

Univerzita Pardubice  
Dopravní fakulta Jana Pernera

Systemy pro počítání cestujících

Michal Šlejtr

Bakalářská práce

2017

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

## **ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE**

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Michal Šlejtr**  
Osobní číslo: **D14064**  
Studijní program: **B3709 Dopravní technologie a spoje**  
Studijní obor: **Dopravní management, marketing a logistika**  
Název tématu: **Systémy pro počítání cestujících**  
Zadávací katedra: **Katedra dopravního managementu, marketingu a logistiky**

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

Úvod

1. Teoretické vymezení metod pro zjišťování obsazenosti vozidel
2. Ověření přesnosti vybraných metod
3. Zhodnocení metod a možnosti pro zvýšení jejich přesnosti

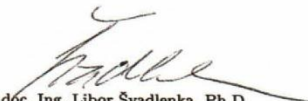
Závěr

Rozsah grafických prací: **dle doporučení vedoucí/ho**  
Rozsah pracovní zprávy: **40 - 50 stran**  
Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**  
Seznam odborné literatury:  
**dle pokynů vedoucí/ho práce**


Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Lenka Heřmánková**  
Katedra dopravního managementu, marketingu  
a logistiky

Datum zadání bakalářské práce: **30. listopadu 2016**

Termín odevzdání bakalářské práce: **2. června 2017**

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

L.S.

  
doc. Ing. Jaroslava Hyršlová, Ph.D.  
pověřená vedením katedry

V Pardubicích dne 12. dubna 2017

Prohlašuji:

Tuto práci jsem vypracoval samostatně. Veškeré literární prameny a informace, které jsem v práci využil, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

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

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

V Pardubicích dne 22. 5. 2017

Michal Šlejtr

## **ANOTACE**

Bakalářská práce se zaměřuje na oblast systémů pro počítání cestujících. Zabývá se různými způsoby zjišťování obsazenosti vozidel. Data zjištěná jednotlivými systémy jsou posléze porovnána s ohledem na jejich přesnost.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

počítání cestujících, obsazenost, vážící systém, přesnost

## **TITLE**

Passenger counting systems

## **ANNOTATION**

The bachelor thesis focuses on the area of passenger counting systems. It deals with various methods of detecting occupancy of vehicles. The data recorded by those systems is compared with respect to their accuracy.

## **KEYWORDS**

passenger counting, occupancy, weighing system, accuracy

# OBSAH

|   |    |
|---|----|
| ÚVOD .....  | 7  |
| 1 TEORETICKÉ VYMEZENÍ METOD PRO ZJIŠŤOVÁNÍ OBSAZENOSTI VOZIDEL .....    | 8  |
| 1.1 Přepavní průzkumy .....   | 8  |
| 1.2 Vážicí systémy .....  | 11 |
| 1.3 Systémy pro automatické počítání cestujících .....                  | 11 |
| 1.4 Systémy spojené s odbavovacím systémem.....                         | 15 |
| 1.5 Turnikety a branky .....  | 17 |
| 2 OVĚŘENÍ PŘESNOSTI VYBRANÝCH METOD .....                               | 19 |
| 2.1 Provedení přepravních průzkumů .....                                | 19 |
| 2.2 Ověření přesnosti vážících systémů .....                            | 19 |
| 2.3 Ověření přesnosti systémů pro automatické počítání cestujících..... | 21 |
| 2.4 Hodnocení kvality měření .....                                      | 27 |
| 3 ZHODNOCENÍ METOD A MOŽNOSTI PRO ZVÝŠENÍ JEJICH PŘESNOSTI .....        | 31 |
| 3.1 Vyhodnocení dat z automatických systémů .....                       | 31 |
| 3.2 Nepřesnosti měření a možnosti pro zlepšení.....                     | 34 |
| 3.3 Zhodnocení výpočtů přesnosti a navržených opatření .....            | 40 |
| ZÁVĚR .....   | 45 |
| POUŽITÁ LITERATURA.....   | 47 |
| SEZNAM TABULEK.....   | 49 |
| SEZNAM OBRÁZKŮ .....  | 50 |
| SEZNAM ZKRATEK.....   | 51 |

# ÚVOD

Tato práce se zabývá systémy pro zjišťování obsazenosti vozidel, která je důležitá pro optimální využívání dopravních prostředků a pro optimalizaci nákladů. V době, kdy je všeobecný tlak na snižování výše nákladů, je tato činnost důležitou součástí dopravního plánování, jehož hlavní součástí je plán dopravní obslužnosti území. Pro účely tvorby tohoto plánu je potřeba mít přehled o počtech přepravených cestujících, jejich výchozích zastávkách, jejich cílových zastávkách a případně i přestupních místech.

Pro účely zjišťování počtu přepravených cestujících existují v dnešní době různé přesná automatická zařízení a také tradiční metody ručního sčítání. Za hlavní výhodu ručního sčítání lze považovat osobní kontakt s cestujícím, který může být využit i pro zjištění dalších informací potřebných pro plán dopravní obslužnosti. V rámci automatických zařízení existuje několik druhů zařízení lišících se základním principem funkce, ale i zdánlivě podobná zařízení se mohou lišit různými způsoby zpracování informací.

Důležitým aspektem jsou i výstupy z těchto systémů, které by měly umožňovat jednoduchou a praktickou interpretaci a případně další zpracování dat. Základními výstupy jsou data ve formátu tabulky, která lze převést do tabulkového procesoru k dalšímu zpracování. Druhým typem výstupu mohou být grafy, ale možnost tohoto zobrazení není součástí všech systémů. Grafické výstupy mohou být sloupcové nebo bodové.

V souvislosti s rozvojem technologií (vliv vědecko-technologického pokroku) se vyvíjí automatické systémy pro zjišťování aktuální obsazenosti vozidel. Pokrok je vidět například v oblasti stahování dat z vozidel hromadné dopravy osob. U starších systémů bylo nutné ručně umístit přenosná média (karty) do palubních počítačů a po měření je vyjmout a stáhnout je přes speciální jednotku připojenou k počítači. Tento složitý proces je nyní zjednodušen na online přenos dat, který probíhá při příjezdu vozidla do vozovny.

Cílem práce je porovnat vybrané systémy s ohledem na jejich přesnost a na základě zjištěných dat zhodnotit zkoumané systémy a navrhnout opatření ke zvýšení jejich přesnosti.

# 1 TEORETICKÉ VYMEZENÍ METOD PRO ZJIŠŤOVÁNÍ OBSAZENOSTI VOZIDEL

*„Důležitým předpokladem pro zvýšení kvality, efektivnosti a přitažlivosti veřejné dopravy je praktické uplatňování provozně-organizačních opatření pro zlepšení dopravního procesu, efektivní plánování výstavby a rekonstrukcí všech zařízení pro přepravu cestujících, především v rámci tzv. integrovaných dopravních systémů. Zvláštní pozornost se zde musí věnovat analýze proudů cestujících a jejich intenzitám.“ (Vonka, 2004, s. 21)*

*„Proudem cestujících se rozumí souhrn přepravovaných osob v určitém místě nebo na určitém úseku za dané časové období. Vychází se zde z předpokladu, že každou přepravu je možno definovat mj. i podle jejího směru, přepravní vzdálenosti a rychlosti. Proud cestujících je především definován jeho intenzitou, tedy počtem cestujících, kteří jsou přepraveni daným místem nebo na daném úseku stanoveným směrem za časovou jednotku.“ (Drdla, 2014, s. 19)*

Pro tuto problematiku jsou důležité dva pojmy, které Kočárková (2004, s. 63) definuje následovně:

- *„Obsaditelnost je důležitý dopravně – technický ukazatel. Je uváděna výrobcem dopravního prostředku a vyjadřuje, kolik osob je schopen daný prostředek přepravit. Rozlišujeme dva typy obsaditelnosti, a to normální (4 osob/m<sup>2</sup>) a maximální (8 osob/m<sup>2</sup>).*
- *Obsazenost vyjadřuje počet cestujících, kteří se v daném čase nacházejí v dopravním prostředku. Obsazenost se určuje buď přesně (pomocí sčítacích lístků) nebo odhadem (sčítači cestujících v dopravním prostředku).“*

Obsazenost lze určit pomocí pověřených pracovníků, kteří se podílí na provádění přepravních průzkumů nebo automatických systémů. V oblasti automatických systémů se využívají systémy Check-in, Check-in / Check out, turnikety, systémy pro vážení cestujících a systémy pro počítání cestujících.

## 1.1 Přepravní průzkumy

*„Přepravní průzkumy jsou hlavní součástí dopravní analýzy a ve své úplnosti a ucelenosti odpovídají charakteru sociologických průzkumů s kritérii statistické průkaznosti. Přepravní průzkumy poskytují rozsáhlé statistické soubory a při jejich zpracování se získají spolehlivé a přehledné závěry.“ (Vonka, 2004, s. 17)*



Vonka (2004) uvádí, že přepravní průzkumy lze rozdělit na dvě kategorie podle vztahu k účastníkům přepravního průzkumu, kde první kategorie nevyžaduje jejich spolupráci, naopak druhá ji vyžaduje. Dále zařazuje průzkumy počtu přepravených osob a obsazenosti vozidel mezi kvantitativní průzkumy nevyžadující spolupráci účastníků. Kočárková (2004) se věnuje spíše obecnému rozdělení průzkumů, kde zmiňuje průzkumy hromadné osobní dopravy, které se používají k získání údajů o obsazenosti vozidel u všech druhů hromadné osobní dopravy.

Pro získání údajů o cestujících je vhodné použít metodu pozorování, u které Kočárková (2004) potvrzuje provádění bez spolupráce účastníků dopravy. Vonka (2004) nabízí metody dokumentační a přímého sčítání, které uvádí i Drdla (2014).

Větší využití než metoda dokumentační poskytuje metoda přímého sčítání, která dle Drdly (2014) umožňuje sledovat počty přepravených osob v dopravních prostředcích nebo počty nastupujících a vystupujících v jednotlivých zastávkách. Vonka (2004, s. 19) dodává, v čem metoda spočívá:

- *„určení počtu cestujících přicházejících a odcházejících v jednotlivých místech zastavení dopravního prostředku,*
- *určení počtu nastupujících a vystupujících osob do/z vozidel,*
- *sledování příjezdějících dopravních prostředků a určení jejich obsazenosti pomocí smluvených koeficientů.“*

Příklad koeficientů uvádí Kočárková (2004), která používá 6 stupňů obsazenosti číselované od 0 (prázdný vůz) do 5 (plný vůz – cestující stojí i na schůdkách). Oproti zapsání reálného čísla má toto hodnocení velmi subjektivní pohled. Pro sčítání mohou být využiti zaměstnanci dopravce (řidiči, revizoři) nebo vyškolení pracovníci (sčítači), kteří přímo ovlivní výsledek průzkumu svými zkušenostmi a pečlivostí, jak uvádí Drdla (2014). Dále tvrdí, že průzkumy probíhají během celého týdne a díky tomu existuje více dat pro vyhodnocení frekvence cestujících u jednotlivých spojů.

*„U dopravy ve městech se rovněž využívá metody přímého sčítání, a to tak, že sčítači jsou rozmístěni na rozhodujících křižovatkách nebo v dopravních prostředcích a obvykle určují procento zaplnění vozů. Sčítání se může provádět buď nepřetržitě celý den na nejvytíženějších místech, nebo pouze v dopravních špičkách v celé zkoumané oblasti nebo jen na rozhodujících zastávkách (příp. křižovatkách).“* (Vonka, 2004)

V tabulce 1 je k vidění jeden list sčítacího formuláře, který byl použit v prosinci 2016 pro ověření přesnosti vážícího systému. V záhlaví listu je vždy uvedeno datum sčítání a linka, dále může být uveden typ vozidla. Zastávky Mírové náměstí v prvním směru

a Koštov konečná v druhém jsou výchozí zastávky spojů, proto se nepočítá s výstupem cestujících a zastávky Koštov konečná v prvním směru a Hlavní nádraží jsou výstupní zastávky, na kterých se nepočítá s nástupem.

**Tabulka 1** Ukázka sčítacího formuláře

| Datum průzkumu:   | 09.12.2016        |        |         |
|-------------------|-------------------|--------|---------|
| Odjezd spoje:     | 16:36             |        |         |
| Název zastávky    | Počet cestujících |        |         |
|                   | nástup            | výstup | ve voze |
| Mírové náměstí    |                   | xxxxx  |         |
| Revoluční         |                   |        |         |
| Divadlo           |                   |        |         |
| Hraničář          |                   |        |         |
| Klíšská           |                   |        |         |
| ...               |                   |        |         |
| Nad Zámkem        |                   |        |         |
| Václavské náměstí |                   |        |         |
| Koštov            |                   |        |         |
| Koštov obec       |                   |        |         |
| Koštov konečná    | xxxxx             |        |         |

| Číslo linky:      | 3                 |        |         |
|-------------------|-------------------|--------|---------|
| Odjezd spoje:     | 17:08             |        |         |
| Název zastávky    | Počet cestujících |        |         |
|                   | nástup            | výstup | ve voze |
| Koštov konečná    |                   | xxxxx  |         |
| Koštov obec       |                   |        |         |
| Koštov            |                   |        |         |
| Václavské náměstí |                   |        |         |
| Nad Zámkem        |                   |        |         |
| ...               |                   |        |         |
| Klíšská           |                   |        |         |
| Hraničář          |                   |        |         |
| Divadlo           |                   |        |         |
| Malá Hradební     |                   |        |         |
| Hlavní nádraží    | xxxxx             |        |         |

Zdroj: Dopravní podnik města Ústí nad Labem (2016)

Dalším způsobem provádění přepravního průzkumu je metoda sčítacích lístků, která spočívá dle Drdly (2014) v předání sčítacího lístku na začátku cesty, který cestující odevzdá na konci cesty. Za možné výsledky mimo jiné označuje získání dat o zatížení linie nebo trati, počtu nastupujících a vystupujících cestujících a počtu přestupujících osob mezi dopravními prostředky. Tyto výsledky lze podle Vonky (2004) využít ke zlepšení konstrukce jízdních řádů a nasazení kapacitně vyhovujících vozidel a případné změny v umístění míst zastavení. Oba výše zmínění autoři označují použití této metody v městské hromadné dopravě jako složité, neboť z prostoru míst zastavení je mnoho cest pro odchod, z tohoto důvodu je použití v železniční dopravě a v metru jednodušší.

Dokumentační metodu charakterizuje Drdla (2014) jako soubor informací o prodaných jízdenkách, které lze získat ze statistik o prodeji. Výsledek metody, kterým je přibližná charakteristika o využívání přepravních služeb, se dá použít jako doplněk jiné metody. Vonka

(2004) dodává další možné přibližné výsledky metody, kam zařazuje počty cestujících, nastupující v jednotlivých zastávkách, druhy jízdnic dokladů a cílové zastávky.

## 1.2 Vážicí systémy

Dopravní podnik města Ústí nad Labem (2014), dále jen DPMÚL, definuje systém pro vážení cestujících jako prostředek k určení aktuální obsazenosti vozidla při jízdě mezi zastávkami, systém pro svou funkčnost získává data ze senzorů měchů. Jednotlivé senzory odesílají data do palubního počítače, odkud jsou nahrávány na externí paměťové médium. Systém spočítá rozdíl mezi zatížením prázdného vozidla a jeho aktuálním zatížením, zjištěnou hmotnost vydělí hmotností jednoho člověka. Výsledky této metody jsou oproti dalším metodám značně nepřesné, její udávaná přesnost je 60 – 65%. Malé procento přesnosti je dáno především určenou hmotností 1 člověka, která se neshoduje s reálnou hmotností cestujících a nezahrnuje přepravu dětí, dětských kočárků a spoluzavazadel.

Jak zmiňuje Dopravní podnik města Ústí nad Labem (2014), tak tento systém vyžaduje komunikaci senzorů měchů, jejichž výběr dodavatel systému neovlivní, neboť jsou dány výrobcem vozidla, s vyhodnocovací jednotkou. Z tohoto důvodu je výhodná spolupráce výrobce vozidla s dodavatelem systému při výrobě nového vozidla, ale v případě dodatečné montáže je podle Dopravního podniku města Ústí nad Labem (2014) nutné tuto problematiku řešit.

