



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA BIOMEDICÍNSKÉHO INŽENÝRSTVÍ
Katedra zdravotnických oborů a ochrany obyvatelstva

**Návrh a zhotovení zařízení pro měření a
automatické zhodnocení průjezdnosti
vozidel IZS v městské zástavbě**

**Design and manufacture of equipment for
measuring and automatic evaluation of the
passability of IRS vehicles in urban area**

Diplomová práce

Studijní program: Ochrana obyvatelstva
Studijní obor: Civilní nouzové plánování
Autor diplomové práce: Bc. Jiří Zeithaml
Vedoucí diplomové práce: Ing. Ondřej Šedivka, DiS.

Kladno 2021



ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Zeithaml** Jméno: **Jiří** Osobní číslo: **484202**
Fakulta: **Fakulta biomedicínského inženýrství**
Garantující katedra: **Katedra zdravotnických oborů a ochrany obyvatelstva**
Studijní program: **Ochrana obyvatelstva**
Studijní obor: **Civilní nouzové plánování**

II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce:

Návrh a zhotovení zařízení pro měření a automatické zhodnocení průjezdnosti vozidel IZS v městské zástavbě

Název diplomové práce anglicky:

Design and manufacture of equipment for measuring and automatic evaluation of the passability of IRS vehicles in urban area

Pokyny pro vypracování:

Diplomová práce se bude zabývat problematikou průjezdnosti vozidel složek IZS v husté městské zástavbě. Cílem diplomové práce je návrh a konstrukce mobilního systému pro automatizované měření vzdáleností mezi zaparkovanými vozidly a následné porovnání s nároky na průjezd nadměrných vozidel složek IZS. Systém se bude skládat ze zařízení pro měření vzdálenosti objektů, sběr a vyhodnocení dat bude obstarávat software implementovaný do počítače Raspberry Pi. Následně budou popsána uživatelská rozhraní a možnosti vizualizace vyhodnocených dat. V praktické části budou zhodnoceny výsledky měření ve vybraných lokalitách. V závěru práce budou popsány scénáře možného využití vyvinutého zařízení v praxi.

Seznam doporučené literatury:

- [1] BRADÁČOVÁ, Isabela, Požární bezpečnost staveb: nevýrobní objekty, ed. 2. aktualizované vydání, Ostrava: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2010, ISBN 978-80-86-111-77-3
- [2] VIŠEK, Jiří, Organizace záchranných činností v České republice, Praha: Univerzita Jana Amose Komenského, 2012, ISBN 978-80-7452-028-0.
- [3] BENEŠ, Petr, Markéta SEDLÁKOVÁ, Marie RUSINOVÁ, Romana BENEŠOVÁ a Táňa ŠVECOVÁ, Požární bezpečnost staveb: modul M01: požární bezpečnost staveb, Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2016, ISBN 978-80-7204-943-1

Jméno a příjmení vedoucí(ho) diplomové práce:

Ing. Ondřej Šedivka, DIS.

Jméno a příjmení konzultanta(ky) diplomové práce:

Datum zadání diplomové práce: **11.03.2021**

Platnost zadání diplomové práce: **18.09.2021**

doc. Mgr. Zdeněk Hon, Ph.D.
podpis vedoucí(ho) katedry

prof. MUDr. Jozef Rosina, Ph.D., MBA
podpis děkana(ky)

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci s názvem Návrh a zhotovení zařízení pro měření a automatické zhodnocení průjezdnosti vozidel IZS v městské zástavbě vypracoval samostatně pouze s použitím pramenů, které uvádím v seznamu bibliografických odkazů.

Nemám závažný důvod proti užití tohoto školního díla ve smyslu § 60 zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon), ve znění pozdějších předpisů.

V Praze dne 13.05.2021

.....
Bc. Jiří Zeithaml

PODĚKOVÁNÍ

Tímto bych rád poděkoval vedoucímu diplomové práce Ing. Ondřejovi Šedivkovi, DiS, za věcné poznámky a osobní přístup při vedení práce. Mé díky patří také Ing. Janu Tisančínovi za odborné konzultace a doporučení literatury.

ABSTRAKT

Diplomová práce se zabývá konstrukcí zařízení pro automatizované měření průjezdnosti vozidel integrovaného záchranného systému v husté městské zástavbě a ověřením jeho funkčnosti na vybraném vzorku ulic. V teoretické části je definován pojem integrovaný záchranný systém, vybraná technika jeho složek a související legislativní rámec. Je zde charakterizováno právní prostředí týkající se dopravy, provozu na pozemních komunikacích a legislativa požární ochrany. Teoretická část také obsahuje popis sídliště Velká Ohrada, jako vybrané lokality, ve které probíhal výzkum a aplikace vytvořeného zařízení pro měření průjezdnosti v praxi. V poslední kapitole jsou popsány další možnosti elektronického měření vzdálenosti včetně jejich komparace.

V praktické části diplomové práce je popsána konstrukce zařízení pro automatické měření průjezdnosti, včetně popisu užitých komponentů při stavbě zařízení, počítačového programu použitého pro výpočet vlečných křivek a softwarové rozhraní přístroje. Dále jsou zde uvedeny faktory ovlivňující přesnost měření a popis provedených testů přístroje před jeho uvedením do provozu. V praktické části je také charakterizována metodika a provedení samotného výzkumu ve vybrané lokalitě.

V diskuzi jsou uvedeny možnosti využití zařízení v praxi a alternativní způsoby měření průjezdnosti ulic pro potřeby složek integrovaného záchranného systému. Jsou zde popsány komplikace, které nastaly při vývoji zařízení a zpracování dat a jsou navrženy možné scénáře další inovace přístroje. V závěru práce jsou zhodnoceny výsledky výzkumu a naplnění cíle práce.

Klíčová slova

Automatické měření průjezdnosti; integrovaný záchranný systém; vlečné křivky; ultrazvukové měření dálek; městská zástavba;

ABSTRACT

The diploma thesis examines the construction of a device for the automated measurement of arrival times for integrated rescue system vehicles in dense urban areas and verification of its functionality on a selected sample of streets. The theoretical part defines the concept of the integrated rescue system, selected equipment of its bodies and related legislative framework. It characterizes the legal environment related to transport, traffic on roads and fire protection legislation. The theoretical part contains a description of the "Velká Ohrada" housing estate, as the selected locality in which research and application of the created device for measurement took place in practice. The last chapter describes other possibilities of electronic distance measurement, including comparisons.

The practical part of the thesis describes the design of the device for automatic measurement of throughput, including a description of the components used in the construction of the device, the computer program used to calculate trailing curves and the software interface of the device. Furthermore, there are factors influencing the accuracy of measurement and a description of the tests performed on the device before its commissioning. The practical part also characterizes the methodology and implementation of the research in the selected locality.

The discussion presents the possibilities of using the device in practice and alternative ways of measuring street traffic for the needs of the components of the integrated rescue system. The complications that occurred during the development of the device and data processing are described here and other possible scenarios innovations of the device are suggested. The conclusion of the work evaluates the results of research and fulfillment of the studies goals.

Keywords

Automated throughput measurement; integrated rescue system; turning radius; ultrasonic distance measurement; urban development.

Obsah

1	Úvod.....	12
2	Cíle práce a hypotézy	14
2.1	Stanovení hypotéz diplomové práce	14
3	Přehled současného stavu.....	15
3.1	Integrovaný záchranný systém.....	15
3.1.1	Složky IZS.....	16
3.1.2	Koordinace složek IZS	16
3.1.3	Vybrané technické prostředky IZS	17
3.2	Doprava.....	19
3.2.1	Pozemní komunikace.....	19
3.2.2	Provoz na pozemních komunikacích	20
3.2.3	Zastavení a stání vozidel.....	21
3.2.4	Vozidla s právem přednostní jízdy.....	23
3.3	Legislativa požární ochrany	24
3.3.1	Kodex norem požární ochrany staveb	26
3.3.2	Aktivní a pasivní ochrana staveb.....	26
3.3.3	Státní požární dozor.....	27
3.4	Vybrané případy s komplikovaným průjezdem.....	27
3.4.1	Požár v Hradci Králové	27
3.4.2	Požár v pražských Bohnicích.....	28
3.4.3	Požár na Hořicku.....	28
3.5	Hlavní město Praha	29
3.5.1	Sídliště Velká Ohrada	30

3.6	Možnosti elektronického měření dále	32
3.6.1	Světelné	32
3.6.2	Ultrazvukové	33
3.6.3	Porovnání světelných a ultrazvukových dálkoměrů	33
4	Metodika	35
4.1	Komponenty	35
4.1.1	Raspberry Pi	35
4.1.2	Arduino Uno	36
4.1.3	Modul NEO-6M GYNEO6MV2	36
4.1.4	Dálkoměr HC-SR04	37
4.1.5	Software	37
4.2	Konstrukce	38
4.3	Softwarové rozhraní přístroje	43
4.4	Testování	44
4.4.1	Testování zařízení v simulovaných podmínkách	44
4.4.2	Testování přístroje v exteriéru	45
4.5	Metodika výzkumu	47
4.6	Faktory ovlivňující měření	50
4.6.1	Odchylka způsobená vlastnostmi prostředí	50
4.6.2	Odchylka způsobená pohybem zařízení	52
4.6.3	Odchylka způsobená nepřesností měřidel	55
4.7	Výzkum	55
4.7.1	Průběh měření	55
4.7.2	Modelace mapy	58

4.7.3	Vlečné křivky	62
4.7.4	Výsledky	65
4.7.5	Vyhodnocení hypotéz.....	73
5	Diskuze	75
5.1	Možnost využití zařízení v praxi.....	76
5.2	Možné zlepšení přístroje.....	77
5.2.1	Konstrukce a upevnění.....	77
5.2.2	Komponenty pro lokalizaci	78
5.2.3	Komponenty pro určování dálek.....	80
5.2.4	Možnost automatizace a vzdáleného ovládání přístroje	81
5.2.5	Další možné funkce přístroje	82
5.3	Alternativní možnosti měření průjezdnosti	83
5.3.1	Využití bezpilotních letounů	83
5.3.2	Využití umělé inteligence.....	84
5.3.3	Klasické metody	85
5.4	Komplikace při stavbě přístroje.....	85
6	Závěr	89
7	Seznam použitých zkratk.....	91
8	Seznam použité literatury.....	92
9	Seznam použitých obrázků	106
10	Seznam příloh.....	120

1 ÚVOD

Průjezdnost vozidel složek IZS v městské zástavbě je v poslední době často diskutované téma, na které se začal klást důraz díky mnoha komplikovaným situacím během zásahu těchto složek. V rámci vzrůstajícího trendu výjezdovosti posádek IZS je pro ochranu obyvatelstva prioritní, aby se posádky dostaly včasné a bez komplikací na místo zásahu. Během posledních let se rapidně rozšířil automobilismus a městská zástavba ve většině obcí a měst, což má za následek větší počet zásahů složek IZS, ale i větší komplikace s průjezdností některých nadrozměrných vozidel těchto složek. Hlavním problémem neprůjezdnosti silnic je nedostatek parkovacích míst, což způsobuje, že jsou obyvatelé dohnáni k nesprávnému nebo často i nezákonnému parkování. Dalším velice důležitým problémem při zásahu složek IZS jsou nepřístupné nebo neoznačené nástupní plochy pro požární techniku. Problém s nástupními plochami se týká především sídlišť vybudovaných v 70. a 80. letech 20. století.

Díky problému s průjezdností vozidel IZS vznikl díky HZS hlavního města Prahy a HZS středočeského kraje v roce 2019 projekt s názvem „3 metry k životu“. Tímto projektem se snaží HZS upozornit na špatnou průjezdnost v obcích a městech. [1]

Jako největší riziko, které tato neprůjezdnost může způsobit je značné prodloužení dojezdového času posádek IZS na místo zásahu. To v důsledku může vést k omezení až neposkytnutí záchranných činností na místě události, a tedy mít fatální následky na životy a zdraví obyvatel. Následky se však mohou promítnout i na škodách na majetku (např. vlivem delšího trvání požáru), či dokonce mohou mít negativní vliv na kritickou infrastrukturu a životní prostředí. Díky technickému a vzdělávacímu vývoji jsou dnes složky IZS

schopné rychle a velice efektivně poskytovat služby pro ochranu obyvatelstva, a proto je škoda tomu bránit.

Smyslem diplomové práce je poukázat na danou problematiku z oblasti zásahu IZS. Diplomová práce se věnuje definici a charakteristice pojmů z dané problematiky, a především legislativě související s touto oblastí. Čerpáno je ze zákonů a na ně navazujících prováděcích předpisů, odborné literatury a doporučení pro danou problematiku. V průběhu práce bylo vytvořeno zařízení skládající se z mini počítačů, které obsluhují dálkoměry a navigační systém a sbírají data o průjezdnosti oblasti. Na základě dat z tohoto zařízení jsou modelovány kolizní plochy pro simulování vlečných křivek vozidel IZS, které jsou následně analyzovány. Vytvořený koncept by mohl být základem pro další vývoj a zkoumání této problematiky a výsledné zařízení by mohlo mít přínos pro složky IZS a orgány samosprávy. Výsledky by bylo možné aplikovat i v rámci rozvoje městských částí a sídelních jednotek.

2 CÍLE PRÁCE A HYPOTÉZY

Cílem práce je návrh a zhotovení funkčního mobilního zařízení pro automatické měření vzdáleností mezi zaparkovanými vozidly.

V průběhu práce bude za tímto účelem navrženo a zkonstruováno měřicí zařízení, které bude za pomoci elektronických dálkoměrů při průjezdu průzkumným vozidlem měřit průjezdnost vozovky, tedy vzdálenost k zaparkovaným vozidlům nebo dalším překážkám. Součástí tohoto zařízení bude modul pro určování jeho polohy, díky kterému bude možné výsledky z měření sjednotit s mapovým podkladem.

Zařízení bude nejprve otestováno v simulovaném prostředí, poté bude provedeno měření průjezdu mezi zaparkovanými vozidly ve vybrané lokalitě. Výsledky měření budou porovnány s nároky na průjezd vybraných nadrozměrných vozidel integrovaného záchranného systému za použití počítačového programu pro výkres vlečných křivek.

2.1 Stanovení hypotéz diplomové práce

Pro zpracování práce byly stanoveny následující hypotézy:

Hypotéza 1: Je možný bezproblémový průjezd vybrané techniky (vozidla HZS Tatra 815-721R52 a vozidla ZZS Mercedes Benz Sprinter 519 CDI) integrovaného záchranného systému v určené lokalitě.

Hypotéza 2: Zkonstruovaný přístroj bude možné použít pro měření průjezdnosti vybraných nadrozměrných vozidel integrovaného záchranného systému.

3 PŘEHLED SOUČASNÉHO STAVU

3.1 Integrovaný záchranný systém

Integrovaný záchranný systém (IZS) je soubor postupů a pravidel spolupráce bezpečnostních a záchranných složek státu, a dalších účastníků, kteří se podílí na záchranných a likvidačních pracích a na přípravě a řešení mimořádných událostí. [2] [3]

Dále je možné definovat pojem IZS dle dokumentace ministerstva vnitra jako: *"Integrovaný záchranný systém (dále jen „IZS“) je určen pro koordinaci záchranných a likvidačních prací při mimořádných událostech včetně havárií a živelních pohrom. Je jím naplňováno ústavní právo občana na pomoc při ohrožení zdraví nebo života."* [4, s. 7]

3.1.1 Legislativa

Právní prostředí bezpečnosti ČR vytváří v první řadě dva ústavní zákony. Zákon č. 1/1993 Sb., Ústava ČR, ve znění pozdějších předpisů, která mimo jiné uděluje pravomoci vládě a parlamentu ČR v oblasti ochrany obyvatelstva a zákon č. 110/1998 Sb., Ústavní zákon o bezpečnosti ČR ve znění zákona č. 300/2000 Sb., Ústavní zákon, který mimo jiné právně zařazuje krizové stavy, či vznik Bezpečnostní rady státu. [5] [6] [7]

Základní právní dokument, který vymezuje termín IZS je zákon č. 239/2000 Sb., zákon o Integrovaném záchranném systému. Tento zákon definuje složky IZS a jejich koordinaci a působnost. Stanovuje působnost orgánů státní správy a veřejné samosprávy během záchranných a likvidačních prací a činnosti spojených s vyhlášením krizového stavu. Dále definuje práva a povinnosti právnických a fyzických osob spojené s úkoly v oblasti ochrany obyvatelstva. [2]

Se zákonem o IZS úzce souvisí tzv. krizový zákon č. 240/2000 Sb., zákon o krizovém řízení, který definuje působnost orgánů státní správy, územní samosprávy a právnických a fyzických osob v souvislosti s krizovými nevojenskými situacemi. Dále charakterizuje jednotlivé krizové stavy a podmínky jejich vyhlášení. Pro zajištění těchto krizových stavů jsou určena hospodářská opatření pro krizové stavy zákonem č. 241/2000 Sb., zákon o hospodářských opatřeních pro krizové stavy. [8] [9] [10]

S IZS v rámci právních předpisů dále souvisí zákon č. 222/1999 Sb., zákon o zajišťování obrany ČR, který stanovuje působnost orgánů státní správy, samosprávních územních celků, právnických a fyzických osob při obraně státu před vnějším napadením. [11]

3.1.1 Složky IZS

V systému IZS rozdělujeme složky na základní a ostatní. Základní složky tvoří Hasičský záchranný sbor (HZS) České republiky, Policie České republiky (PČR), poskytovatelé zdravotnických záchranných služeb (ZZS) a jednotky požární ochrany (JPO) zařazené do plošného pokrytí kraje jednotkami požární ochrany. Tyto složky zajišťují nepřetržitou pohotovost a jsou připravené na zásah v místě mimořádné události.

Mezi ostatní složky IZS patří vyčleněné síly a prostředky ozbrojených sil, ostatní ozbrojené sbory, orgány ochrany veřejného zdraví, pohotovostní, havarijní, odborné a jiné služby, zařízení civilní ochrany, neziskové organizace, sdružení občanů nápomocné při záchranných a likvidačních pracích. Ostatní složky IZS poskytují plánovanou pomoc na vyžádání velitele zásahu. [2] [12]

3.1.2 Koordinace složek IZS

Základní složky IZS jsou dle zákona o IZS povinné zajistit nepřetržitou pohotovost pro příjem ohlášení mimořádné události. Pro tento účel zřizují

základní složky IZS operační a informační střediska, která hrají nezastupitelnou roli v řízení a koordinaci jednotlivých složek na místě události. Pro společnou komunikaci mezi operačními středisky jednotlivých složek, stanovuje zákon o IZS operační a informační středisko IZS (OPIS IZS), jehož úlohu plní operační středisko HZS kraje. [12] [13]

Koordinace záchranných a likvidačních prací při mimořádné události je rozdělena do tří úrovní, podle toho, kým je koordinace prováděna. Na taktické úrovni provádí koordinaci složek IZS velitel zásahu na místě mimořádné události. V případě koordinace operačním střediskem IZS se jedná o úroveň operační. Na strategické úrovni koordinuje společný zásah starosta obce s rozšířenou působností (ORP), hejtmán kraje, nebo Ministerstvo vnitra. [2] [12]

3.1.3 Vybrané technické prostředky IZS

Diplomová práce se zabývá průjezdností vozidel IZS. Pro potřeby této práce byly vybrány dvě nadrozměrná vozidla složek IZS. Jako první byl vybrán sanitní vůz ZZS a jako druhé vozidlo bylo vybráno vozidlo HZS. Vozidlo PČR vybráno nebylo z důvodu charakteru zásahů policie, který ze své podstaty zpravidla nevyžaduje použití prostředků nadrozměrné techniky. Problematika průjezdnosti se týká městských zástaveb, do kterých potřebují pracovníci HZS a ZZS v případě potřeby odtransportovat materiál a technické prostředky, které jsou nezbytné při jejich činnosti na místě zásahu. V rámci zásahu PČR běžného charakteru (tedy za použití osobního automobilu) by k problémům při průjezdu zasahujícího vozidla v husté zástavbě nemělo docházet. [14]

Z nadměrných technických prostředků HZS byla vybrána cisternová automobilová stříkačka (CAS) 20/4300/300 na podvozku Tatra 815-721R52. Vozidlo disponuje náhonem na všechna čtyři kola, motorem o zdvihovém objemu 12 667 cm³ a čtrnáctistupňovou převodovkou. Jeho celková hmotnost je 17 000 kg, má délku 735 cm a šířku 255 cm. Vozidlo je vybaveno nádrží na vodu o objemu 4 300 l a nádrží na pěnidlo o objemu 300 l. Čerpací zařízení je schopné vyvinout průtok 250 l/min při tlaku 4 MPa. Vůz je určen pro přepravu družstva o zmenšeném početním stavu, tedy 3+1. [15] [16]



Obrázek 1 - Tatra 815-7T 815-721R52 [15]

Druhým vozidlem, vybraným pro potřeby diplomové práce je sanitní vůz skříňové zástavby na podvozku Mercedes Benz Sprinter 519 CDI. Ve voze je šestiválcový motor o zdvihovém objemu 2987 cm³, automatickou převodovkou s náhonem na přední kola. Vozidlo má délku 670 cm, šířku 210 cm a hmotnost 4 600 kg. Toto sanitní vozidlo je určeno pro posádku rychle zdravotnické pomoci (RZP), v kabině řidiče jsou tedy dvě místa k sezení, v ambulantním prostoru pak tři místa k sezení a sanitní nosítka s hydraulickým stolem. [17]



Obrázek 2 Mercedes Benz Sprinter 513 CDI [17]

3.2 Doprava

3.2.1 Pozemní komunikace

Dle zákona č. 13/1997 Sb., zákon o pozemních komunikacích je dopravní cesta určená k užívání silničními vozidly, jinými vozidly a chodci. Je vybavena pevnými zařízeními nezbytnými pro bezpečné užívání. Pozemní komunikace se dělí do čtyř kategorií, podle účelu. Bližší charakteristika a stavební požadavky jednotlivých kategorií a tříd jsou upřesněny ve vyhlášce č. 104/1997 Sb., vyhláška, kterou se provádí zákon o pozemních komunikacích. [18] [19]

- Dálnice je pozemní komunikace určená pro rychlou dálkovou a mezistátní jízdu, s mimoúrovňovým křížením a s místy určenými pro

vjezd a výjezd. Jízdní pruhy jsou směrově oddělené. Na základě svého dopravního významu se dělí na dálnice I. a II. třídy a jsou přístupné pouze silničním motorovým vozidlům. [18]

- Silnice je veřejně přístupná k užití silničními i jinými vozidly a chodci. Podle významu se dělí do tří tříd. Silnice I. třídy je pro dálkovou a mezistátní dopravu. Silnice II. třídy je určena pro dopravu mezi okresy a silnice III. třídy je určena pro dopravu mezi obcemi, či spojuje obec s jinou pozemní komunikací. Některé silnice I. třídy je možné označit za silnici pro motorová vozidla, pakliže je vybudována s mimoúrovňovým křížením, má místa pro vjezd a výjezd a není k ní připojena jiná nemovitost než ta, která je určená k odpočinku. [18]
- Místní komunikace jsou veřejné dopravní cesty, určené zejména k dopravě na území obce. Jsou rozděleny do čtyř skupin. Místní komunikace I. a II. třídy jsou dopravně významné cesty s omezením připojení vedlejších nemovitostí. Místní komunikace III. třídy jsou obslužné komunikace a místní komunikace IV. třídy nejsou určeny pro provoz silničních vozidel, nebo je na ní určen smíšený provoz. Stejně jako silnice, tak i místní komunikace je možné za stejných okolností označit jako silnici pro motorová vozidla. [18]
- Účelové komunikace slouží potřebám vlastníků pro spojení nemovitostí s jinými nemovitostmi či s jinými komunikacemi. Taktéž slouží k možnosti obhospodařovat zemědělské nebo lesní pozemky. [18]

3.2.2 Provoz na pozemních komunikacích

Pravidla provozu na pozemních komunikacích, práva a povinnosti účastníků provozu jsou stanovena zákonem č. 361/2000 Sb., zákon o provozu na pozemních komunikacích. Dále tento zákon upravuje řízení provozu na

pozemních komunikacích, řidičská oprávnění, pravomoci PČR a orgánů státní správy ve věcech provozu na pozemních komunikacích. [20]

3.2.3 Zastavení a stání vozidel

Dle zákona č. 361/2000 Sb., zákon o provozu na pozemních komunikacích je zastavení definováno jako uvedení vozidla do klidu na dobu nezbytně nutnou pro vystoupení a nastoupení pasažérů, či k vyložení a naložení nákladu. Tento termín je často zaměňován s termínem „zastavit vozidlo“, který je definován jako přerušování jízdy nezávisle na vůli řidiče, například z důvodu technické závady. Termínem „stát“ je tímto zákonem definováno uvedení vozidla do klidu na dobu povolenou pro zastavení. [20]

Dle legislativy smí řidič zastavit a stát:

- vpravo ve směru jízdy, co nejbližší k okraji vozovky, nebo vpravo i vlevo v případě zastavení a stání v jednosměrné pozemní komunikaci;
- v jedné řadě rovnoběžně s okrajem vozovky, kolmo popřípadě šikmo smí v obci řidič zastavit a stát, pokud vozidlo nepřesahuje hmotnost 3500 kg a není tímto omezena plynulost a bezpečnost provozu;
- tak, aby zůstal volný alespoň jeden jízdní pruh o šířce nejméně 3 m pro každý směr jízdy. [20]

Řidič naopak nesmí zastavit a stát:

- v těsné blízkosti nepřehledné zatáčky nebo přímo v ní;
- na nepřehledném vrcholu komunikace, před ním a za ním;
- na přejezdu pro cyklisty nebo přechodu pro chodce a nejméně pět metrů před nimi;

- v křižovatce, nebo nejméně 5 m před a za hranicí křižovatky, s výjimkou křižovatek tvaru T, kde je v obci možné parkovat na protější straně vyústění křižovatky;
- v odbočovacím a v připojovacím pruhu, či v pruhu vyhrazeném pro cyklisty;
- v oblasti zastávky hromadné dopravy, která začíná dopravní značkou příslušné zastávky (zastávka tramvaje, zastávka autobusu) a končí ve vzdálenosti 5 m za označníkem zastávky;
- v oblasti zastávky hromadné dopravy nejméně 30 m před označníkem a 5 m za označníkem, u zastávek, kde chybí značka příslušné zastávky;
- v oblasti zastávky hromadné dopravy, která je označena vodorovným dopravním značením je zákaz zastavit a stát pouze v oblasti vyznačené vodorovným dopravním značením;
- v tunelech či podjezdech, na železničních přejezdech, nebo ve vzdálenosti nejméně 15 m před nimi a za nimi;
- v místech, kde by stojící vozidlo zakrývalo výhled na dopravní značení;
- na místě ve vzdálenosti méně než 5 m od začátku a konce vodorovného dopravního značení;
- na mostech a tramvajových pásech;
- na silniční vegetaci, pokud to nedovoluje příslušná dopravní značka;
- před vjezdem na pozemní komunikaci nebo před výjezdem z místa mimo pozemní komunikaci;
- na vyhrazených parkovištích pro jiná vozidla po dobu delší než 3 minuty, zároveň nesmí ohrozit ani omezit provoz na pozemních komunikacích a nesmí omezit řidiče vozidla, pro které je parkoviště vyhrazeno;

