucnu. Štítek a čtecí zařízení, ať už se jedná o mobilní čtečku nebo anténu, musí být ve stejné výšce.





**Obrázek 9** Testování tagů pod úhlem  $0^\circ$  a  $45^\circ$  (autor)

#### 4.5.4 Výsledky experimentu

Vzhledem k velkému počtu výsledků a praktickému pohledu na jejich prezentaci jsou v tabulce 15 níže uvedeny naměřené hodnoty dosažené mobilním počítačem CK 70, které lze vždy spolehlivě dosáhnout. Vzhledem k tomu, že hodnoty byly měřeny opakovaně, lze dosažené hodnoty považovat za limitní, tedy z hlediska délky dosahu signálu nejhorší. Nejhorší hodnoty byly naměřeny u výsypných vozů řady Faccs. Důvodem je tvar rámu tvořeného U-profilem, který je k vidění na obrázku 10, který omezuje čtecí vzdálenost a je hlavním zdrojem rušení. Cisternový vůz řady Zas, otevřený vůz Eas, výsypný vůz řady Ua a kotlový vůz řady Zans vykázaly o něco lepší výsledky. Výsledky pro ostatní vozy s podobnou karoserií jsou podobné z hlediska vlastností a umístění štítku. Štítky byly umístěny na různá místa s důrazem na minimalizaci stínění a rušení radiofrekvenčních vln, na základě výsledků vznikl seznam vhodných míst umístění štítků. Je třeba poznamenat, že rozdíl ve výsledcích u jiných typů vozů je způsoben odrazem vln od nosníku nebo jiného kovového prvku.



**Obrázek 10** Umístění štítku na rám vozu řady Faccs (autor)

Nejdůležitějším zjištěním je, že vzdálenosti dosahu čtení štítků deklarované výrobcí neodpovídají hodnotám naměřeným ve skutečném prostředí železniční nákladní dopravy. U některých typů tagů se deklarovaná čtecí vzdálenost a skutečná čtecí vzdálenost mohou lišit v hodnotách desítek centimetrů až metrů, viz tabulky 15, 16 a 17 vozů Faccs a podvozků typu Y25 a 26-2.8. To znamená, že průměrná hodnota vzdálenosti čtení u většiny štítků je v železničním prostředí asi 35 % vzdálenosti udávané výrobcí.

**Tabulka 15** Výsledky testování na vozu řady Faccs

Umístění	Rám	Rám	Rám	Rám	
Vlastnost	U-profil	U-profil	U-profil	U-profil	
Vozová řada	Faccs	Faccs	Faccs	Faccs	
Úhel	0°	0°	45°	45°	
Označení štítku	Dosah čtení dle výrobce (m)	Dosah (m)	Dosah (%)	Dosah (m)	Dosah (%)
M-Prince	Nezjištěno	1,60	X	1,40	X
Ironside Slim	10,00	1,50	15,00	1,30	13,00
Carrier Tough II	12,00	3,10	25,83	1,40	11,67
Survivor	18,00	3,20	17,78	2,20	12,22
Ironside	9,00	1,50	16,67	1,00	11,11
Ironside Micro	5,00	1,50	30,00	1,10	22,00
Steelwave Micro	3,50	0,50	14,29	0,40	11,43
Steelwave Micro II	5,00	0,50	10,00	0,35	7,00
Captura	10,00	0,80	8,00	0,60	6,00
H86a lw	Nezjištěno	0,80	X	0,55	X
IT76 (na kov)	13,00	1,70	13,08	1,65	12,69
IT36 (na plast)	13,00	1,60	12,31	1,55	11,92
<b>Legenda: Pět nejvyšších hodnot dosahu je vyznačeno tučně</b>					
Dosah čtení nad hodnotu (m) je vyznačen příslušnou barvou		1,30	2,00	3,00	
Procentuální dosah čtení nad 15 % hodnoty deklarované výrobcem je označen zelenou barvou					

Zdroj: autor

Následující tabulka 16 zobrazuje výsledky z testování tagů na podvozku typu Y25 bez snímače zatížení, který je v Evropě všeobecně používán.

**Tabulka 16** Výsledky testování na podvozku typu Y25

Umístění		Podvozek	Podvozek	Podvozek	Podvozek
Typ podvozku		Y25	Y25	Y25	Y25
Úhel		0°	0°	45°	45°
Označení štítku	Dosah čtení dle výrobce (m)	Dosah (m)	Dosah (%)	Dosah (m)	Dosah (%)
M-Prince	Nezjištěno	1,50	X	1,40	X
Ironside Slim	10,00	1,50	15,00	1,50	15,00
Carrier Tough II	12,00	1,50	12,50	1,50	12,50
Survivor	18,00	2,50	13,89	2,50	13,89
Ironside	9,00	1,30	14,44	0,90	10,00
Ironside Micro	5,00	1,10	22,00	0,80	16,00
Steelwave Micro	3,50	0,45	12,86	0,35	10,00
Steelwave Micro II	5,00	0,40	8,00	0,35	7,00
Captura	10,00	0,70	7,00	0,60	6,00
H86a1w	Nezjištěno	0,70	X	0,65	X
IT76 (na kov)	13,00	1,50	11,54	1,50	11,54
IT36 (na plast)	13,00	1,40	10,77	1,40	10,77
<b>Legenda: Pět nejvyšších hodnot dosahu je vyznačeno tučně</b>					
Dosah čtení nad hodnotu (m) je vyznačen příslušnou barvou		1,30	2,00	3,00	
Procentuální dosah čtení nad 15 % hodnoty deklarované výrobcem je označen zelenou barvou					

Zdroj: autor

Tabulka 17 ukazuje výsledky, které byly naměřeny na podvozku staršího typu 26-2.8, který je běžně používán na vozech dopravců sídlících ve střední Evropě, například České republice, Slovensku a Polsku.

**Tabulka 17** Výsledky testování na podvozku typu Y25

Place		Podvozek	Podvozek	Podvozek	Podvozek
Typ podvozku		26-2.8	26-2.8	26-2.8	26-2.8
Úhel		0°	0°	45°	45°
Označení štítku	Dosah čtení dle výrobce (m)	Dosah (m)	Dosah (%)	Dosah (m)	Dosah (%)
M-Prince	Nezjištěno	1,50	X	1,50	X
Ironside Slim	10,00	1,50	15,00	1,00	10,00
Carrier Tough II	12,00	2,10	17,50	1,50	12,50
Survivor	18,00	3,00	16,67	3,00	16,67
Ironside	9,00	1,50	16,67	0,60	6,67
Ironside Micro	5,00	1,00	20,00	0,80	16,00
Steelwave Micro	3,50	0,50	14,29	0,35	10,00
Steelwave Micro II	5,00	0,50	10,00	0,35	7,00
Captura	10,00	0,70	7,00	0,50	5,00
H86a1w	Nezjištěno	0,70	X	0,50	X
IT76 (na kov)	13,00	1,50	11,54	1,65	12,69
IT36 (na plast)	13,00	1,40	10,77	1,40	10,77
<b>Legenda: Pět nejvyšších hodnot dosahu je vyznačeno tučně</b>					
Dosah čtení nad hodnotu (m) je vyznačen příslušnou barvou		1,30	2,00	3,00	
Procentuální dosah čtení nad 15 % hodnoty deklarované výrobcem je označen zelenou barvou					

Zdroj: autor

Tabulky s naměřenými hodnotami těchto dvou typů jsou zcela záměrně umístěny blízko sobě, a to za účelem snadného zjištění rozdílnosti hodnot. Tyto rozdíly jsou způsobeny zcela

odlišnou konstrukcí podvozků. Štítek připevněný k bočnici podvozku 26-2.8 může odrážet vlny bez nežádoucího rušení, protože je umístěn na povrchu, který není členitý. Výsledky ukazují, že typ 26-2.8 poskytuje lepší podmínky pro umístění i čtení tagů. Ovšem z hlediska technických parametrů (například chodových vlastností) je podvozek Y25 lepší než podvozek 26-2,8, který se sice již desítky let nevyrábí, avšak stále je osazen pod mnoha vozy. Obrázky umístění RFID štítků na podvozky jsou uvedeny v podkapitole Návrh umístění RFID tagů na podvozcích. Naměřené hodnoty na podvozcích typů Talbot R a Diamond jsou umístěny v příloze C.

Lze konstatovat, že výsledky experimentu poskytují základní informace o možnostech technologie RFID v železničním prostředí z hlediska potřeb údržby, oprav a provozu. Na základě praktických zkušeností bylo stanoveno, že dostatečná čtecí vzdálenost je nejméně 1,3 m. Tato hodnota splňuje požadavky železničního personálu (Kopecký, 2021).

Na základě výsledků byly pro další použití vybrány následující tagy: M-Prince od The Tag Factory, Ironside Slim, Carrier Tough II a Survivor od Confidexu a nakonec tagy IT76 a IT36 od Honeywell Intermecu. Rozdíl čtecího dosahu je způsoben konstrukcí antény a odstínění.

#### 4.5.5 Návrh umístění RFID štítků na vozech

Doporučení týkající se umístění tagů na základě výsledků výzkumu jsou popsána v tabulce 18. Podrobnější vysvětlení navrhovaných pozic jsou pod tabulkou.

**Tabulka 18** RFID tagy na vozech

Vozová řada	Levá pozice tagu (vzdálenost od levého talíře nárazníku pro umístění štítku vlevo, v metrech)	Pravá pozice tagu (vzdálenost od pravého talíře nárazníku pro umístění štítku vpravo, v metrech)
Faccs	Rám (U-profil) pod číslem EVN; (3 m)	Rám (U-profil); (3 m)
Falls	Levá strana levé klapky pod číslem EVN; (2,5 m)	Pravá strana pravé klapky; (2,5 m)
Eas	Rám pod číslem EVN v prvním svislém poli vlevo, min. 0,15 m vzdálenost od ok pro upevnění nákladu, tažného háku a schrány na nálepky; (2 m)	Rám pod prvním svislým polem vpravo, min. 0,15 m od ok pro upevnění nákladu a tažného háku; (2 m)
Es	Rám pod číslem EVN v prvním svislém poli vlevo, min. 0,15 m vzdálenost od ok pro upevnění nákladu, tažného háku a schrány na nálepky; (2,5 m)	Rám v prvním svislém poli vpravo, min. 0,15 m od ok pro upevnění nákladu, tažného háku a schrány na nálepky; (2,5 m)
Zans	Tabule s číslem EVN, min. 0,15 m od tažného háku a schrány na nálepky; (2,5 m)	Rám, min. 0,15 m vzdálenost od tažného háku, madla a nosníku pro zvedák; (2,5 m)
Zas	Rám, min. 15 cm od tažného háku, madla, nosník pro zvedání a schrány na nálepky; (2,5 m)	Rám, min. 0,15 m vzdálenost od tažného háku, madla a nosníku pro zvedání; (2,5 m)
Ua	Pole bočnice zleva, (2 m)	Pole bočnice zprava (2 m)
Uacs	Rám (svislá část) pod číslem EVN; (2 m)	Rám (svislá část); (2 m)
Sggmrss	Střed rámu; (7 m)	Střed rámu; (7 m)
Sgnss	Rám, min. 0,15 m vzdálenost od levé strany čísla EVN a stavěčů; (3,5 m)	Rám, vzdálenost min. 0,15 m od stavěčů; (3,5 m)
Rils	Tabule s číslem EVN, min. 0,15 m od schrány na nálepky; (2 m)	Tabule s parametry vozu vlevo od podvozku; (2 m)

Zdroj: autor

V případě vozové řady Faccs je navrženo umístění tagu na rám vozu, který je tvořen profilem ve tvaru U, což má za následek zkrácení čtecí vzdálenosti, avšak toto umístění je z dostupných možností nejvhodnější z důvodu dodržení jednotné výšky umístění tagů u většiny vozu a z důvodu ochrany tagu před poškozením. Umístění tagů na vozech Falls je stanoveno s ohledem na jejich relativně malou délku. Štítky na obou stranách vozu by měly být umístěny nejméně 2,5 metru od talíře nárazníku. To proto, aby při průjezdu vlakové soupravy nedocházelo k načítání tagů vozů ve špatném pořadí.

Umístění štítků na otevřených vozech Eas, Eanos nebo Eaos je definováno tak, aby bylo zajištěno bezproblémové čtení štítků na vzdálenost min. 1,3 m. Štítek by neměl být vystaven negativním vlivům při činnostech nakládky, upevnění nákladu, vykládky nebo posunu vozů pomocí lan. Levý tag by měl být umístěn blíže k levému okraji oblasti umístění a pravý tag by měl být umístěn blíže k pravému okraji oblasti umístění. Výsledky experimentu ukázaly, že není vhodné připevňovat štítky na plechové bočnice z důvodu jejich vibrací za jízdy i při ložných manipulacích, což by mohlo mít za následek odlepení štítku. U otevřených vozů řady Es je jediným rozdílem v umístění štítků oproti vozům Eas vzdálenost 2,5 m od talíře nárazníku.

U kotlových vozů Zans a Zas, pokud jsou vybaveny vozovou tabulí, jsou vhodná místa pro umístění tagů na levé straně vozové tabule. Pokud nejsou novější vozy nebo vozy po rekonstrukci tabulí vybaveny, je navrženo umístění obou štítků (levého i pravého) ve svislé poloze na rám vozu. Kromě toho, aby se zabránilo rušení, je třeba dodržet dostatečnou vzdálenost alespoň 30 centimetrů od tažného háku a nosníku pro zvedání vozu. U řady Uacs je nutné dodržet nekolizní umístění vzhledem k vypouštěcím ventilům. Řada Ua nemá mnoho vhodných míst pro umístění tagů, protože je bočnice poměrně členitá a na rámu vozu je umístěno několik komponentů. Místa na bočnici byla vybrána tak, aby se minimalizovalo poškození štítků při ložných operacích. Intermodální vozy Sggmrss a Sgnss mají dostatek místa na rámech, přičemž jediné omezení představují háky pro posun vozů lanem.

#### 4.5.6 Návrh umístění RFID tagů na podvozcích

Návrh vycházející z výsledků experimentu spočívajících v měření čtecích vzdáleností tagů umístěných na čtyřech typech podvozků je uveden v tabulce 19. Podrobnější vysvětlení je uvedeno pod tabulkou.

**Tabulka 19** RFID tagy na podvozcích

Typ podvozku	Umístění tagu
26-2.8	Vedle kruhového kontrolního otvoru v bočnici rámu podvozku vlevo nebo vpravo
Y25	Pravá strana podélníku (profil ve tvaru U), 0,20 m od pravého konce podélníku nebo ve středu níže umístěného podélného nosníku
Talbot R	Spodní část bočnice podvozku na nosníku pružinových závěsů
Diamond	Spodní část bočnice pod nosníkem pružin

Zdroj: autor

Umístění štítků na podvozcích typu 26-2.8 není složité, zpravidla kromě nutnosti odstranění starých vrstev nátěru, viz obrázek 11.



**Obrázek 11** Umístění štítku na rám podvozku typu 26-2.8 (autor)

Vhodné umístění na podvozcích typu Y25 je na pravé straně podélníku viz obrázek 12, neboť zde nejsou závažné problémy s rušením radiofrekvenčních vln. Obdobné umístění na levé straně podélníku se nedoporučuje kvůli kolizi s případně instalovaným automatickým snímačem zatížení vozu. Další místo s vhodnými vlastnostmi je ve středu spodního podélníku, přičemž případná písemná označení by měla být přenesena do horní části nosníku.



**Obrázek 12** Umístění tagu na rám podvozku typu Y25 (autor)

Podvozek Talbot R poskytuje relativně vhodné umístění uprostřed bočnice podvozku viz obrázek 13, s cílem minimalizovat rušení vln pomocí závěsů listových pružnic. U jiných příbuzných typů, jako je Minden Dorstfeld/WU74/ORE, které mají větší kontrolní otvory v bočnicích, je umístění obdobné, ovšem s ohledem na tyto otvory.



**Obrázek 13** Umístění tagu na rám podvozku typu Talbot R (autor)

Podvozek typu Diamond poskytuje prakticky pouze jedno vhodné místo ve vodorovném směru z důvodu poměrně členitému a nerovnému povrchu. Prostor vhodný pro umístění štítku je omezen na nevodorovné výztužné prvky vlevo nebo vpravo od pružin anebo na vodorovný nosník pod pružinami viz obrázek 14.



**Obrázek 14** Umístění tagu na rám podvozku typu Diamond (autor)

Dopady nasazení RFID technologie pro účely provozu, údržby a oprav:

- sledovatelnost většiny součástí vozidla a vozidel samotných,
- možnost bezkontaktní identifikace komponentů bez demontáže a vozidel v určených dopravních uzlech a areálech,
- eliminace lidských chyb v rámci procesů prováděných s vozidly a zásilkami,
- odstranění duplicit sériových čísel vozových součástí,
- doklad o výkonech a opotřebení součástí,
- doklad o provedených prohlídkách,
- zlepšení sledovatelnosti opotřebení vozidla díky sledování počtu ujetých kilometrů při propojení s jinými informačními systémy železničních podniků,
- možnost využití RFID jako spouštěče diagnostických systémů umístěných podél trati.



Dopady nasazení RFID technologie pro jiné účely:

- zlepšení provozních procesů, např. provoz na seřadovacích nádražích – automatické vytváření třídících seznamů (tříděnek), automatický soupis vlaků, potvrzení odjezdu,
- spolehlivá automatická nebo manuální kontrola součástí vozidla (podvozky, dvojkolí, nárazníky) při předávce soupravy mezi železničními podniky,
- příprava a zabezpečení jízdy vlaku na tratích bez zabezpečovacího systému.

#### **4.6 Návrh uplatnění RFID na regionálních tratích**

Tato část návrhu se zabývá odstraněním informační bariéry o pohybu vlaků na regionálních tratích, ze kterých, stejně jako z traťových úseků vybavených dálkovým řízením provozu železniční dopravy, vstupují vlaky do oblastí uzlů, ve kterých musí dojít k rozhodnutí o prioritě jízdy vlaku. V případě regionálních tratí navíc přistupují problémy spojené se zabezpečením jízdy vlaků. Vedle hlavního návrhu odstraňujícího bariéru získávání dat o provozu na regionálních tratích je součástí disertační práce vedlejší návrh zvýšení bezpečnosti dopravy na regionálních železničních tratích a zvýšení spolehlivosti zabezpečovacího systému radioblok, pro zajištění udržitelnosti provozu na tratích s nižší hustotou provozu. V analytické části práce obsahuje obecné vysvětlení řízení provozu prostřednictvím dispečerských center, přičemž nejsou opomenuty aspekty efektivity dálkového řízení, které umožňuje zefektivnit provoz na tratích, což má přímý dopad na udržení provozu a služeb zejména na regionálních tratích. Dále se práce ve své analytické části věnuje zabezpečovacímu systému radioblok, včetně vysvětlení provozních postupů a technických nedostatků. V této podkapitole na analýzu navazuje návrh na vylepšení systému radioblok implementací radiofrekvenční identifikační technologie, přičemž je v následující podkapitole uveden rovněž popis řízení provozu podle návrhu. Následně jsou uvedeny vlastnosti navrhovaného řešení, které umožňuje zabezpečení jízd vlaků bez nutnosti instalace nákladného vlakového zabezpečovacího systému včetně pořízení nákladného vybavení. Nechybí ani shrnutí dosažených výsledků a úvaha nad dalším směrem výzkumu v oblasti alternativních zabezpečovacích systémů.

##### **4.6.1 Vylepšení radiobloku pomocí RFID technologie**

Snímání polohy objektů včetně železničních vozidel pomocí RFID technologie je dlouholetou praxí jednak v osobní, tak v nákladní dopravě. Jádrem návrhu je aplikace RFID technologie do systému RBS s cílem eliminovat stávající problémy vzniklé nepřesným, chybným či jinak nedostatečným určením polohy vlaku v řízené oblasti. Oproti stávajícímu

stavu by RBV povolila jízdu vozidla pouze v případě načtení RFID štítku, který by byl přiřazen k určitému geografickému bodu a zároveň spárován s GPS polohou.