Pro vážení železničních vozidel lze podle Advanced measurement technologies AB (2017) použít senzory vážící během jízdy, které lze použít k zjištění počtu cestujících a hmotnosti nákladu. Tento systém nabízí možnost kontroly zatížení na nápravy a rovnoměrnost zatížení vozidla. Další výhody systému jsou vážení bez nutnosti zastavování, jednoduchá instalace, která neomezí železniční provoz a integrovaná vyhodnocovací jednotka.

## 1.3 Systémy pro automatické počítání cestujících

Mikroelektronika (2016) uvádí systém pro počítání cestujících jako nezbytný prvek sledování vytíženosti a obsazenosti vozidel, který lze využít pro lepší plánování spojů a pro zlepšení efektivnosti a snížení provozních nákladů. Dále uvádí, že prvotní data lze získat z odbavovacího systému, jenže je ale nelze považovat za zcela vypovídající a pro získání komplexních a přesných údajů je nutné využít systémy pro počítání cestujících.

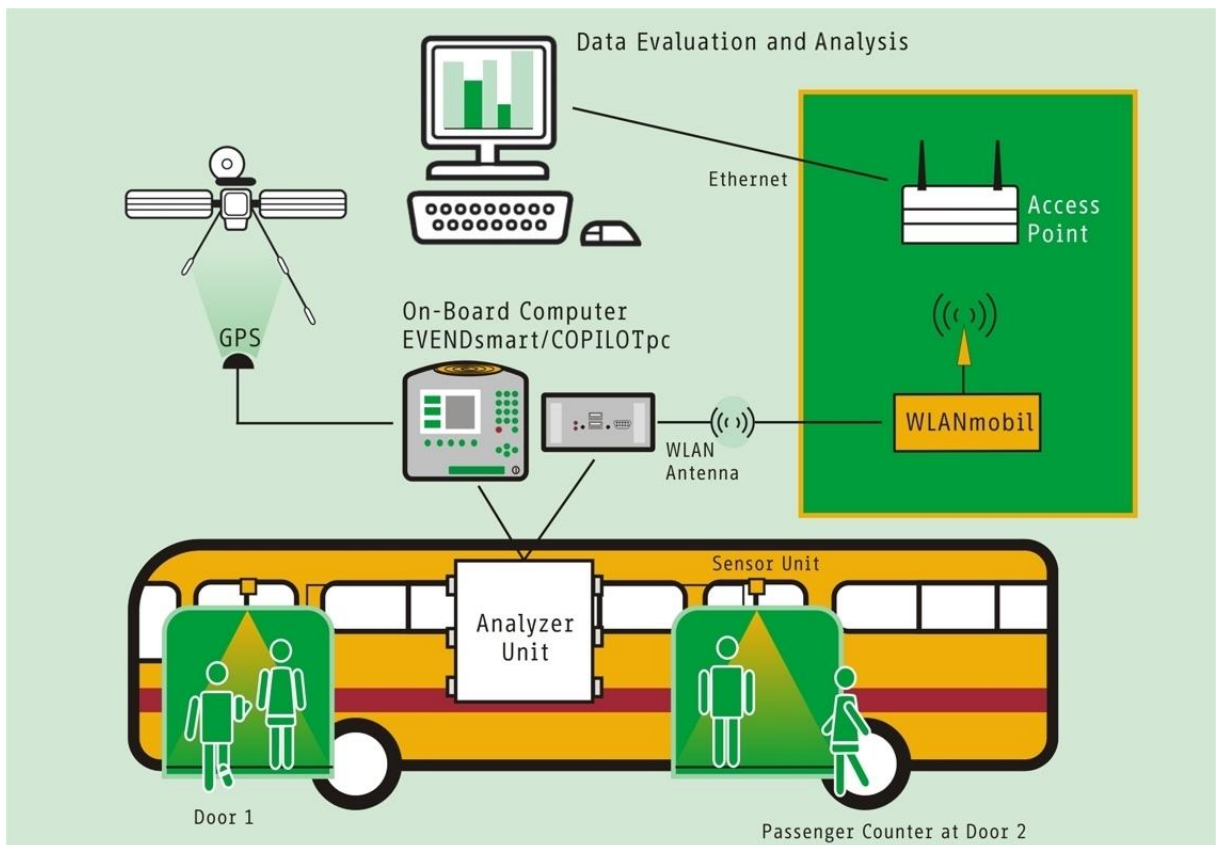
*„Samotné počítání je zpravidla zajištěno pomocí optických senzorů umístěných u dveří. Čidlo rozpozná, zda cestující nastupuje nebo vystupuje a vnitřní elektronika na základě těchto údajů vypočítává a shromažďuje údaje o obsazenosti vozidla. Díky pokročilé inteligenci funguje technologie spolehlivě i v méně přehledných situacích, jako*

je nástup dvojic, pohyb skupin nebo pohyby lidí v prostoru dveří uvolňujících cestu ostatním.“  
(Mikroelektronika, 2016)

Podle Hermana (2015) jsou systémy sčítání cestujících vhodné pro:

- „sledování počtu cestujících ve vozidle (obsazenost vozidla v různých časových úsecích),
- sledování vytíženosti spojů (počet cestujících v průběhu trasy) včetně mnoha aproximací,
- sledování vytíženosti zastávek (frekvenční výkaz pro MHD),
- případně jako bezpečnostní kamera nade dveřmi.“

Podobné využití nabízí i Init (2017), který navíc zmiňuje i možnost maximální nabídky spojů s minimálními náklady a také nabízí plně automatickou podporu manažerského rozhodování.



**Obrázek 1** Princip fungování systémů pro počítání cestujících (Init, 2017)

Dále na přehledném schématu, které je k vidění na obrázku 1, popisuje Init (2017) princip fungování systému automatického počítání cestujících. Data získána senzory nade dveřmi jsou odeslána do vyhodnocovací jednotky, která je propojena s palubním počítačem vozidla, jenž pomocí GPS oznamuje polohu vozidla a pomocí sítě WLAN

komunikuje s přístupovým bodem, který je napojen na počítač vybavený systémem, který pro vedení podniku připraví přehledné grafy a tabulky o využití vozidla MHD.

Eurotech (2017) zmiňuje výhody instalace systému, mezi které patří možnost porovnání platících cestujících s reálnými počty cestujících, ověření kompenzací pro dopravní firmy, plánování čištění vozidla a pro optimalizaci nasazení vozidla. Svůj systém uvádí firma jako speciálně navržený pro použití ve dveřních prostorech autobusů a kolejových vozidel, který pracuje na bezkontaktní stereoskopické vizuální technologii s garantovanou přesností 98%.

Infotron (2015) definuje systémy pro počítání cestujících jako jednu ze základních metod optimalizace jízdních řádů a tras v hromadné dopravě, jejichž využití nabízí určení počtu cestujících v jakékoliv denní době na kterékoliv lince. Systém pro počítání cestujících podle Infotron (2015) nabízí přesnost až 98%, a zároveň zmiňuje, že jeho využití poskytuje dostatek dat pro návrhy změn v dopravních systémech. Sčítací moduly jsou navrženy pro použití ve všech typech dopravních prostředků a nad jedny dveře je vždy instalován jeden sčítač, což Infotron (2015) uvádí jako výhodu oproti dalším systémům, které pro dveře širší než 1000 mm potřebují dva sčítače. Dále uvádí, že systém pracuje na pokročilé stereoskopické analýze obrazu, která je nejpokročilejší technologií pro počítání osob a pro ověření dat lze využít kamerové záznamy ze sčítací jednotky, kdy při ručním sčítání není sčítač vystaven vnějším vlivům (např. stresu). Infotron (2015) za základní funkce považuje počítání cestujících, bezdrátový přenos dat, GSM přenos dat, řízení databáze, určení názvu zastávky podle GPS, výsledky a statistiky, export dat do tabulkových procesorů a PDF souborů a další doplňující statistiky, případně může být na přání klienta různě modifikován nebo spojen s dalšími statistickými programy.

Z informací od Infotronu (2015) vyplývá, že pro správnou funkčnost systému automatického počítání cestujících je zapotřebí minimálně tři snímačů pro standardní vozidlo se třemi dveřmi, ale dle použité technologie může vyžadovat snímačů až 6. Na obrázku 2 je zachycen venkovní pohled na namontovaný senzor. Dále musí být ve vozidle jednotka pro sběr dat ze snímačů, který může být prováděn buď pomocí kabelové sítě anebo bezdrátově, a která bude odesílat data z vozidla do počítače vybaveného systémem pro vyhodnocování.



**Obrázek 2** Snímač systému automatického počítání cestujících (Infotron, 2015)

Retail Sensing (2016) uvádí jako nejpřesnější systém využívající CCTV (uzavřený televizní okruh) ve spojení s inteligentními sčítači, který dokáže pracovat s přesností až 98%. Pro porovnání uvádí ruční sčítání, ve kterém se odchylky pohybují v řádu 15%. Jako prvotní účel určuje stejný autor zjišťování počtu nastupujících a vystupujících v jednotlivých zastávkách a dalšími výstupy mohou být počty cestujících na míli, náklady na cestujícího a počet cestujících na řidiče. Dále se shoduje s dalšími zdroji v oblasti využití získaných dat pro vyžádání vyšších kompenzací od objednatelů dopravy anebo ke snížení nákladů.

Princip fungování systému popisuje Retail Sensing (2016) následovně:

- CCTV kamery přenáší obraz do video-sčítače,
- video-sčítač detekuje a zaznamenává nástupy, výstupy a čekací doby,
- analýzy z videí jsou odeslány do centrální databáze,
- během práce video-sčítače lze sledovat jeho postup a kontrolovat přenosnost,
- v případě potřeby lze vzdáleně upravovat nastavení jednotlivých jednotek.

Retail Sensing (2016) nabízí kromě sčítání ve vozidlech i systémy pro počítání cestujících na zastávkách, kde lze zjistit počet lidí ve stanicích, dobu čekání na spoj a také, které příchody a místa jsou nejvíce využívána. Tento způsob počítání zmiňuje i Acorel (2017), který zmiňuje možnost sčítání příchozích a odchozích ve vchodech a zároveň upozorňuje na nepřesnosti způsobené kolemjdoucími lidmi, kteří nakonec nevyužijí dopravní prostředek.

Další způsob fungování systému nabízí Acorel (2017) za použití laserové technologie. Principem této metody je znalost vzdálenosti mezi senzorem (vysílačem) a cestujícími procházejícími dveřmi (cílem). Tato data jsou odeslána do sčítacího systému a v případě potřeby pokrytí velkých prostorů lze spojit až 3 vysílače do jedné sčítací jednotky. Za hlavní výhody označuje Acorel (2017) přenosnost 98% ve vertikálním směru a možnost sčítat i v úplné tmě a nevýhodou je možnost zablokování senzoru stojícím člověkem. Acorel (2017) doporučuje využití laserové technologie pouze pro statické sčítání, konkrétně pro železniční stanice, přístavy a letiště, pro dopravní prostředky používá 3D stereoskopickou technologii.

Princip 3D stereoskopické technologie je založen na lidském oku. Díky dvěma kamerám v jednom senzoru je schopný vytvořit plnohodnotný 3D obraz a díky zpracování obrazu je schopen v reálném čase sledovat veškerý pohyb. Dále Acorel (2017) uvádí výhody, kam patří přesnost až 98%, nutnost pouze jednoho senzoru v jednom vstupu (případně dveřích), funkci senzoru nenaruší zastavující se lidé, ani velké teplotní výkyvy. Acorel (2017) považuje tento systém za natolik přesný, aby kompletně nahradil ruční sčítání a tím ušetřil náklady na jeho provedení a omezil riziko nepřesnosti sčítacích pracovníků.

Také Eurotech (2017) zařazuje do výhod stereoskopické technologie nezávislost na denní době a počasí, přenos informací z vozidel v reálném čase a možnost přizpůsobení snímačů do většiny střech i dveřních systémů. Stejný autor nezapomíná zmínit ani nutnost dvou kamer v jednom snímači, přičemž nezmiňuje, kolik snímačů je potřeba v jednom dveřním prostoru.

Přesnost udávanou výrobcem zpochybňuje Init (2015), který tvrdí, že přesnost nad 95% je pouze teoretická a za výzvu považuje nechat systémy pro počítání cestujících projít zkouškou dle amerických pravidel. Této problematice se podrobněji věnuje druhá kapitola, kde jsou použity vzorce a metodika právě podle amerických standardů. Init (2015) dodává maximální dosažitelnou přesnost 96% při použití APC systémů, jak ve vozidlech, tak ve stanicích.

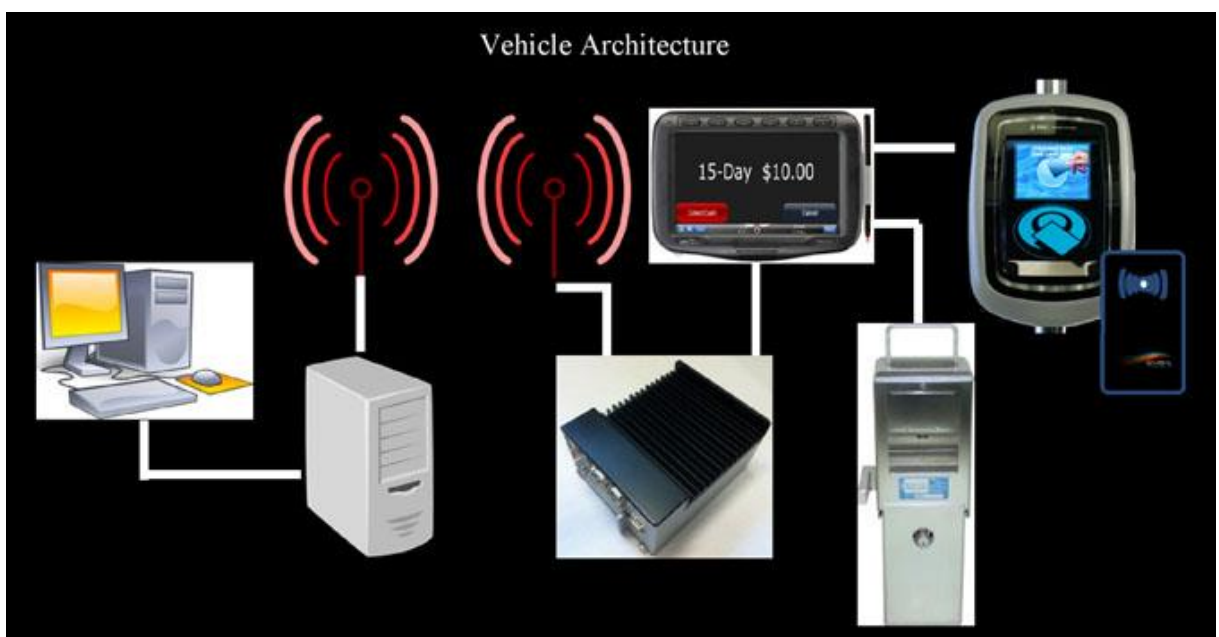
## **1.4 Systémy spojené s odbavovacím systémem**

Mikroelektronika (2017a) na webových stránkách uvádí vlastnosti odbavovacího systému, který v současné době umí zajistit distribuci jízdních dokladů přes jejich validaci a úhradu až po automatické vyhodnocení počtu přepravených platících cestujících. Dále uvádí možnosti distribuce jízdních dokladů, která může být prováděna pomocí papírových jízdních dokladů nebo na bezkontaktních kartách, a to prostřednictvím prodejních míst, automatů, přes internet nebo ve vozidle u řidiče. Mikroelektronika (2017a) uvádí vozidlo samotné nebo

stanici jako místa validace jízdních dokladů. Ve stanicích se využívají stacionární validátory, které mohou být spojeny s turnikety a branami a v druhém případě se využívají vozidlové validátory. Využití stacionárních validátorů se pojí pouze s vybranými druhy dopravy, konkrétně s metrem, železnicí a systémy BRT (Bus Rapid Transport).

Mikroelektronika (2017a) umožňuje automatický přenos informací o odbavených cestujících do datového centra ke zpracování, které obsahuje clearing, tvorbu reportů, statistik a výstupů pro návazné systémy. Tato data lze využít pro optimalizaci dopravního systému, případně jeho rozšíření, a jeho přizpůsobení cestující veřejnosti.