- na jiných místech, kde by byl ohrožen provoz na pozemních komunikacích;
- na silnicích I. třídy a za snížené viditelnosti i na silnicích II. a III. třídy mimo obec, mimo místa označená jako parkoviště. [20]

3.2.4 Vozidla s právem přednostní jízdy

Vozidla s právem přednostní jízdy definuje zákon č. 361/2000 Sb., zákon o provozu na pozemních komunikacích a o změnách některých zákonů. [20]

Dle § 41 zákona č. 361/2000 Sb. se jedná o vozidla, jejichž řidiči při plnění úkolů souvisejících s výkonem zvláštních povinností užívají zvláštní výstražná světla modré barvy, nebo kombinaci modrých a červených světel a vozidla doplněná zvláštním zvukovým výstražným znamením. [20]

Řidičem vozidla s právem přednosti jízdy smí být osoba starší 21 let, která musí splňovat podmínky stanovené tímto zákonem. [20, s. §41 odst. 4]

Mezi vozidla s právem přednostní jízdy patří vozidla ministerstva vnitra, vozidla složek IZS, vězeňské služby, vojenské policie, vozidla poruchové služby plynárenských zařízení, celní správy, Generální inspekce bezpečnostních sborů a vozidla zpravodajských služeb při přepravě nosičů utajovaných informací nebo osob, kterým poskytují ochranu. Další vozidla se zvláštním zvukovým a světelným výstražným zařízením může na základě nařízení stanovit vláda. [20]

Ostatní účastníci dopravy a řidiči ostatních vozidel musí vozidlům s právem přednostní jízdy a vozidlům, které je doprovázejí umožnit bezpečný a plynulý průjezd. V případě nutnosti zastavit vozidla tak, aby umožňovaly průjezd a nepřekážely. Dále se řidiči ostatních vozidel nesmí zařazovat do skupiny tvořené vozidly s právem přednostní jízdy. V případě kolony stojících nebo pomalu jedoucích vozidel na dálnici nebo silnici pro motorová vozidla

s nejméně dvěma jízdními pruhy jsou řidiči ostatních vozidel povinni vytvořit mezi jízdními pruhy prostor pro bezpečný a plynulý průjezd vozidel s právem přednostní jízdy. V případě více než dvou jízdních pruhů v jednom směru se tento prostor vytváří mezi jízdním pruhem nejvíce vlevo a k němu přiléhajícím jízdním pruhem. Tento prostor je určen pouze pro vozidla s právem přednostní jízdy, vozidla správce pozemní komunikace a vozidla sloužící k odstranění následků omezujících provoz. V případě, že svítí zvláštní výstražné světlo na stojícím vozidle s právem přednostní jízdy, jsou řidiči ostatních vozidel povinni podle okolností snížit rychlost, eventuálně i zastavit vozidlo. [20]

3.3 Legislativa požární ochrany

Základní právní prostředí pro ochranu zdraví, života a majetku občanů před požáry vytváří zákon č. 133/1985 Sb., zákon České národní rady o požární ochraně. Stanovením povinností a působnosti orgánů státní správy a samosprávy, JPO, právnických a fyzických osob v oblasti ochrany před požáry vytváří podmínky pro zajišťování pomoci při mimořádných událostech. Zákon také mimo jiné kategorizuje různé činnosti podle požárního nebezpečí a stanovuje pravidla a vykonavatele posuzování požárního nebezpečí. V tomto zákoně jsou vyjmenované přestupky a protiprávní jednání na poli požární ochrany a odpovědnosti při jejich spáchání. [21] [22]

Každý je povinen počínat si tak, aby nezačal příčinu ke vzniku požáru, neohrozil život a zdraví osob, zvířata a majetek; při zdolávání požárů, živelních pohrom a jiných mimořádných událostí je povinen poskytovat přiměřenou osobní pomoc, nevystaví-li tím vážnému nebezpečí nebo ohrožení sebe nebo osoby blízké anebo nebrání-li mu v tom důležitá okolnost, a potřebnou věcnou pomoc. [22, s. § 1 odst. 2]

V zákoně o požární ochraně je také uvedeno, že právnické a podnikající fyzické osoby jsou povinné udržovat volně přístupné příjezdové komunikace a volné nástupní plochy pro požární techniku. Pakliže tak neučiní, hrozí jim pokuta až ve výši 500 000 Kč. [22]

Nástupní plochy jsou místa navazující na přístupové komunikace v blízkosti objektů, sloužící k přistavení požární techniky, pomocí které bude v případě požáru objektu prováděn zásah. Nástupní plochy je možné využívat k jiným účelům, které v případě potřeby nebudou znemožňovat zásah, rozhodně tedy není možné tato místa využívat pro parkování vozidel. Vyhláškou č. 23/2008 Sb., vyhláška o technických podmínkách požární ochrany staveb jsou definované technické podmínky staveb. Dále jsou stanovena pravidla pro zřizování nástupní plochy, která se navrhuje a umísťuje mimo ochranné pásmo nadzemního vedení vysokého napětí s vodiči bez izolace tak, aby umožnila příjezd a provedení zásahu mimo ochranné pásmo. Nástupní plochy musí také odpovídat technickým parametrům výškové požární techniky umístěním, šířkou a dalšími technickými parametry. Nástupní plochy pro požární techniku musí být označeny příslušnou dopravní značkou podle vyhlášky č. 30/2001 Sb., prováděcí vyhláška k pravidlům silničního provozu (dopravní značky). [23]

Vyhláška č. 23/2008 Sb., vyhláška o technických podmínkách požární ochrany staveb mimo jiné také definuje, že vjezdy na pozemky obestavěné, oplocené nebo jinak znepřístupněné musí být navrženy o minimální šířce 3,5 m a výšce 4,1 m. Dále popisuje, že každá neprůjezdná jednopruhá přístupová komunikace delší než 50 m, pokud je jedinou komunikací, musí mít na svém konci navržený smyčkový objezd nebo plochu umožňující otočení vozidla. Tato plocha může mít tvar písmene T s rameny dlouhými minimálně 10 m na každou stranu o šířce jednoho pruhu komunikace od osy jednopruhé přístupové

komunikace nebo může být provedena rozšířením pruhu na konci komunikace na šířku minimálně 20 m v délce minimálně 20 m. [24] [25]

3.3.1 Kodex norem požární ochrany staveb

Kodex norem požární ochrany staveb, jinak také požární kodex je soubor českých technických norem (ČSN), které stanovují požadavky požární bezpečnosti staveb a průkaznost těchto požadavků. Normy jsou rozděleny do čtyř základních skupin. [21] [22]

1. Normy projektové stanovují požadavky na řešení stavby. Hlavními normami této skupiny jsou ČSN 73 0802, požární bezpečnost nevýrobních objektů a ČSN 73 0804, požární bezpečnost výrobních objektů. Na ně navazují další normy, ve kterých jsou zakotveny požadavky na obsazení objektu osobami, shromažďovací prostory, změny staveb. Dále s nimi souvisí normy s požadavky na budovy určené pro bydlení a ubytování, budovy zdravotnických zařízení, na objekty pro zemědělskou výrobu, sklady a objekty spojů a poštovních provozů.
2. Normy zkušební stanovují metodiku pro zkoušky požadovaných vlastností konstrukcí staveb a užitého materiálu.
3. Normy hodnotové uvádí hodnoty požárně technických vlastností konstrukcí a materiálů, které jsou často ve stavebnictví užívané.
4. Normy předmětové blíže specifikují a doplňují požární požadavky staveb vyplývajících ze základních norem. [26] [27]

3.3.2 Aktivní a pasivní ochrana staveb

Pasivní ochrana stavby je soubor zejména konstrukčních vlastností stavby, které jí napomáhají čelit požáru a jeho vlivu. Jedná se např. o výběr vhodných stavebních materiálů a konstrukcí, vhodné umístění stavby v prostoru,

rozčlenění stavby do požárních úseků s únikovými cestami, zajištění přístupových cest a nástupních ploch pro požární techniku apod. [28] [29]

Aktivní ochrana stavby je založena na instalaci protipožárního zařízení např. instalace stabilního hasícího zařízení (SHZ), elektronické požární signalizace (EPS) zařízení pro odvod kouře a tepla (ZOKT), užití požárních dveří, instalace hydrantů, evakuačních výtahů, nouzového osvětlení apod. [28]

3.3.3 Státní požární dozor

Státní požární dozor je označení především kontrolních činností vykonávaných HZS k zajištění požární bezpečnosti občanů. Zahrnuje kontrolu dodržování předpisů stanovených zákonem o požární bezpečnosti, kontrolu připravenosti jednotek požární ochrany, posuzování dokumentací ve stavebnictví a následnou kontrolu po dostavbě objektů, zjišťování příčin požáru, posuzování činností s vysokým nebezpečím požáru a nařizování opatření k odstraňování zjištěných nedostatků a následná kontrola splnění těchto opatření. [30]

Právní prostředí pro požární ochranu staveb tvoří v první řadě zákon č. 183/2006 Sb., stavební zákon, ve kterém jsou ustanoveny základní požadavky požární ochrany. Blíže specifikované požadavky na stavby jsou zakotveny ve vyhlášce č. 246/2001 Sb., vyhláška o požární prevenci. [31] [32] [33]

3.4 Vybrané případy s komplikovaným průjezdem

3.4.1 Požár v Hradci Králové

V září 2020, došlo v odpoledních hodinách k požáru v jednom z bytů ve třináctipatrovém panelovém domě v Baarově ulici v Hradci Králové. K požáru vyjelo 6 jednotek HZS královohradeckého kraje. Požár se šířil z třináctého patra,

bylo tedy nezbytné použití výškové techniky. Problém nastal při příjezdu na místo události, protože na nástupní ploše pro požární techniku byla zaparkovaná osobní vozidla. Řidiči, kteří zde vozidla zaparkovali tím porušili zákon č. 133/1985., zákon České národní rady o požární ochraně. Za to jim mohla být, na základě tohoto zákona, uložena pokuta do až ve výši 25 000 Kč. Zásah se naštěstí obešel bez újmy na životech, zraněná byla jedna osoba, která byla předána do péče ZZS. Požár se jednotkám HZS podařilo uhasit, nicméně zásah probíhal delší dobu a byl zbytečně zkomplikován bezohledností řidičů, kteří nasazení výškové techniky bránili svým protiprávním jednáním. Vzhledem k charakteru zásahu se nejednalo o jednoduchý zásah, a navíc byl bohužel komplikován občanskou nedisciplinovaností. [34]

3.4.2 Požár v pražských Bohnicích

3. května 2017 vypukl požár panelového domu v Poznaňské ulici v pražských Bohnicích. Ohniskem požáru byla kuchyň jednoho z bytů v devátém patře. K požáru vyjelo celkem šest jednotek HZS, první byly na místě události do deseti minut od oznámení. Zásah zkomplikovala zaparkovaná vozidla v ulici Poznaňská, která bránila průjezdu techniky HZS. Z tohoto důvodu nebylo možné nasadit výškovou techniku, a voda musela být dopravována až 100 m k hořícímu domu. Zásah tedy probíhal pouze vnitřkem domu, za použití dýchacích přístrojů. Spolupracující ZZS vyšetřila během zásahu 13 osob, u žádné z nich nebyla nutná hospitalizace. Intoxikace malého množství oxidu dusného byla naměřena pouze u policisty, který byl poučen a na místě ponechán. [35]

3.4.3 Požár na Hořicku

V březnu 2020 vyjžděli posádky HZS královohradeckého kraje na požár v rodinném domě. *„Jejich zásah si vyžádala obyvatelka domu osobně, protože dům je jen několik set metrů od hasičské stanice. Hasiči se dvěma vozy okamžitě vyjeli na místo, protože měli informaci, že se požár rychle šíří. Problém ovšem nastal přímo*

*v ulici, kde hořelo. Stálo tam totiž několik zaparkovaných aut, která bránila v průjezdu techniky k požáru. Hasičům nezbylo nic jiného než prostě jet a odřít tak jak ta auta tak své vozy“ [36]*V nastalé situaci tedy vozidla HZS projela ulici, i za cenu poškození vozidel. Posádky HZS se tedy k zásahu dopravili, ale za cenu poškození vozidel HZS a vozidel ostatních majitelů. K časové prodlevě tedy nedošlo, ale zásah musel být dál šetřen PČR. Během zásahu nedošlo k újmě na zdraví. Vyhlášky č. 247/2001 Sb., Vyhláška Ministerstva vnitra o organizaci a činnosti jednotek požární ochrany stanovuje, že při zásahu má záchrana osob přednost před záchranou zvířat a majetku. Přesto, že HZS postupoval v souladu s touto vyhláškou, bylo poškození vozidel klasifikováno jako dopravní nehoda, kterou HZS zavinil. [36]

3.5 Hlavní město Praha

Hlavní město Praha má postavení kraje, ale je také statutárním městem, což vychází ze zákona č.131/2000 Sb., zákon o hlavním městě Praze. Praha jako hlavní město ČR je ekonomickým centrem celé ČR a na něj je navázán každý region republiky. Se svými téměř 1 400 000 obyvateli je politickoekonomickým a hospodářským centrem státu. Území Prahy je rozsáhlé a v současnosti se rozkládá na 49 613 ha, což činí přibližně 496 km². Praha je rozdělená na 22 správních obvodů a 57 městských částí. Hlavní město Praha má ve svém čele voleného primátora a jako hlavní orgán správy města je stanoveno sedmdesátičlenné zastupitelstvo hlavního města, z něhož 11 členů tvoří radu hlavního města Prahy. Jako výkonný úřad je stanoven Magistrát hlavního města Prahy (MHMP). [37]

Město se nachází v centrální části republiky. Praha je v ČR největším regionálním trhem práce, který je úzce spjatý se Středočeským krajem, jehož část je k němu integrovaná. Na území hlavního města Prahy sídlí více jak 550 000 ekonomických subjektů registrovaných v ČR. Díky dopravní

dostupnosti ze zahraničí, zajišťované jak letištěm provozujícím mezinárodní letové linky, tak pozemními dopravními sítěmi je tak Praha významnou mezinárodní metropolí. [37]

3.5.1 Sídliště Velká Ohrada

Sídliště Velká Ohrada bylo vystavěno v letech 1988-1993 na jihozápadě města ve správním obvodu Praha 13. Sídliště bylo navrženo pro 13 tisíc obyvatel. Architektonicky jde o základ devíti čtvercových bloků panelových domů s vnitrobloky uspořádanými do velkého čtverce. Kolem nich se nachází několik dalších objektů, zajišťující služby. Dle urbanistické typologie bylo sídliště Velká Ohrada zařazeno do tzv. typu kompaktní městské zástavby, podobně jako centrum Prahy, kterému se svou blokovou strukturou a hustotou osídlení podobá. Jednotlivé bloky budov jsou mezi sebou uvnitř propojeny ulicemi Prusíkova a Kurzova, které se kruhovými objezdy kříží s ulicemi Přecechtělova a Borovanského. Tyto ulice jsou napojeny na okružní ulice Bašteckého, Pavrovského, Červeňanského a Janského, které obcházejí celý velký čtverec bloků. Jak z vnitřních ulic, tak i z okružních ulic jsou k jednotlivým objektům přivedeny krátké slepé ulice zakončené točnami. [38; 39]

Možnosti parkování na sídlišti Velká Ohrada jsou velmi omezené. Důvodem, proč jsou parkovací stání takto poddimenzovaná, je v první řadě výstavba sídliště v době před rapidním nárůstem automobilismu v Praze. Dále tomuto nepřispívá samotná struktura sídliště, zejména úzké dopravní komunikace a velká koncentrace obyvatel. Alternativní městská hromadná doprava nabízí pouze přístup autobusovou dopravou, nejbližší stanice metra je vzdálena 8 minut autobusem, i toto je příčina, proč mnoho rezidentů volí pro cestu do zaměstnání automobil. [40]

„V ZSJ Ohrada bylo provedeno sčítání v ulicích Bašteckého, Pavrovského, Janského, Klausova, Herčíkova, Drimlova, Kurzova, Borovanského, Přecechtělova a Prusíkova. V denní době byla z poloviny obsazena stání v ulici Klausova; stání v ulicích Bašteckého, Pavrovského, Drimlova, Prusíkova a jihozápadní, východní a severní část ulice Janského obsazeny z cca ¾; ulice Kurzova, Borovanského, Přecechtělova a jižní a jihovýchodní část ulice Janského byly zaplněny hustě. Místy stála vozidla v rozporu s vyhláškou (v druhé řadě, v ose komunikací, v křižovatkách, na místech se zákazem stání nebo na chodnicích). Dále byla vozidla podél vnější i vnitřní hrany okružních jízdních pásů na okružních křižovatkách uvnitř sídliště. V noční době byla všechna stání plně obsazena s častým protiprávním parkováním vozidel.“ [40, s. 23]

Na základě analýzy dopravy v klidu pro Prahu 13 z roku 2011 bylo zjištěno, že v tento rok byla poptávka v celé sídelní jednotce Ohrada po 3727 parkovacích místech. Zároveň ve stejném roce byla tato poptávka naplněna cca z 72 %, tedy reálný počet činil 2694 parkovacích stání. Do sídelní jednotky Ohrada spadá také čtvrť rodinných a řadových domů v ulici Klausova jihovýchodně od sídliště a čtvrť rodinných domů Malá Ohrada, která je dislokována severně od sídliště Velká Ohrada. Obyvatelé těchto přilehlých čtvrtí mají většinou možnost soukromého parkování na svých pozemcích nebo v podzemních garážích, oblasti tedy nedostatkem parkovacích míst netrpí. Konkrétně čtvrť v ulici Klausova má vyrovnanou poptávku s nabídkou stání a ve čtvrti Malá Ohrada je přebytek 55 parkovacích stání. V konečném výsledku tedy samotné sídliště Velká Ohrada poptává 3387 parkovacích míst, tato poptávka je pouze z cca 68 % saturována, reálný počet parkovacích stání je totiž 2299. To je hlavním důvodem, proč se řidiči často uchylují k protiprávnímu stání např. na kruhových objezdech či chodnicích.

Pro získání nových studií týkající se problematiky parkování na sídlišti Velká Ohrada byly osloveny instituce zabývající se touto problematikou, především

Technická správa komunikací hlavního města Prahy a odbor dopravy Úřadu městské části Praha 13. Na základě e-mailové komunikace bylo zjištěno, že ani jedna z těchto institucí novější studií nedisponuje. Pro potřeby diplomové práce je tedy nezbytné vycházet pouze z dokumentu z roku 2011. [41] [42]

V minulosti již na tomto sídlišti probíhal zásah HZS, který se kvůli protiprávnímu parkování na kruhových objezdech potýkal s komplikacemi při příjezdu k místu události.

V pátek dne 29. prosince 2017 byl na operační středisko HZS hlavního města Prahy nahlášen požár v bytě osmipodlažního panelového domu v ulici Kurzova č. p. 2387. K zásahu vyjely 2 profesionální hasičské jednotky a rovněž jednotka Sboru dobrovolných hasičů z Prahy – Stodůlek. Zasahující hasiči byli nuceni komunikaci zejména v kruhových křižovatkách ručně uvolňovat odsouváním kontejnerů na komunální odpad, jejich rychlost mezi zaparkovanými osobními vozidly byla minimální. Průjezd kruhovým objezdem, který měřil 55 m, trval hasičské technice více než 3 minuty. Z výpočtu vyplývá, že vozidlo se k zásahu v tomto úseku pohybovalo rychlostí 1,116 km/hod. Z toho důvodu byl velitel zásahu nucen vyslat zasahující jednotku pěšky napřed k hořícímu bytu, aby mohl být proveden průzkum na místě. Naštěstí se tentokrát jednalo pouze o požár v kuchyni od připáleného jídla a zasahující hasiči zlikvidovali požár vodou z místního vnitřního hydrantu. [43, s. 38]

3.6 Možnosti elektronického měření dálek

3.6.1 Světelné

Světelné, neboli elektrooptické dálkoměry, využívají elektromagnetické záření o 400 – 800 nm, tedy ultrafialové záření, infračervené záření a spektrum viditelného světla. Dálkoměry pracují na principu výpočtu času, za který se vyslaný pulz elektromagnetického záření po odražení od předmětu vrátí zpět

ke zdroji. Na základě výpočtu času a známých vlastností elektromagnetického záření je možné určit vzdálenost. Přesnost elektromagnetických dálkoměrů ovlivňuje několik faktorů rozdělených na dvě základní skupiny – vnitřní a vnější. Vnitřním faktorem ovlivňující přesnost je samotná stavba přístroje a kvalita jeho komponentů. Vnějšími faktory jsou například prostředí, ve kterém přístroj pracuje, složení či povrch odrazové plochy či pohyb a poloha přístroje. Každý materiál má jiný index lomu světla, tedy podíl rychlosti světla ve vakuu k rychlosti světla v daném prostředí. Velkou roli také hraje zakřivení a nerovnost odrazové plochy, protože úhel dopadu světelného paprsku je roven úhlu odrazu. [44] [45]

3.6.2 Ultrazvukové

Ultrazvukové dálkoměry fungují na bázi elektroakustických měničů, které převádí energii mechanickou, v tomto případě zvuk, na energii elektrickou a naopak. Tyto přístroje využívají zvuk vyšší než 20kHz. Stejně jako u světelných dálkoměrů, měří přístroj čas mezi vysláním a přijetím signálu a následně z této hodnoty a rychlosti vlnění vypočítá vzdálenost od odražené plochy. Přesnost měření ovlivňují faktory vnitřní, tedy kvalita a přesnost užitých komponentů přístroje. Vnějšími faktory ovlivňující přesnost jsou vlastnosti prostředí, ve kterém přístroj pracuje např. teplota a hustota vzduchu, dále mohou přesnost ovlivnit materiály odrazových ploch, zejména tlumící materiály. [46] [45] [47]

3.6.3 Porovnání světelných a ultrazvukových dálkoměrů

Oproti světelným dálkoměrům mají ultrazvukové výhodu v možnosti měření téměř jakéhokoli tvaru a materiálu odrazové plochy, na rozdíl od světelných dálkoměrů jsou např. schopné měřit vzdálenost od průsvitných objektů. Vzhledem k vlastnostem šíření odražených zvukových vln je možné ultrazvukové dálkoměry použít i v pohybu. Naopak nevýhodou

ultrazvukových detektorů oproti světelným je přesnost měření a také skutečnost, že jsou limitovány měřenou vzdáleností. Z ekonomického hlediska jsou ultrazvukové dálkoměry příznivější, jejich pořizovací cena je výrazně nižší, než je cena světelných dálkoměrů. [45] [48]

4 METODIKA

Zařízení bude zkonstruované ze dvou od sebe nasměrovaných ultrazvukových dálkoměrů, které budou připojeny k mikropočítači Arduino, kde budou naměřené údaje zpracovány. Pro tento účel bude použit programovací jazyk C++. Zařízení Arduino bude dále připojeno k mini PC Raspberry Pi, který bude obsluhovat modul pro určování polohy GPS. V minipočítači Rasperry Pi budou uložena všechna data získaná při měření, tedy údaje z modulu GPS a hodnoty naměřených vzdáleností, které budou přeposílány z minipočítače Arduino.

Raspberry Pi je možné ovládat pomocí vzdáleného přístupu protokolem SSH např. i z mobilního telefonu, nebo je možné ho osadit displayem. Tato situace simuluje možnost použití palubního počítače, zatímco paměťový čip ATmega328, kterým je osazeno Arduino, je možné vyjmout a použít v průmyslovém řešení. Během výzkumu budou oba počítače obsluhovány z notebooku, ke kterému bude připojen minipočítač Raspberry Pi kabelem ethernet. [49]

Před uvedením do provozu bude funkčnost zařízení ověřena v simulovaných podmínkách. Následně bude zařízení instalováno do průzkumného automobilu, který bude projíždět vybranou oblastí. Naměřené hodnoty budou porovnány s nároky na průjezd vybraných nadměrných vozidle IZS a synchronizovány s mapovým podkladem.