#### **4.6.2 Vybavení vozidla**

Základní součástí implementace RFID by měla být modernizace zařízení umístěného ve vozidle včetně instalace rozhraní mezi RBS a čtečkou RFID. Rozhraní je nezbytné k tomu, aby RBV přijímal informace přímo z infrastruktury namísto ručního zadávání kódů pro určení polohy vlaku strojvedoucím. Dále musí být rozšířeno uložení dat RBV a algoritmy RBV musí být upgradovány tak, aby mohly pracovat s off-line mapou sítě, ve které budou uloženy kódy RFID tagů. Tím se odstraní nevýhody stávajícího ověření polohy GPS. Párování dat o poloze z RFID tagů s polohou získanou pomocí GPS zajistí, že v případě přesunutí či demontáže tagu bude určení polohy vlaku stále možné. Vozidla provozovaná pravidelně na tratích vybavených RBS RFID musí být vybavena čtečkou RFID a dalším nezbytným vybavením. Existují dvě možnosti vybavení vozidla čtečkou RFID tagů. První možností je instalace pevné čtečky s anténou na boku vozidla nebo pod vozidlem. Druhou možností je vybavit vozidlo přenosnou čtečkou RFID spárovanou s RBV.

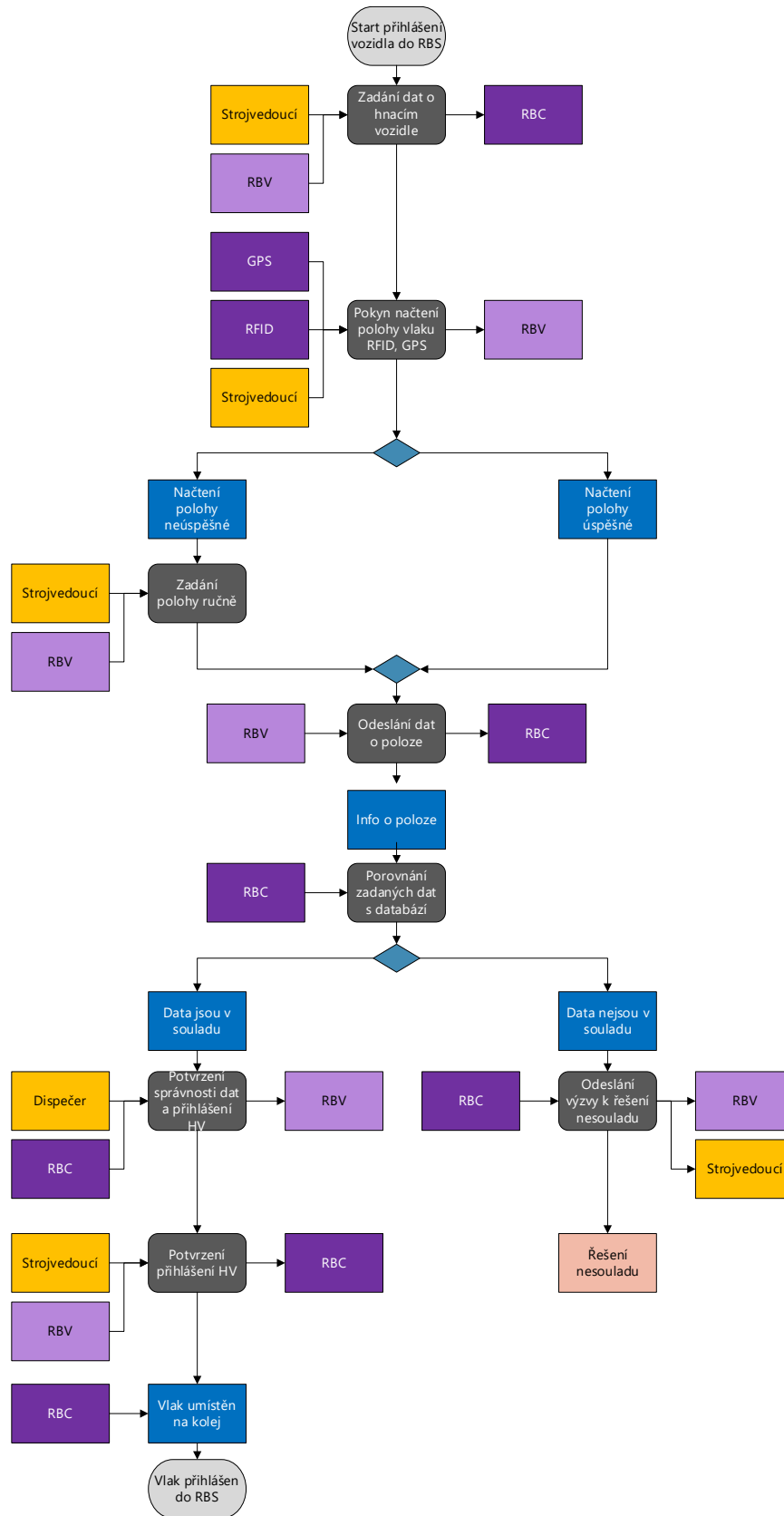
#### **4.6.3 Vybavení infrastruktury**

Železniční tratě vybavené RBS s technologií RFID by byly vybaveny štítky RFID alespoň v místech pravidelného zastavování vlaků. V případě železničních stanic musí být všechny koleje vybaveny štítky RFID, a to alespoň na obou koncích každé koleje a v místech požadovaného zastavení vlaku. U kolejí s nástupišti mohou být RFID štítky umístěny na koncích nástupišť. Pro eliminaci vlivů počasí na spolehlivost by měl být tag umístěn na hraně nástupišť nebo na sloupcích umístěných u každé koleje. Instalaci tagů na pražce autor na základě vlastních zkušeností z technických a klimatických důvodů nedoporučuje.

#### **4.6.4 Procesy řízení dopravy**

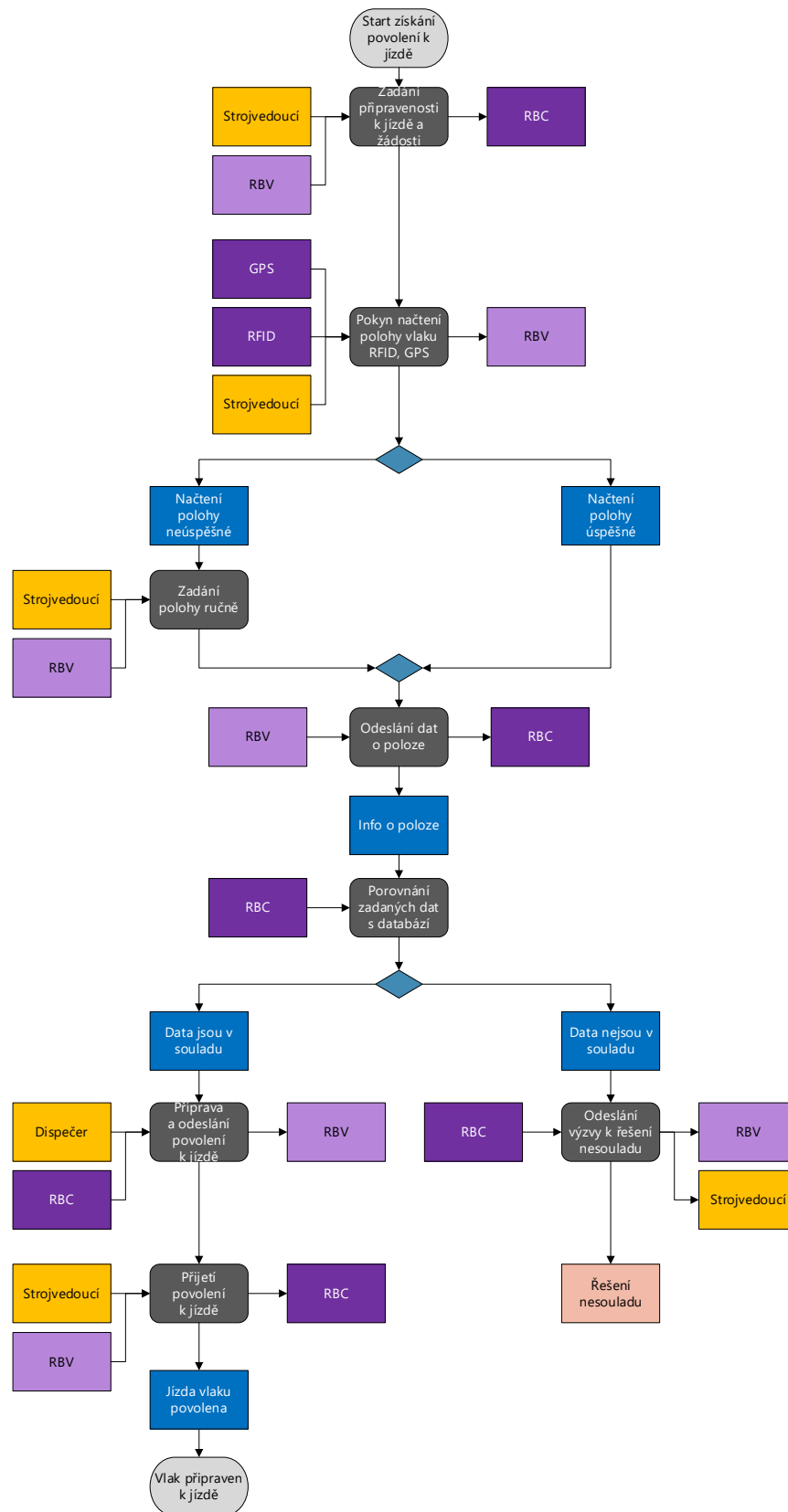
Komunikace mezi strojvedoucím a dispečerem by měla probíhat datově. Hlasová komunikace by měla být použita pouze v nezbytných případech, jako je případ nouze či technická závada a její průběh bude muset být prostřednictvím přesných frází dle předpisu provozovatele dráhy. Navrhovaný způsob datové komunikace RBS RFID je vysvětlen na příkladu vlaku, který se přihlašuje do systému RBS, viz obrázek 15. Pro přihlášení hnacího vozidla do RBS strojvedoucí zadá informace do RBV a načte RFID tag umístěný u koleje. Pokud není možné tag ani GPS polohu načíst, strojvedoucí zadá polohu (např. název stanice a číslo koleje) ručně. Poté jsou data odeslána do RBC. Údaje přijaté RBC od RBV jsou

vyhodnoceny a porovnány s databází. V případě souladu dat dispečer potvrzuje přihlášení a RBC automaticky umístí hnací vozidlo i s vlakovou soupravou na konkrétní kolej.



Obrázek 15 Algoritmus přihlášení do RBS (autor)

V případě žádosti o povolení k jízdě strojvedoucí zadá do RBV informace o vlaku (provozní číslo vlaku a den provozu) dle postupu na obrázku 16.



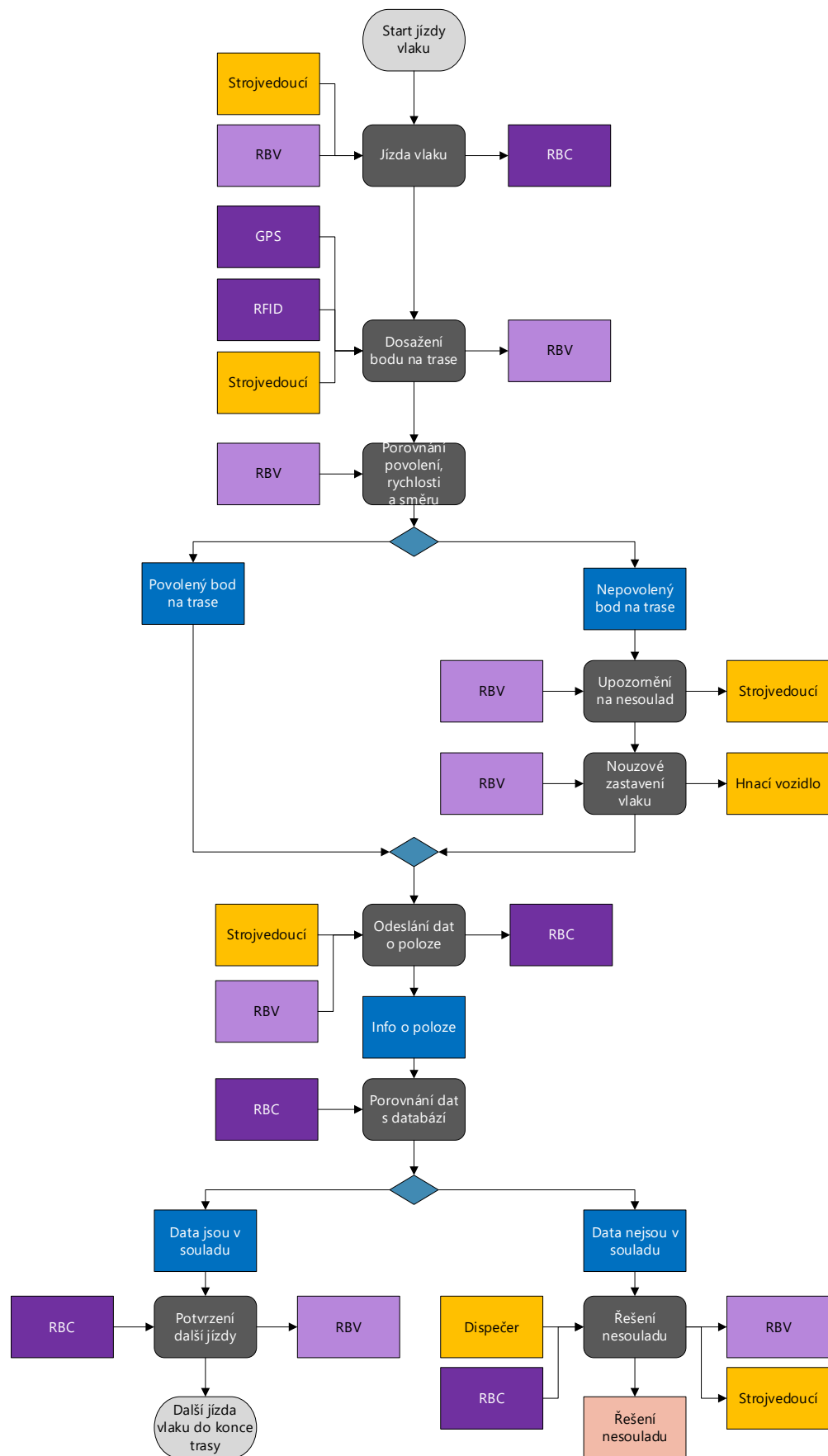
Obrázek 16 Algoritmus žádosti o povolení k jízdě vlaku (autor)

Pokud vlak není uložen v paměti RBV, musí číslo vlaku, datum a následující místo zastavení zadat ručně. Dále také zadá do systému informaci, zda příslušná kolej zůstane obsazená poté, co vlak opustí kolej nebo zda na koleji zůstanou nějaká vozidla. Potvrzením dialogu strojvedoucí odešle žádost o povolení k jízdě. Následně jsou data zpracována RBS a předána oběma účastníkům komunikace, kteří žádost o souhlas k jízdě potvrdí nebo zamítnou. Následně vlak může vyjet do traťového úseku, viz obrázek 17 a pokračovat přes následující body na trati až do určeného bodu, kam platí jeho povolení k jízdě.

Každý vlak musí zastavit v určeném bodě na trati, kde mu končí povolení k jízdě, například u určeného nástupiště ve stanici. V ideálním případě by měl zastavit co nejbližší určenému místu, kde se nachází RFID tag. Jakmile vlak zastaví, načte RFID štítek a GPS polohu, událost RBV zaznamená a po potvrzení správnosti údajů strojvedoucím, RBV odešle zprávu RBC. Zpráva potvrzuje, že:

- vlak dorazil do určeného bodu (RBV načtl RFID štítek),
- celý vlak uvolnil všechny oddíly na trati,
- zadní část vlaku opustila všechny kolizní body.

Pokud by vlak neuvolnil traťové oddíly či kolizní body, strojvedoucí by nepotvrdil správnost údajů zprávy o dosažení určeného bodu a zašle chybovou zprávu, přičemž RBC považuje traťový úsek nadále za obsazený. Uvedené řešení umožňuje pro zvýšení kapacity vytvořit úsekové oddíly na trati včetně kontroly jejich obsazení vlakem a dále kontrolovat směr jízdy vlaku.



Obrázek 17 Jízda vlaku (autor)

## 5 VYHODNOCENÍ A DISKUSE O VÝSLEDKÁCH

Železniční nákladní přeprava je službou, která je do budoucna v rámci evropských strategií považována za rozhodující s ohledem na snižování negativních vlivů dopravy na životní prostředí. Rovněž je tato služba schopná nákladově efektivně plnit potřeby zákazníků a do budoucna s dalším rozvojem kombinované dopravy zvýšit svůj podíl na objemu přepraveného zboží. Přestože jsou v posledních letech deklarovány úspěchy v podobě nárůstu přepraveného objemu zboží po železnici, které jsou připisovány kompletní liberalizací trhu nákladní přepravy, přičemž podíl bývalých státních dopravců je poprvé méně než 50 % a noví dopravci údajně zásadně nepřevzali obchodní případy těch původních, autor a dopravní odborníci konstatují, že liberalizace a rozdělení původních železnic na několik nástupnických organizací přineslo rovněž zásadní neúspěchy celého sektoru, které byly nedostatečně kompenzovány, ať již organizačními, legislativními či technickými opatřeními. Nové subjekty si především vybraly nejlukrativnější části trhu, zatímco původní dopravci na základě politického zadání plní méně lukrativní zakázky.

K současné situaci v celém železničním dopravním sektoru negativně přispívají další činitelé. Silně negativně působí, zejména v České republice, trend zvyšování počtu vlaků osobní dopravy při současném zkracování délky vlaků, zahušťování provozu příměstských vlaků, úpravy železniční sítě nezohledňující potřeby nákladní dopravy (zejména redukce a zkracování staničních kolejí i na páteřních tratích), abnormální množství a délka výluk a narušení provozu, nedostatek pracovníků (zejména technických a provozních profesí), neschopnost a neochota infrastrukturního manažera plnit požadavky dohod, legislativy a svých zákazníků jakož i kvalita plánování a řízení provozu anebo rozdílnost provozu na infrastrukturách jednotlivých infrastrukturních manažerů. Ve výčtu je zapotřebí zmínit zásadní neschopnost a neochotu sdílení či předávání dat mezi jednotlivými účastníky železniční přepravy i v případě dat, která byla v minulosti (i v dobách bez výpočetní techniky) standardně bezproblémově předávána a bez jejichž efektivního, spolehlivého a včasného předávání není možné provozování železniční přepravy. To má za následek, přes mnohé proklamace, setrvalé zaostávání železničního systému za jinými dopravními módy.

Jak již bylo definováno v analytické části práce, problémem je v kontextu tématu rostoucí složitost provozu, horší schopnosti dispečerů, kteří nemají dostatek informací či zkušeností, samotná kvalita informací ve správné podobě, rozdílnost přístupu dispečerů k řízení provozu, neexistence skutečných racionálních priorit vlaků na základě jejich aktuálních či alespoň plánovaných parametrů a konečně nedostatky informačních systémů, které by aktivně

podporovaly rozhodování dispečerského aparátu dopravců a infrastrukturních manažerů. Analyzované problémy představují bariéry, které byly autorem řešeny s cílem jejich odstranění nebo alespoň minimalizace.

Disertační práce obsahuje sadu návrhů sestávající ze tří částí, které jsou v některých ohledech nezávislé, avšak jedná se o prostředky k dosažení celkového cíle:

- Návrh rozhraní a systému pro podporu rozhodování dispečerů;
- Návrh využití RFID technologie na nákladních vozech;
- Návrh využití RFID technologie na regionálních tratích.