Avail (2014) nabízí komplexní řešení pro odbavovací systém, který umožňuje odbavení cestujících pomocí hotovosti i bezhotovostně a zároveň i okamžité odesílání dat o odbavených cestujících. Tento systém funguje na základě fyzického propojení součástí ve vozidle a bezdrátové komunikace palubního počítače s počítačem v kanceláři, který posléze poskytne přehledné tabulky a data. Jeho zapojení je zobrazeno na obrázku 3. Díky používání karet lze snížit náklady na tisk jízdenek a tím zajistit rychlejší návratnost investice do nového odbavovacího systému a dále lze pomocí karet zjistit přepravní proudy a zajistit lepší služby pro cestující (Avail, 2014).



**Obrázek 3** Schéma zapojení odbavovacího systému (Avail, 2014)

Jak uvádí Avail (2014), z odbavovacího systému lze získat data o všech prodaných jízdenkách i nastupujících cestujících odbavovaných pomocí karet. Problémem může být zjištění skutečného místa výstupu, což lze ale zjistit využitím systému Check In + Check Out, kdy si cestující musí označit jak nástup, tak i výstup. Tento systém je využíván v pardubické



hromadné dopravě, postup při jeho využití představuje Dopravní podnik města Pardubic (2016):

- *„po nástupu do vozu přiložte kartu ke čtecí zóně kteréhokoliv z terminálů. Dojde tak k odečtení jízdného dle příslušné tarifní zóny podle konečné stanice vámi zvolené linky. Na obrazovce se následně zobrazí informace o ceně zakoupeného jízdného, zůstatku finanční hotovosti a doby, do které je možné provést zlevněný přestup.*
- *při výstupu přiložte kartu ke kterémukoliv z terminálů ve voze. Ozve se hlášení „Označen výstup“. Podle zastávky, na které vystoupíte, vám pak bude vrácen rozdíl z jízdného podle tarifní zóny nebo z poskytnutého cenového zvýhodnění.“*

Díky označení nástupu i výstupu získá dopravce přesné informace o místě začátku cesty, přestupech a koncovém bodě cesty, tato data pak může použít k optimalizaci dopravy (Avail, 2014). Ze srovnání s Mikroelektronikou (2017a) vyplývá, že oba dodavatelé odbavovacích systémů se shodují na klíčových prvcích i možnostech využití získaných dat, což jen potvrzuje velmi velkou podobnost většiny systémů.

## **1.5 Turnikety a branky**

Základní rozdělení turniketů je dle Mikroelektroniky (2017b) na stacionární a mobilní, které lze doplnit použitím stacionárních branek. Aproks (2012) definuje turniket jako speciální typ brány, který v jednom momentu umožní průchod pouze jednomu člověku. Dále uvádí jejich možné využití ve veřejné dopravě, na placených toaletách, v bazénech, na sportovištích nebo v obchodech. Mikroelektronika (2017b) pro kontrolu vstupu do vozidel přímo v nich nabízí mobilní turnikety, jejichž využití je spojeno s vyhrazením samostatných dveří pro nástup a výstup, aby mohla probíhat kontrola nástupu. Možnosti fungování turniketu zmiňuje jako samostatné díky integrovanému validátoru bezkontaktních karet nebo manuálně ovládané, kde otevření turniketu provádí řidič vozidla. Výhodami tohoto systému jsou minimální prostorové náklady a možnost připevnění bez zásahů do podlahy vozidla. Provedení stacionárních turniketů může být podle Mikroelektroniky (2017b) od vysoce elegantních až po robustní konstrukce, které mají vysoké zabezpečení proti neoprávněnému vstupu, všechny typy obsahují čtečky čipových karet, případně jiných médií. Pro přístup hendikepovaných osob doporučuje Mikroelektronika (2017b) posuvné nebo otevírací branky, které obsahují čtečky čipových karet, případně jiných médií.

Magtrade (2013) definuje turniket jako mechanicky nebo motorem poháněné zařízení, které je ovládáno elektricky a má za účel omezit průchod do určitých prostor, a definuje jejich následující typy:

- tripodové turnikety – trojramenný otočný mechanismus, pro velký a stálý pohyb osob, použitelné v interiéru i exteriéru,
- otočné (rotační) turnikety – otočný mechanismus kolem svislé osy, různorodost provedení, tvoří celek s budovou, obvykle 3 ramena,
- plnorozměrové turnikety – nejvyšší účinnost proti neoprávněnému vniknutí, není nutný kontrolní dozor,
- vstupní branky – pro usměrnění a řízení pohybu, umožňují průjezd vozíků pro tělesně postižené.

Magtrade (2013) se shoduje s Aproxem (2012) na definici toho, že turniket funguje jako mechanická zábrana, která umožní průchod pouze jednomu člověku v daný moment. Druhý z výše jmenovaných na svém webu pro turnikety používá obchodní označení, ale v popisu se shoduje se základním rozdělením, jako ho definoval Magtrade (2013).

Rozdělení, které použil Magtrade (2013) se vyznačuje dělením podle konstrukce, naopak Mikroelektronika (2017b) dělí turnikety v závislosti na místě zabudování. Všichni autoři v této podkapitole se shodují na možnosti provedení turniketů dle vzhledu i odolnosti a zmiňují použití moderních a kvalitních materiálů a nelze opomenout ani určení turniketů pouze pro vnitřní, pouze pro venkovní nebo pro obě použití.

Pro příklad srovnání z hlediska bezpečnosti lze zmínit dle Aproxu (2012) následující tři turnikety:

- vysoký turniket určený do prostoru bez nutného dozoru,
- prosklený vysoký turniket s kontrolou průchodu,
- propust se sekvenčním průchodem a vícenásobnou kontrolou procházejícího.

## 2 OVĚŘENÍ PŘESNOSTI VYBRANÝCH METOD

Tato kapitola se zaměřuje na tři základní metody zjišťování obsazenosti vozidel, konkrétně přepravní průzkumy, systémy pro automatické počítání cestujících a vážicí systémy. Data, která byla získána ve spolupráci s Dopravním podnikem města Ústí nad Labem, a.s., budou použita pro ověření přesností těchto metod. V první podkapitole se nachází informace o přepravních průzkumech, následuje podkapitola zaměřená na ověření přesnosti vážicích systémů a jako poslední je v rámci této kapitoly ověřena přesnost automatických systémů pro počítání cestujících.

### 2.1 Provedení přepravních průzkumů

Na základě nasazení autobusů vybavených systémy pro počítání cestujících byly provedeny přepravní průzkumy k ověření jejich přesnosti. Ve formulářích (viz tabulka 1 v kapitole 1.1 Přepravní průzkumy) byly připraveny pole pro vyplnění nastupujících a vystupujících cestujících na příslušné zastávce uvedené v prvním sloupci. Poslední sloupec pak sloužil k zapsání aktuálního počtu ve vozidle, ten je určen přepočítáním cestujících v prostředku městské hromadné dopravy, nikoliv matematickým počítáním s předchozí obsazeností vozidla a počty nastupujících a vystupujících.

Výstup z přepravních průzkumů je pro účel bakalářské práce brán jako naprosto přesný a podle něj se budou vyhodnocovat odchylky vážicího systému a systému pro automatické počítání cestujících. Tato data není nutné sumarizovat do samostatné tabulky, neboť budou použita v následujících tabulkách u ověření přesnosti automatických systémů.

### 2.2 Ověření přesnosti vážicích systémů

Dopravní podnik města Ústí nad Labem, a.s. používá vážicí systém dodaný společností BUSE s.r.o. Přesnost tohoto systému výrobce udává mezi 65 až 70%.

INIT (2015) poskytuje základní vzorec pro zjištění relativní přesnosti automatických systémů:

$$e_{rel} = 100 - \left( \frac{|N_a - N_m|}{N_m} * 100 \right) [\%] \quad (1)$$

$e_{rel}$  ... relativní přesnost

$N_a$  ... počet cestujících podle automatického systému

$N_m$  ... počet cestujících spočítaný ručně

Jedinou kontrolovanou oblastí u vážicích systémů je aktuální počet cestujících ve vozidle. Tuto oblast lze dále využít k porovnání přesnosti vážicích systémů

a automatických počítačích systémů. V posledním sloupci tabulky 2 dochází k výpočtu relativní přesnosti, v předchozích sloupcích jsou zobrazeny názvy zastávek, mezi kterými se daný úsek nachází, a aktuální počet cestujících ve vozidle městské hromadné dopravy.

Pro vyplnění tabulky 2 bylo nutné přepočítat výstup z vážicího systému na počet cestujících, protože vážicí systém hodnotí procentuální využití vozu a to s přepravním průzkumem porovnat nejde. Přepočet se provádí pomocí určení, kolik cestujících odpovídá zjištěnému procentu z celkové obsazenosti.

$$C = p * O \text{ [počet cestujících]} \quad (2)$$

C ... počet cestujících ve vozidle určený vážicím systémem

p ... procentuální obsazenost

O ... obsaditelnost vozidla

**Tabulka 2** Ověření přesnosti vážicího systému

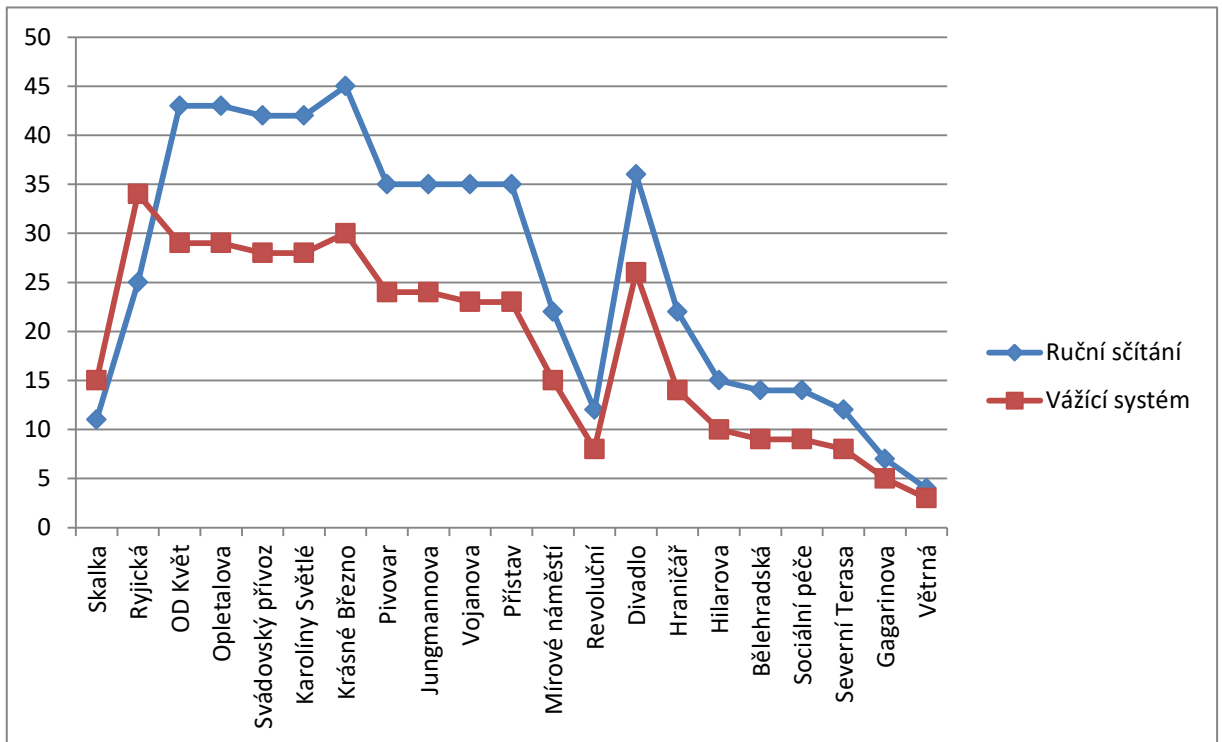
| Ze zastávky      | Do zastávky      | Ruční sčítání | Vážicí systém<br>(Vzorec 2) | Relativní přesnost<br>(Vzorec 1) |
|------------------|------------------|---------------|-----------------------------|----------------------------------|
| Skalka           | Ryjická          | 11            | 15                          | 63,64 %                          |
| Ryjická          | OD Květ          | 25            | 34                          | 64,00 %                          |
| OD Květ          | Opletalova       | 43            | 29                          | 67,44 %                          |
| Opletalova       | Svádovský přívoz | 43            | 29                          | 67,44 %                          |
| Svádovský přívoz | Karolíny Světlé  | 42            | 28                          | 66,67 %                          |
| Karolíny Světlé  | Krásné Březno    | 42            | 28                          | 66,67 %                          |
| Krásné Březno    | Pivovar          | 45            | 30                          | 66,67 %                          |
| Pivovar          | Jungmannova      | 35            | 24                          | 68,57 %                          |
| Jungmannova      | Vojanova         | 35            | 24                          | 68,57 %                          |
| Vojanova         | Přístav          | 35            | 23                          | 65,71 %                          |
| Přístav          | Mírové náměstí   | 35            | 23                          | 65,71 %                          |
| Mírové náměstí   | Revoluční        | 22            | 15                          | 68,18 %                          |
| Revoluční        | Divadlo          | 12            | 8                           | 66,67 %                          |
| Divadlo          | Hraničář         | 36            | 26                          | 72,22 %                          |
| Hraničář         | Hilarova         | 22            | 14                          | 63,64 %                          |
| Hilarova         | Bělehradská      | 15            | 10                          | 66,67 %                          |
| Bělehradská      | Sociální péče    | 14            | 9                           | 64,29 %                          |
| Sociální péče    | Severní Terasa   | 14            | 9                           | 64,29 %                          |
| Severní Terasa   | Gagarinova       | 12            | 8                           | 66,67 %                          |
| Gagarinova       | Větrná           | 7             | 5                           | 71,43 %                          |
| Větrná           | Mírová           | 4             | 3                           | 75,00 %                          |

Zdroj: Dopravní podnik města Ústí nad Labem (2017)

Data pro tabulku 2 byla získána na ranním spoji trolejbusové linky 51, jejíž trasa vede ze sídliště Skalka přes Neštěmice, Krásné Březno, centrum města a sídliště Skřivánek na Severní Terasu, kde trasa končí na zastávce Mírová. Důvodem pro výběr tohoto spoje byla

jeho obsazenost, kdy trolejbus nebyl přeplněn a přepravní průzkum lze považovat za naprosto přesný, protože nebyl ovlivněn výhled na dveřní prostory.

Na obrázku 4 jsou v přehledném grafu vidět počty cestujících zjištěné vážícím systémem a pro srovnání i počty z ručního sčítání. Na ose „x“ jsou výchozí zastávky úseku, pro který je údaj platný. Na ose „y“ je počet cestujících v prostředí městské dopravy, pro tento případ konkrétně v trolejbusu.



Obrázek 4 Porovnání ručního sčítání a vážícího systému (DPMUL, 2017)

### 2.3 Ověření přesnosti systémů pro automatické počítání cestujících

Dopravní podnik města Ústí nad Labem, a.s. používá systém pro automatické počítání cestujících, který tvoří jedna sčítací jednotka v jednom dveřním prostoru. Podle počtu dveří je tedy vozidlo vybaveno příslušným počtem sčítacích jednotek:

- 3 jednotkami pro troje dveře
- nebo 4 jednotkami pro čtveři dveře.

Dodavatelem tohoto systému je společnost BUSTEC ve spolupráci s výrobcem sčítací jednotky IRIS z Německa. Výrobcem udávána přesnost řešení je 96 %.

První kontrolovanou oblastí systému pro automatické počítání cestujících je aktuální počet cestujících ve vozidle. Tuto oblast lze posléze porovnat s vážícími systémy. V tabulce 3 jsou postupně uvedeny údaje o názvu zastávek, mezi kterými je údaj platný, počet cestujících podle ručního sčítání a počet cestujících podle automatického systému a dopočítaná relativní

přesnost. Relativní přesnost je vypočítána pomocí vzorce 1, který je uveden v kapitole 2.2  
Ověření přesnosti vážících systémů.