4.1 Komponenty

4.1.1 Raspberry Pi

Raspberry Pi je rodina malých jednodeskových počítačů, které byly vyvinuty ve Velké Británii pro podporu výuky informatiky. V zařízení bude použit

model Raspberry Pi 3 B+. Tento model disponuje 64-bitovým čtyřjádrovým procesorem o taktu 1,4 GHz a RAM pamětí o velikosti 1 GB. Nabízí možnosti připojení přes HDMI port, analogový audio konektor 3,5 mm, čtyři USB porty 2.0 a Ethernet port. Pro možnosti externího ukládání dat tento model podporuje formát paměťových karet Micro-SD. Pro bezdrátovou komunikaci je možné využít úsporný komunikační standard bluetooth 4.2 bluetooth low energy (BLE), který má snížené energetické nároky. Velikost přístroje se přibližuje rozměrům platebních karet s délkou 8,2 cm, šířkou 5,6 cm a tloušťkou 1,95 cm. Váha přístroje je pouhých 50 g, i díky těmto vlastnostem má přístroj široké možnosti využití. [49] [50]

4.1.2 Arduino Uno

Jedná se o malý jednodeskový počítač založený na mikrokontroleru ATmega328p. Skládá se ze čtrnácti digitálních vstupů, z nichž lze šest použít pro pulzně šířkové modulace PWM (Pulse Width Modulation), dále má šest analogových vstupů, USB vstup, keramický rezonátor 16 MHz, ICSP záhlaví, resetovací tlačítko a napájecí konektor. Arduino je uživatelsky jednoduchá platforma určená jak pro začátečníky, tak pro pokročilé konstruktéry. Toto zařízení bylo pro konstrukci přístroje vybráno pro jeho jednoduché ovládání a programování a široký výběr přídatných modulů s různými funkcemi. Platforma Arduino je hojně využívána a existuje komunita příznivců této platformy, která sdílí své zkušenosti. Je tedy možné jednoduše získat informace z internetu a odborných publikací. Další výhodou je bezesporu cena, která se v současné době pohybuje kolem 500 Kč/kus. [51] [52]

4.1.3 Modul NEO-6M GYNEO6MV2

Pro určování polohy byl použit modul GNSS (global navigation satellite systém) NEO-6M GYNEO6MV2, který využívá satelitní navigační systém GPS

na frekvenci L1, tedy 1575,42 MHz, u kterého výrobce garantuje přesnost na 2,5 m. Při používání regionálních družicových rozšiřujících systémů SBAS (Satellite Based Augmentation Systems), z nichž přístroj využívá v Evropě systém EGNOS (European Geostationary Navigation Overlay Service, výrobce garantuje přesnost na 2 m. Komponent je vybaven anténou a LED diodou. Byl vybrán pro svou kompatibilitu s počítačem Arduino a pro svou cenovou dostupnost. [53]

4.1.4 Dálkoměr HC-SR04

Měření vzdálenosti obstarává ultrazvukový senzor HC-SR04. Využívá frekvenci 40 kHz. Zařízení je schopno bezkontaktně měřit vzdálenost od 2 cm do 400 cm s přesností až na 3 mm, odchylku měření výrobce neudává. Na základě rychlosti zvuku vyměřeného času mezi vysláním pulzní vlny a jejím zachycením po odrazu vypočítává přístroj vzdálenost od objektu. Rychlost zvuku se mění dle vlastností prostředí, ve kterém se šíří, a proto je možné tuto výchozí hodnotu v nastavení přístroje změnit. Úhel mezi měřenou plochou a přístrojem by neměl být vyšší než 15 °. [54]

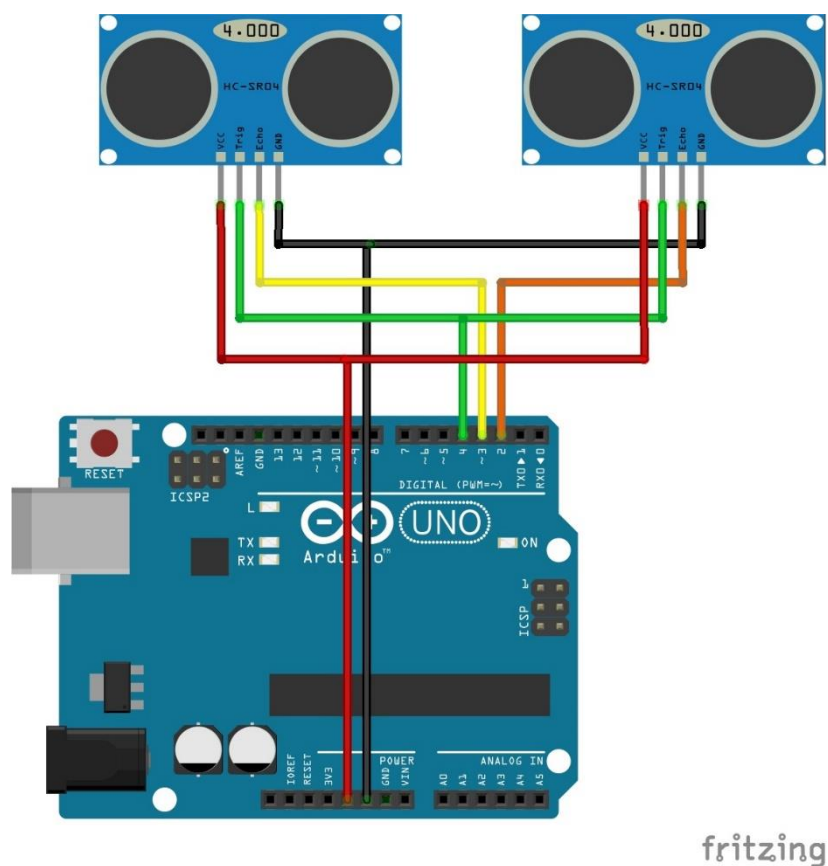
4.1.5 Software

Při zpracování výstupních dat z přístroje poslouží počítačový program AutoCAD od společnosti Autodesk. Zkratka CAD pochází z anglického computer-aided design, což ve volném překladu znamená počítačově podporovaný design. Tento software je určen pro projektanty, designéry, či konstruktéry. Nástroj umožňuje navrhování, vykreslování a vizualizaci různých návrhů ve 2D i 3D rozhraní a umožňuje jejich následnou analýzu. Program využívají odborníci z různých technologických a designových oborů, například pro návrhy strojních komponentů, stavební projektování, architektonické výkresy apod. Společnost Autodesk nabízí různé modifikace

tohoto nástroje, které jsou specifické pro práci různých typů uživatelů. Během výzkumu bude tento nástroj použit pro modelování cest z naměřených hodnot. Následně bude využit doplněk programu AutoCAD Vehicle Tracking, díky které mohou být simulovány vlečné křivky definovaných vozidel. [55]

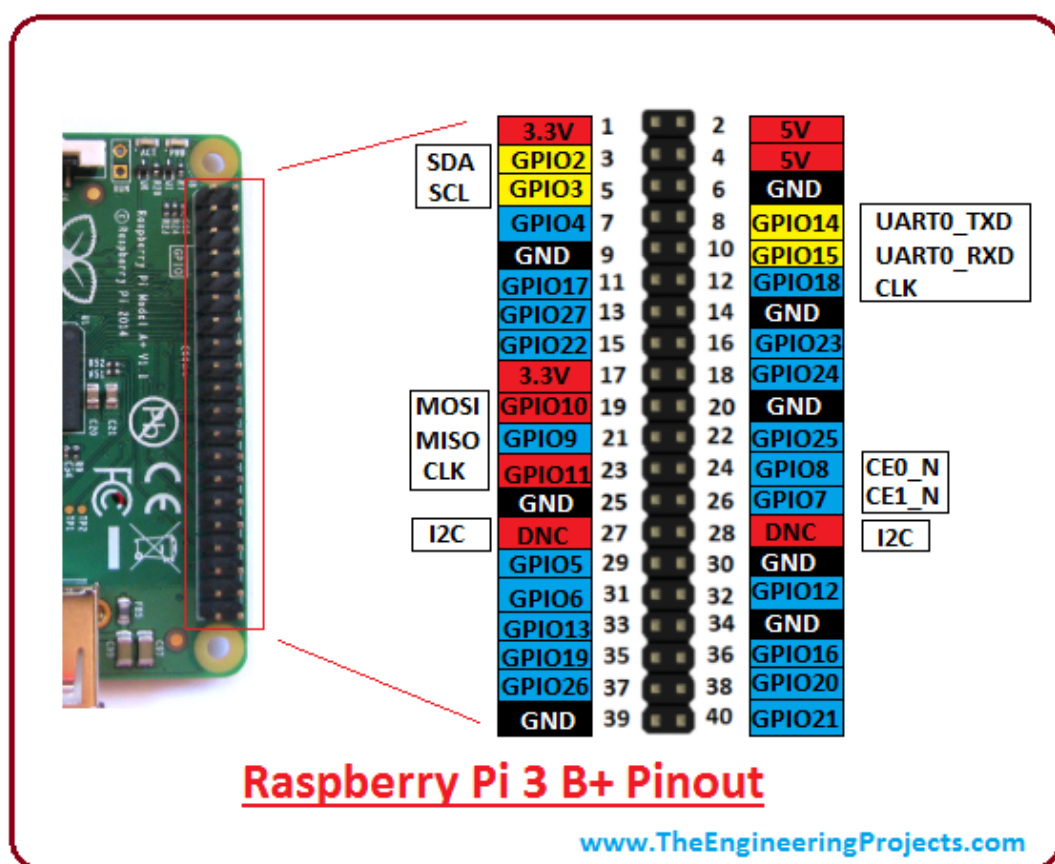
4.2 Konstrukce

K Arduino byly ultrazvukové dálkoměry HC-SR04 připojeny na 5 V napájecí pin a uzemnění. Ke komunikaci byly využity piny 2 a 3 pro Echo piny (tedy Rx pin Arduina) a pin 4 pro Tx pin Arduina, který byl připojen na Trig dálkoměru. Trig bylo možné využít pro oba dálkoměry zároveň – reproduktory vyslaly zvukovou vlnu ve stejnou chvíli a poté senzory očekávaly odezvu, kterou prostřednictvím pinu Echo vrátily spolu s informací o hodnotě zpět do Arduina. Na obrázku č. 3 je znázorněno zapojení dálkoměrů k Arduino.



Obrázek 3 - Zapojení dálkoměrů; obrázek autora

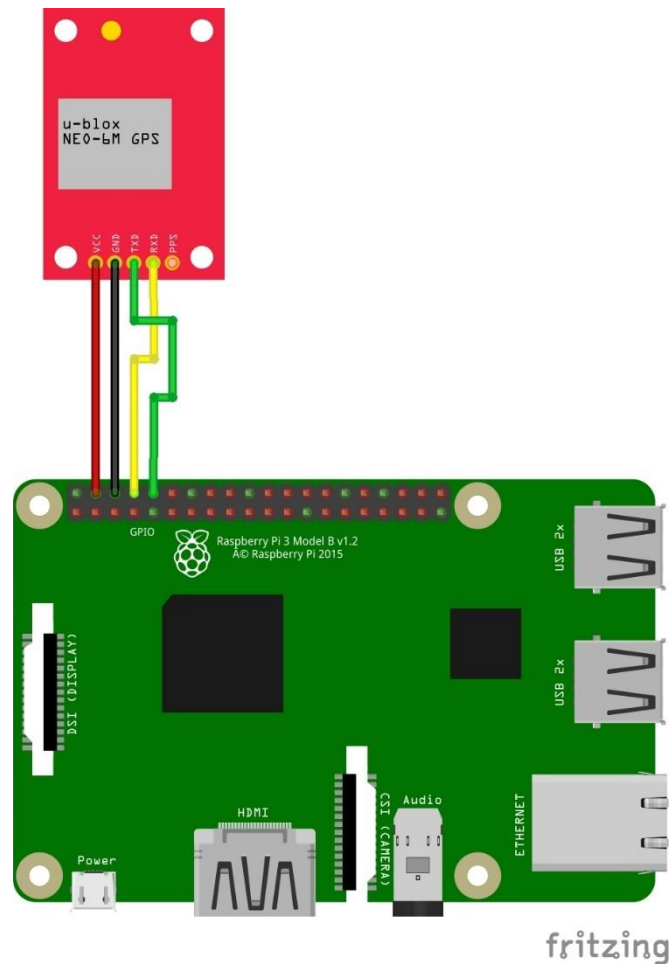
K minipočítači Raspberry Pi byl připojen GPS modul GY-NEO6GPIO prostřednictvím GPI port. GPIO (anglicky General-purpose input/output, česky Univerzální vstupní/výstupní pin) je označení pro takový přístupný elektrický kontakt buď integrovaného obvodu, nebo celého jednodeskového počítače, jehož využití je ponecháno na libovůli uživatele a programátora. MV2 prostřednictvím GPIO sběrnice. [56] Na obrázku číslo 4 jsou znázorněny vstupy minipočítače Raspberry.



Obrázek 4 - Raspberry Pi 3 B+ vstupy [57]

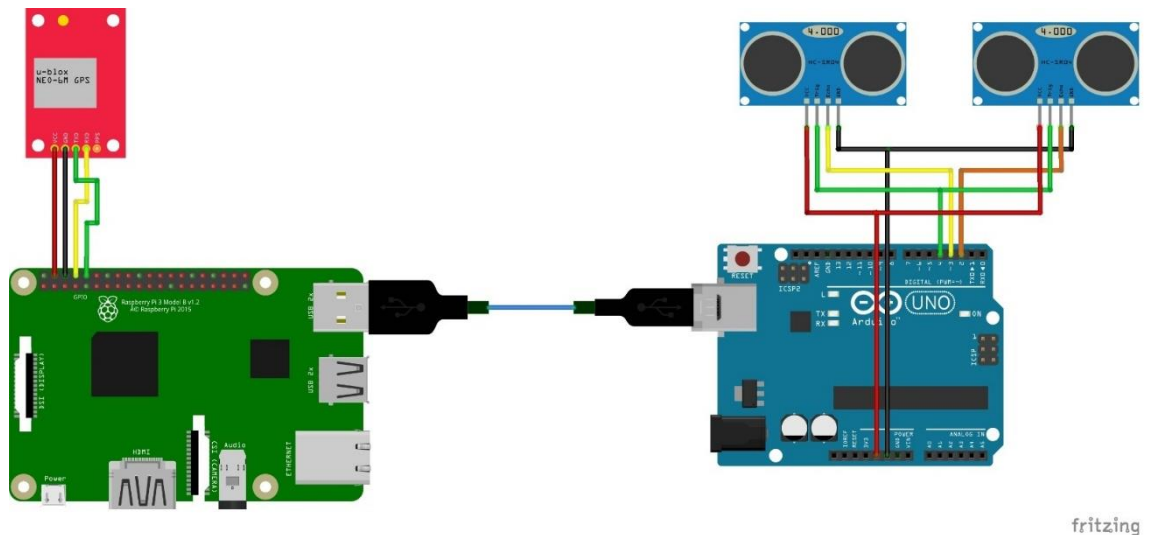
Pro připojení byly využity piny GPIO 4 pro VCC+ (5 V), 6 pro pin uzemnění GND a piny 8 a 10 pro připojení Rx (přijímacích) respektive Tx (vysílacích) pinů. Piny Rx a Tx se vždy propojují spolu, z logiky vyplývá, že vysílací pin

Raspberry Pi je připojen na přijímací pin GPS a obráceně. Na obrázku číslo 5 je znázorněno zapojení GPS modulu k minipočítači Raspberry.



Obrázek 5- Zapojení GPS modulu k minipočítači Raspberry; obrázek autora

Na obrázku č. 6 je znázorněno připojení Raspberry Pi a Arduinem bylo využito USB portů kabelem typu A-B, který běžně slouží např. pro připojení PC k tiskárně.



Obrázek 6 - Propojení Raspberry Pi a Arduino; obrázek autoa

Modul GY-NEO6GPIO byl zprovozněn za pomoci zdrojových kódů dostupných ze stránek sparklers-the-makers.github.io, [instructables.com](https://www.instructables.com), xarg.org a github.com [58] [59] [60] [61] a získané informace byly dále interpretovány i pro výpočet ujeté vzdálenosti a směru pohybu za pomoci komparace zjištěných GPS souřadnic. Pro výpočet vzdálenosti byla použita haversinova rovnice, který slouží pro výpočet nejkratší vzdálenosti mezi dvěma body na povrchu koule na základě jejich zeměpisné šířky a délky. Tento vzorec sférické trigonometrie se používá v navigačních systémech. Pro výpočet vzdálenosti vypadá haversinova rovnice následovně:

$$d = 2r \arcsin \left(\sqrt{\sin^2 \left(\frac{\varphi_2 - \varphi_1}{2} \right) + \cos(\varphi_1) \cos(\varphi_2) \sin^2 \left(\frac{\lambda_2 - \lambda_1}{2} \right)} \right)$$

V tomto vzorci je d vzdálenost mezi body, r je poloměr koule, v našem případě poloměr Země, φ je zeměpisná šířka bodů 1 a 2 a λ je zeměpisná délka bodů 1 a 2. Tento vzorec může vykazovat jistí nepřesnosti, protože nepočítá se elipsoidním tvarem Země. Pro přesný výpočet lze použít jiné vzorce, například

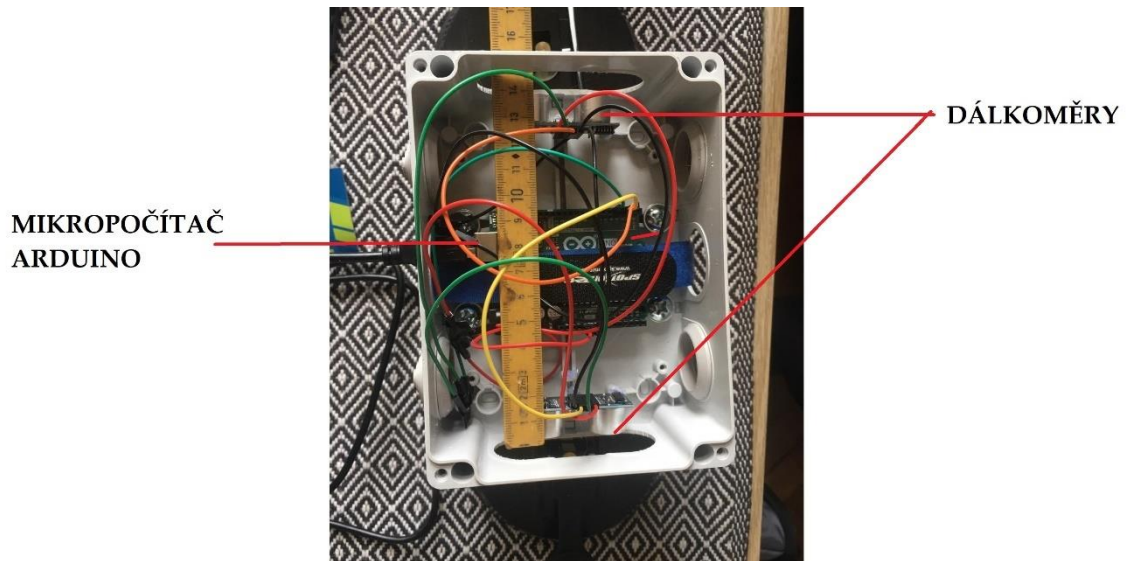
Vincentův vzorec, který bere v úvahu skutečný tvar Země. Pro potřeby diplomové práce je haversinova rovnice dostatečná, při výpočtu krátkých vzdáleností je tato odchylka zanedbatelná. [62]

Důvodem připojení modulu GPS přímo do Raspberry Pi je skutečnost, že model Arduino Uno R3 disponuje pouze jedním sériovým rozhraním. Sériové rozhraní slouží pro obsluhu připojených modulů, což při zapojení GPS modulu a dvou ultrazvukových dálkoměrů současně způsobovalo kolize – zařízení nebylo schopno vyhodnocovat příchozí údaje dostatečně rychle.

Využití dalšího zařízení (resp. další sběrnice) má však další výhodu. Sonické senzory HC-SR04 totiž umožňují rychlost sběrnice 115200 baudů. Při praktickém testování senzorů bylo zjištěno, že vyšší rychlost má pozitivní vliv na přesnost měření. Díky této rychlosti se podařilo provádět přesná měření každých 200 ms, což při rychlosti 10 km/h, kterou bude prováděn průjezd měřenou oblastí, umožňuje zaznamenat údaje o překážce každých 50 cm. Standardní rychlost komunikace je přitom 9600 baudů. Použitý modul GPS komunikuje právě touto rychlostí a rychlost 115200 baudů nepodporuje. Při pokusu o přepínání rychlosti sběrnice byla vykazována značná nepřesnost měření sonických senzorů, a to zejména s ohledem na nutnost využít principu přerušování, který je použit pro ultrazvuková čidla. Pro tyto se jevílo využití jedné sériové sběrnice dostatečné.

Dálkoměry bylo potřebné upevnit na průzkumný vůz, tak aby zaznamenávaly co největší plochu možných překážek. Upevnění na kapotu nebo na páté dveře vozidla se jevílo jako vhodné řešení. Za tímto účelem byly dálkoměry umístěny do univerzální instalační krabice o rozměrech 150x110x70 mm. Tato schránka byla přišroubována k rukojeti se dvěma přísavkami. Do této univerzální krabice byly po stranách vyříznuty dva otvory, následně byly do krabice ukotveny oba dálkoměry tak, aby směřovaly do těchto otvorů. Mezi

ukotvenými dálkoměry vznikl prostor pro uložení minipočítače Arduino, ze kterého byl vyveden USB kabel skrze prefabrikovaný otvor vně schránky. Kabel byl přiveden do interiéru vozidla, kde byl připojen k minipočítači Raspberry. Na obrázku číslo 7 je znázorněno uložení Arduina s dálkoměry do krabice.



Obrázek 7 - Schéma propojení minipočítačů, obrázek autora

4.3 Softwarové rozhraní přístroje

Program pro Raspberry Pi byl vytvořen v jazyce Python, přičemž zdrojový kód pro obsluhu GPS pochází z webu swayanshu.medium.com [63], v tomto kódu byly provedeny drobné úpravy, aby vyhovovaly potřebám výzkumu.

Pro výpočet úhlu pohybu byl vytvořen vlastní zdrojový kód dle vzorců na webu igismap.com. [64]

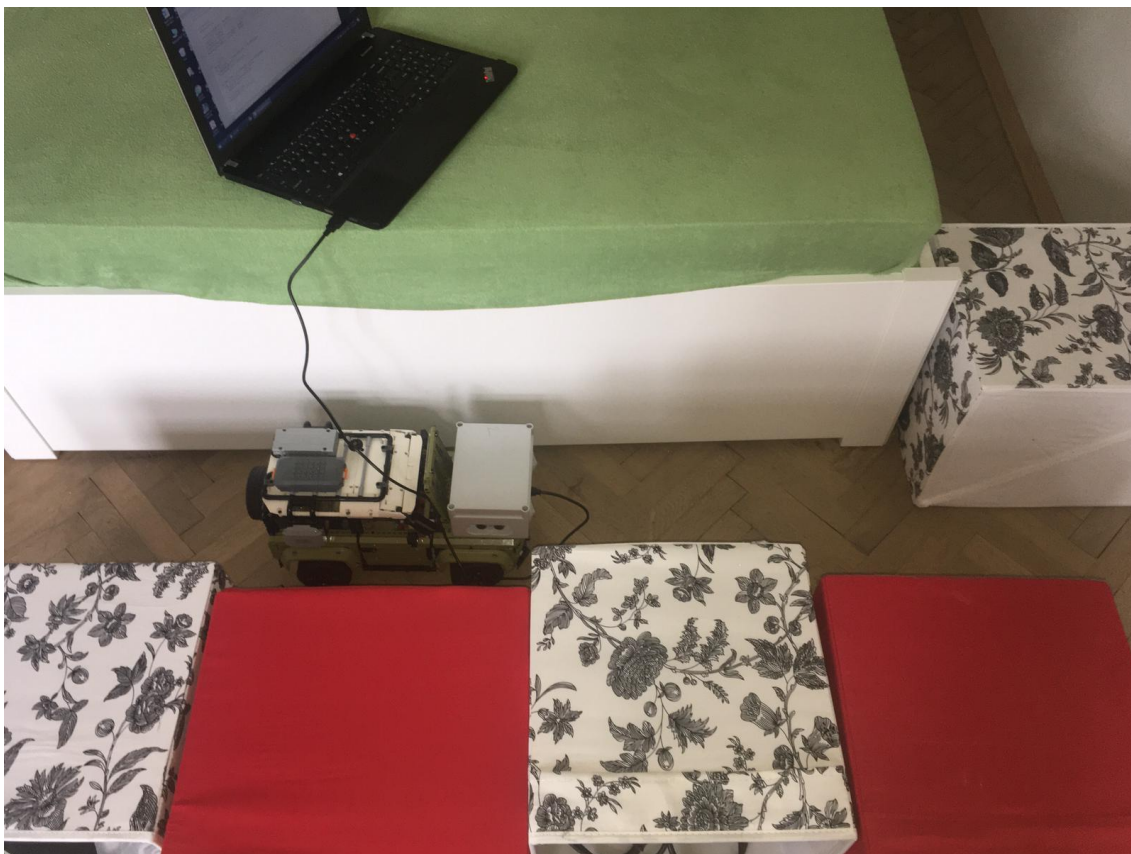
Zdrojový kód pro obsluhu dálkoměrů byl vytvořen v programovacím jazyce C++ s tím, že byly provedeny drobné úpravy kódu dostupného z webu kunoichi.be. [65]

Softwarové rozhraní těchto počítačů včetně komentářů je uložené v přílohách č. 1 a 2 tohoto dokumentu.

4.4 Testování

4.4.1 Testování zařízení v simulovaných podmínkách

Před samotným výzkumem bylo zařízení nejprve otestováno v simulovaném prostředí v místnosti, kde na podlaze byly umístěny předměty, které představovaly zaparkovaná vozidla, mezi kterými vznikla cesta pro model průzkumného vozidla. Model průzkumného vozu byl zmenšenou kopií reálného vozidla Land Rover Defender v poměru 1:13, proto i prostor mezi kolizními plochami byl vytvořen ve stejném měřítku tak, aby odpovídal reálné pozemní komunikaci. Na tento model byl připevněn přístroj s dálkoměry, které snímaly prostor mezi předměty při simulovaném průjezdu vozidla. Na snímku č. 8 je zachyceno měření v simulovaném prostředí.



Obrázek 8 - Testování zařízení v simulovaných podmínkách; obrázek autora

Mimo to byl i v simulovaném prostředí zkoumán dosah dálkoměru. Zkoušením různých vzdáleností od ultrazvukového dálkoměru se měřené hodnoty ustálily na vzdálenosti 260 cm, při překročení této hranice přístroj vykazoval jistou chybovost, která se projevovala sporadickým propisováním diametrálně odlišných hodnot. Při kontrole přesnosti měření dálek pásmem byla zjištěna nejvyšší odchylka 3 mm na vzdálenost 260 cm. Tatáž odchylka byla pozorována i při pohybu dálkoměrů. Přístroj se při testování v simulovaném prostředí jeví jako způsobilý pro měření v terénu.

4.4.2 Testování přístroje v exteriéru

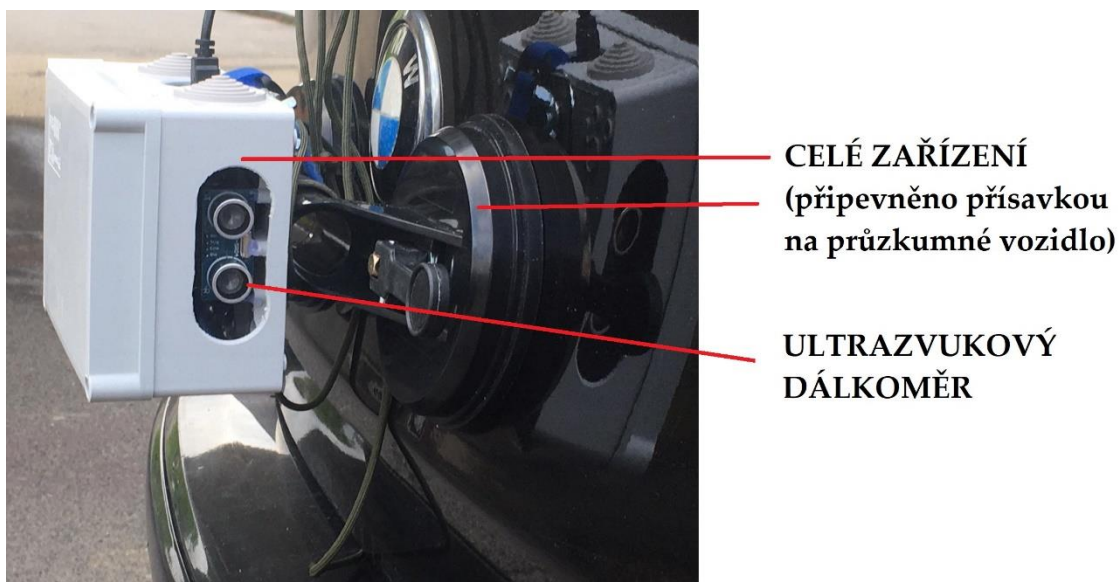
Testování přístroje v exteriéru bylo provedeno na parkovišti v Praze v ulici Těšnov pod nájezdem na ulici Wilsonova. Toto místo bylo vybráno pro malou frekventovanost, a také důvodu přítomnosti pilíře nájezdu souběžného s pozemní komunikací, který posloužil jako odrazová plocha dálkoměrů pro kontrolu správné funkčnosti. V této oblasti byla zaparkovaná vozidla, která také posloužila jako kontrolní odrazové plochy.