Příčemž ústřední část je návrh systému, který podporuje sdílení dat a rozhodování dispečerů při řízení provozu založený na vícekriteriálním rozhodování a fuzzy množinách a je tedy jádrem disertační práce. Zbylé dvě části jsou podpůrné pro část ústřední a jsou založeny na získávání a předávání dat, které se týkají zabezpečení jízdy vlaků, resp. získávání informací o jízdě vlaků na regionálních tratích a získávání informací o vlacích a jejich jízdě na hlavních tratích, což jsou vstupní údaje pro algoritmus navrženého systému v ústřední části. Systém pro podporu rozhodování dispečerů používá vstupní data získaná prostřednictvím technologie RFID a ze stávajících informačních systémů dopravců a infrastrukturních manažerů. Navržený systém je založen na sdílení dat a jejich zpracování s využitím metod vícekriteriálního rozhodování pro stanovení priorit vlaků dle přepravované zátěže, tedy zásilek. Vysvětlení lze nalézt v podkapitole 4.3.1. Dále je systém založen na využití metody fuzzy logiky pro stanovení priorit vlaků dle aktuální dopravní situace v definovaném bodě či úseku na železniční síti a následném rozhodnutí o celkové prioritě vlaků – vysvětlení lze nalézt v podkapitole 4.3.3. Výsledkem je poskytnutí podpory pro rozhodování v podobě pokynů dispečerům a informací pro řízení provozu, které doposud dispečeré neměli k dispozici buď v dostatečné podobě či zcela vůbec. Aplikace návrhu je provedena v podkapitole 4.3.8 na příkladu seřaďovací stanice a vybrané množiny vlaků. Dispečeré si minimálně v počátcích provozu budou moci nastavit své vlastní hodnoty kritérií hodnocení vlaků – autorem vyvinutý software tuto funkcionalitu umožňuje.

Systém je navržen na základě zhodnocení stavu teoretických i praktických znalostí tématu v České republice i v zahraničí a umožňuje modulární úpravy. Autor navíc sleduje návaznosti na jím v minulosti navržené dynamické plánování provozu dopravce na síti.

## **5.1 Možnosti využití návrhu pro podporu rozhodování dispečerů**

Aktuální návrh systému je určen pro dispečery nákladního dopravce s tím, že tito sdílí informace o provozu stávajícími způsoby s dispečery infrastrukturního manažera. Systém



v současné době nezohledňuje všechny vlaky, tedy vlaky osobní dopravy či jiné vlaky. Při reálné implementaci v České republice může dojít k odporu některých aktérů při sdílení informací. Pro omezení těchto vlivů je možno postupovat stávajícím postupem, kdy s veškerými daty bude disponovat pouze infrastrukturní manažer a navržený systém pro podporu řízení provozu budou využívat jeho dispečeri, zatímco ostatní dopravci budou moci disponovat pouze svými daty a podpora řízení provozu bude omezena jen na jejich vlaky. Ostatně obdobné řešení je v současnosti uplatněno v případě stávajících dispečerských informačních systémů. Použití je tedy principiálně možné všemi dispečery v rámci určitého železničního systému. Využití se předpokládá při řízení uzlových stanic, terminálů, seřaďovacích stanic či jiných vybraných bodů či úseků na železniční síti. Systém podpory rozhodování dispečerů může být využíván trvale nebo pouze v některých časových obdobích či provozních situacích.

V budoucnu při napojení na systém Automatického stavění vlakových cest či jiného obdobného systému může dojít ke zpřesnění pokynů dispečerům, spočívajícím například v přesném pokynu k odstavení jedoucího nákladního vlaku, u kterého parametry ukazují nevhodnost či neschopnost jízdy až do jiného určeného bodu v konkrétní stanici na konkrétní koleji.

## **5.2 Vyhodnocení návrhu systému pro podporu rozhodování dispečerů**

V této podkapitole jsou uvedeny jednak silné stránky návrhu a jednak slabé stránky návrhu systému pro podporu rozhodování dispečerů.

### **Silné stránky:**

- Přehlednost systému – každý krok výpočtu je srozumitelný a používá základní matematický aparát.
- Snadnost použití – nastavování kritérií je systematické a vyžaduje základní informace o topologii sítě. Pokyny, resp. rady poskytované dispečerům v textové podobě, jsou jednoznačné, ale přitom ponechávají autonomii rozhodování dispečera.
- Univerzální použití – systém lze využívat k řešení podpory rozhodování v libovolném uzlu, přičemž systém může přidáním kritérií či nastavením základní představené sady specifika zohlednit. Za pomoci expertního odhadu lze váhy kritérií libovolně přizpůsobit.
- Propojitelnost systému – systém je ve své stávající podobě samostatného softwaru, který načítá sady dat, schopen přijímat data v textovém formátu z jakéhokoli zdroje.

Z pohledu algoritmu je systém implementovatelný do jiných stávajících informačních systémů jako jeden z modulů.

- Bezpečnost provozu – navržený systém není přímo napojen na zabezpečovací zařízení a není kriticky-bezpečnostním systémem, a tudíž jeho selhání či vyřazení z činnosti nemá vliv na bezpečnost železničního provozu. Systém jako takový ke své činnosti nepotřebuje připojení k internetu, tudíž není přímo napadnutelný případnými útočníky. Zde je nutno konstatovat, že napadnutelné jsou informační systémy, které poskytují zdrojová data pro navržený systém a je tedy nutné věnovat pozornost zajištění bezpečnosti rozhraní.

#### **Slabé stránky:**

- Se zvětšující se časovou vzdáleností od uzlu, ve kterém se systém používá rapidně klesá kvalita výsledků.
- Nutnost vyřešení vlastnických práv k datům jednotlivých aktérů (zapojených dopravců, majitelů vozů, infrastrukturních manažerů apod.).
- Dostupnost vstupních dat – v případě mezistátních přeprav, přeprav po regionálních tratích bez informačního vybavení nebo celkovém nevybavení vozidel a tratí RFID či jinou technologií, která slouží pro získávání dat do dispečerských systémů a následně do systému pro podporu rozhodování, nebude systém správně fungovat, protože potřebná data bude získávat příliš pozdě. Ostatně tyto problémy jsou motivem pro návrhy představené v této disertační práci.

#### **Hrozby:**

- Izolované použití pouze u jednoho velkého dopravce či pouze na části sítě bez spolupráce ostatních partnerských dopravců, zejména soukromých či dceřiných nebo implementace pouze u infrastrukturního manažera bez spolupráce sousedních správců infrastruktury
- Nezajištění napojení na ostatní systémy – navržený systém je schopen pracovat samostatně s načítáním datových souborů v dávkách, avšak větší přidanou hodnotu i s ohledem na kvalitu a včasnost poskytování výsledků se jeví jako mnohem výhodnější z hlediska přidané hodnoty, napojení systému přímo na systém DISC OŘ či jiný systém poskytující data o dopravní situaci a PRIS či jiný systém poskytující data o přepravovaných zásilkách. V souvislosti s touto hrozbou je vhodné zmínit její provázanost s hrozbou izolovaného použití systému pouze u jednoho dopravce i infrastrukturního manažera.

- Špatná nebo částečná implementace – existuje nezanedbatelné riziko nedostatečného proškolení uživatelů, což by vedlo k chybné obsluze uživateli s tím spojeným negativním dopadům. Dále pak nelze podcenit téma napojení na zdroje dat, což by mělo za následek faktickou špatnou funkčnost s dalším dopadem na oblíbenost uživateli. Eliminace je možná důkladným proškolením uživatelů a zajištěním podmínek pro správné fungování.
- Nepřijetí navrženého systému uživateli – úspěch systému je do určité míry závislý na přijetí a oblíbenosti mezi uživateli. S tímto je spojena rovněž problematika školení obsluhy. V minulosti došlo například u systému „Automatické stavění vlakových cest“ v rámci testovacího provozu k jeho nepřijetí dopravními zaměstnanci – výpravčími a dispečery a musel být přepracován a jeho funkční rozsah značně zredukován. Z oblasti přepravy je nutno konstatovat, že zavedení tabletů a informačního systému PRIS pro tranzitéry přípraváře a vozmistry pro vyplňování provozní dokumentace v kolejišti rovněž nebylo uživateli dobře přijato. Aby byla tato hrozba eliminována bylo značné úsilí věnováno uživatelskému rozhraní, přičemž i do budoucna bude nutné v tomto úsilí vytrvat.
- Chybná obsluha uživateli – systém umožňuje nastavovat bodovou hodnotu neboli váhu jednotlivých kritérií, dle kterých pak dochází k výpočtu priorit jízdy vlaků, v případě neuváženého nastavení, mohou být výpočty a tím pádem i slovní doporučení pro dispečery špatná. Pro eliminaci této hrozby je možné deaktivovat funkcionalitu nastavení vah kritérií či provést důkladné proškolení. Z dosavadních poznatků nejsou známy jiné hrozby v oblasti chybné obsluhy.

#### **Příležitosti:**

- Integrace do informačních systémů dopravců či infrastrukturních manažerů – navržený systém pro podporu rozhodování je samostatný software, avšak v budoucnu by se mohl stát součástí staničních informačních systémů dopravců či infrastrukturních manažerů či být napojen na stávající informační systémy pomoci standardizovaného rozhraní napřímo, místo dosavadního načítání balíku dat.
- Získání nových datových zdrojů – technologie RFID může být v budoucnu nahrazena systémy vozové diagnostiky a komunikace. Rozvoj a nasazení takových systémů by mělo být umožněno nasazením digitálních automatických spřáhel na nákladní vozy.

- Rozšíření o vlaky osobní dopavy – navrhovaný systém je v budoucnu možné, a dokonce žádoucí, rozšířit o vlaky osobní dopavy a umožnit tak dispečerovi infrastrukturního manažera ucelenou informační podporu.
- Zlepšení doporučení dalším kalibrováním jednotlivých hodnot kritérií – kalibrace s ohledem na hustotu a charakter provozu v jednotlivých konkrétních bodech nasazení do provozu by měla přinést přesnější doporučení. Kalibrace by měla probíhat na základě porovnávání kvality rozhodnutí dispečera oproti výsledkům doporučovaným informačním systémem.
- Připojení databáze historických dat a statistických metod pro lepší nastavení systému v jednotlivých uzlech a časových obdobích.
- Finanční úspory – navržený systém může přinést úspory v provozu díky lepšímu využívání zdrojů.

### **5.3 Možnosti dalšího rozvoje systému pro podporu rozhodování dispečerů**

Z hlediska kvality vstupních dat zejména o odhadovaných časech příjezdu vlaku (ETA) nebo předání vlaku (ETI) se jeví jako účelné v budoucnu využít rovněž výsledky projektu FP5 TRANSFORM-R, části Seamless Freight, pracovních balíků WP27 Dynamic Dispatching Tools a WP28 Rail-Centred Intermodal Monitoring and Prediction Systems a WP29 European checkpoints.

Dále bude nutné stanovit pravidla aktualizace, resp. načítání sad dat a nakládání s nimi s ohledem na zabránění stavu, kdy by algoritmus v každé následující iteraci měnil svá doporučení a následně rozhodnutí dispečerů, která již budou v danou chvíli v realizaci.

V budoucnu bude pravděpodobně možné stanovit vliv dispečera na řízení provozu. Buď může být zachován stávající stav, kdy je rozhodování plně svěřeno dispečerům, přičemž za své konání nesou plnou odpovědnost, nebo mohou být jejich kompetence omezeny ve prospěch automatizovaného systému až do té míry, že práce dispečera bude zcela eliminována s výjimkou zvláštních specifických situací. Společenská problematika tohoto charakteru ovšem není předmětem této disertační práce a může tak být směrem hodným dalšího zkoumání.

Mezi příležitostmi bylo zmíněno digitální automatické spřáhlo jakožto možný nový prostředek přenosu dat a zároveň prostředek umožňující vůbec získávat data. Zde je nutné poznamenat, že DAC je aktuálně ve vývoji například v rámci projektů evropského železničního výzkumu – Flagship Project 5 TRANSFORM-R v rámci společného výzkumného podniku Europe's Rail Joint Undertaking, jehož zakládajícím členem jsou například České dráhy, a.s. či v rámci projektu European DAC Delivery Programme. Nasazení automatického spřáhla by

mohlo přinést plně digitální chytrý nákladní vlak, který bude schopen sdílet informace s dalšími informačními systémy a tím nahradit navržené řešení, ovšem bez dopadu na ústřední návrh v podobě systému pro podporu rozhodování dispečerů. Prototyp digitálního automatického spřáhla společnosti Voith je na obrázku 18.



**Obrázek 18** Prototyp digitálního automatického spřáhla Voith (autor)

Oproti doposud využívaným spřáhlům v osobní dopravě je zapotřebí, aby spřáhlo, které bude nasazeno na nákladních vozech, bylo více odolné, jednodušší konstrukce a aby elektrická svorkovnice, viz obrázek 19, měla na výšku maximálně 200 milimetrů, například z důvodu možnosti bezproblémového sklopení přechodových můstků mezi vozy.



**Obrázek 19** Prototyp svorkovnice digitálního automatického spřáhla Voith (autor)

## 5.4 Vyhodnocení a diskuse o návrhu využití RFID na nákladních vozech

Jedna část návrhu představuje autorem ověřené možnosti umístění RFID tagů na běžně rozšířené řady nákladních vozů a tím může posloužit pro standardizaci a rozvoj RFID na železnici v Evropě. I do budoucna, přes vývoj automatického digitálního spřáhla, může být technologie RFID perspektivní, neboť v rámci projektu Europe's Rail JU se v současné době vyvíjí automatizovaná kontrolní pracoviště pro kontrolu stavu vozů (European Checkpoints), kde by mohla být technologie RFID rovněž uplatněna. Další část návrhu představuje možnosti využití RFID technologie v oblasti traťového zabezpečovacího systému na tratích se zjednodušeným zabezpečením dle předpisu D3 a D4. Rozdílem je v případě nasazení na regionálních tratích oproti nasazení na hlavních tratích umístění RFID tagů a čteček. V případě regionálních tratí nasazení nutně nevyžaduje osazení statickými bránami. RFID štítky jsou umístěny na infrastruktuře a čtečky jsou umístěny na hnacím vozidle. V případě hlavních tratí je návrh opačný – RFID štítky jsou umístěny na vozidlech a stacionární čtečky jsou umístěny na infrastruktuře. Za určitých okolností může být přenosnou čtečkou vybaven provozní zaměstnanec dopravce, provádějící technickou a přepravní prohlídku. Oba návrhy se vzájemně doplňují. Řešení v případě ručního načítání vozidel na hlavních tratích je ovšem nutné vnímat jako doplňkové, neboť předmětem návrhu je umístění RFID tagů na jednotlivé vozové řady a jejich komponenty tak, aby byly čitelné pro stacionární čtečky a mohlo dojít ke standardizaci míst umístění na komponenty. Ve výsledku lze tímto dosáhnout spolehlivého získávání a předávání dat do dispečerských a dalších informačních systémů.

Další možností nasazení může být použití RFID jako podpůrné technologie pro diagnostické systémy, například detekci nežádoucích stavů:

- horkých ložisek a kol,
- plochých kol,
- poškození vozů
- a otevřených otvorů.

RFID lze rutinně využít ve staničních procesech například pro podporu automatizovaných systémů řízení a řízení seřadovacího nádraží jako:

- kontrola přijíždějících vlaků,
- rozřadování,
- shromažďování vozů,
- soupis vlaku,
- kontrola nakládky zásilek,

- vážení vozů,
- provozní seznamy vozidel,
- odevzdávkové listy,
- předávkové listy,
- návratové listy,
- výkaz vozidel pro nákladní vlak,
- mezinárodní zpráva o brzdění vlaku,
- tříděnky v seřadovacích stanicích apod.

V neposlední řadě je možné využít RFID v oblasti řízení provozu a údržby vozidel – sledování výkonnosti vozidel:

- počet najetých kilometrů,
- doba využití kolejí, doba odstavení vozů,
- obecné sledování vozů a vlaků na síti,
- údržba a ošetření vozidel (pravidelné prohlídky, dezinfekce vozů).

## **5.5 Vyhodnocení a diskuse o uplatnění RFID na regionálních tratích**

Cílem návrhu není konkurovat a jakkoli zpochybňovat zavádění ETCS, ale poskytnout možnost zvýšení zabezpečení regionálních tratí s nižší hustotou provozu, kde je instalace ETCS zcela neefektivní.

Výhody radiobloku s RFID:

- není třeba instalovat podél tratí komunikační kabely,
- zabezpečení jízd vlaků není závislé pouze na lidském faktoru (eliminace ručního zadávání dat),
- dispečer má přesný přehled o poloze vlaku na trati,
- upgrade a instalace hardware je jednoduchá a levná oproti řešení s ETCS,
- celkově nižší náklady na provoz zabezpečovacího systému,
- možnost dálkového řízení provozu z centrálních středisek řízení,
- zvýšení bezpečnosti provozu na mnoha tratích v dohledné době,
- zvýšení odolnosti a spolehlivosti stávajícího RBS, neboť selhání RFID technologie nemá přímý dopad na bezpečnost provozu.

Nevýhodou radiobloku s RFID je zavedení dalšího elementu, který si vyžaduje údržbu a provozování, avšak oproti vysokým nákladům na zavedení standardního systému dálkového řízení s ETCS, kdy musí být z hlediska nákladové efektivity na tratích vysoká hustota provozu,

jsou náklady na údržbu a provoz radiobloku s RFID mnohem nižší. Navržené úpravy stávajícího RBS jsou nízkonákladové v řádech jednotek milionů korun a mohou v dohledné době přinést výrazné zvýšení bezpečnosti železničního provozu na méně frekventovaných regionálních a místních tratích, na rozdíl od instalace evropského vlakového zabezpečovacího systému bez ohledu na jeho instalovanou úroveň. Návrh implementace technologie RFID je založen na velmi levném řešení a za určitých okolností by mohl být použit pro řízení provozu na regionálních tratích i bez použití RBS.

Vyjma interního vývoje zabezpečovacích systémů výrobce AŽD Praha a vývoje podpůrného navigačního systému pro strojvedoucí, jak uvádí Ministerstvo dopravy (2020), není autorovi znám žádný vývoj zařízení, které by mělo srovnatelné parametry s uvedeným návrhem.

V případě návrhu uplatnění RFID pro zabezpečení provozu a zajištění předávání informací na regionálních tratích je zapotřebí provést úpravy RBS a otestovat fungování RFID s RBS v reálném prostředí s konkrétními vozidly. Vzhledem k zavedení aplikace „Navigace pro strojvedoucí“ v roce 2021, která na základě dat jízdního řádu, poloh a pohybu jednotlivých vlaků na tratích upozorňuje strojvedoucího na provedení úkonů v jednotlivých bodech na trati a na blížící se protijedoucí vlaky, se do budoucna nabízí realizace myšlenky na propojení RBS s aplikací „Navigace pro strojvedoucí“. Alternativně by se problém zabezpečení regionálních tratí a v případě tématu této práce problém se získáváním a předáváním dat dal řešit zvýšeným úsilím výrobců zabezpečovacích systémů zaměřeným na úpravu architektury ETCS a vývoj zjednodušeného provedení mobilní i traťové části systému.



## 6 PŘÍNOSY DISERTAČNÍ PRÁCE

Disertační práce se zabývá tématem získávání, sdílení, resp. předávání informací a následně jejich využití pro odstranění bariér v železniční nákladní přepravě. Výsledky práce mohou být využity pro další vědecké zkoumání nebo jako podklad pro expertní činnost v dané tematické oblasti nebo pro praktické využití při rozvoji informačních systémů s prvky umělé inteligence pro řízení provozu. Ve vědecké oblasti je pozornost věnována hlavně teoretickému poznání, které je spojeno s provozem železniční nákladní přepravy, jejich procesů a specifík. Toto poznání bylo prohlubováno i v rámci komunikace s mnohými partnery, jak z praxe (ČD Cargo, Adriafer, Rail Cargo Austria, Deutsche Bahn), tak z akademického prostředí jako jsou Technische Univesität Berlin, Technische Universität Dresden, Sapienza Università di Roma, Newcastle University a University of Leeds. V praktické části byly představeny tři návrhy, k jejichž vytvoření byly využity vědecké metody uvedené v třetí kapitole.

### **Hlavní přínosy disertační práce:**

- analýza současného stavu (získávání a sdílení dat, řízení provozu, informačních systémů používaných v železniční nákladní dopravě, využití technologií elektronické identifikace, předpisů v oblasti technologií elektronické identifikace),
- provedení experimentu ke získání dat o vlastnostech RFID technologie v reálném železničním prostředí,
- využití metody vícekritériálního rozhodování – fuzzy logiky při návrhu systému podpory rozhodování dispečerů,
- návrh algoritmů fungování a implementace RFID technologie do systému radiobloku,
- návrh standardizovaného umístění RFID štítků na železniční nákladní vozy a implementace RFID technologie v železniční nákladní přepravě.