**Tabulka 3** Ověření přesnosti systému pro automatické počítání cestujících – počet cestujících ve vozidle

| Ze zastávky          | Do zastávky          | Ruční sčítání | Vážící systém | Relativní přesnost (Vzorec 1) |
|----------------------|----------------------|---------------|---------------|-------------------------------|
| Krásné Březno        | Pivovar              | 25            | 25            | 100,00 %                      |
| Pivovar              | Jungmannova          | 27            | 27            | 100,00 %                      |
| Jungmannova          | Autoškola            | 27            | 27            | 100,00 %                      |
| Autoškola            | Výstupní             | 31            | 31            | 100,00 %                      |
| Výstupní             | Dvojdolí             | 36            | 36            | 100,00 %                      |
| Dvojdolí             | Osamělá              | 42            | 42            | 100,00 %                      |
| Osamělá              | ZOO                  | 42            | 42            | 100,00 %                      |
| ZOO                  | Kmochova             | 42            | 42            | 100,00 %                      |
| Kmochova             | Stříbrníky           | 42            | 42            | 100,00 %                      |
| Stříbrníky           | Stříbrnická          | 55            | 56            | 98,18 %                       |
| Stříbrnická          | Orlická              | 54            | 55            | 98,15 %                       |
| Orlická              | Stavbařů             | 58            | 59            | 98,28 %                       |
| Stavbařů             | Mírová               | 39            | 40            | 97,44 %                       |
| Mírová               | Větrná               | 28            | 29            | 96,43 %                       |
| Větrná               | Gagarinova           | 22            | 23            | 95,45 %                       |
| Gagarinova           | Severní Terasa       | 22            | 23            | 95,45 %                       |
| Severní Terasa       | Masarykova nemocnice | 20            | 21            | 95,00 %                       |
| Masarykova nemocnice | Bukov sanatorium     | 14            | 15            | 92,86 %                       |
| Bukov sanatorium     | Pod Holoměří         | 14            | 15            | 92,86 %                       |
| Pod Holoměří         | Bukov rondel         | 15            | 16            | 93,33 %                       |
| Bukov rondel         | Všebořická           | 9             | 9             | 100,00 %                      |
| Všebořická           | Lipová               | 5             | 5             | 100,00 %                      |
| Lipová               | Všebořice OC         | 2             | 2             | 100,00 %                      |

Zdroj: Dopravní podnik města Ústí nad Labem (2017)

Důvodem pro výběr tohoto spoje byla nejvyšší obsazenost na lince za dobu provádění přepravního průzkumu. Jedná se o jízdu autobusové linky v ranní špičce v čase, kdy jsou spoje většinou obsazeny žáky a studenty škol ležících podél trasy. Kontrolovaný spoj začínal ve čtvrti Krásné Březno na stejnojmenné zastávce, odkud pokračoval přes sídliště Stříbrníky a Severní Terasa k nemocnici. Od zdravotnického zařízení vedla jeho cesta přes městskou část Bukov do Všebořic a končí nedaleko konce města u bývalého obchodního centra.

Na obrázku 5 je k vidění grafický výstup ze systémů pro automatické počítání cestujících z jiného dne, ale stejného spoje. Zajímavostí je velmi podobný vývoj počtu cestujících a na konci je vidět chyba v měření, kdy ve vozidle na konečné zastávce zůstane jeden člověk. Při přiblížení počtu cestujících k hranici kapacity vozidla se v grafu, jako je na obrázku 5, objeví vodorovná čára označující právě kapacitu, která by za normálních okolností neměla být překročena.



**Obrázek 5** Grafický výstup ze systému pro automatické počítání cestujících (DPMUL, 2017)

V grafu je přehledně vidět, kolik cestujících je v prostředí městské hromadné dopravy na dané zastávce. V legendě na pravé straně je zobrazena linka, datum a čas odjezdu z výchozí zastávky a trasa spoje označená výchozí a konečnou zastávkou. Do grafu je možné vynést i více spojů v různé dny na stejné trase a porovnat jejich obsazenost v závislosti například na dnu v týdnu nebo ročním období.

Další oblastí procházející kontrolou je počet nastupujících cestujících. V tabulce 4 je v prvním sloupci název zastávky, pro kterou je daný údaj přiřaditelný, počet nastupujících

cestujících podle ručního sčítání a počet cestujících podle automatického systému. V posledním sloupci tabulky je podle vzorce 1 dopočítaný údaj – relativní přesnost.

Nástup cestujících byl kontrolován na stejném spoji jako počet cestujících ve vozidle a to z důvodu ověření výskytu chyby měření, který byl potvrzen v zastávce Stříbrníky, kde automatický systém pro počítání cestujících napočítal o jednoho člověka více, než bylo zjištěno ručním sčítáním. Z celkového počtu 24 zastávek a 97 (údaj podle ručního sčítání) nastupujících cestujících došlo k chybě na jediné zastávce a to pouze o jednoho člověka.

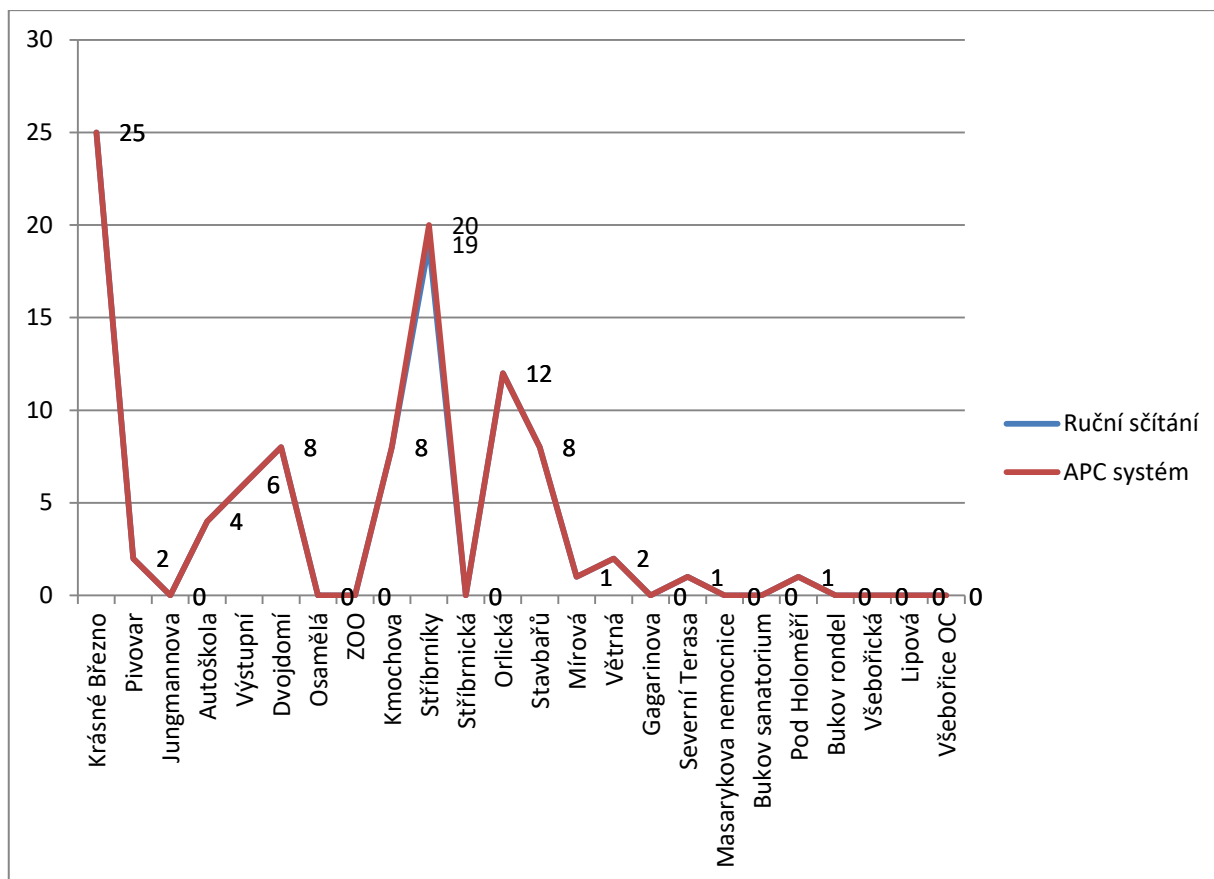
**Tabulka 4** Ověření přesnosti systému pro automatické počítání cestujících – počet nastupujících cestujících

| Zastávka             | Ruční sčítání | APC systém | Relativní přesnost<br>(Vzorec 1) |
|----------------------|---------------|------------|----------------------------------|
| Krásné Březno        | 25            | 25         | 100,00 %                         |
| Pivovar              | 2             | 2          | 100,00 %                         |
| Jungmannova          | 0             | 0          | 100,00 %                         |
| Autoškola            | 4             | 4          | 100,00 %                         |
| Výstupní             | 6             | 6          | 100,00 %                         |
| Dvojdolí             | 8             | 8          | 100,00 %                         |
| Osamělá              | 0             | 0          | 100,00 %                         |
| ZOO                  | 0             | 0          | 100,00 %                         |
| Kmochova             | 8             | 8          | 100,00 %                         |
| Stříbrníky           | 19            | 20         | 94,74 %                          |
| Stříbrnická          | 0             | 0          | 100,00 %                         |
| Orlická              | 12            | 12         | 100,00 %                         |
| Stavbařů             | 8             | 8          | 100,00 %                         |
| Mírová               | 1             | 1          | 100,00 %                         |
| Větrná               | 2             | 2          | 100,00 %                         |
| Gagarinova           | 0             | 0          | 100,00 %                         |
| Severní Terasa       | 1             | 1          | 100,00 %                         |
| Masarykova nemocnice | 0             | 0          | 100,00 %                         |
| Bukov sanatorium     | 0             | 0          | 100,00 %                         |
| Pod Holoméřím        | 1             | 1          | 100,00 %                         |
| Bukov rondel         | 0             | 0          | 100,00 %                         |
| Všebořická           | 0             | 0          | 100,00 %                         |
| Lipová               | 0             | 0          | 100,00 %                         |
| Všebořice OC         | 0             | 0          | 100,00 %                         |

Zdroj: Dopravní podnik města Ústí nad Labem (2017)

Na obrázku 6 je vidět porovnání počtu nastupujících cestujících, kdy jediný rozdíl je v zastávce Stříbrníky, jak je vidět i v tabulce 4. Kromě této zastávky je přesnost systému 100 %, takže systém pracuje ve většině případů bezchybně.





**Obrázek 6** Porovnání počtu nastupujících cestujících (DPMUL, 2017)

Poslední kontrolovanou oblastí u automatických systémů pro počítání cestujících je počet cestujících, kteří na dané zastávce vystupují. V tabulce 5 je proto uveden název zastávky, údaj o počtu vystupujících podle ručního sčítání a automatického systému a relativní přesnost, která byla dopočítána autorem.

Výstup cestujících byl také kontrolován na ranním spoji linky 5 jako nástup a počet cestujících ve vozidle a to z důvodu nalezení místa chyby v měření automatického systému. K chybě došlo v zastávce Bukov rondel, kdy automatický systém napočítal o jednoho vystupujícího člověka více, než bylo zjištěno ručním sčítáním. Celkový počet vystupujících byl 97 lidí (údaj podle ručního sčítání) během 24 zastávek.

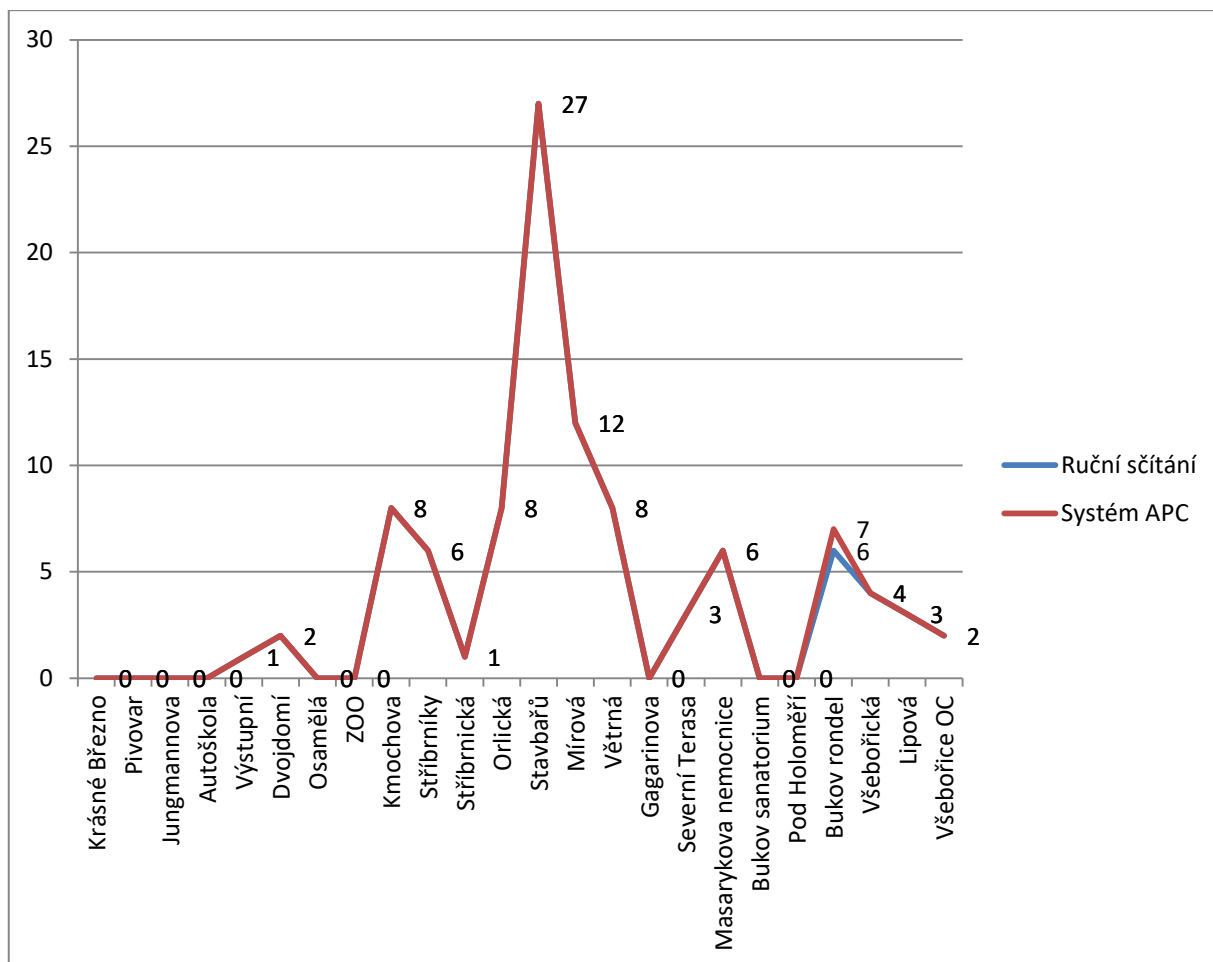
Rozdíl mezi vypočítanými přesnostmi i se stejnou absolutní chybou v případě jejich ověření u nástupu a výstupu je dán rozdílným počtem cestujících v zastávkách, kde se vyskytla chyba, protože vzorec 1 počítá ve jmenovateli pouze s číslem z ručního sčítání a to je v tomto případě značně rozdílné. U vystupujících se chyba objevila u čísla 6, zatímco pro nástup byla chyba v čísle 19 a tím se procentuální vypočítaná hodnota změní při stejné absolutní chybě v počtu cestujících.