Samotné testování probíhalo ve dvou fázích. Nejprve byla testována funkce dálkoměrů za jízdy. Vzhledem k tomu, že se jedná o sonická čidla, bylo nutné vyloučit, že měření ovlivňují okolní zvuky, nebo též proudění vzduchu. Součástí testování byla i kontrola vzdálenosti od překážky klasickými měřicími pomůckami určenými k měření vzdálenosti. Uchycení dálkoměrů na voze byl v této fázi testování vyřešen provizorně na zadních okénkách vozu. Bylo zjištěno, že proudění vzduchu kolem vozidla nemá vliv na funkčnost dálkoměrů. Při průjezdu kolem zaparkovaných vozidel snímaly dálkoměry všechna zaparkovaná vozidla v řadě při rychlosti průzkumného vozidla až 30 km/h. Při vyšších rychlostech vykazovalo zařízení chybovost, která se projevovala tak, že nebyla zaznamenána některá vozidla v řadě. Přístroj pravděpodobně snímal proluky mezi vozidly, nebo nebyl schopen odraz

zvukové vlny zachytit. Jako průměrná rychlost průzkumného vozu pro měření byla stanovena rychlost 20 km/h. Kontrolní měření běžnými měřícími pomůckami nevykazovalo vyšší odchylky měření než při testování v simulovaných podmínkách.

V druhé fázi testování bylo vyzkoušeno uchycení přístroje k průzkumnému vozidlu. Nejprve byl přístroj uchycen na přední kapotu automobilu. Tento způsob uchycení však nebyl efektivní, protože přístroj byl tím pádem i nad úrovní kapot zaparkovaných vozidel na parkovišti, a tedy nezachycoval překážku v celé její délce. Zde bylo pracováno s myšlenkou, že by pro měření mohla být využita 15° vyzařovací charakteristika ultrazvukového reproduktoru. Z důvodu neefektivity proto bylo zařízení uchyceno na páté dveře průzkumného vozidla čímž se podařilo zajistit zachycování dálkoměrem celé délky zaparkovaných vozidel, jak je patrné na obrázku č. 9. Testována byla i funkčnost GPS modulu. Souřadnice, které modul generoval byly přímo na místě porovnávány s reálným bodem na mapě. Ve výsledku se GPS modul jevil spolehlivě a určování polohy bylo pro potřeby výzkumu dostatečné.

Zařízení se na základě provedených testů jeví jako způsobilé a vhodné pro výzkum průjezdnosti vozidel IZS v určené oblasti.



Obrázek 9 - Uchycení zařízení na průzkumné vozidlo; obrázek autora

4.5 Metodika výzkumu

Předmětem výzkumu bude uvedení zařízení pro měření průjezdnosti do provozu a ověření jeho funkčnosti v reálném prostředí. Naměřená data budou vyhodnocena v softwarovém nástroji AutoCAD. Měření bude probíhat v lokalitě městské části Praha 13, konkrétně na sídlišti Velká Ohrada. Sídliště bylo vybráno z důvodu kritického nedostatku parkovacích míst. Jak bylo uvedeno v podkapitole Velká Ohrada, v této oblasti chybí 1088 parkovacích stání. Řidiči se zde často dopouští přestupků tím, že parkují v místech, kde je stání ze zákona o provozu na pozemních komunikacích, nebo úpravou silničního provozu značkou zakázáno. Již v minulosti došlo k situacím, že zde měly složky IZS komplikace s průjezdem.

Zařízení bylo prvoplánově zkonstruováno pro měření průjezdnosti za pomoci průzkumného vozidla, v tomto případě se bude jednat o vůz značky BMW model 116i. Tento vůz je pro výzkum průjezdnosti vhodný vzhledem ke svým malým rozměrům.

Výzkum bude uskutečněn v pátek 7.5.2021 v odpoledních hodinách od 16 hodin do 18 hodin. Tento den a čas byly vybrány, protože se předpokládá, že ve vybrané lokalitě nebude v tuto dobu rušná doprava a na sídlišti nebude přílišný tlak na parkovací místa – je předpoklad, že obyvatelé sídliště pojedou trávit víkend mimo místo trvalého bydliště.

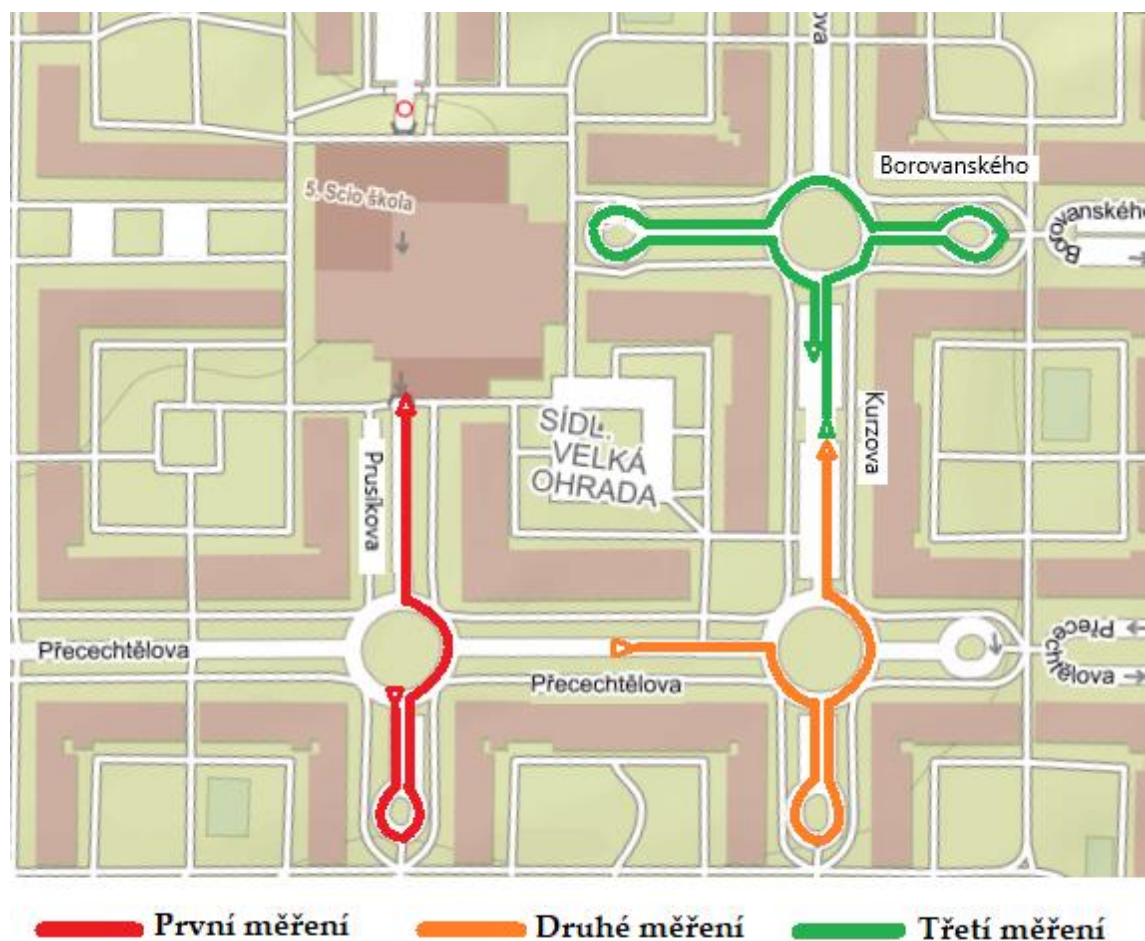
Při příjezdu do vybrané lokality bude na páté dveře vozu pomocí vakuových přísavek instalována část zařízení, s minipočítačem Arduino, která je provádí měření vzdálenosti. Tato část bude USB kabelem propojena s počítačem Raspberry Pi, který bude umístěn na plato pod okno pátých dveří. Tato část je odpovědná za lokalizaci pomocí GPS modulu, ten musí být umístěn tak, aby mohl přijímat signál z navigačního družicového systému. Následně proběhne kalibrace přístroje, zejména bude definována rychlost zvuku na základě aktuálních hydrometeorologických podmínek a proběhne kontrola funkce GPS modulu. Poté bude vybranou lokalitou projíždět výzkumné vozidlo průměrnou rychlostí 20 km/h a budou provedena celkem tři měření ve vybrané oblasti. První měření proběhne v ulici Prusíkova. Začátek měření je stanoven na jižní okraj kruhového objezdu, který je křížením ulice Prusíkova a Přecechtělova. Následně se projede jižní točnou ulice Prusíkova, zpět na kruhový objezd, kterým se projede přímo. Z kruhového objezdu se vyjede 2. výjezdem, směrem k nákupním centru až na konec ulice Prusíkova. Zde bude první měření ukončeno.

Druhé měření bude odstartováno v ulici Přecechtělova mezi křížením s ulicemi Prusíkova a Kurzova. Průzkumné vozidlo pojedje směrem k ulici Kurzova, následně projede kruhový objezd a vyjede 1. výjezdem do jižní točny ulice Kurzova. Touto točnou průzkumné vozidlo projede a vrátí se na kruhový objezd, kterým projede přímo. Druhé měření bude ukončeno na ulici Kurzova

mezi kruhovými objezdy, kterými je tato ulice křížována ulicemi Přecechtělova a Borovanského.

Ve stejném místě bude započato třetí měření, průzkumné vozidlo bude pokračovat severně ke kruhovému objezdu, který tvoří křížení ulic Kurzova a Borovanského. Z tohoto kruhového objezdu vyjede průzkumné vozidlo prvním výjezdem do východní točny ulice Borovanského, kterou projede a vrátí se zpět na kruhový objezd, který projede přímo. Následně se projede západní točna ulice Borovanského, zpět na kruhový objezd, kterým průzkumné vozidlo vyjede prvním výjezdem, kde bude třetí měření ukončeno.

Pro vizualizaci plánovaných průjezdů při výzkumu slouží následující obrázek č. 10



Obrázek 10 - Vizualizace tras měření; obrázek autora; (upravený) [79]

4.6 Faktory ovlivňující měření

4.6.1 Odchylka způsobená vlastnostmi prostředí

Dálkoměr použitý v zařízení, pracující na principu ultrazvuku, je z hlediska odchylky měření náchylný na změnu hydrometeorologických podmínek. Změnou atmosférického tlaku, teploty a vlhkosti vzduchu se totiž mění rychlost šíření zvuku. Tento faktor lze zcela eliminovat výpočtem aktuální rychlosti zvuku a změnou tohoto parametru v softwarovém protokolu přímo před samotným měřením. K tomuto účelu je možné využít některé další moduly pro minipočítač Arduino.

U výpočtu odchylky měřené vzdálenosti způsobené změnou rychlosti zvuku se vychází z hodnoty 340 m/s jako správně vypočítané rychlosti zvuku. Ve výpočtu jsou uvedeny tři příklady nesprávného výpočtu zvuku a sleduje se vzrůst odchylky. Pro potřeby tohoto výpočtu je do vzorce zařazena měřená vzdálenost od předmětu 1 m, změnou měřené vzdálenosti se odchylka vypočítána v % nemění. Vzorec výpočtu odchylky vypadá následovně:

$$x = \left(\frac{cn}{c} - s \right) \times 100$$

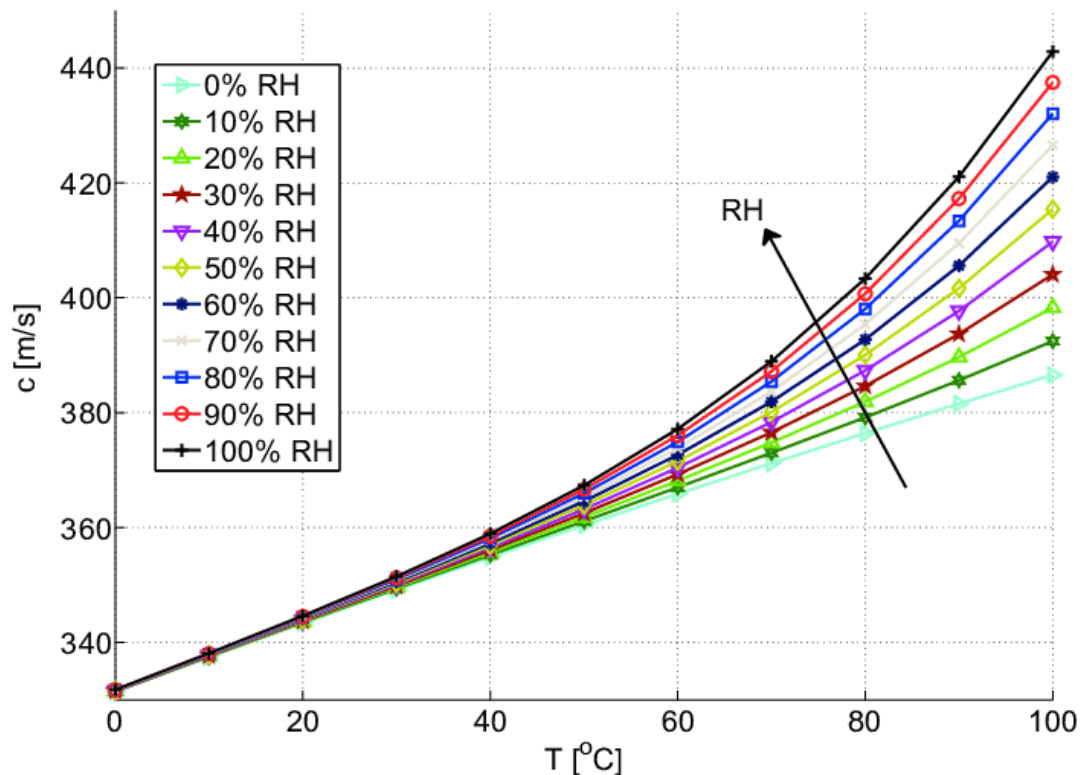
Kde x je odchylka měření, s je měřená vzdálenost, cn je nesprávná rychlost zvuku a c je výchozí rychlost zvuku.

$$x = \left(\frac{341}{340} - 1 \right) \times 100 = 0,294\%$$

$$x = \left(\frac{342}{340} - 1 \right) \times 100 = 0,588\%$$

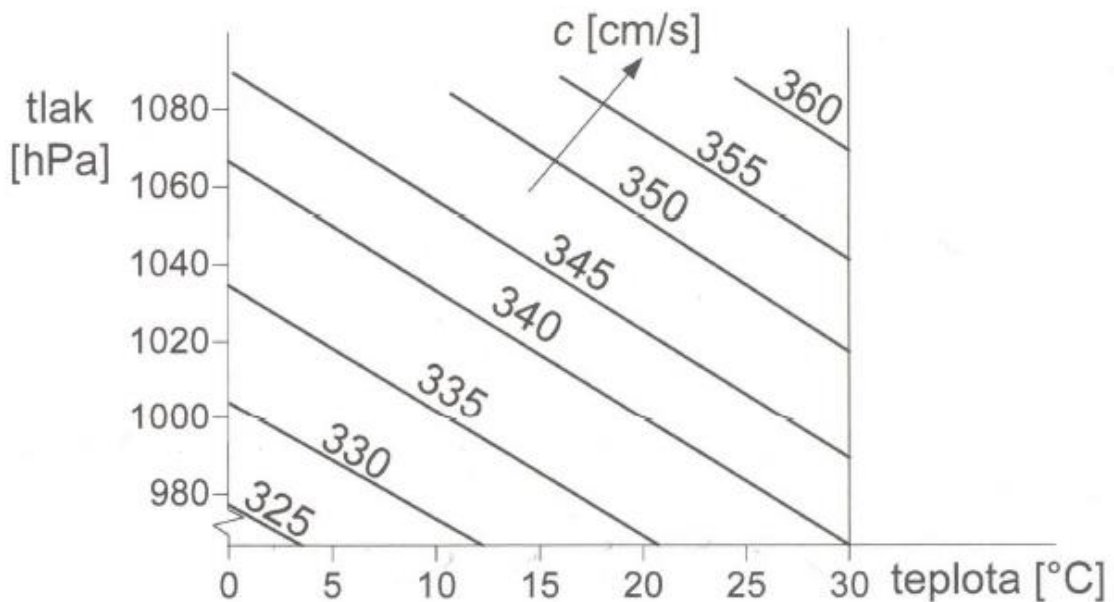
$$x = \left(\frac{343}{340} - 1 \right) \times 100 = 0,882\%$$

Při nesprávném určení rychlosti zvuku se s každým metrem za sekundu rychlosti zvuku zvyšuje nepřesnost o necelou třetinu procenta na jakoukoliv vzdálenost. Následující graf znázorňuje změnu rychlosti zvuku v závislosti na změně teploty a vlhkosti vzduchu při atmosférickém tlaku 101,3 kPa.



Graf 1 - Vliv teploty a vlhkosti vzduchu na rychlost zvuku [66]

Z grafu č.1 je patrné, že odchylka rychlosti zvuku je zanedbatelná v závislosti na změně vlhkosti vzduchu. Oproti tomu změna teploty vzduchu má na rychlost zvuku markantnější vliv. Na dalším grafu č. 2 je znázorněna změna rychlosti zvuku v závislosti na teplotě a na atmosférickém tlaku. Opět lze vidět, že samotný tlak nemá velký vliv na změně rychlosti zvuku, avšak teplota hraje zásadní roli.



Graf 2 - Vliv teploty a atmosférického tlaku na rychlost zvuku [78]

4.6.2 Odchylka způsobená pohybem zařízení

Vzhledem k tomu, že bude zařízení pracovat v pohybu, bude výsledná hodnota tímto pohybem ovlivněna. Vyslaná zvuková vlna dálkoměru bude po odrazu od překážky detekována na jiném místě, z důvodu rychlosti šíření zvuku v prostředí. Odchylku měření lze vypočítat pomocí vzorců vyplývajících z Pythagorovy věty, u které platí, že obsah čtverce nad přeponou je roven součtu obsahů čtverců na odvěsnami. Při průměrné rychlosti průzkumného vozidla 20 km/h bude při vzdálenosti 4 metry od překážky (maximální možná měřená vzdálenost) výpočet odchylky měření vypadat následovně:

Pro výpočet uražené vzdálenosti od místa vysílání do místa přijímání pulzové vlny je nejprve nutné vypočítat čas, za který se zvuková vlna po vyslání z vysílače vrátí do přijímače.

Průměrná rychlost vozidla: $v = 20 \text{ km/h} = 5,556 \text{ m/s} = 555,6 \text{ cm/s}$

Maximální měřená vzdálenost: $s = 400 \text{ cm}$

Rychlost zvuku v suchém vzduchu o teplotě $20 \text{ }^\circ\text{C}$: $c = 343 \text{ m/s} = 34300 \text{ cm/s}$

Vzorec pro výpočet času z dráhy:

$$t = 2s/c$$

$$t = 2 \times 400 / 34300$$

$$t = 0,023 \text{ s}$$

Z tohoto výpočtu vychází, že vyslaná pulzace ultrazvukových vln se ke zdroji po odražení od povrchu ve vzdálenosti 4 m vrátí za 0,023 s. Na základě tohoto výsledku lze vypočítat dráhu, kterou urazí měřící zařízení během odečítání vzdálenosti od objektu vzdáleného 4 m od měřiče.

Vzorec pro výpočet dráhy zařízení s_2 :

$$s_2 = v \times t$$

$$s_2 = 555,6 \times 0,023$$

$$s_2 = 12,779 \text{ cm}$$

Z výpočtu plyne, že uražená vzdálenost během času odečítání dálky od objektu vzdáleného 4 m od dálkoměru za průměrné rychlosti 20 km/h činí 12,779 cm.

Z těchto vypočítaných a známých hodnot lze na základě vzorce vyplývajícího z Pythagorovy věty vypočítat vzdálenost, kterou přístroj při rychlosti 20 km/h naměří od 4 m vzdáleného objektu. Rozdíl mezi reálnou vzdáleností objektu a naměřenou vzdáleností je výsledná odchylka měření přístroje. Pro výpočet naměřené hodnoty poslouží vizualizace pravoúhlého trojúhelníku na obrázku č. 11 a popis vztahů jednotlivých bodů a stran.

Bod C znázorňuje místo, kde se nacházel dálkoměr při vyslání zvukové

pulzace. Bod A představuje objekt, od kterého se zvuková vlna odrazí a bod B znázorňuje místo, kde se nachází dálkoměr při přijímání odražené zvukové vlny. Tedy strana a znázorňuje dráhu pohybu dálkoměru, strana b znázorňuje reálnou vzdálenost od měřeného objektu a strana c znázorňuje délku, kterou naměří zřízení při pohybu v rychlosti 20 km/h. Pro výpočet strany c použijeme vzorec vyplývající z Pythagorovy věty, tedy:

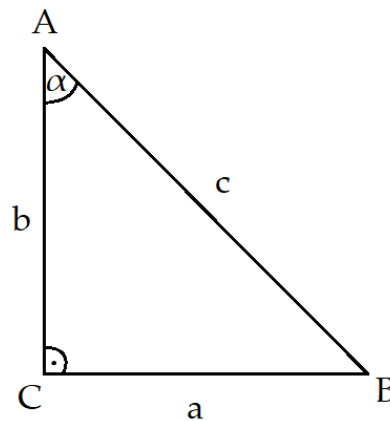
$$c^2 = a^2 + b^2$$

$$c^2 = 12,779^2 + 400^2$$

$$c^2 = 163,303 + 160\,000$$

$$c = \sqrt{160\,163,303}$$

$$c = 400,204 \text{ cm}$$



Obrázek 11 – Pravoúhlý trojúhelník; obrázek autora

Výsledná odchylka po odečtení naměřené hodnoty od reálné vzdálenosti činí 0,204 cm. Vzhledem k tomu, že měřící zařízení je zkonstruováno ze dvou od sebe směřujících dálkoměrů, při vzdálenosti 4 metry od každého ultrazvukového dálkoměru a za předpokládané rychlosti průzkumného vozidla 20 km/h, činí celková odchylka způsobená pohybem vozu 0,408 cm.

Tento výpočet nesprávně předpokládá, že se zvuková vlna ve vzduchu šíří lineárně, nebere v potaz reálné vlastnosti šíření zvuku, tvar zvukové vlny, její chování při odrazu, ani Dopplerův jev. Tyto vlastnosti nejsou pro potřeby diplomové práce významné, výše uvedená odchylka je tedy pouze orientační.

4.6.3 Odchylka způsobená nepřesností měřidel

Měření vzdálenosti mezi zaparkovanými vozidly budou zajišťovat dva ultrazvukové dálkoměry HC-SR04. Při testování dálkoměru byla zjištěna odchylka maximálně 3 mm při měření až do vzdálenosti 2,6 m. Zařízení využívá dva dálkoměry, na měřenou vzdálenost až 5,2 m bude tedy nejvyšší odchylka způsobená nepřesností měřidel 6 mm.

Výrobce GPS modulu deklaruje přesnost 2,5 m. Jeho přesnost však ovlivňuje např. stínění signálu přijímaného z družic budovami. V městské zástavbě je tedy dán předpoklad vyšší nepřesnosti a data tak nemusí být zcela relevantní. Přesnost je také určena i aktuálním využíváním SBAS. Předpokládá se tedy, že při výzkumu může být odchylka lokalizace vyšší, než 2,5 m.

4.7 Výzkum

4.7.1 Průběh měření

Výzkum probíhal v pátek 7.5.2021 ve stanovené lokalitě na sídlišti Velká Ohrada. Příjezd s průzkumným vozidlem na sídliště Velká Ohrada byl v 16:20. Na parkovacím místě v ulici Prusíkova byla na páté dveře průzkumného vozu připevněna část zařízení, která zajišťuje samotné měření vzdálenosti, tedy minipočítač Arduino s ultrazvukovými dálkoměry. USB konektorem byl minipočítač Arduino propojen skrz zadní levé okno s minipočítačem Raspberry. Ten byl položen na plato kufru tak, aby GPS modul, který je k tomuto počítači připojen, mohl přes okno správně zachycovat signál z družic. GPS modul je tedy umístěn přibližně 50 cm od dálkoměrů.

Před začátkem měření bylo nutné změnit v zařízení Arduino pracovní rychlost zvuku, ze které bude přístroj vycházet pro správné určování dálek. Pro výpočet rychlosti zvuku byly použity údaje z internetových stránek Českého

hydrometeorologického ústavu [67] [68] a kalkulátor rychlosti zvuku z webu sengpielaudio.com. [69] Data odpovídají údajům naměřených 7.5.2021 v 16:00 hod ze dvou pražských hydrometeorologických stanic, které jsou lokalitě nejbližší – Ruzyně a Karlov. Z teploty vzduchu, relativní vlhkosti vzduchu a tlaku vzduchu přepočteného na hladinu moře byla vypočtena aktuální rychlost zvuku pro každou stanici viz tabulka č. 1. Rychlosti zvuku byly zprůměrovány a výsledná hodnota 373,65 m/s použita jako výchozí v nastavení Arduino.

Tabulka 1 - Výpočet aktuální rychlosti zvuku; práce autora

Stanice	Teplota	Relativní vlhkost vzduchu	Tlak vzduchu přepočtený na hladinu moře	Vypočítaná rychlost zvuku
Praha Ruzyně	9,4 °C	49%	101,22 kPa	337,41 m/s
Praha Karlov	10,3 °C	38%	101,23 kPa	337,89 m/s

Byla provedena celkem 3 měření, v jejichž průběhu byla sbírána data z ulic Prusíkova, Přecechtělova, Kurzova a Borovanského, tak jak bylo popsáno v podkapitole metodika výzkumu.

Naplánovaná trasa prvního měření byla uskutečněna podle plánu, tedy průjezdem jižní točnou ulice Prusíkova a následně po kruhovém objezdu přímo, směrem k nákupnímu centru. Druhé měření, jak bylo uvedeno v metodice výzkumu, započalo v ulici Přecechtělova, následně průzkumné vozidlo opustilo kruhový objezd prvním výjezdem, kde nastala komplikace, pro kterou bylo nutné měření ukončit. Jižní točna ulice Kurzova totiž byla zcela neprůjezdná z důvodu stání osobních automobilů v silnici, jak je patrné na obrázku č. 12. Bylo tedy nutné s průzkumným vozidlem vycouvat. Po otočení průzkumného vozu, bylo třetí měření započato v místech, kde bylo předčasně

ukončeno druhé měření, tedy poblíž jižní točny v ulici Kurzova, před křížením této ulice s ulicí Přecechtělova. Úsek třetího měření se tedy prodloužil na úkor zkráceného úseku č. 2.

V metodice výzkumu byla uvedena předpokládaná průměrná rychlost průjezdu průzkumného vozidla 20 km/h. Vzhledem k složité dopravní situaci



Obrázek 12 - Překážka v průjezdu v ulici Kurzová; obrázek autora

na sídlišti se však rychlosti 20 km/h podařilo dosáhnout pouze v rovných úsecích. V kruhových objezdech a točnách nebylo možné dosáhnout ani rychlosti 10 km/h. Průměrná rychlost při měření se odhaduje na 7 km/h, tato hodnota je pouze orientační, přesné určení rychlosti průzkumného vozu nebylo podstatné pro potřeby diplomové práce určovat.