Při tvorbě disertační práce bylo využito zapojení autora do mezinárodního výzkumu v rámci projektů Shift2Rail JU Optiyard a Assets4Rail a Europe's Rail JU FP5 TRANSFORM-R. Přičemž původní myšlenky autora byly uplatněny v synergii vlastního výzkumu s mezinárodními projekty, přičemž došlo k uplatnění znalostí v obou směrech, tedy z i do České republiky. Dále práce vytváří předpoklady pro možné užití systematicky shrnutých poznatků v rámci výukového procesu na akademických pracovištích, podporuje teoretické prvky interoperability v železniční dopravě, přispívá k rozvoji znalostní báze v oblasti dynamického plánování a řízení železniční přepravy s potenciálním využitím návrhů pro úpravy metodických postupů v rámci koncepce či posuzování přepravního systému.

## 7 ZÁVĚR

Autor si v úvodu práce a v kapitole 2 stanovil cíl vytvořit návrh možností odstranění bariér pro zajištění nepřerušovaných digitálních toků informací v rámci realizace přepravního i dopravního procesu pomocí železniční nákladní přepravy jednak mezi jednotlivými účastníky a jednak mezi dopravními prostředky a centrálními informačními systémy účastníků přepravy.

Motivy a potřeba disertační práce vycházejí ze zkušeností, které autor nabyl v rámci spolupráce s nákladními dopravci, ze zapojení do evropských výzkumných projektů, či ze zkušeností nabytých ve společnosti, která vyvíjí a dodává informační systémy a poskytuje podporu aktérům nejen v rámci železniční dopravy, resp. přepravy.

Na základě zkušeností a dlouhodobé účasti na mezinárodních projektech, lze konstatovat, že efekty veškerých navrhovaných a posléze realizovaných opatření, která vycházejí z dopravní politiky evropského dopravního prostoru, s výjimkou infrastrukturní výstavby, jsou do značné míry omezeny klesající odborností a horšími schopnostmi pracovníků, kapacitními nedostatky infrastruktury a obecnou neochotou aktérů jednotného evropského železničního trhu nalézat nákladově účinná a funkční řešení letitých problémů železniční přepravy.

Výsledkem těchto opatření bude přes deklarované snahy o zlepšení neutěšeného stavu železniční nákladní přepravy, deklarované cíle přesunů přepravních objemů, zejména ze silniční dopravy na železniční, a přes úsilí v rámci výzkumu a vývoje, včetně této disertační práce, stagnace tohoto druhu dopravy. „Neodstranitelné“ drobné rozdíly v železniční dopravě dané odlišným vývojem v rámci jednotlivých částí Evropy patrně budou přetrvávat. V reakci na dlouhodobou ne-interoperabilitu a neschopnost sdílení dat mezi dopravci, infrastrukturními manažery a aktéry navzájem (i přes platnost technických specifikací pro interoperabilitu a dalších předpisů) vznikla tato disertační práce, která nabízí alternativní řešení problémů – bariér.

V rámci disertační práce jsou nejprve zkoumány a popsány základní teoretické poznatky, resp. stav poznání v oblasti nákladní přepravy a dopravy sestávající z několika oblastí analýzy. Jednou z nich je oblast identifikačních technologií obsahující popis, standardizaci, legislativu a uplatnění, přičemž největší pozornost je věnována technologii radiofrekvenční identifikace, u níž jsou podrobně popsány možnosti použití v dopravě, její výhody a nevýhody a výsledky dosavadního výzkumu. Důležitým výsledkem rešerše v této oblasti je definice požadavků na nasazení RFID technologie v železničním prostředí. Další oblastí rešerše byly zaměřeny na informační systémy využívané v rámci železniční nákladní přepravy, přípravu

plánu vlakovtorby a řízení a rozhodování v provozu uzlu a jeho okolí, které zahrnuje regionální tratě. Zásadním výsledkem rešerše v uvedené oblasti je definice nedostatků a bariér s touto oblastí spojených s ohledem na sdílení dat. Následující části obsahují cíl práce stanovený na základě rešerše a zvolené metody k jeho dosažení.

V navazující kapitole jsou představeny návrhy pro odstranění bariér. Nejdůležitější částí této kapitoly je návrh procesu řízení provozu v uzlu a s ním souvisejícího systému pro podporu rozhodování dispečerů v uzlech včetně rozhraní pro předávání dat mezi účastníky přepravního procesu.

Další návrhy spočívají v uplatnění radiofrekvenční technologie jakožto způsobu pro odstranění bariéry vstupu dat pro navržený řídicí proces a systém a zároveň umožňují zvýšení bezpečnosti na regionálních tratích. Ideou a hlavní motivací je sdílení, resp. předávání dat pro odstranění bariér v rámci železniční nákladní přepravy. Data získaná z primárních zdrojů – zabezpečovacích zařízení a železničních vozidel – jsou prostřednictvím rozhraní a informačních systémů sdílena s navrženým systémem pro podporu rozhodování dispečerů v uzlu a tím umožňují zvýšení kvality řízení přepravního systému. Návrhy přímo navazují na dynamické provozní plánování dopravce a infrastrukturního manažera.

Návrhy v případě správné implementace přinesou racionalizaci provozu, která se následně projeví zlepšeným řízením provozu, zvýšením efektivity využívání zdrojů, snížením provozních nákladů a odstraněním zahlcení dispečerského aparátu dopravce a infrastrukturního manažera. Návrh systému pro podporu rozhodování je založen na včasném získávání a sdílení dat mezi aktéry v každém okamžiku. Zavedením navrhovaného informačního systému získají dispečerů nástroj, který jim v případě správného používání může usnadnit rozhodování ve složitých situacích, neboť pracuje s větší a přesnější sadou dat, a navíc využívá pro rozhodnutí o prioritě jízdy vlaků metodu multikriteriálního rozhodování a metodu fuzzy logiky. Navržené řešení může zmírnit či v budoucnu zcela odstranit problém s nedostatkem zkušených dispečerů. Tím může dojít ke zvýšení produktivity práce provozních zaměstnanců, k rozšíření možnosti optimalizace nasazených kapacit a lepšímu využití objednaných tras. Pomocí návrhů může dojít k celkové racionalizaci provádění činností, úspoře zdrojů a tím k racionalizaci provozu železniční nákladní přepravy i s ohledem na zlepšení životního prostředí.

Z pohledu technologie procesů nejen ve vlakovtorbných či seřadovacích stanicích, ale obecně v uzlech, může navíc oproti navrženému řešení dojít vlivem nasazení digitálního automatického spřáhla na nákladní vozy ke značným změnám ve fungování železničního přepravního systému. Základem změn bude dostupnost elektrické energie na nákladním vozu a tím bude položen základ pro realizaci myšlenek definovaných jako „Průmysl 4.0“

nebo „Železnice 4.0“. Avšak tyto pojmy jsou mírně odlišné od myšlenek autora uvedených v této práci. Jak je uvedeno, jde o otázku změny procesů, ale i zavedení nových prvků/komponent na železniční vůz, které umožní realizaci myšlenky takzvaného inteligentního vozu, který je schopen měřit stavové veličiny a sdílet data veškerým účastníkům přepravního procesu ve zcela jiných než dosavadních parametrech. Následný vývoj však neohrožuje, nýbrž podporuje fungování autorova návrhu sdílení dat v kontextu řízení provozu uvedeného v této disertační práci. Návrh zavedení RFID technologie jakožto zdroje dat z nákladních vozů může být v následujících letech překonán, avšak principy navržené v této disertační práci bude možné i nadále využít na základě dat z nových technologií.

Závěrečná část je věnována vyhodnocení možností využití návrhu systému pro podporu rozhodování dispečerů, dalším možnostem rozvoje jakož i vyhodnocení a diskusi nad návrhy uplatnění technologie radiofrekvenční identifikace v prostředí železniční nákladní přepravy.

Ústřední cíl vytvoření návrhů vedoucích k odstranění bariér v rámci železniční nákladní přepravy a prokázání jejich využitelnosti byl dle autora naplněn beze zbytku. Lze konstatovat, že zavedením návrhů v různých modifikacích, je možné výrazně zvýšit efektivitu a atraktivitu železniční nákladní přepravy.

## 8 POUŽITÁ LITERATURA

ASMAG, 2011. Swedish transport administration manages rail traffic using TagMaster RFID solution. *Transportation* [online]. 29. září 2011. [cit. 2020-01-09]. Dostupné z: <https://www.asmag.com/showpost/12188.aspx>

BALOG, Michal et. al., 2018. Intelligent Wagon: A New Approach to Monitoring the Wagon's Technical Conditions. In: *Intelligent Transport Systems – From Research and Development to the Market Uptake. INTSYS 2017* [online]. Cham: Springer. DOI: [https://doi.org/10.1007/978-3-319-93710-6\\_7](https://doi.org/10.1007/978-3-319-93710-6_7). [cit. 2021-01-29]. Dostupné z: [https://link.springer.com/content/pdf/10.1007%2F978-3-319-93710-6\\_7.pdf](https://link.springer.com/content/pdf/10.1007%2F978-3-319-93710-6_7.pdf)

BALOG, Michal, Pavol SEMANCO a Zofia SIMEKOVÁ, 2015. Informatization of Rail Freight Transport by Applying RF Identification Technology. In: *Internet of Things. IoT Infrastructures. IoT360 2014* [online]. Cham: Springer. DOI: [https://doi.org/10.1007/978-3-319-19743-2\\_10](https://doi.org/10.1007/978-3-319-19743-2_10). [cit. 2021-01-29]. Dostupné z: [https://link.springer.com/chapter/10.1007%2F978-3-319-19743-2\\_10](https://link.springer.com/chapter/10.1007%2F978-3-319-19743-2_10)

BALOG, Michal a Miroslav MINDAS, 2016. Informatization of Rail Freight Wagon by Implementation of the RFID Technology. In: *Smart City 360°. SmartCity 360 2016, SmartCity 360 2015* [online]. Cham: Springer. Volume 166. DOI: [https://doi.org/10.1007/978-3-319-33681-7\\_50](https://doi.org/10.1007/978-3-319-33681-7_50). [cit. 2021-01-29]. Dostupné z: [https://link.springer.com/content/pdf/10.1007%2F978-3-319-33681-7\\_50.pdf](https://link.springer.com/content/pdf/10.1007%2F978-3-319-33681-7_50.pdf)

BRANDALÍK, František a Pavol KLUVÁNEK, 1984. *Operační analýza v železniční dopravě*. Bratislava: Alfa.

ČD CARGO, 2021. *Technologická dokumentace provozního pracoviště Česká Třebová pro stanici Česká Třebová* [interní norma].

ČD IS, 2021. *Informační systém PRIS* [software]. 2. srpna 2021 [cit. 2021-08-02].

ČESKO, 1995. *Vyhláška Ministerstva dopravy č. 173/1995 Sb., kterou se vydává dopravní řád drah* [online]. [cit. 2017-09-21]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/1995-173>

DONELLY, Jack, 2021. CTAC 2021: OCR and gate automation easy wins in brownfield terminal retrofitting. *Port technology* [online]. [cit. 2021-07-04]. Dostupné z:

<https://www.porttechnology.org/news/ctac-2021-ocr-and-gate-automation-easy-wins-in-brownfield-terminal-retrofitting/>

DOSTÁL, Petr, 2008. *Pokročilé metody analýz a modelování v podnikatelství a veřejné správě*. Brno: CERM. ISBN 978-80-7204-605-8.

DŘÁŽNÍ INSPEKCE, 2011. *Zpráva o výsledcích šetření příčin a okolností vzniku mimořádné události Srážka vlaků Os 18003 a Mn 88850 mezi železniční stanicí Čičenice a dopravnou Vodňany v km 4,048 dráhy železniční, regionální, Čičenice – Volary*. Praha. [online]. [cit. 2021-11-05]. Dostupné z: [https://www.dicr.cz/uploads/Zpravy/MU/DI\\_Vodnany.pdf](https://www.dicr.cz/uploads/Zpravy/MU/DI_Vodnany.pdf)

DŘÁŽNÍ INSPEKCE, 2020. *Závěrečná zpráva o výsledcích šetření mimořádné události Srážka vlaku Os 17113 s vlakem Os 17110 mezi dopravami D3 Pernink a Nové Hamry*. Praha. [online]. [cit. 2021-11-05]. Dostupné z: [https://www.dicr.cz/files/uploads/Zpravy/MU/DI\\_Pernink\\_Nove\\_Hamry\\_200707.pdf](https://www.dicr.cz/files/uploads/Zpravy/MU/DI_Pernink_Nove_Hamry_200707.pdf)

EVROPSKÁ UNIE, 2006. *Rozhodnutí Komise 2006/861/ES ze dne 28. července 2006 o technické specifikaci pro interoperabilitu subsystému Kolejová vozidla – nákladní vozy transevropského konvenčního železničního systému*. [online]. [cit. 2017-08-12]. Dostupné z: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/?uri=CELEX%3A32006D0861&qid=1633987873419>

EVROPSKÁ UNIE, 2013. *Prováděcí nařízení Komise (EU) č. 402/2013 ze dne 30. dubna 2013 o společné bezpečnostní metodě pro hodnocení a posuzování rizik a o zrušení nařízení (ES) č. 352/2009* [online]. [cit. 2017-08-22]. Dostupné z: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/?uri=CELEX%3A32013R0402&qid=1633981541184>

EVROPSKÁ UNIE, 2014. *Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2014/34/EU o harmonizaci právních předpisů členských států týkajících se zařízení a ochranných systémů určených k použití v prostředí s nebezpečím výbuchu* [online]. [cit. 2017-09-21]. Dostupné z: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/PDF/?uri=CELEX:32014L0034&from=CS>

EVROPSKÁ UNIE, 2015. *Prováděcí nařízení Komise (EU) 2015/1136 ze dne 13. července 2015, kterým se mění prováděcí nařízení (EU) č. 402/2013 o společné bezpečnostní metodě pro hodnocení a posuzování rizik* [online]. [cit. 2017-08-22]. Dostupné z: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/?uri=CELEX%3A32015R1136&qid=1633981811220>

- EVROPSKÁ KOMISE, 2021a. *Horizon Europe Strategic Plan (2021 – 2024)* [online]. Lucemburk: Publication Office of the European Union. ISBN 978-92-76-31020-4. DOI: 10.2777/083753. [cit. 2021-09-21]. Dostupné z: <https://op.europa.eu/en/web/eu-law-and-publications/publication-detail/-/publication/3c6ffd74-8ac3-11eb-b85c-01aa75ed71a1>
- EVROPSKÁ KOMISE, 2021b. *Návrh nařízení rady, kterým se zřizují společné podniky v rámci programu Horizont Evropa* [online]. Brusel: Generální ředitelství pro výzkum a inovace. [cit. 2021-09-21]. Dostupné z: [https://ec.europa.eu/transparency/documents-register/api/files/COM\(2021\)87\\_0/090166e5dcb018f2?rendition=false](https://ec.europa.eu/transparency/documents-register/api/files/COM(2021)87_0/090166e5dcb018f2?rendition=false)
- FERNÁNDEZ, J. González et al., 2009. Transf-ID: Automatic ID and Data Capture for Rail Freight Asset Management, In *IEEE Internet Computing* [online]. Volume 13, no. 1, s. 22-30. DOI: 10.1109/MIC.2009.24. [cit. 2021-01-26]. Dostupné z: <https://www.cp.eng.chula.ac.th/~natawut/Class/2110684/2553-1/Papers/mic2009010022.pdf>
- FLODR, František, 1990. *Dopravní provozu železnic. Technologie železničních stanic*. Bratislava: Alfa, vydavateľstvo technickej a ekonomickej literatúry. ISBN 80-05-00598-9.
- FOTR, Jiří, 2006. *Manažerské rozhodování: postupy, metody a nástroje*. Praha: Ekopress. ISBN 80-86929-15-9.
- FUZZYTECH, 2009. *What is Fuzzy logic?* [online]. [cit. 2019-12-10]. Dostupné z: <http://www.fuzzytech.com/>
- GÁBOR, Ondrej, Oleg KOPANEV a Karol KRIŽALKOVIČ, 1989. *Teória vyučovania matematiky*. Bratislava: SPN. ISBN 80-08-00285-9.
- GAŠPARÍK, Jozef et al., 2011. *Vlakotvorba a miestne dopravné procesy*. Pardubice: Univerzita Pardubice. ISBN 978-80-7395-444-4.
- GENTNER, Dedre, 1983. Structure-Mapping: A Theoretical Framework for Analogy. In: *Cognitive science* 7 [online]. Bolt Beranek and Newman. s. 155-170. [cit. 2020-02-02]. Dostupné z: [https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1207/s15516709cog0702\\_3](https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1207/s15516709cog0702_3)
- GREENGARD Samuel, 2013. Swedish Transport Gets on Track With RFID. *RFID Journal* [online]. Case study. Emerald X. 23. května 2013. [cit. 2021-01-30]. Dostupné z: <https://www.rfidjournal.com/swedish-transport-gets-on-track-with-rfid>

- GS1, 2017. *EPC: Tag Data Standard defines the Electronic Product Code and specifies the memory contents of Gen 2 RFID Tags* [online]. International standard. [cit. 2021-08-20]. Dostupné z: [https://www.gs1.org/sites/default/files/docs/epc/GS1\\_EPC\\_TDS\\_i1\\_11.pdf](https://www.gs1.org/sites/default/files/docs/epc/GS1_EPC_TDS_i1_11.pdf)
- HELL, Péter M. a Peter J. VARGA, 2018. Accurate Radiofrequency Identification Tracking in Smart City Railways by using Drones. In: *Interdisciplinary Description of Complex Systems* [online]. Volume 16, no. 3, s. 333-341. DOI:10.7906/indecs.16.3.5. [cit. 2021-01-28]. Dostupné z: <http://indecs.eu/2018/indecs2018-pp333-341.pdf>
- HOUDA, Pavel, 2020. Vedoucí skupiny technologie PJ Praha, Praha, 12. února 2020.
- HRANICKÝ, Michal P., Adrián ŠPERKA a Juraj ČAMAJ, 2021. RFID technology and its effects on improving technological processes at the Čierna nad Tisou station. In: *Transportation Research Procedia* [online]. Volume 55, s. 466-474. ISSN 2352-1465. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2021.07.010>. [cit. 2021-08-20]. Dostupné z <https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S2352146521004051?token=37AA7CD8F753CC10EBB10A7807772E8EA0EF305B61D40423E0A96B933624C265CEC2B7C228767412E5F04D5569D23A10&originRegion=eu-west-1&originCreation=20210909104650>
- HRICOVÁ, Romana, 2016. RFID as a tool of competitiveness increase of rail freight. In: *Acta Technologia* [online]. Volume 2, no. 1, s. 11-14. DOI: doi:10.22306/atec.v2i1.9. [cit. 2021-01-29]. Dostupné z: [http://actatecnologia.eu/issues/2016/I\\_2016\\_03\\_Hricova.pdf](http://actatecnologia.eu/issues/2016/I_2016_03_Hricova.pdf)
- CHRDLE, Zdeněk, 2017. Vlaky bez strojvedoucích, budoucnost nebo sen? In: *6. konference Evropské dopravní trendy: Zůstanou Praha a Česká republika křižovatkou Evropy?* [online]. [cit. 2021-11-20]. Dostupné z: [http://www.top-expo.cz/domain/top-expo/files/smart-city/smart-city-2017/ted/prezentace/05-chrdle\\_zdenek.pdf](http://www.top-expo.cz/domain/top-expo/files/smart-city/smart-city-2017/ted/prezentace/05-chrdle_zdenek.pdf)
- ISO/EIC, 2013. *Information technology — Radio frequency identification for item management — Part 6: Parameters for air interface communications at 860 MHz to 960 MHz* [online]. International standard. [cit. 2021-08-20]. Dostupné z [https://webstore.iec.ch/preview/info\\_isoiec18000-6%7Bed3.0%7Den.pdf](https://webstore.iec.ch/preview/info_isoiec18000-6%7Bed3.0%7Den.pdf)
- JANÍČEK, Přemysl, 2007a. *Systémové pojetí vybraných oborů pro techniky: hledání souvislostí, učební texty I*. Brno: Akademické nakladatelství CERM. ISBN 978-80-7204-554-9.