**Tabulka 5** Ověření přesnosti systému pro automatické počítání cestujících – počet vystupujících cestujících

| Zastávka             | Ruční sčítání | APC systém | Relativní přesnost<br>(Vzorec 1) |
|----------------------|---------------|------------|----------------------------------|
| Krásné Březno        | 0             | 0          | 100,00 %                         |
| Pivovar              | 0             | 0          | 100,00 %                         |
| Jungmannova          | 0             | 0          | 100,00 %                         |
| Autoškola            | 0             | 0          | 100,00 %                         |
| Výstupní             | 1             | 1          | 100,00 %                         |
| Dvojdolí             | 2             | 2          | 100,00 %                         |
| Osamělá              | 0             | 0          | 100,00 %                         |
| ZOO                  | 0             | 0          | 100,00 %                         |
| Kmochova             | 8             | 8          | 100,00 %                         |
| Stříbrníky           | 6             | 6          | 100,00 %                         |
| Stříbrnická          | 1             | 1          | 100,00 %                         |
| Orlická              | 8             | 8          | 100,00 %                         |
| Stavbařů             | 27            | 27         | 100,00 %                         |
| Mírová               | 12            | 12         | 100,00 %                         |
| Větrná               | 8             | 8          | 100,00 %                         |
| Gagarinova           | 0             | 0          | 100,00 %                         |
| Severní Terasa       | 3             | 3          | 100,00 %                         |
| Masarykova nemocnice | 6             | 6          | 100,00 %                         |
| Bukov sanatorium     | 0             | 0          | 100,00 %                         |
| Pod Holoměří         | 0             | 0          | 100,00 %                         |
| Bukov rondel         | 6             | 7          | 83,33 %                          |
| Všebořická           | 4             | 4          | 100,00 %                         |
| Lipová               | 3             | 3          | 100,00 %                         |
| Všebořice OC         | 2             | 3          | 100,00 %                         |

Zdroj: Dopravní podnik města Ústí nad Labem (2017)

Na obrázku 7 je vidět porovnání počtu nastupujících cestujících, kdy jediný rozdíl je v zastávce Stříbrníky, jak je vidět i v tabulce 5. Kromě této zastávky je přesnost systému 100 %, takže systém pracuje ve většině případů bezchybně.



Obrázek 7 Porovnání počtu vystupujících cestujících (DPMUL, 2017)

## 2.4 Hodnocení kvality měření

Důležitou součástí je i sebekontrola automatického systému pro počítání cestujících, která se provádí pomocí porovnání zjištěných počtů nastupujících a vystupujících cestujících. Za tímto účelem poskytuje INIT (2015) základní vzorec pro hodnocení kvality měření automatických systémů:

$$Kvalita\ měření = 100 - \left( \frac{|O-I|}{O+I} * 100 \right) [\%] \quad (3)$$

O ... počet vystupujících cestujících

I ... počet nastupujících cestujících

V tabulce 6 je hodnocena kvalita měření systémů pro automatické počítání cestujících, která je dopočítána autorem. Sloupce tabulky 6 jsou počet vystupujících a nastupujících cestujících za celé hodnocené období a jeho vymezení, jenž probíhá pomocí data změření uvedených dat, a kvalita měření automatického systému, která se počítá pomocí vzorce 3. Kontrolní hodnotou je bezchybná kvalita měření, kdy se počet vystupujících a nastupujících cestujících rovná.

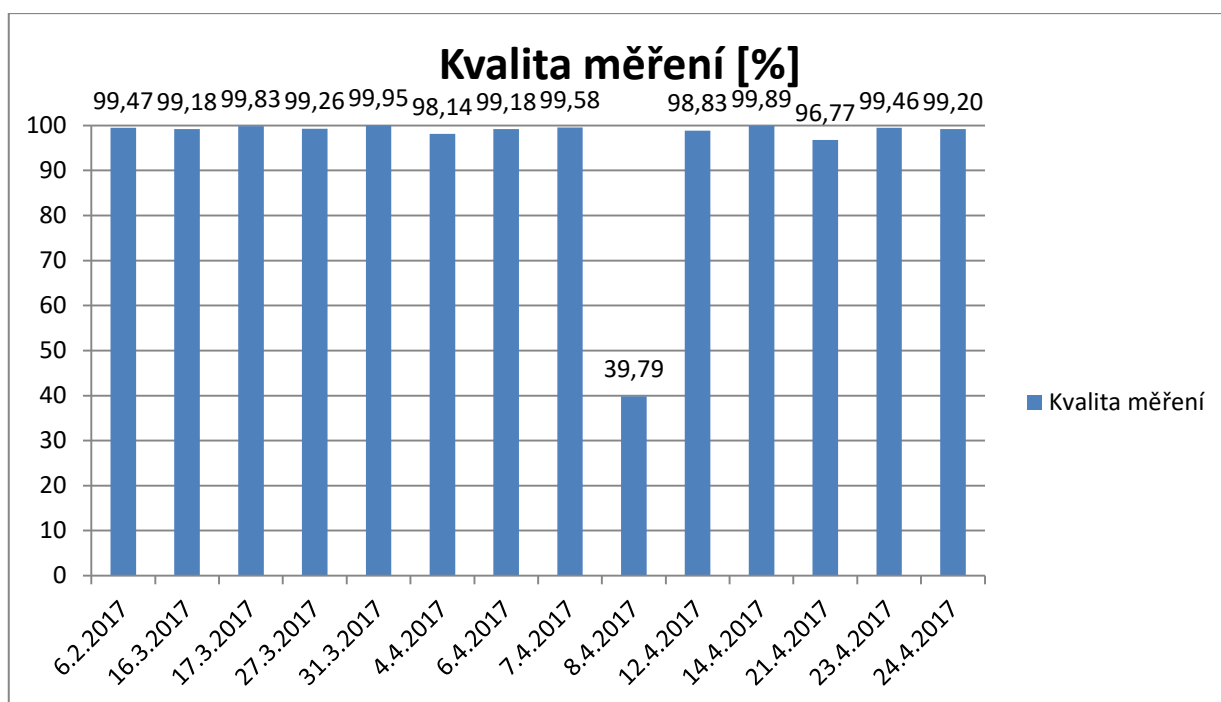
**Tabulka 6** Hodnocení kvality měření systému pro automatické počítání cestujících

| Datum (den v týdnu)   | Nasazení vozidla | Počet nastupujících | Počet vystupujících | Kvalita (Vzorec 3) |
|-----------------------|------------------|---------------------|---------------------|--------------------|
| 6. 2. 2017 (pondělí)  | Linka 19         | 757                 | 765                 | 99,47 %            |
| 16. 3. 2017 (čtvrtek) | Linka 19         | 908                 | 923                 | 99,18 %            |
| 17. 3. 2017 (pátek)   | Linka 19         | 896                 | 899                 | 99,83 %            |
| 27. 3. 2017 (pondělí) | Linka 3          | 1 077               | 1 093               | 99,26 %            |
| 31. 3. 2017 (pátek)   | Linka 5          | 1 043               | 1 044               | 99,95 %            |
| 4. 4. 2017 (úterý)    | Linka 15         | 328                 | 316                 | 98,14 %            |
| 6. 4. 2017 (čtvrtek)  | Linka 9          | 612                 | 602                 | 99,18 %            |
| 7. 4. 2017 (pátek)    | Linka 3          | 236                 | 238                 | 99,58 %            |
| 8. 4. 2017 (sobota)   | Linka 3          | 620                 | 154                 | 39,79 %            |
| 12. 4. 2017 (středa)  | Linka 11         | 217                 | 212                 | 98,83 %            |
| 14. 4. 2017 (pátek)   | Linka 3          | 920                 | 918                 | 99,89 %            |
| 21. 4. 2017 (pátek)   | Linka 17         | 32                  | 30                  | 96,77 %            |
| 23. 4. 2017 (neděle)  | Linka 9          | 186                 | 184                 | 99,46 %            |
| 24. 4. 2017 (pondělí) | Linka 19         | 864                 | 878                 | 99,20 %            |

Zdroj: Dopravní podnik města Ústí nad Labem (2017)

Pro tabulku 6 byly vybrány různé dny za účelem nalezení případné velké chyby, která se objevila při měření v sobotu 8. 4. 2017, kdy při měření na lince 3 došlo nejdříve k výpadku vyhodnocování vystupujících cestujících a posléze kompletního systému. Po restartu systému došlo pouze k obnovení počítání nastupujících cestujících. Rozdílný počet dat je způsoben rozdílnými přepravními potřebami cestujících a také různou délkou nasazení vozidla na danou linku. Dne 21. 4. 2017 byl vůz na linku 17 nasazen pouze na jedno kolo ve večerním sedle, naopak ve dnech 27. 3. 2017 a 31. 3. 2017 je vidět největší vytížení autobusu, protože byl nasazen na dlouhé výkony na linkách s vysokou přepravní poptávkou.

Na obrázku 8 je zobrazen graf spočítané kvality měření systémů pro automatické počítání cestujících, kde je přehledně vidět chyba měření v jednom dni, která vybočuje z přesností velmi blízkých se 100 %. Druhý nejnižší sloupec grafu je ovlivněn nízkým počtem změřených dat.



**Obrázek 8** Grafické znázornění kvality měření (DPMUL, 2017)

Na základě dat z tabulky 6 lze odhadnout celkovou poptávku po přepravě linkou 19. Díky provedení čtyř měření, přičemž tři z nich byla provedena na různých spojích, lze poměrně přesně stanovit průměrný počet cestujících na jeden den pro linku 19. Tento odhad vidíme v tabulce 7, kde se jedná o údaj o poptávce pro pracovní dny.

**Tabulka 7** Určení poptávky po lince 19

| Datum                                   | Počet nastupujících | Počet vystupujících |
|---|---------------------|---------------------|
| 6. 2. 2017 (pondělí)                    | 757                 | 765                 |
| 16. 3. 2017 (čtvrtek)                   | 908                 | 923                 |
| 17. 3. 2017 (pátek)                     | 896                 | 899                 |
| 24. 4. 2017 (pondělí)                   | 864                 | 878                 |
| Průměrný počet cestujících na jeden vůz | 856                 | 866                 |
| Denní poptávka po lince (3 vozy)        | 2 569               | 2 599               |
| Průměrná denní poptávka (3 vozy)        | 2 584               |                     |

Zdroj: Dopravní podnik města Ústí nad Labem (2017)

Pro odhad byly použity počty nastupujících i vystupujících a to především pro ukázkou, jaký rozdíl může nastat během čtyř měření mezi počtem nastupujících a vystupujících cestujících, v tomto případě je tento rozdíl roven 10, ale je následně ještě umocněn násobením na tři vozy, což rozdíl zvětší na 30 cestujících. Protože nelze jednoznačně určit, který z údajů o nastupujících nebo vystupujících osobách je pravdivý, je v posledním řádku vypočítán průměr z obou hodnot pro minimalizaci chyby odhadu.

Takto by šlo odhadnout poptávku i po dalších linkách s rovnoměrně rozděleným zájmem cestujících o přepravu mezi všechny nasazené vozy. Nutnou podmínkou pro možnost této realizace je nasazení autobusu na všechny možné spoje na lince, aby nedošlo k ovlivnění odhadu za pomoci vysoké poptávky po jednom oběhu vozidla.

Tyto výpočty mají svůj význam při dopravním plánování, protože poskytují celkový počet cestujících za jeden den, který bude potřeba přepravit. Pomocí tohoto údaje a kapacity vozidla lze stanovit potřebný počet spojů na uspokojení této očekávané poptávky a pomocí rozborů jednotlivých spojů je možné navrhnout i časy odjezdů spojů za účelem nejlepšího pokrytí této poptávky.

Další možností interpretace těchto dat je ověření využití kapacity vozidel, které může být provedeno pomocí výpočtu celkové kapacity spojů na lince za den a jeho porovnání s reálným odhadem denní poptávky. V tomto případě se jasně objeví problém s rozložením denní poptávky do určitých časových úseků, kdy jezdí vozidlo naplněné na hraně jeho kapacity, kam patří především ranní a odpolední špička, a úseků, ve kterých je vozidlo naplněno pouze částečně, případně jede na vybraných spojích úplně prázdné.

Před rušením prázdných jízd je nutné zohlednit, zda se jedná o pravidelný stav nebo náhlý výpadek poptávky a zda by zrušení daného spoje nepřineslo větší náklady než jeho jízda. Problém prázdných jízd se objevuje u spojů jedoucích k průmyslovým podnikům po začátcích pracovní doby, ale nepokračují ihned zpět do centra. Tyto spoje jsou pak nevhodné jak pro zaměstnance mířící do práce do těchto podniků, protože jejich využití by pracovníkům přineslo pozdní příchod a v druhém ohledu pro zaměstnance mířící z práce domů tento spoj také neuspokojí požadovanou poptávku dostat se do centra na přestup nebo rovnou domů.

### 3 ZHODNOCENÍ METOD A MOŽNOSTI PRO ZVÝŠENÍ JEJICH PŘESNOSTI

V této kapitole jsou vyhodnocena data zjištěná během druhé kapitoly. Hodnocení probíhá pomocí vypočtených přesností, které jsou porovnány s přesností udávanou výrobcem. Dále se v kapitole nachází zjištěné odchylky. Také je vyhodnocena vypočtená přesnost s ohledem na možnost využití dat pro další účely. Dále se v kapitole nachází návržení způsobů pro možné zvýšení reálné přesnosti systémů pro zjišťování obsazenosti vozidel a možné příčiny nepřesnosti systémů.

#### 3.1 Vyhodnocení dat z automatických systémů

Tato podkapitola se zabývá interpretací dat získaných z vážícího systému a systému pro automatické počítání cestujících, která byla porovnávána s přepravním průzkumem. Ve druhé polovině následuje vyhodnocení kvality měření počítacího systému.

**Tabulka 8** Zhodnocení vážícího systému

| Údaj   | Hodnota   |
|--|-----------|
| Výrobcem udávaná přesnost                        | 65 – 70 % |
| Počet hodnot nad udávanou přesnost               | 3         |
| Počet hodnot pod udávanou přesnost               | 5         |
| Reálná průměrná přesnost                         | 67,15 %   |
| Maximální pozitivní odchylka od reálné přesnosti | 7,50 %    |
| Maximální negativní odchylka od reálné přesnosti | -3,86 %   |
| Průměrná odchylka od udávané přesnosti           | -0,35 %   |

Zdroj: Dopravní podnik města Ústí nad Labem (2017)

Z dat v tabulce 8 je vidět, že reálná přesnost ověřená pomocí průzkumů odpovídá rozmezí, které výrobce udává. Největší rozdíl od průměrné hodnoty byl 7,85%. To znamená, že vážící systém naměřil v jednom momentu hodnotu s přesností 75%. Průměrná odchylka od výrobcem udávané přesnosti, pro účely výpočtu zvolena střední hodnota intervalu 67,5%, dosáhla -0,35%. Reálná průměrná přesnost je tedy 67,15%.

Tabulka 9 slouží k hodnocení přesnosti měření automatického systému pro počítání cestujících v oblasti počtu cestujících ve vozidle. Reálná průměrná přesnost ověřená přepravním průzkumem je 97,98% a průměrná odchylka od udávané přesnosti je 1,98%, z této hodnoty vyplývá vyšší přesnost systému, než udává výrobce. Maximální odchylka od reálné přesnosti dosáhla -5,12%.

**Tabulka 9** Zhodnocení systému pro automatické počítání cestujících – počet cestujících ve vozidle

| Údaj   | Hodnota |
|--|---------|
| Výrobce udávaná přesnost                         | 96 %    |
| Počet hodnot nad udávanou přesnost               | 17      |
| Počet hodnot pod udávanou přesnost               | 6       |
| Reálná průměrná přesnost                         | 97,98 % |
| Maximální pozitivní odchylka od reálné přesnosti | 4,00 %  |
| Maximální negativní odchylka od reálné přesnosti | -5,12 % |
| Průměrná odchylka od udávané přesnosti           | 1,98 %  |

Zdroj: Dopravní podnik města Ústí nad Labem (2017)

V tabulce 10 je hodnocena přesnost měření nastupujících cestujících. Nejvyšší odchylka je 4%, a to konkrétně na 100% přesnost – bezchybné počítání cestujících. Reálná přesnost systému je díky pouze jedné chybě na 99,78%, díky čemuž je průměrná odchylka na 3,78%. To znamená, že systém je přesnější než udává výrobce.