Po jednotlivých měření byla data uložena ve formátu .csv, přičemž obsahem tabulek byly sloupce timestamp (časový údaj), souřadnice GPS lat/lon a údaje vypočítané ze souřadnic, tedy ujetá vzdálenost a směr. Pro představu, v jakém formátu byla data ukládána poslouží tabulka č. 2 ve které jsou umístěny poslední tři řádky z prvního měření.

Tabulka 2 – Příklady zápisu dat měření

Během prvního měření se takovýchto řádků vytvořilo 556, během druhého

1620394561.63	lat=50.0371378333	lon=14.3384041667	dist(cm)=10.7	angle=26.4	280.72	1194.07
1620394561.63	lat=50.0371378333	lon=14.3384041667	dist(cm)=10.7	angle=26.4	1196.43	1193.80
1620394561.63	lat=50.0371378333	lon=14.3384041667	dist(cm)=10.7	angle=26.4	1196.50	1194.07

203 řádků a během třetího měření 1210 řádků. Originální tabulky

s kompletními daty měření jsou uloženy v příloze č. 4 diplomové práce.

4.7.2 Modelace mapy

Modelace mapy z naměřených dat probíhala v programu AutoCAD 2020.

Aby bylo možné vytvořit mapu strojově, bylo nutné získaná data upravit.

Z výsledné tabulky byly odebrány údaje timestamp a souřadnice GPS a textové řetězce “dist(cm)=” a “angle=”, které sloužily především pro vizuální kontrolu v průběhu měření a pro možnost zpětné verifikace dat. Byly odstraněny první řádky měření, které zobrazovaly neplatné údaje zapsané při inicializaci zařízení. Dále byla vytvořena tabulka pro datové konverze a byla provedena úprava textu tak, aby byly vytvořeny příkazy do programu AutoCAD následovně:

1. Byly vynulovány hodnoty z ultrazvukových měřidel převyšující 500 cm (zpravidla se jednalo o hodnotu okolo 1200 cm, což je hodnota indikující

skutečnost, že mikrofon zařízení neobdržel odraženou zvukovou vlnu).

Hodnoty nad 500 cm byly vyhodnoceny jako irelevantní, neboť v místě je s největší pravděpodobností dostatek prostoru pro průjezd nadměrných vozidel. K údajům je nutno připočítat polovinu šířky vozidla, na kterém bylo prováděno měření, což ve finále znamená prostor přibližně 6 m.

2. K naměřeným hodnotám ultrazvukových měřidel bylo připočítáno 7 cm, což je polovina vzájemné vzdálenosti čelní strany čidel. V případě, kdy hodnota přesahovala 500 cm, je tento bod ignorován.
3. Byl přepočítán relativní úhel nového měření k úhlu z předchozího měření.
4. Vypočtené údaje vloženy do funkce v programu Microsoft Excel, ve které se kombinují s textovými řetězci (příkazy pro AutoCAD):

```
= "_UCS Z " & J2 & "{ENTER}_RECTANG 0, " & H2 & " " & A2 & ", -"  
& G2 & "{ENTER}_-COLOR T 0,255,0{ENTER}" & "_LINE 0,0 " & A2 &  
",0 x{ENTER}_-color t 255,255,255{ENTER}_UCS " & A2 & ",0  
{ENTER}"
```

Kde J2 je hodnota relativního úhlu, H2 hodnota z dálkoměru na pravé straně, A2 ujetá vzdálenost a G2 hodnota z levého dálkoměru. Tento vzorec pak po nahrazení textového řetězce {ENTER} za nový řádek (\r\n) a odstranění prázdných řádků pomocí programu Notepad++ verze 6.4.5.2 může být vložen do programu AutoCAD. Pro demonstraci a popis poslouží výsledek uvedené funkce řádku 22 prvního měření:

```
_UCS Z 13.9{ENTER}_RECTANG 0,167.11 50.6,-197.97{ENTER}_-COLOR  
T 0,255,0{ENTER}_LINE 0,0 50.6,0 x{ENTER}_-color t  
255,255,255{ENTER}_UCS 50.6,0 {ENTER}
```

Pro zápis hodnot je jako desetinný oddělovač použita tečka. Znak podtržítka umožňuje použít příkaz i v lokalizovaném prostředí (tedy místo českých

názvů). Nicméně prostředí AutoCAD bylo nastaveno s lokalizací v angličtině (USA) a to z důvodu, že většina návodů na síti internet, které bylo nutné při výzkumu studovat, byly také v anglickém jazyce. Překlad do češtiny by práci komplikoval. Lokalizace používá odlišné parametry příkazů – např. X v příkazu LINE znamená “eXit”, v české lokalizaci je použito O (“kOnec”).

```
_UCS Z 13.9
```

Použitím `_UCS` je možné upravit pozici a otočení výchozího (absolutního) souřadnicového systému. V tomto případě je provedeno otočení kolem osy Z, čímž je nastaven směr pohybu, který bude odpovídat ose X.

Příkaz je znovu použit na konci funkce s parametry 11.5,0, čímž dojde k přemístění výchozího bodu do místa, následujícího měření.

```
RECTANG 0,167.11 50.6,-197.97
```

Příkaz vykreslí obdélník dle souřadnic X_a , Y_a a X_b , Y_b , kde **a** je výchozím bodem měření na ose X a **b** bodem, ve kterém proběhlo následující měření. Souřadnice 0,167.11 tedy odpovídají výchozímu bodu měření a hodnotě z pravého dálkoměru, kde se překážka nacházela 167,11 cm daleko a souřadnice 50.6, -197.97 odpovídají ujeté vzdálenosti 50.6 cm a zjištěné překážce ve vzdálenosti 197,97 cm na straně levé.

```
_-COLOR T 0,255,0
```

Příkaz upraví barvu dle RGB, tedy vykreslí následující objekty zeleně. Příkaz je po vykreslení zelené středové čáry použit znovu s hodnotami 255,255,255, aby byly obdélníky vykresleny bíle.

```
LINE 0,0 23.7,0 X
```

LINE v AutoCADu vykresluje úsečku, v tomto případě z bodu 0,0 do bodu 23.7,0, parametr x ukončuje příkaz. Za příkazem je nutné použít i mezeru, aby byl řádně ukončen.

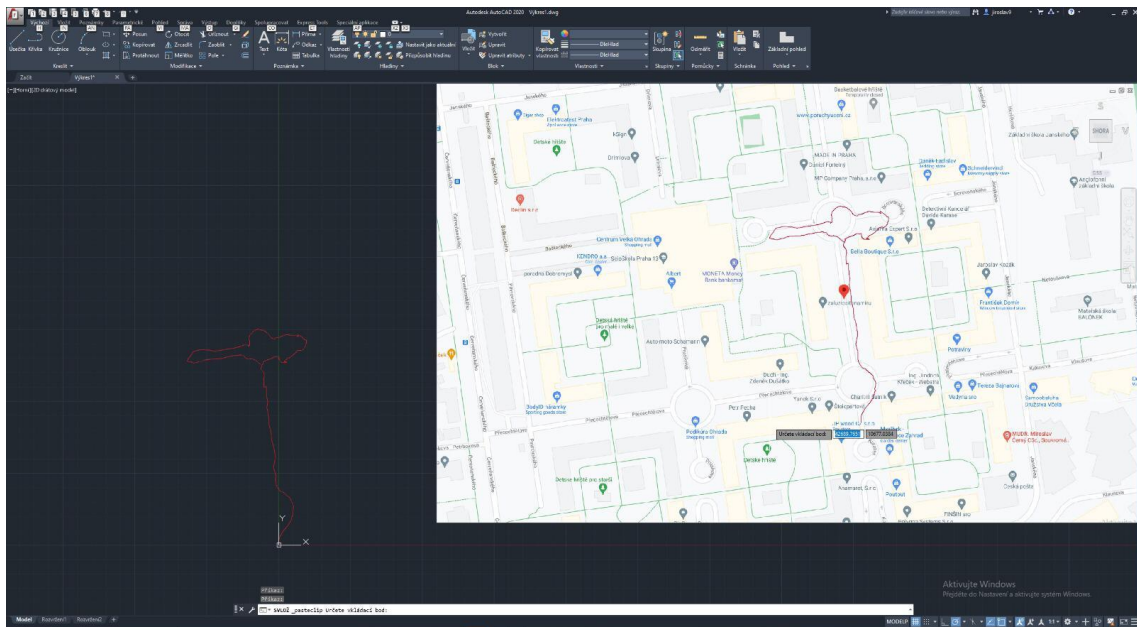
Po vykreslení byly sečteny hodnoty jednotlivých relativních úhlů a souřadnicový systém byl pomocí příkazu `_UCS Z` a zadáním výsledného relativního úhlu vynásobeného hodnotou -1 vynulován do výchozího stavu. Z důvodu rozdílných souřadnicových systémů bylo na závěr nutné vykreslený obrazec zrcadlit a otočit o 90° .

Potřeba otočení obrazce vyplývá ze situace, kdy program byl koncipován jako kompas s hodnotou 0° směrem k severu, zatímco v programu AutoCAD odpovídá hodnota 0° kladné ose X. Důvodem k zrcadlení je skutečnost, že AutoCAD počítá úhel 90° k ose X směrem ke kladné hodnotě osy Y, zatímco program bere jako 90° úhel kompasu, tedy "úhel mezi 12. a 3. hodinou", což ve výsledku znamená obrácenou interpretaci úhlu. Tato skutečnost byla zohledněna již při tvorbě funkce v programu MS Excel.

Po vykreslení dat byla do programu AutoCAD vložena mapa CzechJTSK/5b.Krovak (menu Insert > Set Location > From Map) s vykreslovací jednotkou cm, aby odpovídala vkládaným hodnotám, které byly také zadávány v centimetrech.

Do mapy byly vloženy značky výchozích GPS souřadnic a vykreslené dráhy byly přemístěny tak, aby výchozí bod odpovídal souřadnicím. Toto znázorňuje

obrázek č. 13.



Obrázek 13 - Korelace s mapovým podkladem; obrázek autora

Nepřesnost trajektorie vůči mapovému podkladu je ovlivněna mnoha faktory, kterými je nepřesnost GPS (zejména při měření v panelové zástavbě), kde není zajištěna viditelnost všech potřebných satelitů současně, možná odchylka způsobená využitím vzorce haversine, ale také nepřesnost mapového podkladu, který není zachycen kolmo. Pro účely diplomové práce a demonstraci možného využití zařízení pro korelaci s vlečnými křivkami je však vykreslení dostačující.

4.7.3 Vlečné křivky

Simulace průjezdu vybraných vozidel IZS byla provedena pomocí nástroje Vehicle Tracking, který byl nainstalován jako rozšíření programu AutoCAD. V první řadě bylo nutné v tomto programu definovat parametr vybraných vozidel.

Pro vložení nového vozidla do programu je nutné otevřít knihovnu vozidel, následně se ikonou vehicle wizard otevře podokno, kde budou vyplněny

parametry vozidla. V prvním okně se zadává název vozidla, a zda se jedná o samostatné vozidlo nebo soupravu vozidel. V druhém okně se definuje počet náprav, šířka stopy a počet kol každé nápravy. V dalších třech oknech se definuje vzdálenost mezi nápravami, průměr zatáčení vnější nebo vnitřní stopy a doba nutná pro zatočení z levého do pravého maxima zatáčení kol. Dále je nabídnuta možnost definovat typ tažného zařízení. Vzhledem k tomu, že při simulaci vlečných křivek v této práci nebyla použita souprava vozidel, nebyla tato karta vyplněna. V posledním okně je nutné vyplnit délku, šířku vozidla a zadní přesah od osy zadní nápravy.

Parametry vozidla ZZS (Mercedes Benz Sprinter 519 CDI), které byly vyplněny při definování vozidla ve výše uvedeném postupu, byly získány z webu carsguide.com. [70] Poloměr otáčení byl vypočítán pomocí kalkulátoru na webu okhelp.cz. [71] Parametry vozidla HZS (Tatra 815-721R52) byly získány z webu tatra.cz. [15]

Jako cesta pro definovaná vozidla byla určena dráha, která byla vykreslena v programu AutoCAD na základě údajů z měření. Jednotlivé (zelené) segmenty byly spojeny do jedné křivky pomocí funkce JOIN a následně k nim bylo připojeno vozidlo v režimu Follow (příkaz `_aeccDRIVEFOLLOW`). Dotaz na možnost snížení definované rychlosti (původně 5 km/h) byl potvrzen.

Z prvního měření byla odebrána část, při které byl učiněn průjezd malým kruhovým objezdem na jižní straně ulice Prusíkova z důvodu špatně zaznamenaných GPS souřadnic. První měření tedy zahrnuje jen průjezd velkým kruhovým objezdem v ul. Přecechtělova z jižní strany ul. Prusíkova do její severní části.

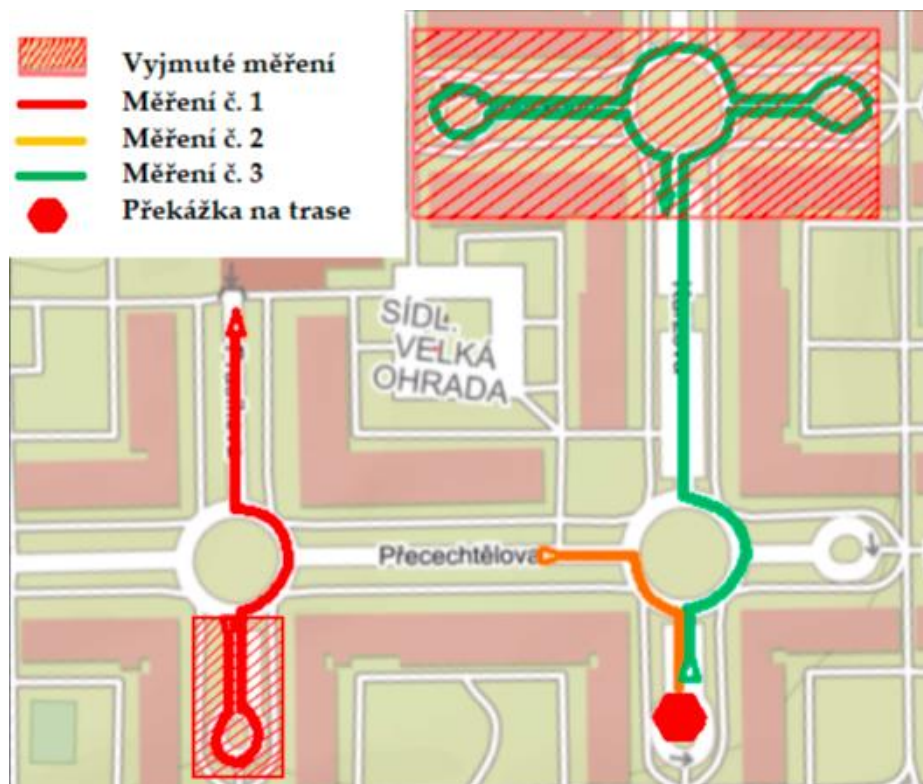
Druhé měření začíná v ul. Přecechtělova a zahrnuje odbočení z kruhového objezdu do jižní části ulice Kurzova. Zde byla upravena trajektorie, neboť zde

byl díky nepřesnosti GPS vykreslen ostrý zlom, díky čemuž nebylo možné udržet vlečnou křivku na silnici, a to v místě, kde se nenacházely žádné překážky.

Ze třetího měření byla odstraněna část průjezdu ulice Kurzova a celý úsek v ul. Borovanského. Vlečné křivky tedy byly tvořeny jen pro průjezd velkého kruhového objezdu v ul. Přecechtělova z jižní části ulice Kurzova do její severní části.

Část měření v ul. Borovanského byla z důvodu velkých nepřesností GPS měřidla z hlavního výzkumu vyjmuta. Zde se projevila mimo jiné velmi nízká rychlost vozidla, která v kombinaci s ne zcela přesnými údaji z GPS způsobila odskoky z trasy a vykreslení překážek pod jinými úhly, jak je patrné na obrázku č. 15 Výsledná mapa vykreslená v programu AutoCAD je součástí příloh této práce, jako příloha č. 3.

Na obrázku č. 14 jsou znázorněna výsledná měření po odebrání úseků, které nebylo možné hodnotit.



Obrázek 14 - Výsledky měření; obrázek autora



Obrázek 15 – Chyba při výkresu trasy; obrázek autora

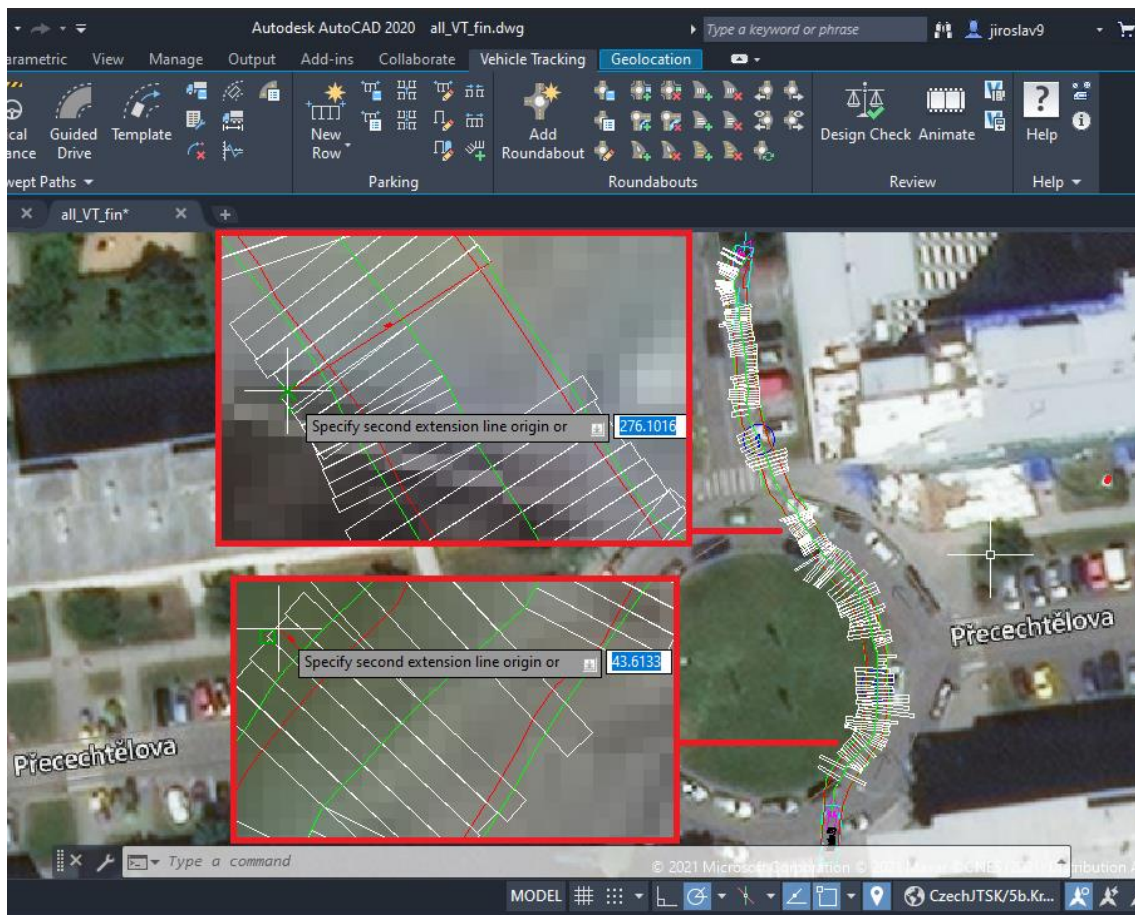
4.7.4 Výsledky

Z výzkumu je patrné, že zkonstruované zařízení bylo schopné měřit průjezdnost na trasách, kde bylo možné průzkumným vozidlem projíždět bez větších obtíží. V místech, kde byl průjezd problematický i běžným osobním

vozidlem, bylo z důvodu velmi pomalého průjezdu nahromaděno velké množství dat, které v kombinaci s nepřesnými údaji z GPS mohly zařízení působit obtíže a zahltit oblast irelevantními údaji, jako tomu bylo v ul. Borovanského při třetím měření. Zde bylo pracováno s předpokladem, že oblastí bude projížďeno vyšší rychlostí. Zařízení proto bylo testováno na maximální rychlost, nikoli na minimální. Většina údajů je však použitelná a na jejich základě bylo možné vytvořit vlečné křivky, které vizualizují průjezd vozidla HZS (T 815-721R52) a ZZS (Mercedes-Benz Sprinter 519CDi)

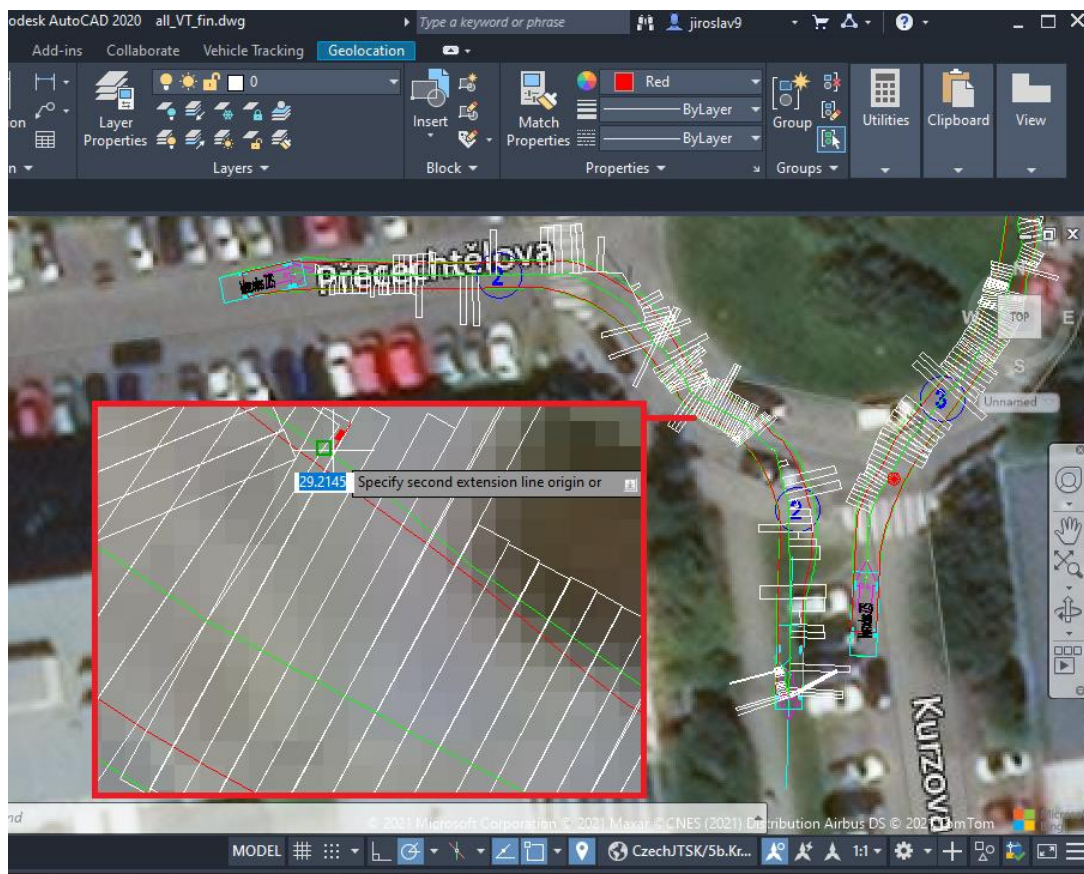
Celý proces se nepodařilo plně zautomatizovat. Při generování mapy pro simulovaný průjezd by bylo možné, na základě získaných dat z měření, vytvořit kolizní plochy, díky kterým by program oznamoval, zda je průjezd vybraného vozidla možný. V současné době je nutné po vykreslení vlečných vyhodnocovat průjezd vybraných vozidel vizuálně.

Ze simulace vlečných křivek průjezdu č. 1 je vyplývá, že by vozidlo ZZS mělo komplikace při průjezdu kruhovým objezdem. Na obrázku č. 16 můžeme pozorovat, že v určitém místě kruhového objezdu bude mít řidič kolem sanitky pouze 22 cm na každé straně. Z toho předpokládat, že by bylo nutné touto oblastí projíždět velmi opatrně. Po projetí kruhovým objezdem by kolem vozidla zbylo 33 cm na každé straně, zde by řidič projížděl s větší jistotou



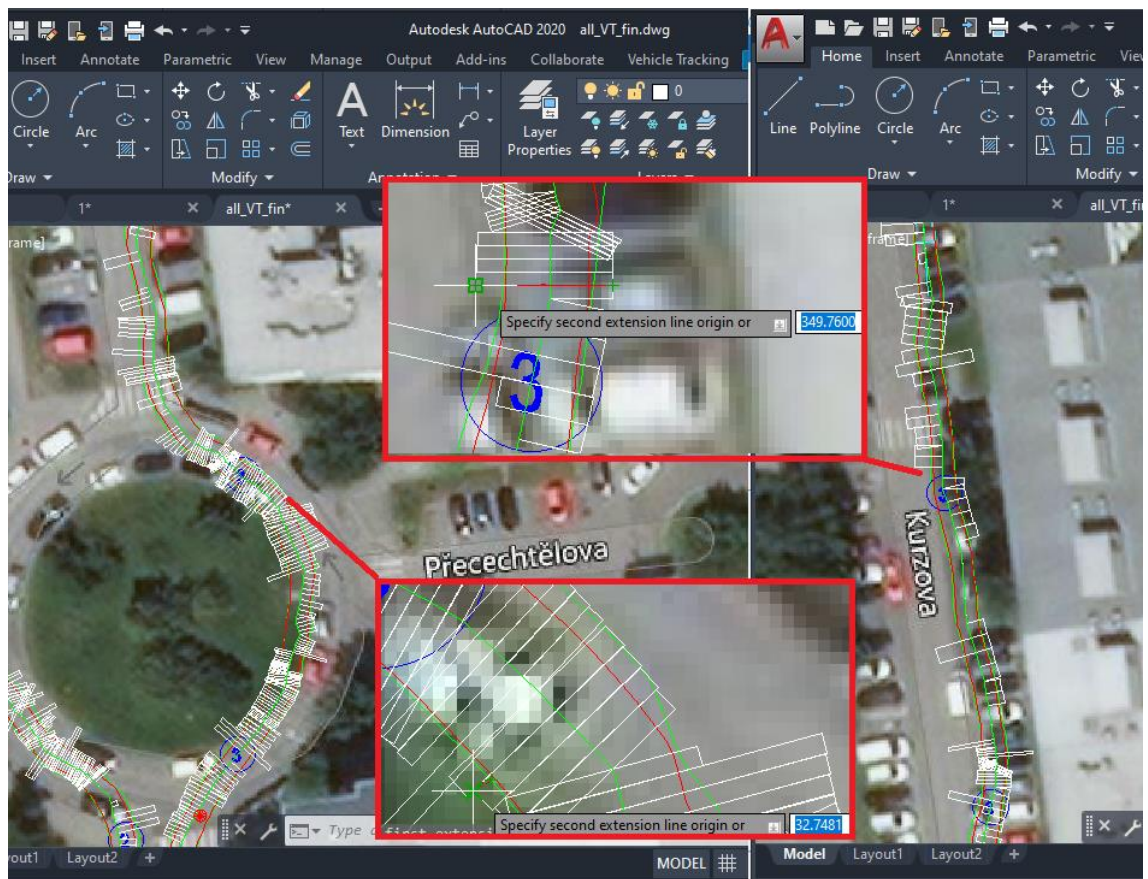
Obrázek 16 - Průjezd vozidla ZZS trasou č.1; obrázek autora

Na obrázku č. 17 je znázorněn průjezd průzkumnou trasou č. 2. I v této oblasti pozorujeme komplikace s průjezdem na kruhovém objezdu. Na každé straně vozidla, při průjezdu středem, zůstane kolem sanitního vozu cca 15 cm na každé straně.