JANÍČEK, Přemysl, 2007b. *Systémové pojetí vybraných oborů pro techniky: hledání souvislostí, učební texty 2*. Brno: Akademické nakladatelství CERM. ISBN 978-80-7204-554-9.

JIE, Zhang a Shao LIPING, 2014. Research on the Railway Safety Monitoring Based on the Internet of Things Technology. In: *LISS* [online]. Heidelberg: Springer Berlin, 2014. DOI: [https://doi.org/10.1007/978-3-642-40660-7\\_137](https://doi.org/10.1007/978-3-642-40660-7_137). [cit. 2021-01-27]. Dostupné z: [http://www.aasmr.org/liss/Vol.1%20No.1/JLISS-VOL1\\_NO1\\_1.pdf](http://www.aasmr.org/liss/Vol.1%20No.1/JLISS-VOL1_NO1_1.pdf)

KLAPKA, Jindřich, Pavel POPELA a Jiří DVOŘÁK, 2001. *Metody operačního výzkumu*. Vyd. 2. Brno: VUTIUM. ISBN 80-214-1839-7.

KOPECKÁ, Marie, 2019. Vedoucí provozního pracoviště Olomouc, Olomouc, 26. listopadu 2019.

KOPECKÝ, Martin, 2021. Vedoucí oddělení procesního inženýringu, Praha, 26. srpna 2021.

KOSTKA, Pavel, 2018. Odborný referent osobní vozy a vozy pro zvláštní účely, Praha, 2. března 2018.

KOTLER, Philip a Kevin Lane KELLER, 2007. *Marketing management*. 12. vydání. Praha: Grada. ISBN 978-80-247-1359-5.

KOVÁŘÍK, Martin, 2008. *Počítačové zpracování dat v programu MatLab*. Bučovice: Martin Stříž. ISBN 978-80-87106-09-9.

KOZEL, Roman et al., 2006. *Moderní marketingový výzkum: nové trendy, kvantitativní a kvalitativní metody a techniky, průběh a organizace, aplikace v praxi, přínosy a možnosti*. Praha: Grada. ISBN 80-247-0966-X.

MAŠEK, Jaroslav, Peter KOLAROVSKI a Juraj ČAMAJ, 2016. Application of RFID Technology in Railway Transport Services and Logistics Chains, In: *Procedia Engineering* [online]. Volume 134, s. 231-236. ISSN 1877-7058, DOI: <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.01.064>. [cit. 2021-08-30]. Dostupné z: <https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S1877705816000679?token=F65E75D56B74E5A0BE240FAF57A5C1AD35E372408861C42907014481D6CC168A7FE881E254F77E45DD87BD62A8880EF&originRegion=eu-west-1&originCreation=20210909110043>

MAZÁČ, Pavel, 2021. Vedoucí realizačního týmu ELITE. Pardubice, 2. srpna 2021.

- MINISTERSTVO DOPRAVY, 2020. *České dráhy představily vlastní aplikaci pro doplňkové zabezpečení lokálních tratí*. Tisková zpráva. Praha: České dráhy. [online]. [cit. 2020-12-12]. Dostupné z: <https://www.mdcz.cz/Media/Media-a-tiskove-zpravy/Ceske-drahy-predstavily-vlastni-aplikaci-pro-dopl>n
- MOLNÁR, Zdeněk, 2012. *Competitive intelligence, aneb, Jak získat konkurenční výhodu*. Praha: Oeconomica. Odborná kniha s vědeckou redakcí. ISBN 978-80-245-1908-1.
- MORKUS, Jaroslav, 2021. Analytik. Pardubice, 3. srpna 2021.
- NOVÁK, Vilém, 1990. *Fuzzy množiny a jejich aplikace*. Praha: SNTL. ISBN 80-03-00325-3.
- NAVRÁTIL, Zdeněk, 2019. Technolog PJ Ostrava, Olomouc, 26. listopadu 2019.
- OCHRANA, František, 2020. *Metodologie, metody a metodika vědeckého výzkumu*. Praha: Univerzita Karlova, Nakladatelství Karolinum. ISBN 978-80-246-4200-0.
- OLTIS GROUP, 2011. *Projekt LogiGate: Protokol o provedeném měření* [interní materiál]. Velim, 16. srpna 2011.
- OLTIS GROUP, 2018. *Analýza sledovacích zařízení pro železniční nákladní vozy* [interní materiál]. Pardubice: Oltis Group.
- OLTIS GROUP, 2021a. *Informační systém ELITE* [software]. 2. března 2021 [cit. 2021-03-02].
- OLTIS GROUP, 2021b. *Informační systém GPPS* [software]. 15. března 2021 [cit. 2021-03-15].
- OLTIS GROUP, 2021c. *Informační systém ÚDIV* [software]. 4. dubna 2021 [cit. 2021-04-04].
- OLTIS GROUP, 2021d. *Informační systém TMS* [software]. 3. srpna 2021 [cit. 2021-08-03].
- OLTIS GROUP, 2021e. *Informační systém SIMON* [software]. 18. srpna 2021 [cit. 2021-08-18].
- OLTIS GROUP, 2021f. *Informační systém DISC OŘ* [software]. 2. července 2021 [cit. 2021-07-02].

- OLTIS GROUP, 2021g. *Informační systém DISC-M* [software]. 22. července 2021 [cit. 2021-07-22].
- POLACH, Vlastimil, 2006. *Centrální dispečink Přerov – pilotní projekt*. In: Vědeckotechnický sborník ČD č. 22/2006. Praha: České dráhy, a. s. [online]. [cit. 2022-05-11]. Dostupné z: <https://vts.cd.cz/documents/168518/195375/2204.pdf/0bd759f3-6be6-4936-8d24-0ea2f1f6cddd>
- PRERADOVIC, Stevan a Chandra N. KARMAKAR, 2012. *Multiresonator-based chipless RFID: barcode of the future*. New York: Springer. ISBN 978-1-4614-2094-1.
- SPRÁVA ŽELEZNIC, 2019. Nařízení o řízení železniční dopravy na tratích vybavených rádiovým blokem – SŽDC D4, Portál železničního provozu, [online]. [cit. 2020-01-05]. Dostupné z: <https://provoz.szdc.cz/portal/Show.aspx?oid=1359773>
- SENADEERA, M. Sena a Numan S. DOGAN, 2016. Emerging Applications in RFID Technology. In: *International Journal of Computer Science and Electronics Engineering (IJCSSE)* [online]. Volume 4, Issue 2. [cit. 2021-01-24]. ISSN 2320–4028. Dostupné z: <http://www.isaet.org/images/extraimages/P0516207.pdf>
- SHIFT2RAIL, 2021. *European Digital Automatic Coupler: first step towards one type selection* [online]. Press release. [cit. 2021-09-22]. Dostupné z: [https://shift2rail.org/wp-content/uploads/2021/09/Press-release\\_EDDP-coupler-selection\\_210921.pdf](https://shift2rail.org/wp-content/uploads/2021/09/Press-release_EDDP-coupler-selection_210921.pdf)
- ŠPERKA, Lubomír, 2020. *Systémový analytik*, Olomouc, 2. listopadu 2020.
- ŠTĚDRŮŇ, B., M. POTŮČEK, J. KNÁPEK, P. MAZOUCH et al., 2012. *Prognostické metody a jejich aplikace*. Praha: C. H. Beck. ISBN 978-80-7179-174-4.
- TOMEK, Gustav a Věra VÁVROVÁ, 2000. *Řízení výroby*. 2., rozš. a dopl. vyd. Praha: Grada. Expert. ISBN 80-7169-955-1.
- TRANSCORE, 2021. *Rail and Intermodal*. [online]. [cit. 2021-09-22]. Dostupné z: <https://transcore.com/rfid/rail-intermodal>
- TUZAR, Antonín, Petr MAXA a Vladimír SVOBODA, 1997. *Teorie dopravy*. Praha: Vydavatelství ČVUT. ISBN 80-01-01637-4.
- TÜRKŞEN, I. Burhan, 2006. *An Ontological and Epistemological Perspective of Fuzzy Set Theory*. Amsterdam: Elsevier, 517 s. ISBN 0-444-51891-6.

- UßLER, Hagen, Oliver MICHLER a Günter LÖFFLER, 2019. Validation of multiple sensor systems based on a telematics platform for intelligent freight wagons. In: *Transportation Research Procedia* [online]. Volume 37, s. 187-194. ISSN 2352-1465. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2018.12.182>. [cit. 2021-01-30]. Dostupné z: <https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S2352146518305970?token=F28FD670431F0A0FC1678A76CFD2B270245D50C766479FC897560FD450A4394B1EB673E994F52571CAAD5D0AFA9CB4EB&originRegion=eu-west-1&originCreation=20210909105715>
- VESELÝ, Karel, Petr KAČMAŘÍK a Michal PAVEL, 2016. Critical Safety Aspects of a GNSS Based Virtual Balise for ETCS. In: *Railknowledge bank*. [online]. [cit. 2020-01-05]. Dostupné z: <http://www.railknowledgebank.com/Presto/pl/MTk4MTRjNDUtNWQ0My00OTBmLTllYWUtZWZjM2U2OTE0ZDY3LjU3NzM=>
- VIOLINO, Bob, 2005a. What is RFID? *RFID Journal* [online]. [cit. 2018-11-20]. Dostupné z: <http://www.rfidjournal.com/articles/view?1339/>
- VIOLINO, Bob, 2005b. The Basics of RFID Technology. *RFID Journal* [online]. [cit. 2018-09-04]. Dostupné z: <http://www.rfidjournal.com/articles/view?1337>
- ZADEH, A. Lotfi, 2008. Fuzzy logic. *Scholarpedia*. Volume 3 (3): 1766. revision 123810. DOI: 10.4249/scholarpedia.1766 [online]. [cit. 2020-01-05]. Dostupné z: [http://www.scholarpedia.org/article/Fuzzy\\_logic](http://www.scholarpedia.org/article/Fuzzy_logic)

## 9 PUBLIKAČNÍ ČINNOST DOKTORANDA SOUVISEJÍCÍ S TÉMATEM DISERTAČNÍ PRÁCE

ŠOHAJEK, Petr, Martin ŠUSTR, Michaela ŠTĚPÁNOVÁ a Jiří ČÁP, 2018. Planning of rail freight unit train operation in the liberalized environment – instrument for dynamic assignment of paths on railway network. In: *Proceedings of International Conference ICTTE, 2018*. Belgrade: Faculty of Transport and Traffic Engineering, University of Belgrade, Serbia. (zařazeno v databázi Web of Science)

ROZOVÁ Dana, Martin ŠUSTR, Radovan SOUŠEK a Petr ŠOHAJEK, 2018. Crisis management in the railway transport and their additions. In: *Proceedings of 22nd International Scientific Conference. Transport Means 2018*. Kaunas: Kaunas University of Technology, Lithuania. (zařazeno v databázi Scopus)

FUCHS Pavel, Dana ROZOVÁ, Martin ŠUSTR, Radovan SOUŠEK a Petr ŠOHAJEK, 2018. Critical infrastructure in the railway transport system. In: *Proceedings of WMSCI 2018 - 22nd World Multi-Conference on Systemics, Cybernetics and Informatics*. s. 182-186. Orlando: International Institute of Informatics and Systemics, United States of America. (zařazeno v databázi Scopus)

KROČA Petr, Jiří ČÁP a Petr ŠOHAJEK, 2019. The TREX project – research and development of a new information system to support the transport of extraordinary consignments by rail. In: *Proceedings of 23rd International Scientific Conference. Transport Means 2019*. Kaunas: Kaunas University of Technology, Lithuania. (zařazeno v databázi Scopus)

ROZOVÁ Dana, Martin ŠUSTR a Petr ŠOHAJEK, 2019. Continuity of activities for railway undertaking. In: *Proceedings of 23rd International Scientific Conference. Transport Means 2019*. s. 1508-1511. Palanga: Kaunas University of Technology, Lithuania. (zařazeno v databázi Scopus)

ŠUSTR Martin, Petr ŠOHAJEK, Petra SETLÍKOVÁ a Radovan SOUŠEK, 2021. Impact of the pandemic disease on the Railway Central Traffic Control Centers. In: *Proceedings of 25th International Scientific Conference. Transport Means 2021*. Kaunas University of Technology, Lithuania. (zařazeno v databázi Scopus)

ŠOHAJEK, Petr a Jiří ČÁP, 2018. Interface for operational management system in marshalling yards. In: *VII. International Scientific Conference of the Faculty of Transport Engineering, 2018*. Pardubice: Faculty of Transport Engineering, University of Pardubice, Czechia.

ŠOHAJEK, Petr, Pavlína CZERNYANSZKÁ a Roman HRUŠKA, 2020. RFID technology deployment in the production logistics of buses. In: *The 14th International Days of Statistics and Economics*. Prague: University of Economics, Czech Republic.

ČÁP, Jiří, Martin KOPECKÝ a Petr ŠOHAJEK, 2020. Optimalizace řízení seřadovací stanice v rámci projektu OPTIYARD. In: *Nová železniční technika, ročník 28, 2020*. Brno: Nakladatelství a vydavatelství MiS, Česká republika.

ŠOHAJEK, Petr, Martin ŠUSTR, Pavla ŠMÍDOVÁ a Radovan SOUŠEK, 2022. A Reliable Low-Cost Signaling System for Regional Railway Lines. In: Prentkovskis, O., Yatskiv (Jackiva), I., Skačkauskas, P., Maruschak, P., Karpenko, M. (eds) TRANSBALTICA XIII: Transportation Science and Technology. TRANSBALTICA 2022. Lecture Notes in Intelligent Transportation and Infrastructure. Springer, Cham.

## **10 SEZNAM PŘÍLOH**

<b>Příloha A</b> Výpočet hodnocení vlaků dle přepravní zátěže.....	137
<b>Příloha B</b> Popis navrženého software pro podporu rozhodování dispečerů.....	164
<b>Příloha C</b> Výsledky měření na podvozcích typů Talbot R a Diamond.....	170

## Příloha A Výpočet hodnocení vlaků dle přepravní zátěže

### Vlak 1

Poř.	Ozn. vozu	MZ	Počet náprav	Počet voz. jednotek	Počet násled. přepracování	Relace	Vůz mimo pahrbek	Nutnost provedení PP	Doplň. údaj	Instradace	RID	Počet odvěsů	Riziko nedodržení přepravní doby	Doba do odjezdu přípoje	Hodnocení doba do odjezdu přípoje	Doba čekání na další přípoj	Hodnocení doba čekání na další přípoj	Nadrozměr. zásilka	Dostupnost MM
1	31 54 5968 742- 4	0	4	1	3	96	0	0	Sku	0	0		1	3	10	15	8	0	0
2	31 54 5969 039- 4	0	4	1	3	96	0	0	Sku	0	0		1	3	10	15	8	0	0
3	31 54 5969 149- 1	0	4	1	3	96	0	0	Sku	0	0	1	1	3	10	15	8	0	0
4	31 54 4961 039- 5	1	6	2	1	370	0	1	01 Sku MZ !!!	0	0		0	3	10	15	8	0	2
5	31 54 4961 073- 4	1	6	2	1	370	0	1	01 MZ !!!	0	0		0	3	10	15	8	0	2
6	31 54 4961 032- 0	1	6	2	1	370	0	1	01 Sku MZ !!!	0	0	2	0	3	10	15	8	0	2
7	33 54 7958 702- 4	0	4	1	2	600	1	0	Sku	0	0	3	2	3	10	15	8	0	0
8	33 56	0	4	1	2	600	1	1	Sku !!!	0	0	4	2	3	10	15	8	0	0



Poř.	Ozn. vozu	MZ	Počet náprav	Počet voz. jednotek	Počet násled. přepracování	Relace	Vůz mimo pahrbek	Nutnost provedení PP	Doplň. údaj	Instradace	RID	Počet odvěsů	Riziko nedodržení doby	Doba do odjezdu přípoje	Hodnocení doba do odjezdu přípoje	Doba čekání na další přípoj	Hodnocení doba čekání na další přípoj	Nadrozměr. zásilka	Dostupnost MM
	7860 043- 8																		
9	33 54 7881 115- 1	0	4	1	2	600	0	0	Sku	0	0	5	2	3	10	15	8	0	0
10	33 56 7860 051- 1	0	4	1	2	600	1	1	Sku !!!	0	0	6	2	3	10	15	8	0	0
11	31 54 5969 086- 5	0	4	1	3	026A700	0	0	54 21	100	0		2	3	10	15	8	0	0
12	31 54 5952 838- 8	0	4	1	3	026A700	0	0	54 21	100	0	7	2	3	10	15	8	0	0
13	31 55 0810 115- 3	0	4	1	3	26	1	0	21	0	1	8	0	6	5	30	10	0	0
14	31 54 3938 283- 1	0	4	1	1	TZpr	0	0		0	0	9	0	6	5	30	10	0	2
15	83 56 9322 380- 1	0	4	1	1	721	0	0	Sku	0	0		1	3	10	6	2	0	0
16	83 56 9323	0	4	1	1	721	0	0	Sku	0	0		1	3	10	6	2	0	0

Poř.	Ozn. vozu	MZ	Počet náprav	Počet voz. jednotek	Počet násled. přepracování	Relace	Vůz mimo pahrbek	Nutnost provedení PP	Doplň. údaj	Instradace	RID	Počet odvěsů	Riziko nedodržení přepravní doby	Doba do odjezdu přípoje	Hodnocení doba do odjezdu přípoje	Doba čekání na další přípoj	Hodnocení doba čekání na další přípoj	Nadrozměr. zásilka	Dostupnost MM
	287-7																		
17	83 56 9322 335-5	0	4	1	1	721	0	0	Sku	0	0	10	1	3	10	6	2	0	0
18	31 54 5956 660-2	0	4	1	1	BARTS	0	0	21	0	0	11	1	3	10	6	2	0	1
19	21 81 2459 147-8	0	2	1	1	725	0	0		0	0	12	0	0	10	3	1	0	0
20	31 51 3944 693-6	0	4	1	4	25	0	0		0	0		2	12	1	15	8	0	0
21	31 51 3944 493-1	0	4	1	4	25	0	0		0	0	13	2	12	1	15	8	0	0
22	33 72 4728 982-6	0	4	1	1	VZpr	0	0		0	100		1	3	10	6	2	0	1
23	33 72 4728 601-2	0	4	1	1	VZpr	0	0		0	0	14	1	3	10	6	2	0	1
24	81 54 5979	0	4	1	2	707	0	0		0	0	15	2	24	0	3	1	0	0

Poř.	Ozn. vozu	MZ	Počet náprav	Počet voz. jednotek	Počet násled. přepracování	Relace	Vůz mimo pahrbek	Nutnost provedení PP	Doplň. údaj	Instradace	RID	Počet odvěsů	Riziko nedodržení přepravní doby	Doba do odjezdu přípoje	Hodnocení doba do odjezdu přípoje	Doba čekání na další přípoj	Hodnocení doba čekání na další přípoj	Nadrozměr. zásilka	Dostupnost MM
	091-2																		
25	31 54 5964 675- 0	0	4	1	2	727	0	0		0	0	16	2	24	0	3	1	0	0
26	33 56 5423 974- 8	0	4	1	2	707	0	0		0	0	17	2	24	0	3	1	0	0
27	31 54 5947 858- 4	0	4	1	2	727	0	0		0	0		2	24	0	3	1	0	0
28	31 54 5953 671- 2	0	4	1	2	727	0	0		0	0	18	2	24	0	3	1	0	0
29	33 72 4728 997- 4	0	4	1	2	VZpr	0	0		0	0	19	1	3	10	6	2	0	1
30	31 54 0807 339- 5	0	4	1	2	721	0	0		0	0		1	3	10	6	2	0	0
31	31 54 0807 981- 4	0	4	1	2	721	0	0		0	0	20	1	3	10	6	2	0	0
32	31 54 5952	0	4	1	2	727	0	0		0	0	21	0	0	10	3	1	0	0