**Tabulka 10** Zhodnocení systému pro automatické počítání cestujících – počet nastupujících cestujících

| Údaj   | Hodnota |
|--|---------|
| Výrobce udávaná přesnost                         | 96 %    |
| Počet hodnot nad udávanou přesnost               | 23      |
| Počet hodnot pod udávanou přesnost               | 1       |
| Reálná průměrná přesnost                         | 99,78 % |
| Maximální pozitivní odchylka od reálné přesnosti | 4,00 %  |
| Maximální negativní odchylka od reálné přesnosti | -1,26 % |
| Průměrná odchylka od udávané přesnosti           | 3,78 %  |

Zdroj: Dopravní podnik města Ústí nad Labem (2017)

Tabulka 11 se zabývá zhodnocením počítání vystupujících cestujících. I z této tabulky je patrné, že reálná přesnost systému pro počítání cestujících je vyšší než přesnost udávaná výrobcem. Průměrná odchylka přesnosti je 3,48% a maximální hodnota odchylky je -8,50%.

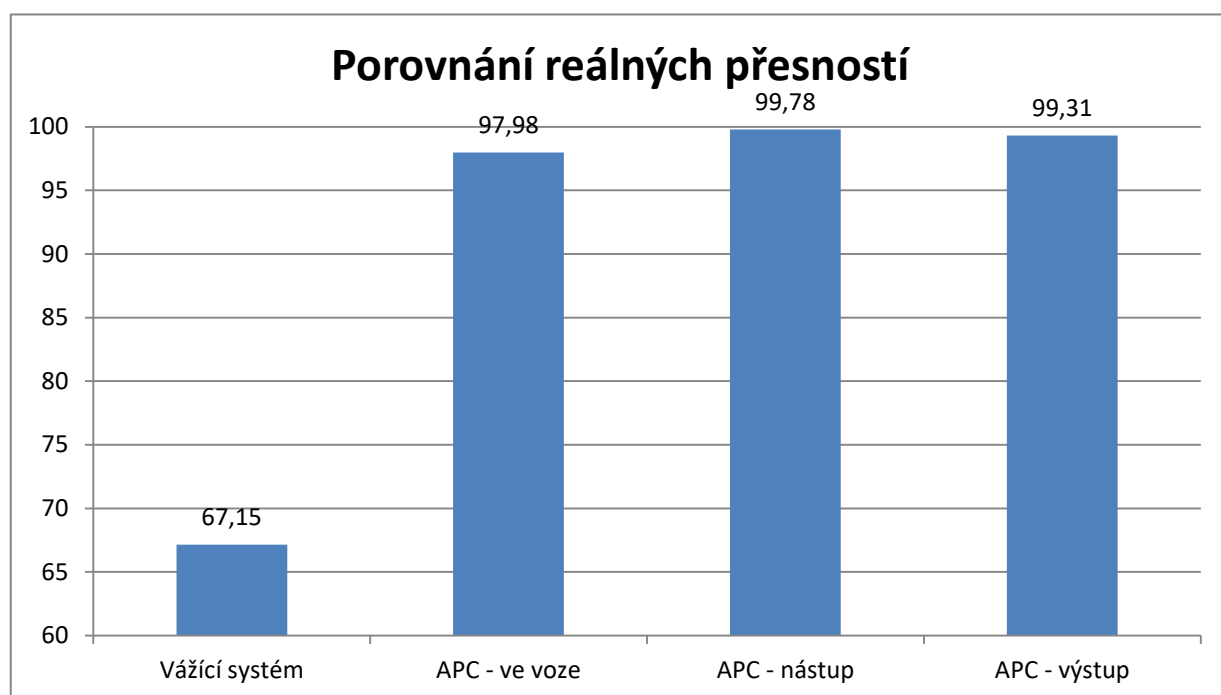
**Tabulka 11** Zhodnocení systému pro automatické počítání cestujících – počet vystupujících cestujících

| Údaj   | Hodnota  |
|--|----------|
| Výrobce udávaná přesnost                         | 96 %     |
| Počet hodnot nad udávanou přesnost               | 23       |
| Počet hodnot pod udávanou přesnost               | 1        |
| Reálná průměrná přesnost                         | 99,31 %  |
| Maximální pozitivní odchylka od reálné přesnosti | 4,00 %   |
| Maximální negativní odchylka od reálné přesnosti | -12,67 % |
| Průměrná odchylka od udávané přesnosti           | 3,31 %   |

Zdroj: Dopravní podnik města Ústí nad Labem (2017)



Na obrázku 6 jsou k vidění sumarizované výsledky z ověřování přesnosti automatických systémů za pomoci přepravních průzkumů. Mezi vážícím systémem a systémem pro automatické počítání cestujících je vidět velký rozdíl, který je dán především způsobem měření. Vážící systém měří na základě odhadu podle předem provedené kalibrace, naopak počítačový systém je založen na základě předem definovaných kritérií pro rozpoznání člověka vstupujícího nebo vystupujícího z vozidla hromadné dopravy osob.



**Obrázek 9** Graficky znázorněné porovnání přesností (DPMUL, 2017)

V tabulkách 12 a 13 je vidět hodnocení kvality měření systémů pro počítání cestujících. Důvodem pro vytvoření dvou tabulek je především ukázka, jak mohou být data znehodnocena při výpadku systému. Úplná porucha počítačového zařízení není v tomto vzorci problémem, protože nedojde ke zkreslení dat. Nezapočítá se ani nástup, ani výstup, takže ve vzorci nevznikne chyba. Druhým případem je částečná nefunkčnost systému, který může počítat pouze nastupující nebo pouze vystupující. V tomto případě dojde ke znehodnocení dat, jak je vidět v tabulce 12, kdy je odchylka až 60,21%.

**Tabulka 12** Zhodnocení kvality měření APC systému

| Údaj                                    | Hodnota |
|---|---------|
| Bezchybná kvalita                       | 100 %   |
| Reálná kvalita                          | 94,90 % |
| Maximální odchylka od bezchybné kvality | 60,21 % |
| Průměrná odchylka od bezchybné kvality  | 5,10 %  |

Zdroj: Dopravní podnik města Ústí nad Labem (2017)

Pro tabulku 13 byl údaj s nefunkčním systémem automatického počítání cestujících vymazán a je jasně vidět skokové zlepšení reálné kvality oproti přechozímu stavu s chybou, který je vidět v tabulce 12.

**Tabulka 13** Zhodnocení kvality měření APC systému – bez poruchy zařízení

| Údaj                                    | Hodnota |
|---|---------|
| Bezchybná kvalita                       | 100 %   |
| Reálná kvalita                          | 99,13 % |
| Maximální odchylka od bezchybné kvality | 3,23 %  |
| Průměrná odchylka od bezchybné kvality  | 0,87 %  |

Zdroj: Dopravní podnik města Ústí nad Labem (2017)

Využití automatických systémů pro dopravní plánování je možné za předpokladu použití především systémů pro automatické počítání cestujících, jejichž výstupy poskytují značně vyšší přesnost a to nejenom na základě udávané přesnosti, ale i na základě kontrolního ověření za pomoci přepravních průzkumů. Před dalším použitím těchto dat je potřeba ověřit kvalitu měření, aby nedošlo k chybné interpretaci a použití zkreslených dat pro plán dopravní obslužnosti. Dále je nutné kontrolovat, zda nedošlo k celkovému výpadku systému. Chybějící data by mohla zkreslit poptávku po daném spojení a způsobit neadekvátní snížení nabízených možností dopravního spojení do dané oblasti.

Výstupy z vážicího systémů lze považovat za přibližné, ale hodnoty vydané tímto zařízením mohou být za některých okolností velmi nepřesné. Pro přibližnou informaci o počtu cestujících je tento systém dostačující. Pro vypovídající hodnotu by dopravní prostředky musely vozit stejně váhově rozložené cestující jako při kalibraci měřicího zařízení.

### 3.2 Nepřesnosti měření a možnosti pro zlepšení

V první části této podkapitoly jsou probrány možné příčiny chybných výstupů z vážicího systému a způsoby, jak tyto nepříznivé faktory eliminovat nebo omezit. Následně je opakován stejný systém postupu i pro automatické počítací systémy.

Hlavní příčinnou nepřesnosti vážicího systémů je provádění kalibrace, při které je podle počtu osob nastaveno zatížení měřčů dopravního prostředku. Nejprve je nastaveno zatížení pro prázdný vůz, druhým krokem je naplnění na polovinu obsaditelnosti a třetím krokem je převážení vozidla při plné obsazenosti, tedy v případě rovnosti obsazenosti a obsaditelnosti. Tento proces provádí Dopravní podnik města Ústí nad Labem, a.s. ve spolupráci se středními školami. Výsledky kalibrace přímo závisí na hmotnostech studentů vybraných k jejímu provedení.

Problémem vážícího systému je různá váha cestujících a kromě tohoto faktoru je zatížení vozidla ovlivněno dalšími přepravovanými věcmi. Do této kategorie mohou spadat veškerá spoluzavazadla, která řidič připustí k přepravě. Kromě klasických nákupních tašek, které v nízkém počtu výstupy neovlivní, jde hlavně o těžké kočárky a invalidní vozíky. Speciální kategorií jsou elektrické invalidní vozíky, které mohou dosahovat i hmotnosti přes 200 kg. Při přepravě jednoho takového invalidního vozíku, tak může dojít ke zkrácení třeba i o 3 cestující. V těchto případech dochází ke zkrácení směrem nahoru, takže výstup z vážícího systému určí počet cestujících jako vyšší, než reálně je.

Opačný problém může způsobit přeprava skupin dětí předškolního věku, případně i nejnižších tříd základní školní docházky, kdy hmotnost celé skupiny bude vyhodnocena pouze na několik málo cestujících oproti reálnému vyššímu počtu. Stejný problém se projeví i u autobusů, kde bude úbytek pohonných hmot snižovat zatížení vozidla. Při objemu nádrže 250 litrů nafty může rozdíl v hmotnosti činit až 210 kilogramů.

Problémy s vážícím systémem by bylo možné vyřešit několika různými kalibracemi, které by se buď automaticky, nebo ručně měnily za nevhodnější dané situaci. Automatická změna by mohla být vázána na spotřebu paliva, při dosažení snížení objemu paliva v nádrži o 50 litrů by systém tuto informaci vyhodnotil a přizpůsobil by hodnoty tomuto novému stavu.

Ruční změny by prováděl řidič vozidla na základě pozorování situace ve vozidle, pokud by nastoupila skupina dětí předškolního věku, tak by zvolil nižší hodnoty a naopak při nástupu vozíčkáře by zvolil vyšší. Otázkou tohoto opatření je subjektivní pohled řidiče na složení cestujících a nejednotná data z různých dopravních prostředků a od různých řidičů. Dále je otázkou, zda by se dalo donutit řidiče k těmto operacím a vhodnost přidávání dalších úkonů do již dost stresového a náročného zaměstnání za účelem získání dat pro dopravní plánování.

Dalším problémem vážících systémů je jejich výstup, který je vydáván v procentuální obsazenosti vozidla. Pro další využití dat je tak nutné provést přepočty z procentuální hodnoty na počet cestujících. V tabulce 13 je vidět zápis kalibračního protokolu pro autobusy a trolejbusy značky Solaris o délce 15 metrů. Pokud vážící systém vygeneruje hodnotu 30, tak nejde o počet cestujících, ale o 30% obsazenost. Po přepočtu vychází, že je vozidlem přepravováno 24 cestujících. Tyto přepočty nejsou sice složité, ale práci s programem zbytečně stěžují a mohou při nedostatečném zaškolení způsobit velké nesrovnalosti při vyhodnocování dat.

Údaje pro tabulku 14 byly použity na základě analýzy přesnosti vážícího systému v tomto typu vozidla v druhé kapitole, kde bylo tyto přepočty nutné udělat, aby mohla být přesnost objektivně hodnocena na základě správných údajů. Kalibrací prochází všechna vozidla vybavená vážícím systémem minimálně jednou ročně.

**Tabulka 14** Kalibrace vozidla Solaris 15

| Údaj             | Počet cestujících |
|------------------|-------------------|
| Obsaditelnost    | 80                |
| Obsazenost 0 %   | 0                 |
| Obsazenost 50 %  | 40                |
| Obsazenost 100 % | 80                |

Zdroj: Dopravní podnik města Ústí nad Labem (2017)

Využití vážícího systému v prostředcích hromadné dopravy osob se nikdy nedostane na takovou úroveň, kterou poskytují v současné době systémy pro automatické počítání cestujících. Své uplatnění nabízí v místech s omezenou nosností, především pak na lanových drahách, které jsou právě faktorem nosnosti omezeny. Vážení cestujících, ale v tomto případě nebude sloužit k určení počtu cestujících, nýbrž ke kontrole celkové váhy nastupujících s ohledem na nosnost dané lanové dráhy, případně její kabiny nebo sedačky. Omezující faktory jsou u tohoto druhu dopravy obvykle dva. Prvním z nich je počet cestujících, který bývá kontrolován obsluhou ručně nebo pomocí turniketů a již zmíněná nosnost, pro jejíž kontrolu lze využít vážící systémy. Základní rozdíl mezi vážícím systémem ve vozidle hromadné dopravy osob a na lanové dráze bude spočívat ve složitosti, protože v druhém případě postačuje klasická váha, zatímco v autobusech a trolejbusích jde o složitější zařízení.

Systémy pro automatické počítání cestujících se vyznačují značně vyšší přesností než vážící systémy, jejich přesnost se v dnešní době již velmi blíží 100 %. I přesto dochází při měření pomocí těchto metod k nepřesnostem, ty mohou být způsobeny buď chováním cestujících v prostorech dveří, nebo technologií počítačích jednotek a počítačového systému. Je potřeba zmínit, že nepřesnosti systémů pro počítání cestujících se obvykle pohybují na úrovni jednotek, zatímco u vážících systémů se může jednat i o desítky nepřesností.

Do první kategorie nepřesností lze zařadit především dva typy problémového chování. Jedním z nich je nastoupení do vozidla a jeho opuštění v jedné zastávce. Typickým příkladem je dotaz na trasu a obsluhu vybrané zastávky k řidiči, kdy cestující nastoupí do vozidla a po negativním zodpovězení dotazu dopravní prostředek opustí ještě před odjezdem ze zastávky. Tuto činnost vyhodnotí řídicí jednotka jako nástup a výstup cestujícího a dojde ke zkrácení dat. V opačné situaci, kdy cestující uvolní prostor dveří svým výstupem a posléze

nastoupí zpět, tak jednotka tento jeho pohyb neviduje a nezakreslí údaje. Doporučením pro tento problém je převést tuto schopnost počítačového systému z oblasti výstup a nástup i na oblast nástup a výstup.

Druhým typem chování cestujícího, které dokáže zmást systém, je nástup a výstup rodiče s dítětem s dětským kočárkem i bez něj. V tomto ohledu se objevují tři základní problémy, kdy dítě může být v jednom směru započítáno a v druhém ne. K této chybě může dojít z následujících důvodů:

- dítě je v jednom směru zakryto doprovodem,
- dítě je v jednom směru v kočárku, v druhém vystupuje samostatně mimo kočárek,
- nebo je dítě nesené doprovodem a oba dva jsou započítáni jako jeden člověk.

Pojem zakryto doprovodem může být například při nástupu, kdy se rodič na dítě sklání, aby ho přenesl přes mezeru mezi obrubníkem a vozidlem. Díky tomu dítě nemůže být zaregistrováno senzorem umístěným v horní části dveřního prostoru a není započítáno do příslušného počtu cestujících.

Dítě přepravované v kočárku je započítáno jako jeden cestující a k němu je připočten doprovod, pokud dítě kočárek opustí a vystupuje samostatně, tak je započítán kočárek, doprovod a navíc dítě a znovu se objevuje problém v nesouhlasu dat.

Třetí problémovou částí je dítě nesené na ruce doprovodem, protože tato dvojice je započtena jako jeden člověk. Pokud v druhém směru nebylo dítě nesené, dochází znovu k rozdílu mezi počtem nastupujících a vystupujících.

Všechny tři tyto činnosti mají vliv na přesnost měření a jeho kvalitu, protože mění počet nastupujících a vystupujících cestujících a pak nedojde k rovnosti mezi těmito počty. Dále také dojde o odchylce při porovnání s ručně prováděným přepravním průzkumem, protože sčítač vidí přesně osoby, na rozdíl od systému, který je může vidět zkrusleně. Další ovlivněnou oblastí je výstup ze systému automatického počítání cestujících týkající se počtu cestujících ve vozidle, kdy díky těmto datům může dojít k jeho špatné kvalitě. Ve výstupu se mohou objevit záporné zůstatky nebo naopak kladné zůstatky cestujících i na konečné zastávce.