Obrázek 17 - Průjezd vozidla ZZS trasou č.2; obrázek autora

Stejně tak tomu je při průjezdu vozidla ZZS měřenou trasou č. 3 znázorněné na obrázku č. 18. Při výjezdu vozidla z kruhového objezdu na ulici Kurzova by musel řidič projíždět s velkou opatrností, z obrázku je patrné, že kolem vozidla zbývá cca 15 cm na každé straně. Severně od kruhového objezdu už by byl průjezd bez komplikací, vozidlo o šířce 210 cm musí přímou trasou projet mezi překážkami, které jsou od sebe vzdáleny cca 350 cm.

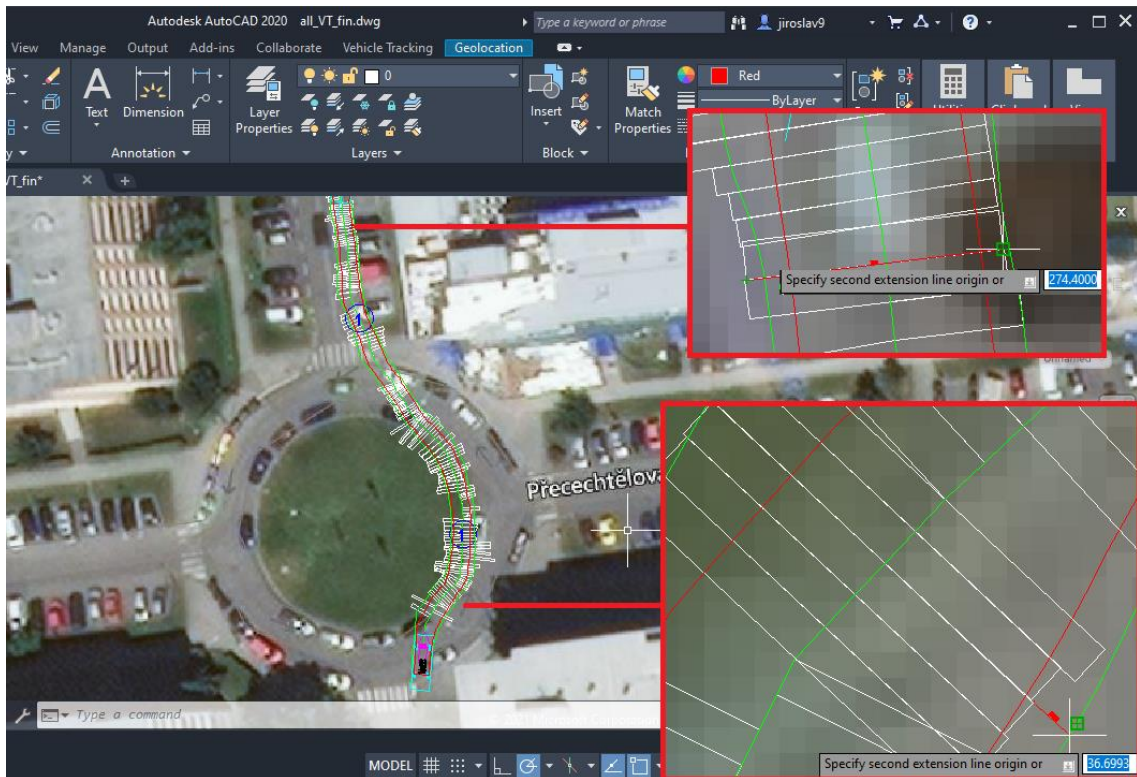


Obrázek 18- Průjezd vozidla ZZS trasou č.3; obrázek autora

Po vykreslení vlečných křivek vozidla ZZS lze ve všech třech měřeních shodně konstatovat, že bezproblémový průjezd vozidla ZZS nelze zaručit. V některých bodech měření chybělo několik centimetrů na jedné ze stran a jindy, ačkoli se vozidlo do naměřených průjezdů dle vlečných křivek vešlo, není zaručeno, že schopnosti řidiče budou chirurgicky přesné, jak by bylo třeba

Po analýze zkoumané oblasti č. 1 lze konstatovat, že by vozidlo HZS narazilo na překážky zamezující průjezd hned při nájezdu na kruhový objezd. Překážky by tedy musely být manuálně nebo pomocí techniky odstraněny. Z obrázku č. 19 je vidět, že nároky na průjezd převyšují reálnou vzdálenost mezi překážkami o cca 37 cm. Po výjezdu z kruhového objezdu přímo do ulice Prusíkova projíždí řidič HZS přímou cestou. Zde byla při měření zaznamenána

zaparkovaná vozidla po stranách ulice kolmo ke směru jízdy, ale i uprostřed ulice po směru jízdy. I když je zde komunikace široká, zaparkovaná vozidla tvoří po obou stranách úzkou uličku, kde by musel řidič HZS výrazně upravit rychlost jízdy. Při průjezdu středem této uličky by mu zbývalo jen cca 10 cm na každé straně vozidla.



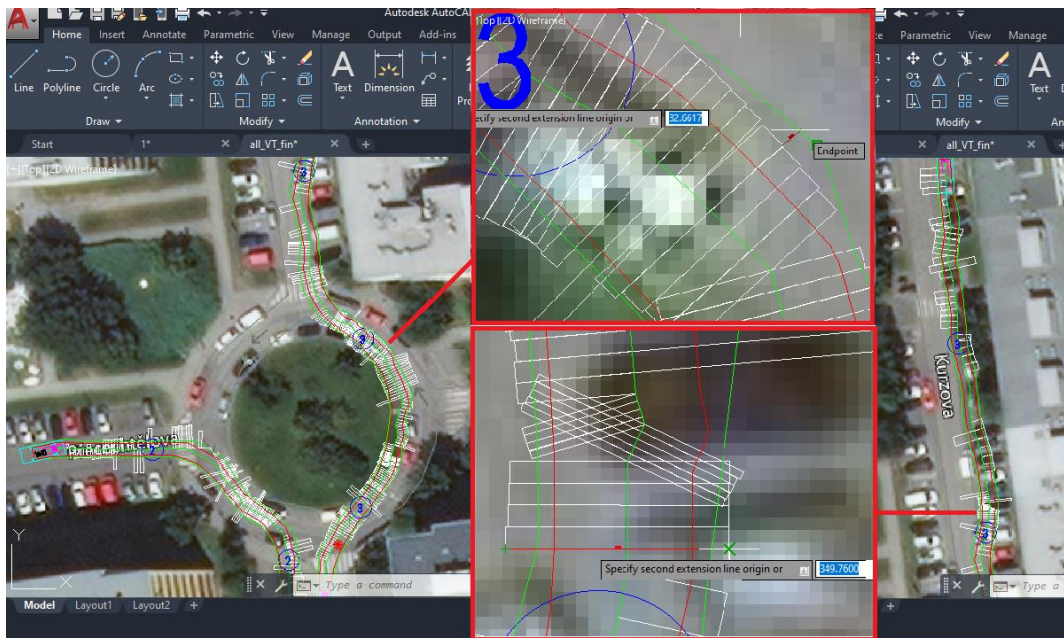
Obrázek 19 - Průjezd vozidla HZS trasou č.1; obrázek autora

Analýza druhé zkoumané trasy ukázala, že by vozidlo HZS neprošlo ani tímto kruhovým objezdem. Na obrázku č. 20 je znázorněno místo, kde chybí na relativní průjezd vozu cca 29 cm. I zde by bylo nutné překážky v jízdě odstranit ručně členy HZS.



Obrázek 20-Průjezd vozidla HZS trasou č.2; obrázek autora

Poslední, tedy třetí projížděná trasa průzkumným vozidlem, není pro vybrané vozidlo HZS sjízdná, zejména při průjezdu kruhovým objezdem. Opět zde pro relativní průjezd chybí prostor cca 30 cm. Na obrázku č. 21 je tato část vyznačena v horním červeném čtverci, jedná se o severní část kruhového objezdu. Po výjezdu z tohoto kruhového objezdu na ulici Kurzova již vozidlo projíždí přímo bez nutnosti zatáčení. V této části zkoumané trasy již vozidlo projede bez komplikací, v nejužším bodu této trasy je prostor cca 350 cm, vůz má šířku 255 cm, tedy při ideálním průjezdu středem tohoto prostoru zbývá na každé straně vozidla cca 95 cm.



Obrázek 21 - Průjezd vozidla HZS trasou č.3; obrázek autora

Výše uvedená data poukazují na komplikace při průjezdu hasičského vozidla kruhovými objezdy, které tvoří křížení ulice Přecechtělova s ulicemi Prusíkova a Kurzova. Objekty, ke kterým není alternativní přístup, než přes tyto kruhové objezdy jsou v této oblasti nejvíce ohroženy. Jedná o domy s čísly popisnými 2397 – 2392, a na protější straně to jsou domy s čísly popisnými 2403 – 2410. Vzhledem k tomu, že je ulice Prusíkova z obou stran slepá, protože na jižní straně je zakončena točnou a na severní končí tato ulice před nákupním střediskem, je kruhový objezd její jediná přístupová cesta. Z důvodu zablokování kruhového objezdu hrozí občanům ve všech budovách na této ulici velké nebezpečí, například v případě požáru.

Z výzkumu tak vyplynulo, že v oblasti Velké ohrady je v několika úsecích nejen nedostatek prostoru pro průjezd nadměrných vozidel, ale také že zde dochází k porušování legislativy (rozestup na šířku 3 metry, parkování v kruhových objezdech). Toto je patrné na snímku č. 22. Z hlediska zdejších obyvatel může být situace pochopitelná, nicméně neodmítnout nedodržování předpisů, a

v konečném důsledku značně znesnadňuje práci jednotek IZS v případě nutného výjezdu do této oblasti.



Obrázek 22- Protiprávní parkování na kruhovém objezdu; obrázek autora

4.7.5 Vyhodnocení hypotéz

Hypotéza č.1 byla na základě úspěšně provedeného výzkumu (použití zkonstruovaného zařízení) potvrzena. Měření pomocí ultrazvuku bylo možné realizovat a naměřená data odpovídají odchylkám v dokumentaci. Jako problematické se jeví pouze využití GPS, jejíž spolehlivost byla nejslabší částí zařízení. Zachycená data však bylo možné interpretovat pomocí programu AutoCAD a využít je k výpočtu vlečných křivek nadrozměrné technicky IZS. Zařízení bylo průjezdnost vozovky schopno spolehlivě měřit i ve složitých situacích.

Hypotéza č. 2 byla vyvrácena, neboť prokazatelným způsobem dochází k porušování pravidel silničního provozu. Průjezd je v několika úsecích bez provedení dalších prací vyloučen a situace rozhodně nesplňuje požadavky, které jsou stanoveny zákony.

5 DISKUZE

Oblast byla pro výzkum zvolena záměrně, neboť ze své praxe zdravotnického záchranáře vím, že je tato část Prahy obtížně průjezdná, zařízení tak bylo záměrně testováno ve velmi špatných podmínkách, aby se ověřila jeho funkčnost. Samotná práce s velkým množstvím dat a jejich strojové zpracování jsou velmi náročné na odladění a neposkytují prostor pro chyby. Jako zlepšení přístroje by bylo možné navrhnout automatizaci tohoto procesu. Stejně tak by bylo vhodné automatizovat generování kolizních modelů překážek, které by automaticky označily oblast za neprůjezdnou. Pro použití zařízení v produkčním prostředí je však potřeba další výzkum a optimalizace, a to i po stránkách softwarových a hardwarových.

Na základě výsledků práce nelze stoprocentně určit, zda reálně určené vozidlo oblastí projede, protože zde hraje velkou roli lidský faktor. Velmi záleží na schopnostech řidiče, jak a zda vůbec dokáže složitou dopravní situaci vyřešit. Je nutné pohlížet na výsledky měření jako na teoretickou možnost průjezdu vozidla. Je také možné při výpočtu vlečných křivek v počítačovém programu parametry vozidla upravit a zvětšit jeho rozměry tak, aby byl lidský faktor alespoň částečně eliminován. Nebo naopak je i možnost softwarově změnit naměřené hodnoty získané při průjezdu průzkumného vozidla, čímž by se ulice při modelování kolizních ploch v programu na výpočet vlečných křivek, kterou má vozidlo projet, zúžila. Bylo by možné simulovat vlečné křivky s reálnými i s upravenými parametry. Výsledek by tak bylo možné rozdělit do dvou kategorií – kategorie s hladkým průjezdem a s komplikovaným průjezdem.

Situace s problematickým průjezdem vozidel IZS jsou pro členy jeho složek dalším psychicky náročným zdrojem. Členové výjezdových skupin jsou

konfrontování s komplikovanými dopravními situacemi a jsou donuceni riskovat průjezd s poškozením svěřených i okolních vozidel. Nejen, že jsou zodpovědní za životy a zdraví občanů, ale i za případné škody, které by mohli způsobit při snaze dostavit se na místo události včas. Další studie této problematiky, by byly velkým přínosem, nejen pro členy složek IZS, ale především pro zlepšení bezpečnostní situace občanů.

5.1 Možnost využití zařízení v praxi

Zařízení je možné využít zejména při tvorbě analýz průjezdnosti a dopravy v klidu v jednotlivých městských částech a na problémových místech. Toto zařízení by mohly využít soukromé subjekty, které analýzu dopravy v klidu vypracovávají pro potřeby správních orgánů zabývajících se rozvojem města. Pro nízkou finanční zátěž by mohlo být zařízení využito jako doplňková funkce každého vozidla kontrolující parkování vozidel v zónách určených pro rezidenty a abonenty. Vzhledem k četné činnosti těchto vozidel by mohly získané informace využívat složky IZS, které by měly aktuální informace z provozu, čímž by byly předem připraveny na možné komplikace při výjezdech nadměrné techniky.

Jako průzkumné vozidlo by bylo možné na místo využití automobilu využít průzkumný motocykl. Výhodou této alternativy by byl jednodušší průjezd hustou městskou zástavbou, čím by se vyřešil například problém při určování polohy GPS, která vlivem pomalé jízdy vykazovala chybovost. Nevýhodou by však bylo, že v zimním období by měl motocykl omezenou působnost. Jako řešení se nabízí kombinace průzkumného automobilu a motocyklu.

Z informací získaných tímto způsobem by také mohly čerpat samosprávné orgány, které by v problémových oblastech prováděly preventivní opatření. Například úpravou dopravního značení, zřizováním dostatečných parkovacích

ploch, posílením činnosti městské policie, nebo zohledněním výsledků při revitalizaci pozemních komunikací.

5.2 Možné zlepšení přístroje

Pro zlepšení funkce přístroje by bylo možné přístroj zkonstruovat z jiných komponentů, které by využívaly jiné technologie měření či lokalizace. Bylo by možné zautomatizovat některé procesy výpočetních technologií v tomto zařízení.

5.2.1 Konstrukce a upevnění

Zvýšení efektivity přístroje by bylo možné dislokováním dálkoměrů na nejdelší možnou vzdálenost od sebe. Zařízení je zkonstruováno tak, že dálkoměry jsou v jedné schránce, ve vzdálenosti 14 cm od sebe, měří tak i vzdálenost odpovídající šíři průzkumného vozidla, tedy cca 1,5 m. V případě, že by byly dálkoměry umístěny tak, aby korespondovaly s hranou vozidla, jejich dosah by se zvýšil o polovinu šíře vozidla na každém senzoru. O této možnosti se při konstrukci uvažovalo, vzdálenost senzorů od sebe by však musela být po každé instalaci na vozidlo přeměřena a změněna v softwarovém protokolu. Popřípadě by mohly být obě schránky s dálkoměry pevně připevněny na dlouhém adaptéru, čímž by byla fixována jejich poloha. I toto řešení mělo své nevýhody, například by s přístrojem byla složitá manipulace a nebyl by skladný, navíc by hrozilo jeho uvolnění a ohrožení ostatních účastníků provozu.

Pro budoucí výzkum by bylo vhodné využít modernější verzi Raspberry Pi 4B, která má dle dokumentace více sériových portů. To by umožnilo obsluhu každého senzoru samostatně, čímž by byly eliminovány jakékoli kolize. Ačkoli problém s kolizemi nebyl v průběhu měření zaznamenán, bylo by díky tomu

možné využít jen jeden mini počítač namísto dvou, ačkoli i využití více počítačů má své výhody. Jako vhodné se pro případný budoucí výzkum jeví i využití akcelerometru s magnetometrem, který by měl umožnit přesnější zaznamenávání směru pohybu.

5.2.2 Komponenty pro lokalizaci

Při konstrukci zařízení bylo využito GNSS modulu, který pro lokalizaci využívá GPS systém. Při lokalizaci by bylo možné využít modul, který by využíval jiný navigační systém s větší přesností. Například evropský družicový polohový systém Galileo se pyšní až 3x větší přesností určování polohy než systém GPS. V tomto zařízení modul GNSS NEO-6M GYNEO6MV2 nevyužívá funkci přesného určování polohy bodu (PPP), při užití jiného modulu, který by funkci PPP měl, by za příznivých meteorologických podmínek mohla přesnost určování polohy klesnout až na několik centimetrů. Nepřesnost použitého GNSS modulu byla eliminována tím, že naměřené souřadnice byly synchronizovány s mapovým podkladem.

Pro určení směru jízdy a rychlosti průzkumného vozidla by mohlo být zařízení osazeno gyroskopem, akcelerometrem a magnetometrem. Tato možnost byla při konstrukci zohledněna a gyroskop s akcelerometrem byl k zařízení připojen. Objevily se však komplikace při uvedení tohoto zařízení do provozu. Pořízený gyroskop s akcelerometrem se jevil jako zcela nepoužitelný. Data, která senzor poskytoval, byla jednak obtížně interpretovatelná, ale především výrazně nepřesná. To se projevilo například pokusem o otočení senzoru v jedné ose o 90°, kdy zařízení reagovalo víceméně nahodile. Není vyloučeno, že by se zařízení podařilo zprovoznit do použitelného stavu, což by umožnilo komparaci výsledků ujeté vzdálenosti s modulem GPS, nicméně

časová náročnost zprovoznění senzoru nebyla adekvátní a využití akcelerometru a gyroskopu nebylo nezbytné. Od použití gyroskopu a akcelerometru se tedy během konstrukce upustilo, protože se určování polohy pouze využitím GPS modulu zdálo jako dostačující.

Přesto však během průzkumu vykazovalo určování polohy GPS jistou nepřesnost, tu by bylo možné odladit nastavením vyšší frekvence snímání. Dle specifikace zařízení GY-NEO6MV2 umožňuje až 5 Hz, což odpovídá počtu měření, která byla prováděna ultrazvukovými dálkoměry. V těch byla nastavena frekvence měření 200 ms z důvodu prodlevy mezi vyslaným a přijatým zvukovým signálem.

Stávající řešení vykresluje pro každou zaměřenou souřadnici GPS překážky na levé a pravé straně. Vzhledem k tomu, že jsou prostory mezi vozidlem a překážkami vykreslovány jako obdélníky kolmé k trajektorii jízdy, dochází při častějším měření k situacím, kdy odchylky souřadnic GPS způsobují vykreslení prostoru v úhlech, které nekorespondují se skutečnou trajektorií. Zvláště v oblastech, kde je nutné projíždět velmi pomalu, pak dojde k nahromadění údajů, které mohou způsobit chybné vykreslení překážek, jako tomu bylo v případě třetího měření v ulici Borovanského. Častější měření GPS by však bylo možné provádět s frekvencí 5 Hz, hodnoty průměrovat a používat zprůměrovaný výsledek používat v intervalu 1 sekundy jako tomu je nyní.

Případného dalšího zlepšení by pak bylo možné dosáhnout použitím 2 GPS modulů s tím, že by jeden byl umístěn na vozidle vpředu a druhý vzadu. Mezi moduly by pak byla fixní vzdálenost, na kterou by byly moduly kalibrovány. Tímto způsobem by bylo možné zjistit směr pohybu vozidla, ale také sledovat možnou odchylku jednoho z modulů.

5.2.3 Komponenty pro určování dálek

Pro určování vzdálenosti mezi zaparkovanými vozidly by na místo užitých ultrazvukových dálkoměrů, mohly obstarávat laserové dálkoměry. Od použití optických dálkoměrů se při konstrukci ustoupilo z důvodu obavy nesprávného odrazu světelného paprsku od zaparkovaných automobilů. Odrazová plocha není na zaparkovaných automobilech konzistentní a odražený paprsek by nemusel být odražen zpět k přístroji.

Pro měření vzdálenosti pomocí optických dálkoměrů se také nabízela možnost využít tzv. Lidar. Lidar je optický dálkoměr, který má možnost, podobně jako sonar, mapovat prostředí až v 360° perimetru. Na trhu jsou modely, pro využití v exteriéru, které odolávají vnějším vlivům. Použití Lidaru se jeví jako nejefektivnější možnost měření, jeho cenová dostupnost je však nepříznivá. Jeho hodnota se v dnešní době na českém trhu pohybuje kolem 6 000 Kč, oproti ultrazvukovým dálkoměrům je cena lidaru cca 70krát vyšší, cena jednoho dálkoměru je totiž pouhých 42 Kč. Zařízení Lidar, které bylo shledáno jako použitelné pro exteriér (RPLiDAR A3M1 v ceně přibližně 16.000 Kč) deklaruje dosah 25 m, nicméně v dokumentaci upřesňuje, že odraz od černého objektu ve vnitřních podmínkách je jen do vzdálenosti 10 m a pro exteriér hodnotu ani neuvádí, jak je patrné ze snímku č. 23. Pro účely demonstrace způsobu měření se tak varianta ultrazvuku jevila jako vhodnější.

Measurement Performance

- For Model A3M1 Only

Item	Enhanced Mode	Outdoor Mode
Application Scenarios	Extreme performance Ideal for indoor environments with maximum ranging distance and sampling frequency.	Extreme reliability Ideal for both outdoor and indoor environments with reliable resistance to daylight.
Distance Range	White object: 25 meters	White object: 20 meters
	Black object: 10 meters	Black object: TBD
Sample Rate	16 kHz	16 kHz or 10 kHz
Scan Rate	Typical value: 15 Hz (adjustable between 5 Hz-20 Hz)	
Angular Resolution	0.225°	0.225° or 0.36°
Communication Interface	TTL UART	
Communication Speed	256000 bps	
Compatibility	Support former SDK protocols	

Figure 2-1 RPLIDAR Performance

Obrázek 23 - Parametry přístroje RPLidar [72]

5.2.4 Možnost automatizace a vzdáleného ovládání přístroje

Výpočet vlečných křivek by bylo možné provádět v reálném čase a vyhodnocovat průjezdnost automatizovaným způsobem proti naměřeným hodnotám. Pro tento účel by bylo nutné vytvořit vlastní knihovnu, pomocí které by pak byly pro výpočet použity parametry předdefinovaných vozidel. Problém však je v naměřené trajektorii vozidla, na které výpočet křivek závislý. To se projevilo při druhém měření, kdy bylo nutné ručně upravit data. Výpočet vlečných křivek je komplikovaný z důvodu závislosti i na datech předcházejících měření, nicméně by bylo možné pro výpočty použít také křivky vygenerované v odsazení -10 a -5 cm (vlevo) a 5 a 10 cm (vpravo) od středové křivky.

V případě, že by bylo zařízení plně automatické, bylo by na místě uvažovat o doplnění přístroje o modul pro připojení k internetu. Po doplnění tohoto modulu, by bylo možné zařízení prostřednictvím uživatelského rozhraní ovládat na dálku a výsledná data zobrazit na vzdálené platformě. Jednotlivá

operační střediska IZS by tak měla možnost před vysláním svých jednotek zkontrolovat stav průjezdnosti místních komunikací a případně tyto jednotky o komplikacích předem upozornit, nebo nabídnout alternativní přístup na místo události. Vzdáleně by také bylo možné do databáze vozidel AutoCAD Vehicle Tracking přidávat další vozidla, která v určených lokalitách zasahují, a naopak odebírat již vyřazenou techniku v těchto oblastech. Naměřených dat by bylo možné využít i pro volbu techniky, která bude na místo vyslána a v případě zhoršené průjezdnosti využít menších vozidel. V této oblasti je tedy dostatek prostoru pro další zkoumání a zlepšení

5.2.5 Další možné funkce přístroje

Vzhledem k měnící se rychlosti zvuku v závislosti na meteorologických podmínkách, by mohlo být zařízení doplněno o moduly měřící atmosférický tlak, teplotu vzduchu a vlhkost vzduchu. Software by byl doplněn o protokol měřící rychlost zvuku z naměřených hodnot těmito moduly, který by vypočítával rychlost zvuku automaticky. V diplomové práci se vycházelo z hodnot naměřených hydrometeorologickým ústavem a rychlost zvuku doplněna na místě ručně. O této variantě se při návrhu přístroje uvažovalo, pořízené moduly na měření teploty vzduchu, atmosférického tlaku a vlhkosti vzduchu měly výrobcem proklamované vysoké odchylky měření, např. u teploměru až 0,5 °C. Z tohoto důvodu a z důvodu nevelké vzdálenosti od hydrometeorologické stanice od lokality, ve které se měření provádělo, se od tohoto návrhu na doplnění zařízení upustilo. Případné odchylky v rychlosti zvuku oproti hodnotám vypočteným z obou stanic (rozdíl činil asi 0,4 m/s) mají pro potřeby diplomové práce zanedbatelný význam.

5.3 Alternativní možnosti měření průjezdnosti

Měření průjezdnosti průzkumným vozidlem není jediné možné řešení, jak tento výzkum provádět. V dnešním moderním světě, kdy se výpočetní technologie stále zdokonalují a vznikají nové technické prostředky, lze pro snímání průjezdnosti pozemních komunikací možné využít celé spektrum technologických novinek.