Poř.	Ozn. vozu	MZ	Počet náprav	Počet voz. jednotek	Počet násled. přepracování	Relace	Vůz mimo pahrbek	Nutnost provedení PP	Doplň. údaj	Instradace	RID	Počet odvěsů	Riziko nedodržení přepravní doby	Doba do odjezdu přípoje	Hodnocení doba do odjezdu přípoje	Doba čekání na další přípoj	Hodnocení doba čekání na další přípoj	Nadrozměr. zásilka	Dostupnost MM
	851-1																		
33	31 54 6682 773- 2	0	4	1	2	713	0	0	Spr	0	0		0	18	1	21	8	0	0
34	31 54 6682 778- 1	0	4	1	2	713	0	0	Spr	0	0		0	18	1	21	8	0	0
35	81 54 6994 342- 8	0	4	1	2	713	1	0	Spr	0	0	22	0	18	1	21	8	0	0
36	31 54 5380 168- 2	0	4	1	3	600	0	0		0	0	23	2	3	10	15	8	0	0
37	31 54 0807 871- 7	0	4	1	2	721	0	0		0	0	24	2	3	10	15	8	0	0
38	31 54 5949 301- 3	0	4	1	2	711	0	0	Spr	0	0		0	6	5	18	8	0	0
39	31 54 5949 234- 6	0	4	1	2	711	0	0	Spr	0	0	25	0	6	5	18	8	0	0
40	31 54 0807	0	4	1	2	721	0	0		0	0		1	3	10	15	8	0	0

Poř.	Ozn. vozu	MZ	Počet náprav	Počet voz. jednotek	Počet násled. přepracování	Relace	Vůz mimo pahrbek	Nutnost provedení PP	Doplň. údaj	Instradace	RID	Počet odvěsů	Riziko nedodržení přepravní doby	Doba do odjezdu přípoje	Hodnocení doba do odjezdu přípoje	Doba čekání na další přípoj	Hodnocení doba čekání na další přípoj	Nadrozměr. zásilka	Dostupnost MM
	329-6																		
41	31540807587-9	0	4	1	2	721	0	0		0	0	26	1	3	10	15	8	0	0
42	21545557440-4	0	2	1	5	770v	1	0	21	0	0	27	0	12	1	24	10	0	0
43	31545961143-2	0	4	1	2	Váha	0	0	Spr	0	0	28	2	24	0	36	10	0	0
44	31545952679-6	0	4	1	2	707	0	0		0	0		2	24	0	36	10	0	0
45	81546994275-0	0	4	1	2	707	1	0		0	0	29	2	24	0	36	10	0	0
Total	1142	3	182	48	93	20264	7	5	63	200	101	58	50		296		269	0	12

Zdroj: autor s využitím ČD IS (2021)

## Vlak 2

Poř.	Ozn. vozu	MZ	Počet náprav	Počet voz. jednotek	Počet násled. přepracování	Relace	Vůz mimo pahrbek	Nutnost provedení PP	Doplň. údaj	Instradace	RID	Počet odvěšů	Riziko nedodržení přepravní doby	Doba do odjezdu přípoje	Hodnocení doba do odjezdu přípoje	Doba čekání na další přípoj	Hodnocení doba čekání na další přípoj	Nadrozměr. zásilka	Dostupnost MM
1	83 56 9323 287-7	0	4	1	1	721	0	0	Sku	0	0		1	3	10	6	2	0	0
2	83 56 9322 335-5	0	4	1	1	721	0	0	Sku	0	0	10	1	3	10	6	2	0	0
3	31 54 5956 660-2	0	4	1	1	BARTS	0	0	21	0	0	11	1	3	10	6	2	0	1
4	21 81 2459 147-8	0	2	1	1	725	0	0		0	0	12	0	0	10	3	1	0	0
5	31 51 3944 693-6	0	4	1	4	25	0	0		0	0		2	12	1	15	8	0	0
6	31 51 3944 493-1	0	4	1	4	25	0	0		0	0	13	2	12	1	15	8	0	0
7	33 72 4728 982-6	0	4	1	1	VZpr	0	0		0	100		1	3	10	6	2	0	1
8	33 72 4728 601-2	0	4	1	1	VZpr	0	0		0	0	14	1	3	10	6	2	0	1
9	81 54 5979 091-2	0	4	1	2	707	0	0		0	0	15	2	24	0	3	1	0	0
10	31 54 5964 675-0	0	4	1	2	727	0	0		0	0	16	2	24	0	3	1	0	0
11	33 56 5423 974-8	0	4	1	2	707	0	0		0	0	17	2	24	0	3	1	0	0
12	31 54 5947 858-4	0	4	1	2	727	0	0		0	0		2	24	0	3	1	0	0

Poř.	Ozn. vozu	MZ	Počet oprav	Počet voz. jednotek	Počet násled. přepracování	Relace	Vůz mimo pahrbek	Nutnost provedení PP	Doplň. údaj	Instradace	RID	Počet odvěšů	Riziko nedodržení přepravní doby	Doba do odjezdu přípoje	Hodnocení doba do odjezdu přípoje	Doba čekání na další přípoj	Hodnocení doba čekání na další přípoj	Nadrozměr. zásilka	Dostupnost MM
13	31 54 5953 671-2	0	4	1	2	727	0	0		0	0	18	2	24	0	3	1	0	0
14	33 72 4728 997-4	0	4	1	2	VZpr	0	0		0	0	19	1	3	10	6	2	0	1
15	31 54 0807 339-5	0	4	1	2	721	0	0		0	0		1	3	10	6	2	0	0
16	31 54 0807 981-4	0	4	1	2	721	0	0		0	0	20	1	3	10	6	2	0	0
17	31 54 5952 851-1	0	4	1	2	727	0	0		0	0	21	0	0	10	3	1	0	0
18	31 54 6682 773-2	0	4	1	2	713	0	0	Spr	0	0		0	18	1	21	8	0	0
19	31 54 6682 778-1	0	4	1	2	713	0	0	Spr	0	0		0	18	1	21	8	0	0
20	81 54 6994 342-8	0	4	1	2	713	1	0	Spr	0	0	22	0	18	1	21	8	0	0
21	31 54 5380 168-2	0	4	1	3	600	0	0		0	0	23	2	3	10	15	8	0	0
22	31 54 0807 871-7	0	4	1	2	721	0	0		0	0	24	2	3	10	15	8	0	0
23	31 54 5949 301-3	0	4	1	2	711	0	0	Spr	0	0		0	6	5	18	8	0	0
24	31 54 5949 234-6	0	4	1	2	711	0	0	Spr	0	0	25	0	6	5	18	8	0	0
25	31 54 0807 329-6	0	4	1	2	721	0	0		0	0		1	3	10	15	8	0	0

Poř.	Ozn. vozu	MZ	Počet náprav	Počet voz. jednotek	Počet násled. přepracování	Relace	Vůz mimo pahrbek	Nutnost provedení PP	Doplň. údaj	Instradace	RID	Počet odvěsů	Riziko nedodržení přepravní doby	Doba do odjezdu přípoje	Hodnocení doba do odjezdu přípoje	Doba čekání na další přípoj	Hodnocení doba čekání na další přípoj	Nadrozměr. zásilka	Dostupnost MM
26	31 54 0807 587-9	0	4	1	2	721	0	0		0	0	26	1	3	10	15	8	0	0
27	21 54 5557 440-4	0	2	1	5	770v	1	0	21	0	0	27	0	12	1	24	10	0	0
28	31 54 5961 143-2	0	4	1	2	Váha	0	0	Spr	0	0	28	2	24	0	36	10	0	0
29	31 54 5952 679-6	0	4	1	2	707	0	0		0	0		2	24	0	36	10	0	0
30	81 54 6994 275-0	0	4	1	2	707	1	0		0	0	29	2	24	0	36	10	0	0
Total	598	0	116	30	62	15719	3	0	42	0	100	58	34		156		151	0	4

Zdroj: autor s využitím ČD IS (2021)



### Vlak 3

Poř.	Ozn. vozu	MZ	Počet oprav	Počet voz. jednotek	Počet násled. přepracování	Relace	Vůz mimo pahrtek	Nutnost provedení PP	Doplň. údaj	Instradace	RID	Počet odvěšů	Riziko nedodržení přepravní doby	Doba do odjezdu přípoje	Hodnocení doba do odjezdu přípoje	Doba čekání na další přípoj	Hodnocení doba čekání na další přípoj	Nadrozměr. zásilka	Dostupnost MM
1	31 54 5968 742-4	0	4	1	3	96	0	0	Sku	0	0		1	3	10	15	8	0	0
2	31 54 5969 039-4	0	4	1	3	96	0	0	Sku	0	0		1	3	10	15	8	0	0
3	31 54 5969 149-1	0	4	1	3	96	0	0	Sku	0	0	1	1	3	10	15	8	0	0
4	31 54 4961 039-5	1	6	2	1	370	0	1	01 Sku MZ !!!	0	0		0	3	10	15	8	0	2
5	31 54 4961 073-4	1	6	2	1	370	0	1	01 MZ !!!	0	0		0	3	10	15	8	0	2
6	31 54 4961 032-0	1	6	2	1	370	0	1	01 Sku MZ !!!	0	0	2	0	3	10	15	8	0	2
7	33 54 7958 702-4	0	4	1	2	600	1	0	Sku	0	0	3	2	3	10	15	8	0	0
8	33 56 7860 043-8	0	4	1	2	600	1	1	Sku !!!	0	0	4	2	3	10	15	8	0	0
9	33 54 7881 115-1	0	4	1	2	600	0	0	Sku	0	0	5	2	3	10	15	8	0	0
10	33 56 7860 051-1	0	4	1	2	600	1	1	Sku !!!	0	0	6	2	3	10	15	8	0	0
11	31 54 5969 086-5	0	4	1	3	026A700	0	0	54 21	100	0		2	3	10	15	8	0	0
12	31 54 5952 838-8	0	4	1	3	026A700	0	0	54 21	100	0	7	2	3	10	15	8	0	0

Poř.	Ozn. vozu	MZ	Počet náprav	Počet voz. jednotek	Počet násled. přepracování	Relace	Vůz mimo pahrbek	Nutnost provedení PP	Doplň. údaj	Instradace	RID	Počet odvěšů	Riziko nedodržení přepravní doby	Doba do odjezdu přípoje	Hodnocení doba do odjezdu přípoje	Doba čekání na další přípoj	Hodnocení doba čekání na další přípoj	Nadrozměr. zásilka	Dostupnost MM
13	31 55 0810 115-3	0	4	1	3	26	1	0	21	0	1	8	0	6	5	30	10	0	0
14	31 54 3938 283-1	0	4	1	1	TZpr	0	0		0	0	9	0	6	5	30	10	0	2
15	83 56 9322 380-1	0	4	1	1	721	0	0	Sku	0	0		1	3	10	6	2	0	0
16	83 56 9323 287-7	0	4	1	1	721	0	0	Sku	0	0		1	3	10	6	2	0	0
17	83 56 9322 335-5	0	4	1	1	721	0	0	Sku	0	0	10	1	3	10	6	2	0	0
18	31 54 5956 660-2	0	4	1	1	BARTS	0	0	21	0	0	11	1	3	10	6	2	0	1
19	21 81 2459 147-8	0	2	1	1	725	0	0		0	0	12	0	0	10	3	1	0	0
20	31 51 3944 693-6	0	4	1	4	25	0	0		0	0		2	12	1	15	8	0	0
Total	643	3	84	23	39	6737	4	5	42	200	1	24	21		181		133	0	9

Zdroj: autor s využitím ČD IS (2021)

## Vlak 4

Poř.	Ozn. vozu	MZ	Počet oprav	Počet voz. jednotek	Počet násled. přepracování	Relace	Vůz mimo pahrbek	Nutnost provedení PP	Doplň. údaj	Instradace	RID	Počet odvěšů	Riziko nedodržení přepravní doby	Doba do odjezdu přípoje	Hodnocení doba do odjezdu přípoje	Doba čekání na další přípoj	Hodnocení doba čekání na další přípoj	Nadrozměr. zásilka	Dostupnost MM
1	31 54 5968 742-4	0	4	1	3	96	0	0	Sku	0	0		1	3	10	15	8	0	0
2	31 54 5969 039-4	0	4	1	3	96	0	0	Sku	0	0		1	3	10	15	8	0	0
3	31 54 5969 149-1	0	4	1	3	96	0	0	Sku	0	0	1	1	3	10	15	8	0	0
4	31 54 4961 039-5	1	6	2	1	370	0	1	01 Sku MZ !!!	0	0		0	3	10	15	8	0	2
5	31 54 4961 073-4	1	6	2	1	370	0	1	01 MZ !!!	0	0		0	3	10	15	8	0	2
6	31 54 4961 032-0	1	6	2	1	370	0	1	01 Sku MZ !!!	0	0	2	0	3	10	15	8	0	2
7	33 54 7958 702-4	0	4	1	2	600	1	0	Sku	0	0	3	2	3	10	15	8	0	0
8	33 56 7860 043-8	0	4	1	2	600	1	1	Sku !!!	0	0	4	2	3	10	15	8	0	0
9	33 54 7881 115-1	0	4	1	2	600	0	0	Sku	0	0	5	2	3	10	15	8	0	0
10	33 56 7860 051-1	0	4	1	2	600	1	1	Sku !!!	0	0	6	2	3	10	15	8	0	0
11	31 54 5969 086-5	0	4	1	3	026A700	0	0	54 21	100	0		2	3	10	15	8	0	0
12	31 54 5952 838-8	0	4	1	3	026A700	0	0	54 21	100	0	7	2	3	10	15	8	0	0

Poř.	Ozn. vozu	MZ	Počet oprav	Počet voz. jednotek	Počet násled. přepracování	Relace	Vůz mimo pahrbek	Nutnost provedení PP	Doplň. údaj	Instradace	RID	Počet odvěšů	Riziko nedodržení přepravní doby	Doba do odjezdu přípoje	Hodnocení doba do odjezdu přípoje	Doba čekání na další přípoj	Hodnocení doba čekání na další přípoj	Nadrozměr. zásilka	Dostupnost MM
13	31 55 0810 115-3	0	4	1	3	26	1	0	21	0	1	8	0	6	5	30	10	0	0
14	31 54 3938 283-1	0	4	1	1	TZpr	0	0		0	0	9	0	6	5	30	10	0	2
15	83 56 9322 380-1	0	4	1	1	721	0	0	Sku	0	0		1	3	10	6	2	0	0
16	83 56 9323 287-7	0	4	1	1	721	0	0	Sku	0	0		1	3	10	6	2	0	0
17	83 56 9322 335-5	0	4	1	1	721	0	0	Sku	0	0	10	1	3	10	6	2	0	0
18	31 54 5956 660-2	0	4	1	1	BARTS	0	0	21	0	0	11	1	3	10	6	2	0	1
19	31 54 4961 039-5	1	6	2	1	370	0	1	01 Sku MZ !!!	0	0		0	3	10	15	8	0	2
20	31 54 4961 073-4	1	6	2	1	370	0	1	01 MZ !!!	0	0		0	3	10	15	8	0	2
21	31 54 4961 032-0	1	6	2	1	370	0	1	01 Sku MZ !!!	0	0	2	0	3	10	15	8	0	2
22	33 54 7958 702-4	0	4	1	2	600	1	0	Sku	0	0	3	2	3	10	15	8	0	0
23	33 56 7860 043-8	0	4	1	2	600	1	1	Sku !!!	0	0	4	2	3	10	15	8	0	0
24	33 54 7881 115-1	0	4	1	2	600	0	0	Sku	0	0	5	2	3	10	15	8	0	0
25	33 56 7860 051-1	0	4	1	2	600	1	1	Sku !!!	0	0	6	2	3	10	15	8	0	0

Poř.	Ozn. vozu	MZ	Počet oprav	Počet voz. jednotek	Počet násled. přepracování	Relace	Vůz mimo pahrtek	Nutnost provedení PP	Doplň. údaj	Instradace	RID	Počet odvěšů	Riziko nedodržení přepravní doby	Doba do odjezdu přípoje	Hodnocení doba do odjezdu přípoje	Doba čekání na další přípoj	Hodnocení doba čekání na další přípoj	Nadrozměr. zásilka	Dostupnost MM
26	31 54 5969 086-5	0	4	1	3	026A700	0	0	54 21	100	0		2	3	10	15	8	0	0
27	31 54 5952 838-8	0	4	1	3	026A700	0	0	54 21	100	0	7	2	3	10	15	8	0	0
28	31 55 0810 115-3	0	4	1	3	26	1	0	21	0	1	8	0	6	5	30	10	0	0
29	31 54 3938 283-1	0	4	1	1	TZpr	0	0		0	0	9	0	6	5	30	10	0	2
30	83 56 9322 380-1	0	4	1	1	721	0	0	Sku	0	0		1	3	10	6	2	0	0
31	83 56 9323 287-7	0	4	1	1	721	0	0	Sku	0	0		1	3	10	6	2	0	0
32	83 56 9322 335-5	0	4	1	1	721	0	0	Sku	0	0	10	1	3	10	6	2	0	0
33	31 54 5956 660-2	0	4	1	1	BARTS	0	0	21	0	0	11	1	3	10	6	2	0	1
34	31 54 6682 778-1	0	4	1	2	713	0	0	Spr	0	0		0	18	1	21	8	0	0
35	81 54 6994 342-8	0	4	1	2	713	1	0	Spr	0	0	22	0	18	1	21	8	0	0
36	31 54 5380 168-2	0	4	1	3	600	0	0		0	0	23	2	3	10	15	8	0	0
37	31 54 0807 871-7	0	4	1	2	721	0	0		0	0	24	2	3	10	15	8	0	0
38	31 54 5949 301-3	0	4	1	2	711	0	0	Spr	0	0		0	6	5	18	8	0	0

Poř.	Ozn. vozu	MZ	Počet náprav	Počet voz. jednotek	Počet násled. přepracování	Relace	Vůz mimo pahrbek	Nutnost provedení PP	Doplň. údaj	Instradace	RID	Počet odvěšů	Riziko nedodržení přepravní doby	Doba do odjezdu přípoje	Hodnocení doba do odjezdu přípoje	Doba čekání na další přípoj	Hodnocení doba čekání na další přípoj	Nadrozmr. zásilka	Dostupnost MM
39	31 54 5949 234-6	0	4	1	2	711	0	0	Spr	0	0	25	0	6	5	18	8	0	0
40	31 54 0807 329-6	0	4	1	2	721	0	0		0	0		1	3	10	15	8	0	0
41	31 54 0807 587-9	0	4	1	2	721	0	0		0	0	26	1	3	10	15	8	0	0
42	21 54 5557 440-4	0	2	1	5	770v	1	0	21	0	0	27	0	12	1	24	10	0	0
43	31 54 5961 143-2	0	4	1	2	Váha	0	0	Spr	0	0	28	2	24	0	36	10	0	0
44	31 54 5952 679-6	0	4	1	2	707	0	0		0	0		2	24	0	36	10	0	0
45	81 54 6994 275-0	0	4	1	2	707	1	0		0	0	29	2	24	0	36	10	0	0
Total	1381	6	190	51	87	18711	11	10	105	400	2	58	47		363		328	0	18

Zdroj: autor s využitím ČD IS (2021)

## Vlak 5

Poř.	Ozn. vozu	MZ	Počet náprav	Počet voz. jednotek	Počet násled. přepracování	Relace	Vůz mimo pahrbek	Nutnost provedení PP	Doplň. údaj	Instradace	RID	Počet odvěsů	Riziko nedodržení přepravní doby	Doba do odjezdu přípoje	Hodnocení doba do odjezdu přípoje	Doba čekání na další přípoj	Hodnocení doba čekání na další přípoj	Nadrozměr. zásilka	Dostupnost MM
1	31 54 5968 742-4	0	4	1	3	96	0	0	Sku	0	0		1	3	10	15	8	0	0
2	31 54 5969 039-4	0	4	1	3	96	0	0	Sku	0	0		1	3	10	15	8	0	0
3	31 54 5969 149-1	0	4	1	3	96	0	0	Sku	0	0	1	1	3	10	15	8	0	0
4	33 72 4728 982-6	0	4	1	1	VZpr	0	0		0	100		1	3	10	6	2	0	1
5	33 72 4728 601-2	0	4	1	1	VZpr	0	0		0	0	14	1	3	10	6	2	0	1
6	81 54 5979 091-2	0	4	1	2	707	0	0		0	0	15	2	24	0	3	1	0	0
7	31 54 5964 675-0	0	4	1	2	727	0	0		0	0	16	2	24	0	3	1	0	0
8	33 56 5423 974-8	0	4	1	2	707	0	0		0	0	17	2	24	0	3	1	0	0
9	31 54 5947 858-4	0	4	1	2	727	0	0		0	0		2	24	0	3	1	0	0
10	31 54 5953 671-2	0	4	1	2	727	0	0		0	0	18	2	24	0	3	1	0	0
11	33 72 4728 997-4	0	4	1	2	VZpr	0	0		0	0	19	1	3	10	6	2	0	1
12	31 54 0807 339-5	0	4	1	2	721	0	0		0	0		1	3	10	6	2	0	0