Problémy počítačimu systému mohou také způsobit přepravované objekty, které mohou připomínat lidské tělo, ale ve skutečnosti jím nejsou. Mezi tyto objekty mohou být zařazeny nákupní tašky na kolečkách, které mohou připomínat svým tvarem malé děti, a proto systém může tuto tašku započítat jako cestujícího. Dalším nebezpečím může být ono započítání pouze v jednom směru, protože v druhém směru systém nemusí tašku vyhodnotit

stejně jako v prvním případě. Stejný případ může způsobit také přepravovaný oblek za větrného počasí, kdy by mohl získat větší objem a svým tvarem připomínat člověka.

Pro řešení tohoto problému by mohl být počítací systém doplněn o kontrolu teploty. Do sčítací jednotky by byla integrována termokamera, která by do systému automatického počítání cestujících dodávala potvrzení, že rozpoznáný tvar zaznamenaného objektu je skutečně člověk. Potvrzení z termokamery by záviselo na tom, zda se daný objekt nachází v teplotním rozmezí od 35 do 42 stupňů. Krajiní hodnoty intervalu jsou zvoleny podle běžné teploty lidského organismu, pro zpřesnění by mohly být upraveny na základě konzultací s odborníky na lidské zdraví a s odborníky zabývajícími se vývojem a použitím termokamer.

Pro funkci sčítacích jednotek je důležitá i čistota a nepoškozenost průhledů do prostoru dveří. Tento průhled je obvykle tvořen pomocí skla nebo plexiskla, které by mělo být udržováno v čistém stavu. Přes špinavé sklo by mohl mít systém pro počítání cestujících problém s rozpoznáváním cestujících, tudíž by jeho výstupy byly nepřesné, anebo by nemusel měřit vůbec nic a data by byla naprosto nepoužitelná nebo by se vůbec žádná data získat nepodařilo.

Ze stejného důvodu je nutné udržovat tyto průhledy nepoškozené, ať už poškození vznikne provozem vozidla nebo neopatrnou manipulací osob v prostoru dveří. Do neopatrné manipulace patří nejenom poškození vzniklé při údržbě mechanismů a dveřních pohonů, ale i pohyb řidičů a cestujících s jejich věcmi.

Důležitou vlastností sčítacích jednotek i řídicí jednotky systému pro automatické počítání cestujících je mechanická odolnost, aby nemohlo dojít k poruše části nebo celku systému vlivem běžného provozu vozidla. Každý dopravní prostředek je během dne namáhán chvěním, vibracemi a rázy.

První důležitou částí je uchycení sčítacích jednotek, to musí být dostatečně pevné, aby nedošlo ke změně pozice této jednotky. Pokud by došlo k pohybu jednotky mimo připravený průhled, tak se objeví okamžitý a kompletní výpadek systému a dopravce ze systému nezíská žádná data. Uchycení musí také zvládnout ustát vibrace a chvění a nedovolit tomuto mechanickému namáhání poškození jednotky.

Vibrace a chvění mohou také způsobit problémy s obrazem, jehož kvalita je důležitá pro vyhodnocování zpozorovaných objektů. Pokud by byl obraz roztřesený, tak existuje riziko znehodnocení výstupů. V tomto bodě platí přímá a nepřímá úměra, které se projevují při nárůstu vibrací poklesem kvality obrazu a růstem rizika chyby. Výskyt chyby pak přímo způsobí pokles přesnosti systému pro automatické počítání cestujících.

Velkou výzvou pro automatické systémy je odolnost vůči rázům, které se vyskytují v provozu všech druhů dopravy a působí na všechny součásti dopravních prostředků. V provozu městské hromadné dopravy jsou rázy způsobeny většinou technickým stavem silnic, kam patří nerovnosti a výmoly. Způsobeny mohou být také zařízeními, jako jsou železniční přejezdy, příčné prahy a povrch z dlažebních kostek. Poslední možností pro způsobení rázů je špatný technický stav vozidla, které může mít v nesprávném stavu součásti odpružení nebo pneumatiky, na nichž mohou být plošky způsobené chybou ve funkci brzdového ústrojí. Nesprávný stav odpružení může být způsoben selháním pružiny nebo tlumiče.

Důležitým požadavkem na vývoj automatických systémů je jejich odolnost minimálně proti běžným provozním rázům, pokud má být systém použitelný a přesný. Ulehčením pro splnění těchto požadavků je vývoj technologií na poli stabilizace a zvýšení jízdního komfortu vozidel, který svým působením přímo ovlivňuje síly působící na počítačací zařízení.

Systém pro automatické počítání cestujících nabízí i další výstupy, které mohou být dále využity v oblastech optimalizace spojů, linek a nasazení vozidel. Kromě toho nabízí i možnost porovnání dat v čase, zda je zjištěná poptávka po spojení trvalá nebo pouze náhodná. Pro přehlednost umí uživatelské rozhraní jednoznačně barevně upozornit na kapacitní problémy vozidla. Pro lehce zaplněné vozidlo je barva jasně zelená, odkud s růstem obsazenosti přechází přes tmavě zelenou, hnědou a oranžovou až k červené, která znamená překročení kapacity vozidla. Dopravce by měl s ohledem na komfort cestujících dbát na pečlivé sledování těchto získaných dat a jejich vyhodnocování za účelem zlepšení nabízených služeb a stimulace poptávky.

Problémem počítačích systémů i vážících systémů je chybějící komunikace s cestujícími a hodnocení pouze jednotlivého vozidla bez souvislosti. Informace z těchto systémů se dají použít pro práci se současným linkovým vedením, ale nelze je využít k jeho úpravě. Na základě výsledků z těchto systémů lze snížit náklady na provoz ubráním spojů nebo nasazením menšího vozidla na úkor většího. V opačném pohledu lze tyto údaje využít k posílení vybraných směrů v určitých časech za pomoci nových spojů na současné lince nebo nasazením většího vozidla na úkor menšího. Aktivní vyhodnocování může mít za následek i příliv cestujících do městské hromadné dopravy a to právě úpravami v oblasti nasazení vozidel a změnami ve struktuře nabízených spojů. Cestující určitě rádi ocení značně zaplněný dopravní prostředek s větší kapacitou než přeplněné méně kapacitní vozidlo.

Z důvodu chybějící komunikace s cestujícími je vhodné doplňovat automatické systémy klasickými přepravními průzkumy, při kterých nemusí být hodnocena přímo kapacita

vozidla, ale přepravní proudy cestujících. Pro návrh nového linkového vedení, případně úpravu stávajícího, je vhodné využít dotazníky s jasným cílem zjistit přepravní potřeby obyvatel dané lokality.

Platnost klasického přepravního průzkumu je dlouhodobá, pokud se razantně nemění prostor obce a potřeby jeho obyvatel, kteří jsou hlavními uživateli hromadné dopravy na území obce. Pro průběžné ověřování správnosti a reálné platnosti dříve provedeného kompletního přepravního průzkumu se právě dokonale hodí tyto automatické systémy. Vážicí systém pro orientační ověřování postačuje, protože nejde o sběr nových dat, která dosud nejsou k dispozici. Jednoznačně lepší je i v tomto případě, ale systém pro automatické počítání cestujících, který je přesnější a dovolí jednoznačnější ověření.

Systémy pro automatické počítání cestujících se v posledních letech, především díky jejich rychlému vývoji, stávají součástí více a více vozidel různých dopravních společností, které chtějí mít přehled o tom, jak je využíván jejich vozový park a to za účelem možnosti generování úspor z provozní oblasti. Výrobci autobusů a dodavatelé počítačích systémů navazují úzkou spolupráci, takže v posledních dvou letech se v předváděcích vozidlech objevují právě i tyto systémy a šíří se tak povědomí o možnostech jejich využití a dopravcům je nabídnuta možnost vyzkoušet je bezplatně a na základě získaných zkušeností se rozhodnout pro jejich koupi nebo se rozhodnout opačně a do těchto systému neinvestovat a spoléhat se na tradiční metodu přepravních průzkumů.

### **3.3 Zhodnocení výpočtů přesnosti a navržených opatření**

Jedním z využívaných způsobů je vážicí systém, který operuje se změnou zatížení vozidla, jenž je vyvolána nástupem a výstupem cestujících. Tento systém neumí určit počet nastupujících a vystupujících cestujících, ale pouze na základě ustálení zatížení na jednotlivé měchy určí počet cestujících nacházejících se v danou chvíli v dopravním prostředku.

V době elektronických odbavovacích karet se zvyšuje i podíl možnosti využití spojení odbavovacího systému a analýzy dat. Naopak turnikety a branky jsou a nejspíše zůstanou využitelné pouze v určitých speciálních druzích doprav, jako jsou lanové dráhy, metro a systémy BRT.

Výpočet přesnosti automatických systémů ve druhé kapitole probíhá pomocí základního vzorce, kde probíhá počítání s daty získanými pomocí ručního sčítání a daty z automatických systémů. Pro relevantní výsledky byly brány přepravní průzkumy za úplně přesné a bezchybné. Jak u vážicího systému, tak u systému pro automatické počítání cestujících si autor není vědom chyby, a proto by veškeré další výpočty s těmito daty měly



být bez chybných údajů. Ve druhé podkapitole se dostalo využití zmíněnému vzorci 1, za jehož pomoci byla spočítána jeho přesnost v jednotlivých úsecích. U vázícího systému je potřeba zmínit nutnost převodu procentuální obsazenosti vozidla na počet osob v něm, k čemu sloužil vzorec 2. V kapitole 2.3 Ověření přesnosti systému pro automatické počítání cestujících byla pomocí vzorce 1 spočítána jeho přesnost ve třech oblastech. Jednotlivé oblasti byly následující:

- počet cestujících ve vozidle v úseku mezi zastávkami,
- počet nastupujících cestujících v zastávce
- a počet vystupujících v zastávce.

Ke každé tabulce s daty byl přidán i jeden graf zobrazující vybranou část dat z tabulky, výjimku tvoří obrázek u počtu cestujících v dopravním prostředku u automatického počítacího systému, kde je vložen graf přímo vygenerovaný tímto systémem. Zajímavostí grafů nástupu a výstupu je v obou případech vždy shodný průběh obou spojnic, které se rozdělí pouze v okolí jedné zastávky, kterou je v případě nástupu zastávka Stříbrníky, pro výstup zastávka Bukov rondel.

Poslední částí druhé kapitoly je výpočet kvality měření automatických systémů, ten probíhá pomocí vzorce 3, který počítá s počtem nastupujících a vystupujících cestujících. Kvalitu měření lze hodnotit za určité časové období, v této bakalářské práci bylo zvoleno hodnocení za jeden den, nebo na lince. Kvalita měření velmi závisí na počtu přepravených osob, protože velikost chyby s růstem počtu cestujících klesá. Rozdíl mezi nástupem a výstupem o 2 cestující dosáhne při měrných jednotkách 30 a 32 hodnoty kvality 96,77 %, ale při měrných jednotkách 918 a 920 bude hodnota kvality 99,89 %, z tohoto příkladu je vidět rozdíl přes 3 procenta při stejné diferenci počtu vystupujících a nastupujících cestujících.

Na úplném konci druhé kapitoly se objevuje využití dat z hodnocení kvality měření automatického systému pro počítání cestujících ještě v jednom ohledu. Tato data lze totiž použít pro odhad požadované poptávky po přepravě od cestujících, neboť se jedná vlastně o celkový počet přepravených osob jedním vozidlem na dané lince. Při správném nasazení vozidla lze získat komplexní data pro všechny spoje a hodnoty výstupů zobecnit na očekávanou poptávku po přepravní službě na jeden pracovní den. Pro linku 19 v pracovní dny je hodnota očekávané poptávky 2 854 cestujících denně, tento výsledek je průměrem počtu zjištěného počtu nastupujících a vystupujících cestujících, protože jejich údaje se lišily a nelze bez přepravního průzkumu určit úplnou správnost jednoho z nich.

Jako poslední se v třetí kapitole bakalářské práce nachází oblast zabývající se nepřesností měření. Snaží se odhalit potenciální výskyt problémů a najít optimální řešení pro omezení těchto problémů, případně jejich úplné odstranění. Částečně jsou zde také zmíněny požadavky na sčítací jednotky, aby nedocházelo k ovlivnění měření během běžného provozu dopravního prostředku městské hromadné dopravy.

Především v době zavádění automatických systémů, nezáleží, zda se jedná o vážící systém nebo systém pro automatické počítání cestujících, je důležité, aby si dopravce zkontroloval funkčnost těchto způsobů pro zjišťování obsazenosti vozidel. Dopravci se tím jednorázově zvýší náklady, ale v dlouhodobém ohledu mu to přinese značnou úsporu nákladů za provádění přepravních průzkumů. V dnešní době se díky vysoké přesnosti systému pro automatické počítání cestujících dají přepravní průzkumy nahradit tímto systémem. Vážící systém tuto náhradu neumožňoval, protože jeho výsledky mohou být značně odlišné od reality.

Při komplexním zjišťování informací o počtech přepravených cestujících záleží, jestli objednateli průzkumu záleží na době získávání dat nebo mu na ní nezáleží. Pokud zadavatel požaduje rychlé získání dat, tak rostou náklady na pořízení počítačového systému, protože je nutné tímto systémem vybavit větší množství vozidel, také je nutné tato vozidla dočasně vyřadit z provozu pro montáž tohoto systému. V tomto případě se jeví jako lepší varianta využití klasických přepravních průzkumů, které jsou pro jednorázové celkové zjištění levnější a rychlejší. Pokud by se mělo jednat o opakovaná měření, tak se výhodnost přepravních průzkumů snižuje, protože každý nový průzkum je nutno znovu financovat, zatímco investice do sčítacích jednotek a počítačového systému je jednorázová a dopravce ho může využívat do konce životnosti vozidla.

V případě, že objednateli stačí průběžné zjišťování dat o přepravených osobách, není nutnost velké počáteční investice do systému pro automatické počítání cestujících. Pro postupný způsob postačuje investice na pořízení automatického systému do malého množství vozidel. Ta jsou posléze nasazována na všechny výkony obsluhované dopravními společnostmi a postupem času přibývá množství naměřených dat a roste přehled o poptávce po přepravní službě. Objednatel průzkumu získá stejná data jako v prvním případě, ale v delším časovém období než v prvním případě při velké investici nebo při přepravním průzkumu. Délka časového období, za které budou data získána, závisí na počtu vozidel vybavených systémem pro automatické počítání cestujících, množstvím výkonů, které je potřeba proměřit, a spolehlivostí vozidla i systému.

V oblasti spolehlivosti se mohou projevit dva hlavní problémy:

- nízká spolehlivost vozidla, ve kterém je systém instalován
- nebo nízká spolehlivost automatického systému.

Oba problémy vedou ke stejnému důsledku, kterým je nízké množství získaných dat pro další zpracování. V prvním případě není v možnostech výrobce automatického systému pro počítání cestujících dosáhnout zlepšení, protože spolehlivost vozidla není schopen ovlivnit. Tu ovlivní pouze výrobce pomocí kvality výroby dopravního prostředku nebo dopravce správnou a kvalitní údržbou. Druhou problémovou oblast může přímo ovlivnit dodavatel automatického systému, který by se měl snažit o nejrychlejší nalezení dostatečně kvalitního řešení pro odstranění problému. Prostřednictvím spolupráce s dopravcem by měl dosáhnout lokalizace poruchy sčítací jednotky, vyhodnocovací jednotky nebo celého systému a pomocí získaných zkušeností zlepšit své řešení s ohledem na další zakázky. Minimalizace potenciálních opakování stejného problému nebo výskytu jiného problému by měla být hlavním cílem všech dodavatelů těchto systémů s ohledem na reference a zachování dobrého jména firmy realizující zakázku na dodání systému pro automatické počítání cestujících.