5.3.1 Využití bezpilotních letounů

Během tvorby diplomové práce jsem se setkal s článkem na webových stránkách HZS hlavního města Prahy, který informuje o využívání bezpilotních letounů pro potřeby IZS. Ve spolupráci s odborníky z Českého vysokého učení technického (ČVUT) bylo 21.5.2020 provedeno snímání hasičské techniky dronem. Skenování vozidel HZS bylo uskutečněno za účelem možnosti modelování vlečných křivek těchto vozidel v počítačových softwarech. Akce probíhala v rámci projektu „3 metry k životu“, což je společná iniciativa HZS hlavního města Prahy a HZS střeďočeského kraje. Tento projekt má za cíl upozornit na nesprávné parkování v husté městské zástavbě. Bližší informace jsou dostupné na webu hzscr.cz [73]

Na facebookovém profilu „3 metry k životu“ – parkuj ohleduplně je dostupné video reportáže, která informuje o snímání reálných vlečných křivek za pomoci dronu v oblasti Prahy 11. Na tomto projektu se podílela Policie České republiky, hasičský záchranný sbor a fakulta dopravní ČVUT. Konkrétní informace, jakým způsobem byly vlečné křivky pomoci dronu z reportáže nevyplývají. Dokument, který s tímto projektem souvisí, nebyl během zpracování této diplomové práce nalezen. Celá reportáž je dostupná na webu [facebook.com](https://www.facebook.com/). [74]

Bezpilotní letouny by bylo možné využít pro měření volného prostoru mezi zaparkovanými vozidly pro průjezd vozidel IZS. Dron by bylo možné osadit komponenty pro měření vzdálenosti mezi vozidly z ptačí perspektivy, následně by pak byly měřené hodnoty převedeny do softwaru pro výpočet vlečných křivek. Nevýhodou tohoto řešení jsou přísná legislativní omezení pro lety nad zastavěným územím. Dron by samozřejmě mohl být naprogramován na autonomní přelety nad vytyčeným územím, přítomnost školené obsluhy by však byla nevyhnutelná. Fungování dronu je limitováno výdrží baterie, záleželo by tedy na jeho konstrukci a komponentech, jak dlouho by mohl dron pracovat. Vzhledem k náročnosti stavby zařízení a nutnosti obsluhy se pro účely soustavného a dlouhodobého měření velkých oblastí tento alternativní způsob průzkumu průjezdnosti vozidel IZS v současnosti jeví jako neefektivní.

5.3.2 Využití umělé inteligence

Další možností odhalování neprůjezdných oblastí pro potřeby IZS se nabízí strojové měření vzdálenosti mezi zaparkovanými vozidly z fotografií pořízených družicemi. Fotografie pořízená z družice by byla softwarově analyzována, byly by vypočítány vzdálenosti mezi zaparkovanými vozidly a následně by tyto hodnoty byly porovnány s nároky vozidel IZS v softwaru pro výpočet vlečných křivek. Tato možnost nebyla blíže prozkoumána, avšak lze usuzovat, že by měla jisté nedostatky a komplikace. Výsledky by zjevně nebyly dostatečně průkazné, protože satelitní snímky jsou pořizovány v denní době. V nočních hodinách je však situace s parkováním hustě zastavěných oblastech nejkritičtější a případné problematické oblasti by tak nemusely být odhaleny. Tato možnost přináší i legislativní a finanční komplikace při získávání a využívání družicových snímků.

Podobnou problematikou se zabývali odborníci z University of Applied Sciences v Sankt Pölten v Rakousku. Vytvořili studii [75], ve které zpracovali

metodu, která na základě strojového učení a konvolučních neuronových sítí dokáže detekovat neprůjezdnost pozemních komunikací při povodních a zemětřesení ze satelitních snímků a fotografií ze sociálních sítí. Stejný projekt zpracoval i institut informačních technologií Centre for Research & Technology Hellas [76], jehož úspěšnost byla 89 % při odhalování neprůjezdných oblastí z důvodu zatopení pozemních komunikací při povodních.

Stejná technologie by mohla být využita i při analýze průjezdnosti z fotografií pořízených dronem. Dron by nemusel být tedy osazen složitými moduly pro měření vzdálenosti mezi zaparkovanými vozidly, ale pouze fotoaparátem, popřípadě kamerou. Na rozdíl od satelitního snímkování by mohly být snímky pořízené dronem i v nočních hodinách, pokud by byl dron vybaven svítilnou nebo fotoaparátem s nočním viděním.

5.3.3 Klasické metody

Nejméně efektivní a zdlouhavá se pak nabízí možnost měření průjezdnosti pochozím průzkumem za pomoci klasických měřících pomůcek a ručního přenášení výsledků měření do softwaru pro výpočet vlečných křivek. Tato alternativa má vysoké nároky na personální zastoupení a je časově náročná.

5.4 Komplikace při stavbě přístroje

Základní prvek systému tvoří mikropočítač Raspberry Pi 3B+, ke kterému jsem původně plánoval připojit veškeré potřebné senzory, tedy dvě sonická měřidla, akcelerometr s gyroskopem a GPS modul. Při vývoji zařízení se však vyskytl problém, kterým je potřeba více sériových sběrnic, do kterých by bylo možné senzory připojit. Raspberry Pi 3B+ disponuje dle dokumentace dvěma sběrnicemi, přičemž ve výchozím stavu je dostupná jen jedna hlavní sběrnice. Druhá sběrnice je určena pro komunikaci s integrovaným bluetooth modulem.

Ačkoliv je modul možné vypnout, při pokusu o její využití k připojení senzorů nebylo dosaženo potřebné spolehlivosti. Problém se sekundárním sériovým rozhraním je mj. diskutován na fóru particle.io. [77]

Situaci jsem vyřešil tak, že jsem k zařízení Raspberry Pi připojil pomocí USB Arduino Uno R3, jehož úkolem je obsluha sonických senzorů. Výhodou Arduino Uno R3 je možnost vytvoření kódu pro obsluhu a následné vyjmutí paměťového čipu ATmega, který je možné použít v průmyslovém řešení. Vytvořený koncept tedy není ideální, nicméně pro tuto práci naprosto dostačující a umožňuje snadnou obsluhu. Před samotným výzkumem v terénu bylo provedeno několik měření, a to s velmi přesnými výsledky až na vzdálenost 2,6 m (na každou ze stran). Rozsah měření zařízení umístěného v nosiči – tedy maximální měřitelná vzdálenost od překážky na levé straně k překážce na straně pravé je cca 534 cm.

Zde je důležité podotknout, že ani Arduino Uno R3 nedisponuje dostatečným množstvím sériových rozhraní a bylo nutné využít principu přerušování. V praxi to znamená, že oba senzory připojené na pin Tx vyšlou signál zároveň. Při obdržení zpětné vazby (tedy odražené zvukové vlny) jedním ze senzorů na pin Rx je přednostně odbaven požadavek na výpočet času mezi vyslaným a obdrženým signálem daného senzoru a až poté sběrnice poslouchá další požadavky. V praxi toto může způsobit drobné kolize, pokud přijde signál na pin Rx druhého senzoru v době, kdy je odbavován požadavek prvního senzoru, při pozorování však nebylo zjištěno, že by problém nastal a zasahoval tak do kvality měření.

Využití dalšího zařízení (resp. další sběrnice) má však další výhodu. Sonické senzory HC-SR04 totiž umožňují rychlost sběrnice 115200 baudů. Při praktickém testování senzorů bylo zjištěno, že vyšší rychlost má pozitivní vliv na přesnost

měření. Díky této rychlosti se podařilo provádět přesná měření každých 200 ms. Standardní rychlost komunikace je přitom 9600 baudů, což byla příčina nemožnosti využít jedno sériové rozhraní, protože použitý modul GPS komunikuje právě touto rychlostí a rychlost 115200 nepodporuje. Při pokusu o přepínání rychlosti sběrnice byla vykazována značná nepřesnost měření sonických senzorů, a to zejména s ohledem na nutnost využít principu přerušování.

Pro vykreslování mapy na základě dat získaných z měření bylo nutné vytvořit vzorec, který by zadáváním hodnot do programu AutoCAD automatizoval. Náročnost programu mě donutila využít ne příliš estetické řešení, kterým je vykreslování obdélníků pro vizualizaci měřené trasy. Původně bylo místo příkazu RECTANGLE pracováno s příkazem OFFSET, který pro vybranou úsečku vykresluje rovnoběžku.

```
OFFSET T M 157.52 -157.52 E
```

Tento příkaz vytvoří rovnoběžnou úsečku, parametrem T je zvoleno vykreslování dle bodu (objektu, tedy úsečky, která může být zvolena příkazem SELECT L (L znamená poslední objekt, se kterým byla provedena interakce), M umožňuje opakování příkazu (pro možnost zadání levé a pravé vzdálenosti). Vzdálenost 157.52 je pro levou stranu a -157.52 poté nevytvoří žádnou viditelnou úsečku, neboť na druhé straně nebyl naměřen žádný objekt. Vzdálenost naměřená pravým senzorem tedy zůstává v podobě kladného čísla a vzdálenost, ve které bude vykreslena levá úsečka bude mít zápornou hodnotu. Použití OFFSET bylo problematické, neboť program AutoCAD vykresluje kladné a záporné odsazení úseček relativně k aktuální pozici myši. Při hromadném zadání příkazů tím pádem došlo k situaci, kdy nebylo možné zjistit, zda jsou rovnoběžky umístěny na správně straně. Relativní pozice myši má však vliv i na hodnotu výstupních dat, díky čemuž výsledky neodpovídají

realitě. Problém jsem se pokoušel řešit, nicméně ani konzultace s lidmi, kteří se prací v CAD systémech živí, ani dotazy na odborných diskuzních fórech problém nevyřešily. Alternativa tedy byla použití funkce RECTANG pro vykreslení obdélníků, které se nakonecjevily i jako lepší volba pro vizualizaci dat.

6 ZÁVĚR

Primárním cílem této diplomové bylo vytvoření funkčního prototypu zařízení, který by umožnil měření průjezdnosti vozovek. Při zpracování práce jsem se opakovaně setkával s výzkumy, při kterých byla průjezdnost měřena ručně, což v dnešním světě nepovažuji za vhodné. Mnou vytvořený koncept nabízí alternativu, které je ekonomičtější a efektivnější. Je díky němu možné měřit průjezdnost v reálném čase a vyhodnocovat velké množství dat. Využití technických prostředků pro účely měření je vhodným tématem k diskuzi. Po provedení dalšího výzkumu a technické optimalizaci by bylo možné toto zařízení využívat v praxi a předejít tak možným neštěstím, která mohou kvůli zdržení při dojezdu vozidel IZS na místo nastat.

S pomocí zařízení se podařilo provést praktický výzkum v oblasti Velké ohrady, naměřit údaje o průjezdnosti vozovek a tyto následně vizualizovat v programu AutoCAD. V programu pak bylo následně možné provést komparaci naměřených údajů s vlečnými křivkami nadefinovaných vozidel a demonstrovat možnost praktického využití zařízení. Výsledky měření ukázaly, že situace je skutečně vážná a pozitivní zjištění nepřinesla ani komunikace s úřadem, který poskytl 10 let staré údaje. Zjištění tedy nasvědčují tomu, že problematika není veřejností ani samosprávou vnímána jako zásadní problém, což je zarážející. Doufám, že se problém podaří zviditelnit a že i má diplomová práce pomůže s jeho řešením.

Diplomová práce pro mě byla velice přínosná a byla pro mne velkou výzvou. Zpočátku jsem si nebyl zcela jistý, že se mi vše podaří dle plánů, neboť jsem s podobnou konstrukcí téměř žádné zkušenosti. Při psaní této práce jsem se naučil mnoho nového a téměř žádný z kroků, které směřovaly k výsledku, se

neobešel bez komplikací. O to víc mne však potěšilo, když se mi poprvé podařilo vizualizovat výsledky mého měření.

Do budoucna plánuji zařízení dále zlepšovat a věnovat se této problematice a vzhledem ke svému povolání považuji za důležité, aby byla tato problematika vnímána. Byl bych rád, kdyby zařízení bylo možné využít pro potřeby IZS i v praxi.

7 SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

BLE - bluetooth low energy

CAD – computer aided design

CAS – cisternová automobilová stříkačka

ČR – Česká republika

ČSN – České technické normy

ČVUT – České vysoké učení technické

EGNOS - European Geostationary Navigation Overlay Service

EPS – elektronická požární signalizace

GNSS – global navigation satellite systém

GPIO General-purpose input/output

GPS – global positioning system

HZS – Hasičský záchranný sbor

IZS – Integrovaný záchranný systém

JPO – jednotky požární ochrany

MHMP - Magistrát hlavního města Prahy

OPIS – operační a informační středisko

PČR – Policie České republiky

PPP - precise point positioning

PWM – pulse width modulation

RZP – rychlá zdravotnická pomoc

SBAS - satellite based augmentation systems

SHZ – stabilní hasící zařízení

USB – universal seriál bus

ZSJ – základní sídelná jednotka

ZOKT – zařízení pro odvod kouře a tepla

ZZS - Zdravotnická záchranná služba

3 metry k životu – Když jde o život, přeparkovat nestihnete! [online]. Česká

- 1] republika: MV-generální ředitelství Hasičského záchranného sboru ČR, 2021 [cit. 2021-05-10]. Dostupné z: <https://www.hzscr.cz/clanek/3-metry-k-zivotu-kdyz-jde-o-zivot-preparkovat-nestihnete.aspx>

Zákon č. 239/2000 Sb., zákon o integrovaném záchranném systému a o změně

- 2] *některých zákonů*. In: . Česká republika: Sbírka zákonů, ročník 2000, č. 239.

ŠENOVSKÝ, Michail, Vilém ADAMEC a Zdeněk HANUŠKA.

- 3] *Integrovaný záchranný systém*. 2. vyd. V Ostravě: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2007. Spektrum (Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství). ISBN 978-80-7385-007-4.

HANUŠKA, Dr. Ing. Zdeněk, Ing. Květoslava SKALSKÁ a Ing. Milan

- 4] DUBSKÝ. *Integrovaný záchranný systém a požární ochrana. Modul I*. První. Praha: MV-generální ředitelství Hasičského záchranného sboru ČR, 2010. ISBN 978-80-86640-59-4.

Zákon č.1/1993 Sb., Ústava České republiky. In: . Česká republika: Sbírka

- 5] zákonů, 1993, ročník 1993, č. 1.

Zákon č. 300/2000 Sb. Ústavní zákon, kterým se mění ústavní zákon č. 1/1993

- 6] *Sb., Ústava České republiky, ve znění ústavního zákona č. 347/1997 Sb., a ústavní zákon č. 110/1998 Sb., o bezpečnosti České republiky*. In: . Česká republika: Sbírka zákonů, ročník 2000, č. 300.

Zákon č. 110/1998 Sb., Ústavní zákon o bezpečnosti České republiky. In: . Česká

- 7] republika: Sbírka zákonů, ročník 1998, č. 110.

Zákon č. 241/2000 Sb., zákon o hospodářských opatřeních pro krizové stavy a o

- 8] *změně některých souvisejících zákonů*. In: . Česká republika: Sbírka zákonů, ročník 2000, č. 241.

Zákon č. 240/2000 Sb., zákon o krizovém řízení a o změně některých zákonů

- 9] *(krizový zákon)*. In: . Česká republika: Sbírka zákonů, ročník 2000, č. 240.

*Krizové zákony: krizový zákon, integrovaný záchranný systém, hospodářská
10 opatření pro krizové stavy, obnova území ; Hasičský záchranný sbor ; Požární
] ochrana : zákony, nařízení vlády, vyhlášky : redakční uzávěrka .. Ostrava: Sagit,
2007. ÚZ. ISBN 978-80-7488-333-0.*

*Zákon č. 222/1999 Sb., zákon o zajišťování obrany České republiky. In: . Česká
11] republika: Sběrka zákonů, ročník 1999, č. 222.*

*ŠTĚTINA, Jiří. Zdravotnictví a integrovaný záchranný systém při hromadných
12 neštěstích a katastrofách. 1. vyd. Praha: Grada, 2014. ISBN 978-80-247-4578-7.
]*

*VÍŠEK, Jiří. Organizace záchranných činností v České republice. Vyd. 1.
13 Praha: Univerzita Jana Amose Komenského, 2012. ISBN 978-80-7452-028-0.
]*

*KRATOCHVÍL, Michal a Václav KRATOCHVÍL. Technické prostředky
14] požární ochrany. 1. vyd. V Ostravě: Sdružení požárního a bezpečnostního
inženýrství, 2009. Spektrum (Sdružení požárního a bezpečnostního
inženýrství). ISBN 978-80-7385-064-7.*

*T 815-721R52 18 280 4x4.1 [online]. Česká republika: TATRA, a.s. [cit. 2021-
15 05-02]. Dostupné z: [https://www.tatra.cz/underwood/download/files/tatra-
\] t815-721r52_cz.pdf](https://www.tatra.cz/underwood/download/files/tatra-
] t815-721r52_cz.pdf)*

*Cisternová automobilová stříkačka 20/4300/300 – S 3 R TATRA T815-7 4x4.1
16 [online]. Česká republika: MV-generální ředitelství Hasičského
] záchranného sboru ČR, 2021 [cit. 2021-05-02]. Dostupné z:*

<https://www.hzscr.cz/clanek/cisternova-automobilova-strikacka-20-4300-300-s-3-r-tatra-t815-7-4x4-1.aspx>

Vozy RZP [online]. Česká republika: Zdravotnická záchranná služba hl. m. Prahy, 2018 [cit. 2021-05-12]. Dostupné z:

<https://www.zzshmp.cz/vozovy-park/vozy-rychle-zdravotnicke-pomoci/>

Zákon č. 13/1997 Sb., zákon o pozemních komunikacích. In: . Česká republika: Sbírka zákonů, ročník 1997, č. 13.

]

Vyhláška č. 104/1997 Sb., vyhláška Ministerstva dopravy a spojů, kterou se provádí zákon o pozemních komunikacích. In: . Česká republika: Sbírka zákonů, ročník 1997, č. 104.

Zákon č. 361/2000 Sb., zákon o provozu na pozemních komunikacích a o změnách některých zákonů.

]

KVARČÁK, Miloš. *Základy požární ochrany*. 1. vyd. Ostrava: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2005. ISBN 80-86634-76-0.

]

Zákon č. 133/1985 Sb. Zákon České národní rady o požární ochraně.

22

]

Nesprávné parkování [online]. Česká republika [cit. 2021-05-02]. Dostupné
23 z: <http://www.hzsmsk.cz/sklad/kraoo/cervenec07.pdf>

]

Vyhláška č. 23/2008 Sb., o technických podmínkách požární ochrany staveb.
24

]

TRČKA, Martin. *Provádění požárního zásahu*. 1. vyd. V Ostravě: Sdružení
25 požárního a bezpečnostního inženýrství, 2013. Spektrum (Sdružení
] požárního a bezpečnostního inženýrství). ISBN 978-80-7385-135-4.

KUPILÍK, Václav, ed. *Stavební konstrukce z požárního hlediska dle evropských*
26 *norem: textové materiály projektu Celoživotní vzdělávání v požární ochraně ...*
] Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2007. ISBN 978-80-01-03581-8.

Stavební zákon a další předpisy: ... : texty všech předpisů od .. Ostrava: Sagit,
27 2006. ÚZ. ISBN 978-80-7488-431-3.

]

TYWONIAK, Jan. *Pozemní stavitelství VI: pro SPŠ stavební : stavební fyzika,*
28 *zdravotní nezávadnost a požární bezpečnost staveb*. 1. vyd. Praha: Grada, 2014.
] Studium (Grada). ISBN 978-80-247-5102-3.

MÓZER, Vladimír. *Aktívne a pasívne systémy požiarnej ochrany*. Bratislava:
29 Vydavateľstvo Eurostav, 2018. ISBN 978-80-89228-59-1.

]

PEKAR, Vasil Silvestr. *Zjišťování příčin požárů v rámci státního požárního*
30 *dozoru*. 1. vyd. V Ostravě: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství,
] 2011. Spektrum (Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství). ISBN
978-80-7385-107-1.

Zákon č. 183/2006 Sb., zákon o územním plánování a stavebním řádu (stavební
31 *zákon*). In: . Česká republika: Sběrka zákonů, ročník 2006, č. 183.

]]

LALÍK, Michal. *Prováděcí vyhlášky ke stavebnímu zákonu*. Vyd. 1. V Praze:
32 C.H. Beck, 2011. C.H. Beck pro praxi. ISBN 978-80-7400-378-3.

]]

Vyhláška č. 246/2001 Sb. , vyhláška Ministerstva vnitra o stanovení podmínek
33 *požární bezpečnosti a výkonu státního požárního dozoru (vyhláška o požární*
] *prevenci*). In: . Česká republika: Sběrka zákonů, ročník 2001, číslo 246.

Kvůli špatně zaparkovaným autům měli hasiči problém se dostat k požáru
34 *balkonu v nejvyšším patře panelového domu* [online]. 2020 [cit. 2021-05-13].
] Dostupné z: <https://hradecka.drba.cz/zpravy/7299-kvuli-spatne-zaparkovanym-autum-meli-hasici-problem-se-dostat-k-pozaru-balkonu-v-nejvyssim-patre-paneloveho-domu.html>

V paneláku v Bohnicích hořela kuchyň, hasičům překážela zaparkovaná auta
35 [online]. 2017 [cit. 2021-05-13]. Dostupné z:
] https://www.idnes.cz/praha/zpravy/pozar-bohnice-kuchyn.A170503_164434_praha-zpravy_rsr

Špatně parkující auta bránila hasičům v příjezdu k požáru. Museli je odřít
36 [online]. Česká republika: FTV Prima, spol. s r.o. a dodavatelé obsahu, 2020
] [cit. 2021-05-13]. Dostupné z: <https://www.autosalon.tv/novinky/ridicuv-chleba/spatne-zaparkovana-auta-branila-hasicum-v-prujezdu-odreli-sve-cisterny-i-ta-auta>

Analýza potřeb v hlavním městě Praze [online]. Praha: Magistrát hlavního
37 města Prahy, 2016 [cit. 2021-05-05]. Dostupné z: <https://kap-praha.cz/dokumenty/1523974205-analyza-potreb-v-hlavnim-meste-praze-uzemi-.pdf>

Praha neznámá, průvodce po pražských čtortích [online]. Praha: Petr Ryska,
38 2014 [cit. 2021-04-19]. Dostupné z: <https://www.prahaneznama.cz/praha-5/stodulky/vecerni-sidliste-velka-ohrada/>

Historie osídlení pražské kotliny [online]. Praha: Český statistický úřad, 2014
39 [cit. 2021-04-19]. Dostupné z: https://www.czso.cz/csu/czso/13-1111-03-rok_2001-2__vyvoj_sidelni_struktury

Analýza dopravy v klidu pro území MČ Praha 13 [online]. Praha: Městská
40 část Praha 13, 2011 [cit. 2021-04-19]. Dostupné z:
] <https://www.praha13.cz/file/zM81/Textova-cast.pdf>

Jan Bočan: Ryzí architekt šedesátých let [online]. Česká republika: EARCH,
41] 2017 [cit. 2021-04-30]. Dostupné z: <https://www.earch.cz/cs/revue/jan-bocan-ryzi-architekt-sedesatych-let>

Další pozitivní posun v parkování na Velké Ohradě [online]. Praha: DIS
42 MEDIA, S.R.O., 2012 [cit. 2021-04-30]. Dostupné z:

] <http://stop.p13.cz/cs/brezen-2012/dalsi-pozitivni-posun-v-parkovani-na-velke-ohrade/4106/>

MIKOVÁ, Lenka. *Specifika zásahů jednotek požární ochrany při zdolávání*
43 *mimořádných událostí v hustě obydlených částech měst a obcí*. Kladno, 2018.

] Bakalářská práce. České vysoké učení technické v Praze. Vedoucí práce Kpt.
Ing. Mgr. Hynek Černý.

HORÁK, Richard. *Fyzikální základy laserových dálkoměrů a gyroskopů*. 1.
44 vyd. Olomouc: Chlup.net, 2012. ISBN 978-80-903958-6-2.

]

SROVNAL, Vilém. *Elektrotechnická měření: měřicí přístroje : pro SPŠ*
45 *elektrotechnické*. Vyd. 1. Praha: Informatorium, 2008. ISBN 978-80-7333-062-0.

]

MATJAŽ, Mihelj, Tadej BAJD, Aleš UDE, Jadran LENARČIČ, Aleš
46 STANOVNIK, Marko MUNIH, Jure REIC a Sebastjan ŠLAJPAH. *Robotics*.
] 2nd edition. Cham: Springer International Publishing AG, 2019. ISBN 978-3-
319-72910-7.

ŠVEHLA, Štefan a Zdenko FIGURA. *Ultrazvuk v technológii*. 1.vyd.
47 Bratislava: Alfa, 1984. Edícia elektrotechnickej literatúry (Alfa).

]

EISELE, Andreas. *Millimeter-Precision Laser Rangefinder Using a Low-Cost Photon Counter*. Saint Philip Street Press, 2020. ISBN 1013282310.

]

Raspberry Pi 3 Model B+ [online]. The Raspberry Pi Foundation [cit. 2021-05-01]. Dostupné z: [https://www.raspberrypi.org/products/raspberry-pi-3-](https://www.raspberrypi.org/products/raspberry-pi-3-model-b-plus/)

] [model-b-plus/](https://www.raspberrypi.org/products/raspberry-pi-3-model-b-plus/)

Raspberry Pi 3 Model B+ [online]. Raspberry Pi Foundation [cit. 2021-05-12]. Dostupné z: [https://static.raspberrypi.org/files/product-](https://static.raspberrypi.org/files/product-briefs/Raspberry-Pi-Model-Bplus-Product-Brief.pdf)

] [briefs/Raspberry-Pi-Model-Bplus-Product-Brief.pdf](https://static.raspberrypi.org/files/product-briefs/Raspberry-Pi-Model-Bplus-Product-Brief.pdf)

VODA, Zbyšek. *Průvodce světem Arduina*. Vydání první. Bučovice: Martin Stříž, 2015. ISBN 978-80-87106-90-7.

]

Arduino store [online]. 2021 [cit. 2021-04-26]. Dostupné z: <https://store.arduino.cc/arduino-uno-rev3>

]

NEO-6 u-blox 6 GPS Modules [online]. [cit. 2021-04-26]. Dostupné z: <https://drive.google.com/open?id=0B4B30jzMyzG8S0VtcWM5dFBvM1U>

]

Ultrasonic Ranging Module HC - SR04 [online]. [cit. 2021-04-28]. Dostupné z: [https://www.electroschematics.com/wp-](https://www.electroschematics.com/wp-content/uploads/2013/07/HCSR04-datasheet-version-1.pdf)

] [content/uploads/2013/07/HCSR04-datasheet-version-1.pdf](https://www.electroschematics.com/wp-content/uploads/2013/07/HCSR04-datasheet-version-1.pdf)

Co je AutoCAD? [online]. Autodesk, Inc., 2021 [cit. 2021-05-13]. Dostupné
55 z: <https://www.autodesk.cz/products/autocad/overview?term=1->
] YEAR#what-is-autocad

GPIO [online]. 2021 [cit. 2021-05-13]. Dostupné z:
56 <https://cs.wikipedia.org/wiki/GPIO>
]

Introduction to Raspberry Pi 3 B+ [online]. [cit. 2021-05-10]. Dostupné z:
57 [https://www.theengineeringprojects.com/2018/07/introduction-to-raspberry-](https://www.theengineeringprojects.com/2018/07/introduction-to-raspberry-pi-3-b-plus.html)
] pi-3-b-plus.html

Use Neo 6M GPS Module with Raspberry Pi and Python [online]. 2019 [cit.
58 2021-05-13]. Dostupné z: [https://sparklers-the-](https://sparklers-the-makers.github.io/blog/robotics/use-neo-6m-module-with-raspberry-pi/)
] makers.github.io/blog/robotics/use-neo-6m-module-with-raspberry-pi/

Raspberry Pi & the Neo 6M GPS [online]. Autodesk, Inc., 2021 [cit. 2021-05-
59 13]. Dostupné z: [https://www.instructables.com/Raspberry-Pi-the-Neo-6M-](https://www.instructables.com/Raspberry-Pi-the-Neo-6M-GPS/)
] GPS/

NEO6MV2 GPS Module with Raspberry PI [online]. 2021 [cit. 2021-05-13].
60 Dostupné z: [https://www.xarg.org/2016/06/neo6mv2-gps-module-with-](https://www.xarg.org/2016/06/neo6mv2-gps-module-with-raspberry-pi/)
] raspberry-pi/

GPS.JS [online]. GitHub, Inc, 2021 [cit. 2021-05-10]. Dostupné z:
61 <https://github.com/infusion/GPS.js>
]

Haversine vzorec - Haversine formula Haversine vzorec -

62 https://cs.other.wiki/wiki/Haversine_formula [online]. 2021 [cit. 2021-05-10].