Poř.	Ozn. vozu	MZ	Počet náprav	Počet voz. jednotek	Počet násled. přepracování	Relace	Vůz mimo pahrbek	Nutnost provedení PP	Doplň. údaj	Instradace	RID	Počet odvěšů	Riziko nedodržení přepravní doby	Doba do odjezdu přípoje	Hodnocení doba do odjezdu přípoje	Doba čekání na další přípoj	Hodnocení doba čekání na další přípoj	Nadrozměr. zásilka	Dostupnost MM
13	31 55 0810 115-3	0	4	1	3	26	1	0	21	0	1	8	0	6	5	30	10	0	0
14	31 54 3938 283-1	0	4	1	1	TZpr	0	0		0	0	9	0	6	5	30	10	0	2
15	83 56 9322 380-1	0	4	1	1	721	0	0	Sku	0	0		1	3	10	6	2	0	0
16	83 56 9323 287-7	0	4	1	1	721	0	0	Sku	0	0		1	3	10	6	2	0	0
17	83 56 9322 335-5	0	4	1	1	721	0	0	Sku	0	0	10	1	3	10	6	2	0	0
18	31 54 5956 660-2	0	4	1	1	BARTS	0	0	21	0	0	11	1	3	10	6	2	0	1
19	21 81 2459 147-8	0	2	1	1	725	0	0		0	0	12	0	0	10	3	1	0	0
20	31 51 3944 693-6	0	4	1	4	25	0	0		0	0		2	12	1	15	8	0	0
21	31 51 3944 493-1	0	4	1	4	25	0	0		0	0	13	2	12	1	15	8	0	0
22	33 72 4728 982-6	0	4	1	1	VZpr	0	0		0	100		1	3	10	6	2	0	1
23	33 72 4728 601-2	0	4	1	1	VZpr	0	0		0	0	14	1	3	10	6	2	0	1
24	81 54 5979 091-2	0	4	1	2	707	0	0		0	0	15	2	24	0	3	1	0	0
25	31 54 5964 675-0	0	4	1	2	727	0	0		0	0	16	2	24	0	3	1	0	0



Poř.	Ozn. vozu	MZ	Počet náprav	Počet voz. jednotek	Počet násled. přepracování	Relace	Vůz mimo pahrbek	Nutnost provedení PP	Doplň. údaj	Instradace	RID	Počet odvěšů	Riziko nedodržení přepravní doby	Doba do odjezdu přípoje	Hodnocení doba do odjezdu přípoje	Doba čekání na další přípoj	Hodnocení doba čekání na další přípoj	Nadrozměr. zásilka	Dostupnost MM
26	33 56 5423 974-8	0	4	1	2	707	0	0		0	0	17	2	24	0	3	1	0	0
27	31 54 5947 858-4	0	4	1	2	727	0	0		0	0		2	24	0	3	1	0	0
28	31 54 5953 671-2	0	4	1	2	727	0	0		0	0	18	2	24	0	3	1	0	0
29	33 72 4728 997-4	0	4	1	2	VZpr	0	0		0	0	19	1	3	10	6	2	0	1
30	31 54 0807 339-5	0	4	1	2	721	0	0		0	0		1	3	10	6	2	0	0
31	31 54 0807 981-4	0	4	1	2	721	0	0		0	0	20	1	3	10	6	2	0	0
32	31 54 5952 851-1	0	4	1	2	727	0	0		0	0	21	0	0	10	3	1	0	0
33	31 54 6682 773-2	0	4	1	2	713	0	0	Spr	0	0		0	18	1	21	8	0	0
34	31 54 6682 778-1	0	4	1	2	713	0	0	Spr	0	0		0	18	1	21	8	0	0
35	81 54 6994 342-8	0	4	1	2	713	1	0	Spr	0	0	22	0	18	1	21	8	0	0
36	31 54 5380 168-2	0	4	1	3	600	0	0		0	0	23	2	3	10	15	8	0	0
37	31 54 0807 871-7	0	4	1	2	721	0	0		0	0	24	2	3	10	15	8	0	0
38	31 54 5949 301-3	0	4	1	2	711	0	0	Spr	0	0		0	6	5	18	8	0	0

Poř.	Ozn. vozu	MZ	Počet náprav	Počet voz. jednotek	Počet násled. přepracování	Relace	Vůz mimo pahrbek	Nutnost provedení PP	Doplň. údaj	Instradace	RID	Počet odvěšů	Riziko nedodržení přepravní doby	Doba do odjezdu přípoje	Hodnocení doba do odjezdu přípoje	Doba čekání na další přípoj	Hodnocení doba čekání na další přípoj	Nadrozměr. zásilka	Dostupnost MM
39	31 54 5949 234-6	0	4	1	2	711	0	0	Spr	0	0	25	0	6	5	18	8	0	0
40	31 54 0807 329-6	0	4	1	2	721	0	0		0	0		1	3	10	15	8	0	0
41	31 54 0807 587-9	0	4	1	2	721	0	0		0	0	26	1	3	10	15	8	0	0
42	21 54 5557 440-4	0	2	1	5	770v	1	0	21	0	0	27	0	12	1	24	10	0	0
43	31 54 5961 143-2	0	4	1	2	Váha	0	0	Spr	0	0	28	2	24	0	36	10	0	0
44	31 54 5952 679-6	0	4	1	2	707	0	0		0	0		2	24	0	36	10	0	0
45	81 54 6994 275-0	0	4	1	2	707	1	0		0	0	29	2	24	0	36	10	0	0
Total	917	0	176	45	92	21070	4	0	63	0	201	58	52		246		210	0	9

Zdroj: autor s využitím ČD IS (2021)

## Vlak 6

Poř.	Ozn. vozu	MZ	Počet náprav	Počet voz. jednotek	Počet násled. přepracování	Relace	Vůz mimo pahrbek	Nutnost provedení PP	Doplň. údaj	Instradace	RID	Počet odvěšů	Riziko nedodržení přepravní doby	Doba do odjezdu přípoje	Hodnocení doba do odjezdu přípoje	Doba čekání na další přípoj	Hodnocení doba čekání na další přípoj	Nadrozměr. zásilka	Dostupnost MM
1	31 54 5968 742-4	0	4	1	3	96	0	0	Sku	0	0		1	3	10	15	8	0	0
2	31 54 5969 039-4	0	4	1	3	96	0	0	Sku	0	0		1	3	10	15	8	0	0

Poř.	Ozn. vozu	MZ	Počet oprav	Počet voz. jednotek	Počet násled. přepracování	Relace	Vůz mimo pahrbek	Nutnost provedení PP	Doplň. údaj	Instradace	RID	Počet odvěšů	Riziko nedodržení přepravní doby	Doba do odjezdu přípoje	Hodnocení doba do odjezdu přípoje	Doba čekání na další přípoj	Hodnocení doba čekání na další přípoj	Nadrozměr. zásilka	Dostupnost MM
3	31 54 5969 149-1	0	4	1	3	96	0	0	Sku	0	0	1	1	3	10	15	8	0	0
4	31 54 4961 039-5	1	6	2	1	370	0	1	01 Sku MZ !!!	0	0		0	3	10	15	8	0	2
5	31 54 4961 073-4	1	6	2	1	370	0	1	01 MZ !!!	0	0		0	3	10	15	8	0	2
6	31 54 4961 032-0	1	6	2	1	370	0	1	01 Sku MZ !!!	0	0	2	0	3	10	15	8	0	2
7	33 54 7958 702-4	0	4	1	2	600	1	0	Sku	0	0	3	2	3	10	15	8	0	0
8	33 56 7860 043-8	0	4	1	2	600	1	1	Sku !!!	0	0	4	2	3	10	15	8	0	0
9	33 54 7881 115-1	0	4	1	2	600	0	0	Sku	0	0	5	2	3	10	15	8	0	0
10	33 56 7860 051-1	0	4	1	2	600	1	1	Sku !!!	0	0	6	2	3	10	15	8	0	0
11	31 54 5969 086-5	0	4	1	3	026A700	0	0	54 21	100	0		2	3	10	15	8	0	0
12	31 54 5952 838-8	0	4	1	3	026A700	0	0	54 21	100	0	7	2	3	10	15	8	0	0
Total	503	3	54	15	26	3798	3	5	0	200	0	14	15		120		96	0	6

Zdroj: autor s využitím ČD IS (2021)

## Vlak 7

Poř.	Ozn. vozu	MZ	Počet náprav	Počet voz. jednotek	Počet násled. přepracování	Relace	Vůz mimo pahrbek	Nutnost provedení PP	Doplň. údaj	Instradace	RID	Počet odvěsů	Riziko nedodržení přepravní doby	Doba do odjezdu přípoje	Hodnocení doba do odjezdu přípoje	Doba čekání na další přípoj	Hodnocení doba čekání na další přípoj	Nadrozměr. zásilka	Dostupnost MM
1	31 54 5968 742-4	0	4	1	3	96	0	0	Sku	0	0		1	3	10	15	8	0	0
2	31 54 5969 039-4	0	4	1	3	96	0	0	Sku	0	0		1	3	10	15	8	0	0
3	31 54 5969 149-1	0	4	1	3	96	0	0	Sku	0	0	1	1	3	10	15	8	0	0
4	21 54 5557 440-4	0	2	1	5	770v	1	0	21	0	0	27	0	12	1	24	10	0	0
5	31 54 5961 143-2	0	4	1	2	Váha	0	0	Spr	0	0	28	2	24	0	36	10	0	0
6	21 54 5557 440-4	0	2	1	5	770v	1	0	21	0	0	27	0	12	1	24	10	0	0
7	31 54 5961 143-2	0	4	1	2	Váha	0	0	Spr	0	0	28	2	24	0	36	10	0	0
8	21 54 5557 440-4	0	2	1	5	770v	1	0	21	0	0	27	0	12	1	24	10	0	0
9	31 54 5961 143-2	0	4	1	2	Váha	0	0	Spr	0	0	28	2	24	0	36	10	0	0
10	33 56 7860 051-1	0	4	1	2	600	1	1	Sku !!!	0	0	6	2	3	10	15	8	0	0
11	31 54 5969 086-5	0	4	1	3	026A700	0	0	54 21	100	0		2	3	10	15	8	0	0
12	31 54 5952 838-8	0	4	1	3	026A700	0	0	54 21	100	0	7	2	3	10	15	8	0	0

Poř.	Ozn. vozu	MZ	Počet náprav	Počet voz. jednotek	Počet násled. přepracování	Relace	Vůz mimo pahrbek	Nutnost provedení PP	Doplň. údaj	Instradace	RID	Počet odvěšů	Riziko nedodržení přepravní doby	Doba do odjezdu přípoje	Hodnocení doba do odjezdu přípoje	Doba čekání na další přípoj	Hodnocení doba čekání na další přípoj	Nadrozměr. zásilka	Dostupnost MM
13	31 54 5969 086-5	0	4	1	3	026A700	0	0	54 21	100	0		2	3	10	15	8	0	0
14	31 54 5952 838-8	0	4	1	3	026A700	0	0	54 21	100	0	7	2	3	10	15	8	0	0
15	83 56 9322 380-1	0	4	1	1	721	0	0	Sku	0	0		1	3	10	6	2	0	0
16	83 56 9323 287-7	0	4	1	1	721	0	0	Sku	0	0		1	3	10	6	2	0	0
17	83 56 9322 335-5	0	4	1	1	721	0	0	Sku	0	0	10	1	3	10	6	2	0	0
18	31 54 5956 660-2	0	4	1	1	BARTS	0	0	21	0	0	11	1	3	10	6	2	0	1
19	21 81 2459 147-8	0	2	1	1	725	0	0		0	0	12	0	0	10	3	1	0	0
20	31 51 3944 693-6	0	4	1	4	25	0	0		0	0		2	12	1	15	8	0	0
21	31 51 3944 493-1	0	4	1	4	25	0	0		0	0	13	2	12	1	15	8	0	0
22	33 72 4728 982-6	0	4	1	1	VZpr	0	0		0	100		1	3	10	6	2	0	1
23	33 72 4728 601-2	0	4	1	1	VZpr	0	0		0	0	14	1	3	10	6	2	0	1
24	81 54 5979 091-2	0	4	1	2	707	0	0		0	0	15	2	24	0	3	1	0	0
25	31 54 5964 675-0	0	4	1	2	727	0	0		0	0	16	2	24	0	3	1	0	0

Poř.	Ozn. vozu	MZ	Počet náprav	Počet voz. jednotek	Počet násled. přepracování	Relace	Vůz mimo pahrbek	Nutnost provedení PP	Doplň. údaj	Instradace	RID	Počet odvěšů	Riziko nedodržení přepravní doby	Doba do odjezdu přípoje	Hodnocení doba do odjezdu přípoje	Doba čekání na další přípoj	Hodnocení doba čekání na další přípoj	Nadrozměr. zásilka	Dostupnost MM
26	33 56 5423 974-8	0	4	1	2	707	0	0		0	0	17	2	24	0	3	1	0	0
27	31 54 5947 858-4	0	4	1	2	727	0	0		0	0		2	24	0	3	1	0	0
28	31 54 5953 671-2	0	4	1	2	727	0	0		0	0	18	2	24	0	3	1	0	0
29	33 72 4728 997-4	0	4	1	2	VZpr	0	0		0	0	19	1	3	10	6	2	0	1
30	31 54 0807 339-5	0	4	1	2	721	0	0		0	0		1	3	10	6	2	0	0
31	31 54 0807 981-4	0	4	1	2	721	0	0		0	0	20	1	3	10	6	2	0	0
32	31 54 5952 851-1	0	4	1	2	727	0	0		0	0	21	0	0	10	3	1	0	0
33	31 54 6682 773-2	0	4	1	2	713	0	0	Spr	0	0		0	18	1	21	8	0	0
34	31 54 6682 778-1	0	4	1	2	713	0	0	Spr	0	0		0	18	1	21	8	0	0
35	81 54 6994 342-8	0	4	1	2	713	1	0	Spr	0	0	22	0	18	1	21	8	0	0
36	31 54 5380 168-2	0	4	1	3	600	0	0		0	0	23	2	3	10	15	8	0	0
37	31 54 0807 871-7	0	4	1	2	721	0	0		0	0	24	2	3	10	15	8	0	0
38	31 54 5949 301-3	0	4	1	2	711	0	0	Spr	0	0		0	6	5	18	8	0	0

Poř.	Ozn. vozu	MZ	Počet náprav	Počet voz. jednotek	Počet násled. přepracování	Relace	Vůz mimo pahrbek	Nutnost provedení PP	Doplň. údaj	Instradace	RID	Počet odvěsů	Riziko nedodržení přepravní doby	Doba do odjezdu přípoje	Hodnocení doba do odjezdu přípoje	Doba čekání na další přípoj	Hodnocení doba čekání na další přípoj	Nadrozměr. zásilka	Dostupnost MM
39	31 54 5949 234-6	0	4	1	2	711	0	0	Spr	0	0	25	0	6	5	18	8	0	0
40	31 54 0807 329-6	0	4	1	2	721	0	0		0	0		1	3	10	15	8	0	0
41	31 54 0807 587-9	0	4	1	2	721	0	0		0	0	26	1	3	10	15	8	0	0
42	21 54 5557 440-4	0	2	1	5	770v	1	0	21	0	0	27	0	12	1	24	10	0	0
43	31 54 5961 143-2	0	4	1	2	Váha	0	0	Spr	0	0	28	2	24	0	36	10	0	0
44	31 54 5952 679-6	0	4	1	2	707	0	0		0	0		2	24	0	36	10	0	0
45	81 54 6994 275-0	0	4	1	2	707	1	0		0	0	29	2	24	0	36	10	0	0
Total	1302	0	170	45	107	17328	7	1	105	400	100	58	54		249		277	0	4

Zdroj: autor s využitím ČD IS (2021)

## Vlak 8

Poř.	Ozn. vozu	MZ	Počet náprav	Počet voz. jednotek	Počet násled. přepracování	Relace	Vůz mimo pahrbek	Nutnost provedení PP	Doplň. údaj	Instradace	RID	Počet odvěsů	Riziko nedodržení přepravní doby	Doba do odjezdu přípoje	Hodnocení doba do odjezdu přípoje	Doba čekání na další přípoj	Hodnocení doba čekání na další přípoj	Nadrozměr. zásilka	Dostupnost MM
1	31 54 5968 742-4	0	4	1	3	96	0	0	Sku	0	0		1	3	10	15	8	0	0
2	31 54 5969 039-4	0	4	1	3	96	0	0	Sku	0	0		1	3	10	15	8	0	0
3	31 54 0807 329-6	0	4	1	2	721	0	0		0	0		1	3	10	15	8	0	0
4	31 54 0807 587-9	0	4	1	2	721	0	0		0	0	26	1	3	10	15	8	0	0
5	31 54 0807 329-6	0	4	1	2	721	0	0		0	0		1	3	10	15	8	0	0
6	31 54 0807 587-9	0	4	1	2	721	0	0		0	0	26	1	3	10	15	8	0	0
7	31 54 0807 329-6	0	4	1	2	721	0	0		0	0		1	3	10	15	8	0	0
8	31 54 0807 587-9	0	4	1	2	721	0	0		0	0	26	1	3	10	15	8	0	0
9	31 54 0807 329-6	0	4	1	2	721	0	0		0	0		1	3	10	15	8	0	0
10	31 54 0807 587-9	0	4	1	2	721	0	0		0	0	26	1	3	10	15	8	0	0
11	31 54 0807 329-6	0	4	1	2	721	0	0		0	0		1	3	10	15	8	0	0
12	31 54 0807 587-9	0	4	1	2	721	0	0		0	0	26	1	3	10	15	8	0	0