Pro ověření dat získaných z přepravních průzkumů lze také využít automatické systémy. Tato činnost může probíhat na základě staršího přepravního průzkumu, jehož platnost může být až šest let. Pokud chce objednatel dopravy použít tento průzkum pro optimalizaci dopravy po dvou letech nebo delší době, je vhodné jeho přesnost ověřit. Za tímto účelem není nutné provádět další přepravní průzkum, který by znamenal vysoké náklady i přes skutečnost, že předchozí průzkum by měl být stále platný. Za tímto účelem si někteří dopravci nechávají do vozidel montovat vážicí systém nebo systém pro automatické počítání cestujících. V souvislosti s vývojem technologií se vážicí systém dostává do pozadí za počítačové systémy. Pro účely ověřování přepravních průzkumů se využít dají oba způsoby, ale investice do vážicího systému je v dnešní době spíše nerozumným řešením. Má-li dopravce tento systém ve vozidlech, tak by byla chyba ho nevyužít a investici do druhého způsobu lze považovat za zbytečnou. Pokud dopravce žádný ze systémů nevyužívá, lze jasně doporučit investici do systému pro automatické počítání cestujících, který pracuje s vyšší přesností a interpretace dat z něj je jednodušší, pro obsluhu pohodlnější a rychlejší.

Z analýzy přesností a hodnocení obou automatických systémů vychází jako jasný vítěz systém pro automatické počítání cestujících. Jeho hlavní výhodou je uživatelské prostředí, které nabízí mnoho různých zobrazení naměřených dat, která lze zobrazit v přehledných tabulkách i grafech. Dále systém umožňuje zobrazit přesně požadovaná data, která se týkají

nejenom obsazenosti vozidla, ale i využití jeho kapacity, využití zastávky nebo využití spojů. Pro potřeby dopravce je tento systém výhodný především kvůli jednoduchosti, přehlednosti a rychlosti při zobrazování poptávaných dat. Dále systém umožňuje i rychlý export dat do tabulkového procesoru nebo uložení grafu do formátu obrázku pro další použití a ulehčí tím obsluze práci s vytvářením grafu. Poslední z velkých výhod je zobrazení reálných dat, která není nutné nijak upravovat a lze je ihned použít. V současné době je popularita tohoto řešení na vzestupu a nově se objevuje u mnoha dalších společností.

Naopak vážící systémy se nikdy nedostaly do širokého povědomí, především kvůli jejich nízké přesnosti, kdy objednateli neumožňovaly vynechat fázi přepravního průzkumu, pokud chtěl mít objektivní data. Přesnost těchto systémů se sice postupně zvyšovala, ale než dosáhla přijatelné úrovně, tak se na trhu objevily novinky v podání systémů pro automatické počítání cestujících, jejichž přesnost se pohybovala ve vyšších číslech než vážící systémy a nalezením tohoto řešení bylo rozhodnuto o konci vývoje vážících systémů, protože jejich potenciál se rapidně obrátil směrem k nule, protože investovat peníze do značně horšího řešení (méně přesného) systému je nelogický krok.

## ZÁVĚR

První kapitola se zabývá teoretickým vymezením jednotlivých metod pro zjišťování obsazenosti vozidel městské hromadné dopravy. Mezi tyto metody patří přepravní průzkumy, které vyžadují lidskou součinnost a následně automatické systémy, kam lze zařadit vážicí systémy, dále systémy pro automatické počítání cestujících, systémy spojené s odbavovacím systémem, turnikety a branky.

Mezi nejvíce rozšířené a podle výrobců nejpřesnější metody patří systémy pro automatické počítání cestujících, které za pomoci počítačích jednotek umístěných v prostorech dveří určují počet nastupujících a vystupujících cestujících a díky rozdílu těchto hodnot i počet přepravovaných osob, které se aktuálně v prostředku hromadné dopravy nachází. Tyto systémy pracují buď na principu uzavřeného televizního okruhu, nebo stereoskopického rozpoznávání cestujících.

Druhá kapitola je zaměřena na ověření přesnosti vážicího systému a systému pro automatické počítání cestujících. Vážicí systém je ověřen pomocí aktuálního počtu cestujících ve vozidle. Systém pro automatické počítání cestujících je hodnocen pomocí aktuálního počtu cestujících ve vozidle, dále podle nastupujících cestujících v zastávce a podle vystupujících cestujících v zastávce a také je hodnocena kvalita jeho měření, spočívající v počítání s počty nastupujících a vystupujících za vybraný úsek.

Před ověřováním přesnosti jednotlivých systémů pro zjišťování obsazenosti vozidel bylo nutné zjistit hodnoty této veličiny udávané výrobcí jednotlivých systémů. Hned v úvodu třetí kapitoly se objevuje poměrně nízká udávaná přesnost vážicího systému, jejíž hodnota se dle výrobce pohybuje mezi 65 a 70 procenty. Za pomoci přepravního průzkumu bylo při ověřování přesnosti dosaženo hodnoty 67,15 %, která spadá do výrobcem udávaného intervalu. Mimo výrobcem udávaný interval se z celkového počtu 21 úseků nacházelo 8 úseků, přičemž 3 hodnoty byly nad udávanou přesností a 5 pod. Nejpřesněji systém měřil se 75% přesností, naopak nejméně přesná hodnota byla 63,64 %.

Dodavatel systému pro automatické počítání cestujících uvádí přesnost svého řešení 96 %, tato hodnota je platná jak pro počet cestujících uvnitř vozidla, tak i pro počty nastupujících a vystupujících osob. Ověření za pomoci ručního průzkumu proběhlo na 24 zastávkách a 23 úsecích mezi těmito zastávkami. Úsekově kontrolovanou veličinou byl pouze počet cestujících v dopravním prostředku, jehož přesnost vyšla 97,98 %. Počet úseků s vyšší než udávanou přesností byl 17, hůře systém počítal pouze na 6 úsecích. Na 12 úsecích se hodnoty zjištěné automatickým systémem a ručním sčítáním shodují, takže počítačový systém

pracoval se stoprocentní přesností. Nejhorší měření mělo hodnotu přesnosti na 92,86 procentech.

U nastupujících cestujících do vozidla bylo hodnoceno celkem 24 zastávek a z nich se mohlo bezchybným výsledkem pochlubit rovných 23. Jediné měření s chybou proběhlo s přesností 94,74 procent. Celková přesnost se pohybuje na hodnotě 99,78 %. I cestující opouštějící dopravní prostředek byli změřeni na 23 zastávkách naprosto přesně. Jediné chybové měření svou přesností 83,33 % snížilo celkovou přesností na hodnotu 99,31 %.

Z těchto dat jasně vyplývá závěr, že pro reálnější a objektivnější data je lepší využít systém pro automatické počítání cestujících než vážící systém. Rozdíl v přesnosti obou systémů je přes 30 % pro první jmenované.

Hodnocení automatických systémů pro počítání cestujících přineslo důležité zjištění, že pokud dojde k částečnému výpadku systému, tak se data zkreslí velmi silně a jejich využití nepřipadá v úvahu, pokud se společnosti snaží být objektivní. K bezchybné kvalitě měření se tyto systémy velmi blíží, pokud ignorujeme měření s chybou. V takovém případě je kvalita měření na hodnotě 99,13 % z 13 měření, nejnižší z kvalit se dostala na hodnotu 96,77 %, naopak nejvyšší na číslo 99,95 %. Tuto nejvyšší kvalitu způsobil pouhý jeden člověk rozdílu mezi 1 043 nastupujícími a 1044 vystupujícími cestujícími.

Pokud by nebylo chybové měření ignorováno, tak kvalita měření klesne na 94,90 % se stejnou maximální kvalitou. Největší chyba, která se objeví u hodnot 620 nastupujících cestujících a 154 vystupujících cestujících, je způsobena výpadkem počítání výstupů osob. Kvalita měření se v tomto konkrétním případě sníží na hodnotu 39,79%, což způsobuje neuvěřitelný rozdíl od bezchybné i ostatních kvalit zjištěných bez výpadků systému. Tento pokles nemohl být způsoben chybným měřením, protože by to znamenalo, že každý čtvrtý nastupující člověk byl započítán chybně nebo nevystoupil. Při kapacitě autobusu 80 osob, pokud by nikdo další nevystoupil, by došlo k jejímu překročení skoro šestkrát. Přesně by došlo k překročení obsaditelnosti o 466 osob.

Ve třetí kapitole jsou uvedeny příčiny nepřesností vážících systémů, u kterých je hlavním problémem rozdíl ve váze cestujících, přepravě těžkých věcí, kočárků a invalidních vozíků. Ke zlepšení situace by bylo vhodné mít připravené různé kalibrační režimy, podle kterých se obsazenost v tomto případě určuje. Dále jsou ve třetí kapitole zmíněny i způsoby jakými dochází k ovlivňování systémů APC, kam lze např. zařadit nástup a výstup jednoho cestujících ve stejné zastávce. Řešení tohoto problému je nasnadě, protože systémy umí rozpoznat proces výstup – nástup, kdy cestujícího nezapočítá. Za pomoci stejného způsobu by mělo být reálné dosáhnout i rozpoznání procesu nástup – výstup.

## POUŽITÁ LITERATURA

ACOREL, 2017. High precision sensors. *Acorel S.A.* [online]. [cit. 2017-01-23]. Dostupné z <http://acorel.com/en/products-and-services/high-precision-sensors/>

Advanced measurement technologies AB, 2016. Automatic Train and Vehicle Weighing Systems. *Advanced Measurement Technologies AB* [online]. [cit. 2017-01-23]. Dostupné z <http://www.railway-technology.com/contractors/weighing/amtab/>

APROKS, 2012. Turniket, turnikety Praha. *Aproks spol s.r.o.* [online]. [cit. 2017-08-01]. Dostupné z <http://www.aproks.cz/turnikety/>

AVAIL, 2014. Fare Collection. *Avail technologies, inc.* [online]. [cit. 2017-01-23] Dostupné z <http://www.availtec.com/our-solutions/fare-collection>

Dopravní podnik města Ústí nad Labem, 2014. *Vážící systémy*. Dopravní podnik města Ústí nad Labem, a.s. [Interní materiály]

Dopravní podnik města Ústí nad Labem, 2016. *Kontrola na lince 3*. Dopravní podnik města Ústí nad Labem, a.s. [Interní materiály].

Dopravní podnik města Pardubic, 2017. *Cestujeme s Pardubickou kartou aneb Jak na to*. Dopravní podnik města Pardubic, a.s. [online]. [cit. 2017-01-23]. Dostupné z <http://www.dpmp.cz/cestujeme-s-pardubickou-kartou-aneb-jak-na-to/>

DRDLA, Pavel, 2014. *Osobní doprava regionálního a nadregionálního významu*. Pardubice: Univerzita Pardubice. ISBN 978-80-7395-787-2.

EUROTECH, 2017. People and Passenger Counting. *Eurotech S.p.A.* [online]. [cit. 2017-01-10]. Dostupné z <https://www.eurotech.com/en/products/mobile+devices/people+passenger+counters>

Herman, 2015. Sčítání cestujících – systém APC. *Ing. Ivo Herman, CSc.* [online] [cit. 2017-01-10]. Dostupné z <http://www.herman.cz/produkty/vybava/senzoricke-systemy/scitani-cestujicich/>

INFOTRON, 2015. Automatic Passenger Counting System. *Infotron Sp. z o.o.* [online] [cit. 2017-01-10]. Dostupné z: <http://www.infotron.com.pl/index.php/en/passenger-counting-system>

INIT, 2015. Automatic Passenger Counting: Defining Accuracy Standards in North America. *Init* [online] [cit. 2017-01-21]. Dostupné z [http://www.initag.de/share/products/Whitepaper\\_APC\\_Accuracy\\_us.pdf](http://www.initag.de/share/products/Whitepaper_APC_Accuracy_us.pdf)

INIT, 2017. INIT - Automatic passenger counting. *Init AG* [online] [cit. 2017-01-21]. Dostupné z <http://www.initag.de/en/products/APC.php?thisID=437>

KOČÁRKOVÁ, Dagmar et al., 2004. *Základy dopravního inženýrství*. Praha: ČVUT. ISBN 80-01-030222-9.

MAGTRADE, 2013. Turnikety. *Magtrade, s.r.o.* [online] [cit. 2017-01-23]. Dostupné z <http://www.magtrade.cz/turnikety-89k/>

MIKROELEKTRONIKA, 2016. Systémy pro počítání cestujících. *Mikroelektronika spol. s r.o.* [online]. [cit. 2016-12-29]. Dostupné z: <http://www.mikroelektronika.com/systemy-pro-pocitani-cestujicich>

MIKROELEKTRONIKA, 2017a. Odbavovací systémy. *Mikroelektronika spol. s r.o.* [online]. [cit. 2017-01-08]. Dostupné z: <http://www.mikroelektronika.com/odbavovaci-systemy>

MIKROELEKTRONIKA, 2017b. Turnikety a brány. *Mikroelektronika spol. s r.o.* [online]. [cit. 2017-01-08]. Dostupné z: <http://www.mikroelektronika.com/turnikety-a-brany>

RETAIL SENSING, 2016. Automatically Counting Passengers. *Retail Sensing Ltd.* [online] [cit. 2017-01-23]. Dostupné z <http://www.retailsensing.com/automated-passenger-counting.html>

VONKA, Jaroslav et al., 2004. *Osobní doprava*. Pardubice: Univerzita Pardubice. ISBN 80-7194-630-3.



## SEZNAM TABULEK

|   |    |
|---|----|
| <b>Tabulka 1</b> Ukázka sčítacího formuláře.....  | 10 |
| <b>Tabulka 2</b> Ověření přesnosti vážícího systému .....   | 20 |
| <b>Tabulka 3</b> Ověření přesnosti systému pro automatické počítání cestujících – počet cestujících ve vozidle.....     | 22 |
| <b>Tabulka 4</b> Ověření přesnosti systému pro automatické počítání cestujících – počet nastupujících cestujících ..... | 24 |
| <b>Tabulka 5</b> Ověření přesnosti systému pro automatické počítání cestujících – počet vystupujících cestujících.....  | 26 |
| <b>Tabulka 6</b> Hodnocení kvality měření systému pro automatické počítání cestujících .....                            | 28 |
| <b>Tabulka 7</b> Určení poptávky po lince 19 .....  | 29 |
| <b>Tabulka 8</b> Zhodnocení vážícího systému .....  | 31 |
| <b>Tabulka 9</b> Zhodnocení systému pro automatické počítání cestujících – počet cestujících ve vozidle.....            | 32 |
| <b>Tabulka 10</b> Zhodnocení systému pro automatické počítání cestujících – počet nastupujících cestujících .....       | 32 |
| <b>Tabulka 11</b> Zhodnocení systému pro automatické počítání cestujících – počet vystupujících cestujících .....       | 32 |
| <b>Tabulka 12</b> Zhodnocení kvality měření APC systému .....   | 33 |
| <b>Tabulka 13</b> Zhodnocení kvality měření APC systému – bez poruchy zařízení .....                                    | 34 |
| <b>Tabulka 14</b> Kalibrace vozidla Solaris 15.....   | 36 |

## SEZNAM OBRÁZKŮ

|  |    |
|--|----|
| <b>Obrázek 1</b> Princip fungování systémů pro počítání cestujících .....              | 12 |
| <b>Obrázek 2</b> Snímač systému automatického počítání cestujících .....               | 14 |
| <b>Obrázek 3</b> Schéma zapojení odbavovacího systému .....                            | 16 |
| <b>Obrázek 4</b> Porovnání ručního sčítání a vážicího systému .....                    | 21 |
| <b>Obrázek 5</b> Grafický výstup ze systému pro automatické počítání cestujících ..... | 23 |
| <b>Obrázek 6</b> Porovnání počtu nastupujících cestujících .....                       | 25 |
| <b>Obrázek 7</b> Porovnání počtu vystupujících cestujících .....                       | 27 |
| <b>Obrázek 8</b> Grafické znázornění kvality měření .....                              | 29 |
| <b>Obrázek 9</b> Graficky znázorněné porovnání přesností .....                         | 33 |

## **SEZNAM ZKRATEK**

|       |  |
|-------|--|
| APC   | Automatic Passenger Counting<br>Automatické počítání cestujících |
| BRT   | Bus Rapid Transport<br>Metropolitní autobus, metrobus            |
| CCTV  | Closed Circuit Television<br>Uzavřený televizní okruh            |
| DPMÚL | Dopravní podnik města Ústí nad Labem, a.s.                       |