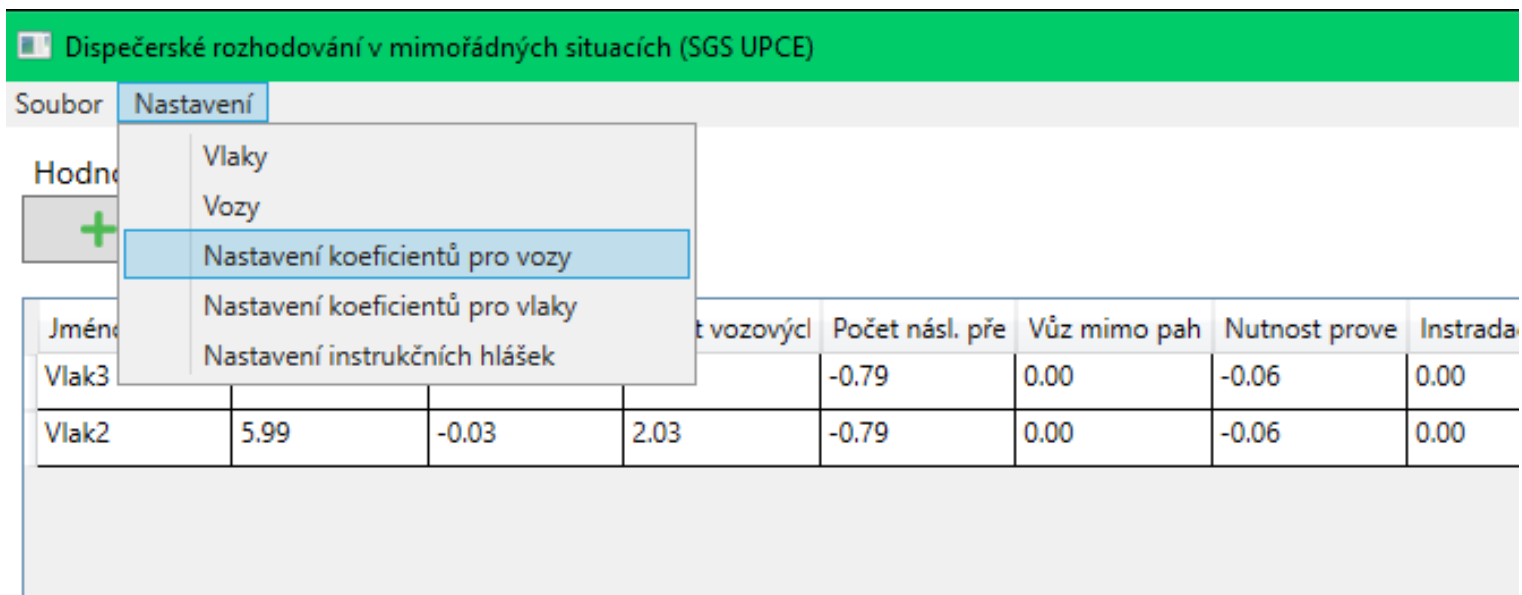
Poř.	Ozn. vozu	MZ	Počet náprav	Počet voz. jednotek	Počet násled. přepracování	Relace	Vůz mimo pahrtek	Nutnost provedení PP	Doplň. údaj	Instradace	RID	Počet odvěsů	Riziko nedodržení přepravní doby	Doba do odjezdu přípoje	Hodnocení doba do odjezdu přípoje	Doba čekání na další přípoj	Hodnocení doba čekání na další přípoj	Nadrozměr. zásilka	Dostupnost MM
13	31 54 0807 329-6	0	4	1	2	721	0	0		0	0		1	3	10	15	8	0	0
14	31 54 0807 587-9	0	4	1	2	721	0	0		0	0	26	1	3	10	15	8	0	0
15	31 54 0807 329-6	0	4	1	2	721	0	0		0	0		1	3	10	15	8	0	0
16	31 54 0807 587-9	0	4	1	2	721	0	0		0	0	26	1	3	10	15	8	0	0
17	31 54 0807 329-6	0	4	1	2	721	0	0		0	0		1	3	10	15	8	0	0
18	31 54 0807 587-9	0	4	1	2	721	0	0		0	0	26	1	3	10	15	8	0	0
19	31 54 0807 329-6	0	4	1	2	721	0	0		0	0		1	3	10	15	8	0	0
20	31 54 0807 587-9	0	4	1	2	721	0	0		0	0	26	1	3	10	15	8	0	0
21	31 54 0807 329-6	0	4	1	2	721	0	0		0	0		1	3	10	15	8	0	0
22	31 54 0807 587-9	0	4	1	2	721	0	0		0	0	26	1	3	10	15	8	0	0
23	31 54 0807 329-6	0	4	1	2	721	0	0		0	0		1	3	10	15	8	0	0
24	31 54 0807 587-9	0	4	1	2	721	0	0		0	0	26	1	3	10	15	8	0	0
25	31 54 0807 329-6	0	4	1	2	721	0	0		0	0		1	3	10	15	8	0	0

Poř.	Ozn. vozu	MZ	Počet náprav	Počet voz. jednotek	Počet násled. přepracování	Relace	Vůz mimo pahrtek	Nutnost provedení PP	Doplň. údaj	Instradace	RID	Počet odvěsů	Riziko nedodržení přepravní doby	Doba do odjezdu přípoje	Hodnocení doba do odjezdu přípoje	Doba čekání na další přípoj	Hodnocení doba čekání na další přípoj	Nadrozměr. zásilka	Dostupnost MM
26	31 54 0807 587-9	0	4	1	2	721	0	0		0	0	26	1	3	10	15	8	0	0
27	31 54 0807 329-6	0	4	1	2	721	0	0		0	0		1	3	10	15	8	0	0
28	31 54 0807 587-9	0	4	1	2	721	0	0		0	0	26	1	3	10	15	8	0	0
29	31 54 0807 329-6	0	4	1	2	721	0	0		0	0		1	3	10	15	8	0	0
30	31 54 0807 587-9	0	4	1	2	721	0	0		0	0	26	1	3	10	15	8	0	0
31	31 54 0807 329-6	0	4	1	2	721	0	0		0	0		1	3	10	15	8	0	0
32	31 54 0807 587-9	0	4	1	2	721	0	0		0	0	26	1	3	10	15	8	0	0
33	31 54 6682 773-2	0	4	1	2	713	0	0	Spr	0	0		0	18	1	21	8	0	0
34	31 54 5969 086-5	0	4	1	3	026A700	0	0	54 21	100	0		2	3	10	15	8	0	0
35	31 54 5969 086-5	0	4	1	3	026A700	0	0	54 21	100	0		2	3	10	15	8	0	0
36	31 54 5969 086-5	0	4	1	3	026A700	0	0	54 21	100	0		2	3	10	15	8	0	0
37	31 54 5969 086-5	0	4	1	3	026A700	0	0	54 21	100	0		2	3	10	15	8	0	0
Total	1266	0	148	37	80	22535	0	0	0	400	0	52	40		361		296	0	0

## Příloha B Popis navrženého software pro podporu rozhodování dispečerů

Základem pro aplikaci je matematický aparát nazývaný fuzzy logika, kde při růstu složitosti systému dochází k popisu nejednoznačných a nejasných pojmů a následně s nimi pracuje. Aplikace nazývaná ROS1 vyvinutá autorem v rámci Studentské grantové soutěže umožňuje nastavit kritéria a jejich váhy (k určení vah kritérií došlo ve spolupráci s dispečery železničního dopravce) pro železniční vozy, železniční vlaky a také nastavení instrukčních hlášek (defuzzifikace), které slovně radí, jak v dané situaci s konkrétním vlakem postupovat, jinými slovy, navrhne, jak by se měl dispečer rozhodnout.

Aplikace umožňuje importovat data ve formátu .xls nebo .txt s nimiž dále pracuje. Nad daty pak provádí výpočet dle kritérií, která jsou jednotlivým objektům nastavena a zobrazí je v hodnotícím listu vlaků. Na úvodní obrazovce se nachází menu "Nastavení", které umožní vybrat objekt, který bude dále nastavován či přidáván.



The screenshot shows the software interface for 'Dispečerské rozhodování v mimořádných situacích (SGS UPCE)'. The 'Nastavení' (Settings) menu is open, showing options for 'Vlaky' (Trains), 'Vozy' (Cars), 'Nastavení koeficientů pro vozy' (Coefficient settings for cars), 'Nastavení koeficientů pro vlaky' (Coefficient settings for trains), and 'Nastavení instrukčních hlášek' (Instructional message settings). Below the menu is a table with columns: 'Jméno' (Name), 'Počet vozových' (Number of cars), 'Počet násl. pře' (Number of passengers), 'Vůz mimo pah' (Car on slope), 'Nutnost prove' (Need to proceed), and 'Instrada' (Instruction). The table contains two rows of data for 'Vlak3' and 'Vlak2'.

Jméno	Počet vozových	Počet násl. pře	Vůz mimo pah	Nutnost prove	Instrada
Vlak3		-0.79	0.00	-0.06	0.00
Vlak2	5.99	-0.03	2.03	-0.79	0.00

## 1) Nastavení vlak – Nastavení definic vlaků

Umožní nastavení definic jednotlivých vlaků. Tedy jeho název, označení, zpoždění (pokud nějaké nastává) dále pak kategorie vlaku (Nex, Pn, Mn a další), upozornění na končící pracovní dobu personálu a jiné viz snímek obrazovky.

Dispečerské rozhodování v mimořádných situacích (SGS UPCE)

Soubor Nastavení

Nastavení vlaků

Nastavení definic vlaků

+ Přidat nový vlak

#	Označení	Název	Zpoždění (min)	Reálný obrat/pře	Riziko nevyužití c	Vlak ad hoc	Priorita vlaku dle	Kategorie vlaku	Předvídatelnost č	Končí prac. doba	Délka vlaku	Akce
1	123456	Vlak1	230	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Pn	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	720	
2	123456	Vlak2	1110	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Pn	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	720	
3	123456	Vlak3	0	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Mn	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	345	
4	123456	Vlak4	450	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Nex	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	714	

Přidání nového vlaku

Označení

Název

Zpoždění (min)

Reálný obrat/přechod HV

Riziko nevyužití objednané kapacity DC

Vlak ad hoc

Priorita vlaku dle O19

Kategorie vlaku

Končí prac. doba stojvedoucím

Předvídatelnost času dojezdu do SŽST

Délka vlaku

Hodnocení	doba ček	Nadrozměrná zásilka	Dostupnost MM	Akce
2.80		0.00	0.00	
2.80		0.00	0.00	

o cestě	Předvídatelnost času dojezdu	Končí prac. doba stojvedoucím	Akce
	500.00	400.00	
	500.00	400.00	

Slovní pokyny pro dispečera	Akce
bez dalšího opatření	
bez dalšího opatření	

## 2) Nastavení vozu – Přidání nového vozu

Umožní nastavení definic vozů, tedy jejich označení v daném formátu, počet náprav, označení mimořádná zásilka, RID apod.

Dispečerské rozhodování v mimořádných situacích (SGS UPCE)

Soubor Nastavení

Nastavení vozů

Nastavení definic vozů

+ Přidat nový vůz

#	Označení	Počet náprav	Mimořádná z	Počet násl. př	Relace	Vůz mimo pa	Nutnost prov	Poznámka	Instradace	RID	Počet odvěsů	Riziko nedodr	Doba do odje	Nadrozměrná	Dostupnost M	Akce
1	31 54 5968 74	4	<input type="checkbox"/>	3	96	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Sku	0	0	0	1	3	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2	31 54 5969 03	4	<input type="checkbox"/>	3	96	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Sku	0	0	0	1	3	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3	31 54 5969 14	4	<input type="checkbox"/>	3	96	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Sku	0	0	0	1	3	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4	31 54 4961 03	6	<input checked="" type="checkbox"/>	1	370	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	01 Sku MZ !!!	0	0	0	1	3	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5	31 54 4961 07	6	<input checked="" type="checkbox"/>	1	370	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	01 MZ !!!	0	0	0	1	3	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6	31 54 6682 77	4	<input type="checkbox"/>	2	713	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Spr	0	0	0	1	3	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7	31 54 6682 77	4	<input type="checkbox"/>	2	713	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Spr	0	0	0	1	3	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8	81 54 6994 34	4	<input type="checkbox"/>	2	713	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Spr	0	0	0	1	3	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9	31 54 5380 16	4	<input type="checkbox"/>	3	600	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		0	0	0	1	3	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10	31 54 0807 87	4	<input type="checkbox"/>	2	721	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		0	0	0	1	3	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
11	31 54 5949 30	4	<input type="checkbox"/>	2	711	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Spr	0	0	0	1	3	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

**Přidání nového vozu**

Označení

Počet náprav

Mimořádná zásilka

Počet násl. přepracování

Relace

Vůz mimo pahorek

Nutnost provedení přepr. prohlídky

Poznámka

Instradace

RID

Počet odvěsů

Riziko nedodržení přepr. doby

Doba do odjezdu připoje

Nadrozměrná zásilka

Dostupnost MM

do	Hodnocení	doba ček	Nadrozměrná zásilka	Dostupnost MM	Akce
	2.80		0,00	0,00	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
	2.80		0,00	0,00	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>

po cestě	Předvídatelnost času dojezdu	Končí prac. doba stojvedoucí	Akce
	500.00	400.00	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
	500.00	400.00	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>

Slovní pokyny pro dispečera	Akce
bez dalšího opatření	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
bez dalšího opatření	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>

### 3) Nastavení koeficientů pro vozy

Umožní nastavovat koeficienty vozů, tj. váhu daného koeficientu, podle kterého se bude provádět výpočet rozhodování o vozu.

Dispečerské rozhodování v mimořádných situacích (SGS UPCE)

Soubor Nastavení

Hodnotící list vlaků

+ Přidat vlak

Jméno vlaku	Počet bodů
Vlak3	7.55
Vlak2	5.99

Nastavení koeficientu

Počet vozů: 9

Mimořádná zásilka: 2

Počet násl. přepracování: 7

Vůz mimo pahorek: 4

Nutnost provedení přepr. prohlídky: 5

Instradace: 9

RID: 2

Počet odvěsů: 6

Riziko nedodržení přepr. doby: 7

Hodnocení doba do odjezdu přípoje: 8

Hodnocení doba čekání na návazný vlak: 7

Nadrozměrná zásilka: 9

Dostupnost MM: 5

Uložit

Jméno vlaku	Hodnota	Nutnost provedení přepr. prohlídky
Vlak3	755.00	-0.06
Vlak2	598.00	-0.06

Jméno vlaku	Hodnota	to nevyužití obj.
Vlak2	7928.75	3
Vlak3	6925.00	3

Jméno vlaku	Bodové hodnocení
Vlak2	90.87
Vlak3	79.37

#### 4) Nastavení koeficientů pro vlaky

Umožní nastavovat koeficienty vlaků, tj. váhu daného koeficientu, podle kterého se bude provádět výpočet rozhodování o vlaku. Jednotlivé koeficienty lze upravovat a do budoucna budou podrobeny dalšímu výzkumu v provozu.

The screenshot shows the 'Nastavení koeficientu' (Coefficient Settings) dialog box. The dialog box has a green title bar and contains the following settings:

- Hodnocení vlaku dle zásilek: 100
- Zpoždění (min): 30
- Reálný obrat/přechod HV: 20 (Ano: 70, Ne: 30)
- Riziko nevyužití obj. kap. DC: 10 (Ano: 70, Ne: 30)
- Vlak ad hoc: 8 (Ano: 60, Ne: 40)
- Priorita vlaku dle O19: 15 (Ano: 70, Ne: 30)
- Kategorie vlaku: 12
- Možnost odstavení po cestě: 20 (Ano: 80, Ne: 20)
- Předvídatelnost času dojezdu: 25 (Ano: 80, Ne: 20)
- Končí prac. doba stojvedoucímú: 20 (Ano: 80, Ne: 20)

The background window shows a table of train coefficients:

Jméno vlaku	Počet b
Vlak3	7,55
Vlak2	5,99

RID	Počet odvěs
0.00	-0.08
0.00	-1.73

Priorita vlaku dle O1	Kat
1050.00	60C
1050.00	36C

The dialog box also includes a 'Uložit' (Save) button at the bottom right.

## 5) Nastavení instrukčních hlášek

V nastavení instrukčních hlášek je pak možno vkládat libovolný text, který je poté standardizován pro určené situace a vlaky s určitými parametry – například vlaky s větší délkou, než je délka nácestných staničních kolejí dostávají při výpočtu vyšší bodové ohodnocení, a navíc fyzicky musí jet a být přijaty seřadovací stanicí, protože není možné je odstavit po cestě. Pro tento případ je tedy zvolena příslušná hláška, která dispečerovi radí, aby vlak přijal do seřadovací stanice.

Bodové hodnocení > 70	priorita jízdy a zpracování ihned po příjezdu
70 > Bodové hodnocení > 60	přijmout a zpracovat ve volné kapacitě
Bodové hodnocení < 60 a může se odstavit	odstavit po cestě
Bodové hodnocení < 60 a nemůže se odstavit	přijmout
Bodové hodnocení > 60, další instrukce	bez dalšího opatření
Existuje volná kolej	čekat na vjezdu
Chybí volná kolej	a před příjezdem uvolnit kolej

Uložit



Po zadání dat aplikace provede výpočet a zobrazí doporučené pořadí zpracovávaných vlaků. Z níže uvedeného obrázku lze vyčíst, že vlak číslo 2, má vyšší prioritu než vlak číslo 3. Zde je nutno poznamenat, že v reálném provozu (a následném výzkumu) bude zohledněn ještě sled vlaků, možnosti předjíždění vlaků a precizace dojezdových časů do seřadovacích či jiné stanice.

Dispečerské rozhodování v mimořádných situacích (SGS UPCE)

Soubor Nastavení

Hodnotící list vlaků

+ Přidat vlak

Jméno vlaku	Počet bodů	Mimořádná zá	Počet vozovycí	Počet násl. pře	Vůz mimo pah	Nutnost prove	Instradace	RID	Počet odvěsů	Riziko nedodrž	Hodnocení do	Hodnocení do	Nadrozměrná	Dostupnost M	Akce
Vlak3	7.55	-0.03	2.03	-0.79	0.00	-0.06	0.00	0.00	-0.08	0.18	3.50	2.80	0.00	0.00	
Vlak2	5.99	-0.03	2.03	-0.79	0.00	-0.06	0.00	0.00	-1.73	0.26	3.50	2.80	0.00	0.00	

Jméno vlaku	Hodnocení vlaku dle	Zpoždění (min)	Reálný obrat/přečo	Riziko nevyužití obj.	Vlak ad hoc	Priorita vlaku dle O1	Kategorie vlaku	Možnost odstavení g	Předvídatelnost času	Končí prac. doba sto	Akce
Vlak3	755.00	0.00	1400.00	300.00	320.00	1050.00	600.00	1600.00	500.00	400.00	
Vlak2	598.75	3000.00	600.00	700.00	320.00	1050.00	360.00	400.00	500.00	400.00	

Jméno vlaku	Součet	Bodové hodnocení vlaků	Slovní pokyny pro dispečera	Slovní pokyny pro dispečera	Akce
Vlak2	7928.75	90.87	priorita jízdy a zpracování ihned po příjezdu	bez dalšího opatření	
Vlak3	6925.00	79.37	priorita jízdy a zpracování ihned po příjezdu	bez dalšího opatření	

## Příloha C Výsledky měření na podvozcích typů Talbot R a Diamond

Umístění		Podvozek	Podvozek	Podvozek	Podvozek
Typ podvozku		Talbot R	Talbot R	Talbot R	Talbot R
Úhel		0°	0°	45°	45°
Označení štítku	Dosah čtení dle výrobce ( <i>m</i> )	Dosah ( <i>m</i> )	Dosah (%)	Dosah ( <i>m</i> )	Dosah (%)
M-Prince	Nezjištěno	1,50	X	1,40	X
Ironside Slim	10,00	0,40	4,00	0,30	3,00
Carrier Tough II	12,00	1,50	12,50	1,40	11,67
Survivor	18,00	2,00	11,11	2,00	11,11
Ironside	9,00	1,50	16,67	0,50	5,56
Ironside Micro	5,00	1,00	20,00	0,70	14,00
Steelwave Micro	3,50	0,45	12,86	0,35	10,00
Steelwave Micro II	5,00	0,30	6,00	0,25	5,00
Captura	10,00	0,60	6,00	0,40	4,00
H86a1w	Nezjištěno	0,40	X	0,35	X
IT76 (na kov)	13,00	1,50	11,54	1,40	10,77
IT36 (na plast)	13,00	1,40	10,77	1,35	10,38

**Legenda: Pět nejvyšších hodnot dosahu je vyznačeno tučně**

Dosah čtení nad hodnotu (*m*) je vyznačen příslušnou barvou

1,30	2,00	3,00
------	------	------

Procentuální dosah čtení nad 15 % hodnoty deklarované výrobcem je označen zelenou barvou

Zdroj: autor

Umístění		Podvozek	Podvozek	Podvozek	Podvozek
Typ podvozku		Diamond	Talbot R	Talbot R	Talbot R
Úhel		0°	0°	45°	45°
Označení štítku	Dosah čtení dle výrobce ( <i>m</i> )	Dosah ( <i>m</i> )	Dosah (%)	Dosah ( <i>m</i> )	Dosah (%)
M-Prince	Nezjištěno	1,40	X	1,30	X
Ironside Slim	10,00	1,10	11,00	0,30	3,00
Carrier Tough II	12,00	1,35	11,25	0,80	6,67
Survivor	18,00	2,20	12,22	2,00	11,11
Ironside	9,00	1,30	14,44	0,50	5,56
Ironside Micro	5,00	1,00	20,00	0,70	14,00
Steelwave Micro	3,50	0,40	11,43	0,30	8,57
Steelwave Micro II	5,00	0,40	8,00	0,35	7,00
Captura	10,00	0,65	6,50	0,50	5,00
H86a1w	Nezjištěno	0,70	X	0,40	X
IT76 (na kov)	13,00	1,40	10,77	1,40	10,77
IT36 (na plast)	13,00	1,30	10,00	1,20	9,23

Hodnoty byly naměřeny na nehorizontálním zesílení rámu podvozku na levé straně podvozku

**Legenda: Pět nejvyšších hodnot dosahu je vyznačeno tučně**

Dosah čtení nad hodnotu (*m*) je vyznačen příslušnou barvou

1,30	2,00	3,00
------	------	------

Procentuální dosah čtení nad 15 % hodnoty deklarované výrobcem je označen zelenou barvou

Zdroj: autor