] Dostupné z: https://cs.other.wiki/wiki/Haversine_formula

Compute the Distance Between Points (Vector, GPS) using Python [online].

63 Medium, 2020 [cit. 2021-05-04]. Dostupné z:

] <https://swayanshu.medium.com/compute-the-distance-between-points-vector-gps-using-python-8ad6ec72683f>

Formula to Find Bearing or Heading angle between two points: Latitude

64 *Longitude* [online]. 2021 [cit. 2021-05-10]. Dostupné z:

] <https://www.igismap.com/formula-to-find-bearing-or-heading-angle-between-two-points-latitude-longitude/>

Multiple HC-SR04 with Arduino using interrupts [online]. [cit. 2021-05-10].

65 Dostupné z: [http://kunoichi.be/projects/arduino-and-detecting-objects-with-](http://kunoichi.be/projects/arduino-and-detecting-objects-with-multiple-hc-sr04-sensor/)

] [multiple-hc-sr04-sensor/](http://kunoichi.be/projects/arduino-and-detecting-objects-with-multiple-hc-sr04-sensor/)

Speed of sound vs. temperature and relative humidity according to [2], $p = 101.3$

66 *kP a, 314 ppm CO₂* . [online]. ResearchGate GmbH., © 2008-2021 [cit. 2021-

] 05-10]. Dostupné z: https://www.researchgate.net/figure/Speed-of-sound-vs-temperature-and-relative-humidity-according-to-2-p-1013-kPa_fig9_51873087

Praha-Karlov [online]. 2021 [cit. 2021-05-10]. Dostupné z:

67 [https://www.chmi.cz/aktualni-situace/aktualni-stav-pocasi/ceska-](https://www.chmi.cz/aktualni-situace/aktualni-stav-pocasi/ceska-republika/stanice/profesionalni-stanice/prehled-stanic/praha-karlov)

] [republika/stanice/profesionalni-stanice/prehled-stanic/praha-karlov](https://www.chmi.cz/aktualni-situace/aktualni-stav-pocasi/ceska-republika/stanice/profesionalni-stanice/prehled-stanic/praha-karlov)

Praha-Ruzyně [online]. 2021 [cit. 2021-05-10]. Dostupné z:
68 [https://www.chmi.cz/aktualni-situace/aktualni-stav-pocasi/ceska-](https://www.chmi.cz/aktualni-situace/aktualni-stav-pocasi/ceska-republika/stanice/professionalni-stanice/prehled-stanic/praha-ruzyne)
] [republika/stanice/professionalni-stanice/prehled-stanic/praha-ruzyne](https://www.chmi.cz/aktualni-situace/aktualni-stav-pocasi/ceska-republika/stanice/professionalni-stanice/prehled-stanic/praha-ruzyne)

Tontechnik-Rechner-Sengpielaudio [online]. [cit. 2021-05-13]. Dostupné z:
69 <http://www.sengpielaudio.com/calculator-airpressure.htm>
]

Mercedes-Benz Sprinter Dimensions 2017 [online]. Carsguide Autotrader
70 Media Solutions Pty Ltd., 2021 [cit. 2021-05-10]. Dostupné z:
] [https://www.carsguide.com.au/mercedes-benz/sprinter/car-](https://www.carsguide.com.au/mercedes-benz/sprinter/car-dimensions/2017)
[dimensions/2017](https://www.carsguide.com.au/mercedes-benz/sprinter/car-dimensions/2017)

Výpočet průměru otočení automobilu a úhlu natočení kol řízené nápravou
71] [online]. © 2009-2021 [cit. 2021-05-10]. Dostupné z:
[https://www.okhelp.cz/auto-moto/vypocet-nejmensi-prumer-otoceni-](https://www.okhelp.cz/auto-moto/vypocet-nejmensi-prumer-otoceni-automobilu/)
[automobilu/](https://www.okhelp.cz/auto-moto/vypocet-nejmensi-prumer-otoceni-automobilu/)

RPLIDAR A3 [online]. Shanghai Slamtec Co., Ltd., © 2013-2017 [cit. 2021-
72 05-13]. Dostupné z:
] [https://www.generationrobots.com/media/LD310_SLAMTEC_rplidar_datas-](https://www.generationrobots.com/media/LD310_SLAMTEC_rplidar_datasheet_A3M1_v1.0_en.pdf)
[heet_A3M1_v1.0_en.pdf](https://www.generationrobots.com/media/LD310_SLAMTEC_rplidar_datasheet_A3M1_v1.0_en.pdf)

Dron nasnímal výškovou techniku pražských hasičů, snímky pomohou k
73 *průjezdnosti ulic* [online]. 2021 [cit. 2021-05-10]. Dostupné z:
] [https://www.hzscr.cz/clanek/dron-nasnimal-vyskovou-techniku-prazskych-](https://www.hzscr.cz/clanek/dron-nasnimal-vyskovou-techniku-prazskych-hasicu-snimky-pomohou-k-projektovani-prujezdnosti-ulic.aspx)
[hasicu-snimky-pomohou-k-projektovani-prujezdnosti-ulic.aspx](https://www.hzscr.cz/clanek/dron-nasnimal-vyskovou-techniku-prazskych-hasicu-snimky-pomohou-k-projektovani-prujezdnosti-ulic.aspx)

Snímkování vlečných křivek v sídlišti [online]. 3 metry k životu [cit. 2021-05-74 10]. Dostupné z: <https://www.facebook.com/watch/?v=282164739685216>
]

Detection of Road Passability from Social Media and Satellite Images [online]. 75 [cit. 2021-05-10]. Dostupné z: http://ceur-ws.org/Vol-2283/MediaEval_18_paper_49.pdf
]

Road passability estimation using deep neural network and satellite image patches [online]. [cit. 2021-05-10]. Dostupné z:
] https://www.researchgate.net/profile/Stelios-Andreadis-3/publication/331960120_ROAD_PASSABILITY_ESTIMATION_USING_DEEP_NEURAL_NETWORKS_AND_SATELLITE_IMAGE_PATCHES/links/5c94ee5d45851506d724666d/ROAD-PASSABILITY-ESTIMATION-USING-DEEP-NEURAL-NETWORKS-AND-SATELLITE-IMAGE-PATCHES.pdf

Trouble Accessing Pi's RX and TX With Serial1 [online]. [cit. 2021-05-10]. 77 Dostupné z: <https://community.particle.io/t/trouble-accessing-pis-rx-and-tx-with-serial1/27621>
]

MARTINEK, Radislav. *Senzory v průmyslové praxi*. 1. vyd. Praha: BEN - 78 technická literatura, 2004. ISBN 80-7300-114-4.
]

Mapy.cz [online]. Seznam.cz, a.s, © 1996–2021 [cit. 2021-05-13]. Dostupné z: 79 <https://mapy.cz/zakladni?x=14.3369879&y=50.0364132&z=16&source=area&i>
] d=13800

8 POUŽITÉ LITERATURY

[1] *3 metry k životu – Když jde o život, přeparkovat nestihnete!* [online]. Česká republika: MV-generální ředitelství Hasičského záchranného sboru ČR, 2021 [cit. 2021-05-10]. Dostupné z: <https://www.hzscr.cz/clanek/3-metry-k-zivotu-kdyz-jde-o-zivot-preparkovat-nestihnete.aspx>

[2] *Zákon č. 239/2000 Sb., zákon o integrovaném záchranném systému a o změně některých zákonů.* In: . Česká republika: Sbírka zákonů, ročník 2000, č. 239.

[3] ŠENOVSÝ, Michail, Vilém ADAMEC a Zdeněk HANUŠKA. *Integrovaný záchranný systém.* 2. vyd. V Ostravě: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2007. Spektrum (Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství). ISBN 978-80-7385-007-4.

[4] HANUŠKA, Dr. Ing. Zdeněk, Ing. Květoslava SKALSKÁ a Ing. Milan DUBSKÝ. *Integrovaný záchranný systém a požární ochrana. Modul I.* První. Praha: MV-generální ředitelství Hasičského záchranného sboru ČR, 2010. ISBN 978-80-86640-59-4.

[5] *Zákon č.1/1993 Sb., Ústava České republiky.* In: . Česká republika: Sbírka zákonů, 1993, ročník 1993, č. 1.

[6] *Zákon č. 300/2000 Sb. Ústavní zákon, kterým se mění ústavní zákon č. 1/1993 Sb., Ústava České republiky, ve znění ústavního zákona č. 347/1997 Sb., a ústavní zákon č. 110/1998 Sb., o bezpečnosti České republiky.* In: . Česká republika: Sbírka zákonů, ročník 2000, č. 300.

[7] *Zákon č. 110/1998 Sb., Ústavní zákon o bezpečnosti České republiky*. In: . Česká republika: Sbírka zákonů, ročník 1998, č. 110.

[8] *Zákon č. 241/2000 Sb., zákon o hospodářských opatřeních pro krizové stavy a o změně některých souvisejících zákonů*. In: . Česká republika: Sbírka zákonů, ročník 2000, č. 241.

[9] *Zákon č. 240/2000 Sb., zákon o krizovém řízení a o změně některých zákonů (krizový zákon)*. In: . Česká republika: Sbírka zákonů, ročník 2000, č. 240.

[10] *Krizové zákony: krizový zákon, integrovaný záchranný systém, hospodářská opatření pro krizové stavy, obnova území ; Hasičský záchranný sbor ; Požární ochrana : zákony, nařízení vlády, vyhlášky : redakční uzávěrka .. Ostrava: Sagit, 2007. ÚZ. ISBN 978-80-7488-333-0.*

[11] *Zákon č. 222/1999 Sb., zákon o zajišťování obrany České republiky*. In: . Česká republika: Sbírka zákonů, ročník 1999, č. 222.

[12] ŠTĚTINA, Jiří. *Zdravotnictví a integrovaný záchranný systém při hromadných neštěstích a katastrofách*. 1. vyd. Praha: Grada, 2014. ISBN 978-80-247-4578-7.

[13] VÍŠEK, Jiří. *Organizace záchranných činností v České republice*. Vyd. 1. Praha: Univerzita Jana Amose Komenského, 2012. ISBN 978-80-7452-028-0.

[14] KRATOCHVÍL, Michal a Václav KRATOCHVÍL. *Technické prostředky požární ochrany*. 1. vyd. V Ostravě: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2009. Spektrum (Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství). ISBN 978-80-7385-064-7.

[15] *T 815-721R52 18 280 4x4.1* [online]. Česká republika: TATRA, a.s. [cit. 2021-05-02]. Dostupné z: https://www.tatra.cz/underwood/download/files/tatra-t815-721r52_cz.pdf

[16] *Cisternová automobilová stříkačka 20/4300/300 – S 3 R TATRA T815-7 4x4.1* [online]. Česká republika: MV-generální ředitelství Hasičského záchranného sboru ČR, 2021 [cit. 2021-05-02]. Dostupné z: <https://www.hzscr.cz/clanek/cisternova-automobilova-striacka-20-4300-300-s-3-r-tatra-t815-7-4x4-1.aspx>

[17] *Vozy RZP* [online]. Česká republika: Zdravotnická záchranná služba hl. m. Prahy, 2018 [cit. 2021-05-12]. Dostupné z: <https://www.zzshmp.cz/vozovy-park/vozy-rychle-zdravotnicke-pomoci/>

[18] *Zákon č. 13/1997 Sb., zákon o pozemních komunikacích*. In: Česká republika: Sbírka zákonů, ročník 1997, č. 13.

[19] *Vyhláška č. 104/1997 Sb., vyhláška Ministerstva dopravy a spojů, kterou se provádí zákon o pozemních komunikacích*. In: Česká republika: Sbírka zákonů, ročník 1997, č. 104.

[20] *Zákon č. 361/2000 Sb., zákon o provozu na pozemních komunikacích a o změnách některých zákonů*. In: Česká republika: Sbírka zákonů, ročník 2000, č. 361

[21] KVARČÁK, Miloš. *Základy požární ochrany*. 1. vyd. Ostrava: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2005. ISBN 80-86634-76-0.

[22] *Zákon č. 133/1985 Sb. Zákon České národní rady o požární ochraně*. In: Česká republika: Sbírka zákonů, ročník 1985, č. 133

[23] *Nesprávné parkování* [online]. Česká republika [cit. 2021-05-02]. Dostupné z: <http://www.hzsmsk.cz/sklad/kraoo/cervenec07.pdf>

[24] *Vyhláška č. 23/2008 Sb., o technických podmínkách požární ochrany staveb.*

[25] TRČKA, Martin. *Provádění požárního zásahu*. 1. vyd. V Ostravě: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2013. Spektrum (Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství). ISBN 978-80-7385-135-4.

[26] KUPILÍK, Václav, ed. *Stavební konstrukce z požárního hlediska dle evropských norem: textové materiály projektu Celoživotní vzdělávání v požární ochraně ...* Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2007. ISBN 978-80-01-03581-8.

[27] *Stavební zákon a další předpisy: ... : texty všech předpisů od ..* Ostrava: Sagit, 2006. ÚZ. ISBN 978-80-7488-431-3.

[28] TYWONIAK, Jan. *Pozemní stavitelství VI: pro SPŠ stavební : stavební fyzika, zdravotní nezávadnost a požární bezpečnost staveb*. 1. vyd. Praha: Grada, 2014. Studium (Grada). ISBN 978-80-247-5102-3.

[29] MÓZER, Vladimír. *Aktívne a pasívne systémy požiarnej ochrany*. Bratislava: Vydavateľstvo Eurostav, 2018. ISBN 978-80-89228-59-1.

[30] PEKAR, Vasil Silvestr. *Zjišťování příčin požárů v rámci státního požárního dozoru*. 1. vyd. V Ostravě: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2011. Spektrum (Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství). ISBN 978-80-7385-107-1.

[31] *Zákon č. 183/2006 Sb., zákon o územním plánování a stavebním řádu (stavební zákon)*. In: . Česká republika: Sběrka zákonů, ročník 2006, č. 183.

[32] LALÍK, Michal. *Prováděcí vyhlášky ke stavebnímu zákonu*. Vyd. 1. V Praze: C.H. Beck, 2011. C.H. Beck pro praxi. ISBN 978-80-7400-378-3.

[33] *Vyhláška č. 246/2001 Sb. , vyhláška Ministerstva vnitra o stanovení podmínek požární bezpečnosti a výkonu státního požárního dozoru (vyhláška o požární prevenci)*. In: . Česká republika: Sběrka zákonů, ročník 2001, číslo 246.

[34] *Kvůli špatně zaparkovaným autům měli hasiči problém se dostat k požáru balkonu v nejvyšším patře panelového domu* [online]. 2020 [cit. 2021-05-13]. Dostupné z: <https://hradecka.drba.cz/zpravy/7299-kvuli-spatne-zaparkovanym-autum-meli-hasici-problem-se-dostat-k-pozaru-balkonu-v-nejvyssim-patre-paneloveho-domu.html>

[35] *V paneláku v Bohnicích hořela kuchyň, hasičům překážela zaparkovaná auta* [online]. 2017 [cit. 2021-05-13]. Dostupné z: https://www.idnes.cz/praha/zpravy/pozar-bohnice-kuchyn.A170503_164434_praha-zpravy_rsr

[36] *Špatně parkující auta bránila hasičům v příjezdu k požáru. Museli je odřít* [online]. Česká republika: FTV Prima, spol. s r.o. a dodavatelé obsahu, 2020 [cit. 2021-05-13]. Dostupné z: <https://www.autosalon.tv/novinky/ridicuv-chleba/spatne-zaparkovana-auta-branila-hasicum-v-prujezdu-odreli-sve-cisterny-i-ta-auta>

[37] *Analýza potřeb v hlavním městě Praze* [online]. Praha: Magistrát hlavního města Prahy, 2016 [cit. 2021-05-05]. Dostupné z: <https://kap-praha.cz/dokumenty/1523974205-analyza-potreb-v-hlavnim-meste-praze-uzemi.pdf>

[38] *Praha neznámá, průvodce po pražských čtvrtích* [online]. Praha: Petr Ryska, 2014 [cit. 2021-04-19]. Dostupné z: <https://www.prahaneznam.cz/praha-5/stodulky/vecerni-sidliste-velka-ohrada/>

[39] *Historie osídlení pražské kotliny* [online]. Praha: Český statistický úřad, 2014 [cit. 2021-04-19]. Dostupné z: https://www.czso.cz/csu/czso/13-1111-03-rok_2001-2__vyvoj_sidelni_struktury

[40] *Analýza dopravy v klidu pro území MČ Praha 13* [online]. Praha: Městská část Praha 13, 2011 [cit. 2021-04-19]. Dostupné z: <https://www.praha13.cz/file/zM81/Textova-cast.pdf>

[41] *Jan Bočan: Ryzí architekt šedesátých let* [online]. Česká republika: EARCH, 2017 [cit. 2021-04-30]. Dostupné z: <https://www.earch.cz/cs/revue/jan-bocan-ryzi-architekt-sedesaty-let>

[42] *Další pozitivní posun v parkování na Velké Ohradě* [online]. Praha: DIS MEDIA, S.R.O., 2012 [cit. 2021-04-30]. Dostupné z: <http://stop.p13.cz/cs/brezen-2012/dalsi-pozitivni-posun-v-parkovani-na-velke-ohrade/4106/>

[43] MIKOVÁ, Lenka. *Specifika zásahů jednotek požární ochrany při zdolávání mimořádných událostí v hustě obydlených částech měst a obcí*. Kladno, 2018. Bakalářská práce. České vysoké učení technické v Praze. Vedoucí práce Kpt. Ing. Mgr. Hynek Černý.

[44] HORÁK, Richard. *Fyzikální základy laserových dálkoměrů a gyroskopů*. 1. vyd. Olomouc: Chlup.net, 2012. ISBN 978-80-903958-6-2.

[45] SROVNAL, Vilém. *Elektrotechnická měření: měřicí přístroje : pro SPŠ elektrotechnické*. Vyd. 1. Praha: Informatorium, 2008. ISBN 978-80-7333-062-0.

[46] MATJAZ, Mihej, Tadej BAJD, Aleš UDE, Jadran LENARČIČ, Aleš STANOVNIK, Marko MUNIH, Jure REIC a Sebastjan ŠLAJPAH. *Robotics*. 2nd edition. Cham: Springer International Publishing AG, 2019. ISBN 978-3-319-72910-7.

[47] ŠVEHLA, Štefan a Zdenko FIGURA. *Ultrazvuk v technológii*. 1.vyd. Bratislava: Alfa, 1984. Edícia elektrotechnickej literatúry (Alfa).

[48] EISELE, Andreas. *Millimeter-Precision Laser Rangefinder Using a Low-Cost Photon Counter*. Saint Philip Street Press, 2020. ISBN 1013282310.

[49] *Raspberry Pi 3 Model B+* [online]. The Raspberry Pi Foundation [cit. 2021-05-01]. Dostupné z: <https://www.raspberrypi.org/products/raspberry-pi-3-model-b-plus/>

[50] *Raspberry Pi 3 Model B+* [online]. Raspberry Pi Foundation [cit. 2021-05-12]. Dostupné z: <https://static.raspberrypi.org/files/product-briefs/Raspberry-Pi-Model-Bplus-Product-Brief.pdf>

[51] VODA, Zbyšek. *Průvodce světem Arduina*. Vydání první. Bučovice: Martin Stříž, 2015. ISBN 978-80-87106-90-7.

[52] *Arduino store* [online]. 2021 [cit. 2021-04-26]. Dostupné z: <https://store.arduino.cc/arduino-uno-rev3>

[53] *NEO-6 u-blox 6 GPS Modules* [online]. [cit. 2021-04-26]. Dostupné z: <https://drive.google.com/open?id=0B4B30jzMyzG8S0VtcWM5dFBvM1U>

[54] *Ultrasonic Ranging Module HC - SR04* [online]. [cit. 2021-04-28]. Dostupné z: <https://www.electroschematics.com/wp-content/uploads/2013/07/HCSR04-datasheet-version-1.pdf>

[55] *Co je AutoCAD?* [online]. Autodesk, Inc., 2021 [cit. 2021-05-13]. Dostupné z: <https://www.autodesk.cz/products/autocad/overview?term=1-YEAR#what-is-autocad>

[56] *GPIO* [online]. 2021 [cit. 2021-05-13]. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/GPIO>

[57] *Introduction to Raspberry Pi 3 B+* [online]. [cit. 2021-05-10]. Dostupné z: <https://www.theengineeringprojects.com/2018/07/introduction-to-raspberry-pi-3-b-plus.html>

[58] *Use Neo 6M GPS Module with Raspberry Pi and Python* [online]. 2019 [cit. 2021-05-13]. Dostupné z: <https://sparklers-themakers.github.io/blog/robotics/use-neo-6m-module-with-raspberry-pi/>

[59] *Raspberry Pi & the Neo 6M GPS* [online]. Autodesk, Inc., 2021 [cit. 2021-05-13]. Dostupné z: <https://www.instructables.com/Raspberry-Pi-the-Neo-6M-GPS/>

[60] *NEO6MV2 GPS Module with Raspberry PI* [online]. 2021 [cit. 2021-05-13]. Dostupné z: <https://www.xarg.org/2016/06/neo6mv2-gps-module-with-raspberry-pi/>

[61] *GPS.JS* [online]. GitHub, Inc, 2021 [cit. 2021-05-10]. Dostupné z: <https://github.com/infusion/GPS.js>

[62] *Haversine vzorec - Haversine formula Haversine vzorec -* https://cs.other.wiki/wiki/Haversine_formula [online]. 2021 [cit. 2021-05-10]. Dostupné z: https://cs.other.wiki/wiki/Haversine_formula

[63] *Compute the Distance Between Points (Vector, GPS) using Python* [online]. Medium, 2020 [cit. 2021-05-04]. Dostupné z:

<https://swayanshu.medium.com/compute-the-distance-between-points-vector-gps-using-python-8ad6ec72683f>

[64] *Formula to Find Bearing or Heading angle between two points: Latitude Longitude* [online]. 2021 [cit. 2021-05-10]. Dostupné z: <https://www.igismap.com/formula-to-find-bearing-or-heading-angle-between-two-points-latitude-longitude/>

[65] *Multiple HC-SR04 with Arduino using interrupts* [online]. [cit. 2021-05-10]. Dostupné z: <http://kunoichi.be/projects/arduino-and-detecting-objects-with-multiple-hc-sr04-sensor/>

[66] *Speed of sound vs. temperature and relative humidity according to [2], $p = 101.3$ kPa, 314 ppm CO₂*. [online]. ResearchGate GmbH., © 2008-2021 [cit. 2021-05-10]. Dostupné z: https://www.researchgate.net/figure/Speed-of-sound-vs-temperature-and-relative-humidity-according-to-2-p-1013-kPa_fig9_51873087

[67] *Praha-Karlov* [online]. 2021 [cit. 2021-05-10]. Dostupné z: <https://www.chmi.cz/aktualni-situace/aktualni-stav-pocasi/ceska-republika/stanice/profesionalni-stanice/prehled-stanic/praha-karlov>

[68] *Praha-Ruzyně* [online]. 2021 [cit. 2021-05-10]. Dostupné z: <https://www.chmi.cz/aktualni-situace/aktualni-stav-pocasi/ceska-republika/stanice/profesionalni-stanice/prehled-stanic/praha-ruzyne>

[69] *Tontechnik-Rechner-Sengpielaudio* [online]. [cit. 2021-05-13]. Dostupné z: <http://www.sengpielaudio.com/calculator-airpressure.htm>

[70] *Mercedes-Benz Sprinter Dimensions 2017* [online]. Carsguide Autotrader Media Solutions Pty Ltd., 2021 [cit. 2021-05-10]. Dostupné z: <https://www.carsguide.com.au/mercedes-benz/sprinter/car-dimensions/2017>

[71] *Výpočet průměru otočení automobilu a úhlu natočení kol řízené nápravy* [online]. © 2009-2021 [cit. 2021-05-10]. Dostupné z: <https://www.okhelp.cz/automoto/vypocet-nejmensi-prumer-otoceni-automobilu/>

[72] *RPLIDAR A3* [online]. Shanghai Slamtec Co., Ltd., © 2013-2017 [cit. 2021-05-13]. Dostupné z: https://www.generationrobots.com/media/LD310_SLAMTEC_rplidar_datasheet_A3M1_v1.0_en.pdf

[73] *Dron nasnímal výškovou techniku pražských hasičů, snímky pomohou k průjezdnosti ulic* [online]. 2021 [cit. 2021-05-10]. Dostupné z: <https://www.hzscr.cz/clanek/dron-nasnimal-vyskovou-techniku-prazskych-hasicu-snimky-pomohou-k-projektovani-prujezdnosti-ulic.aspx>

[74] *Snímkování vlečných křivek v sídlišti* [online]. 3 metry k životu [cit. 2021-05-10]. Dostupné z: <https://www.facebook.com/watch/?v=282164739685216>

[75] *Detection of Road Passability from Social Media and Satellite Images* [online]. [cit. 2021-05-10]. Dostupné z: http://ceur-ws.org/Vol-2283/MediaEval_18_paper_49.pdf

[76] *Road passability estimation using deep neural network and satellite image patches* [online]. [cit. 2021-05-10]. Dostupné z: https://www.researchgate.net/profile/Stelios-Andreadis-3/publication/331960120_ROAD_PASSABILITY_ESTIMATION_USING_DEEP_NEURAL_NETWORKS_AND_SATELLITE_IMAGE_PATCHES/links/5c94ee5d4

5851506d724666d/ROAD-PASSABILITY-ESTIMATION-USING-DEEP-NEURAL-NETWORKS-AND-SATELLITE-IMAGE-PATCHES.pdf

[77] *Trouble Accessing Pi's RX and TX With Serial1* [online]. [cit. 2021-05-10]. Dostupné z: <https://community.particle.io/t/trouble-accessing-pis-rx-and-tx-with-serial1/27621>

[78] MARTINEK, Radislav. *Senzory v průmyslové praxi*. 1. vyd. Praha: BEN - technická literatura, 2004. ISBN 80-7300-114-4.

[79] *Mapy.cz* [online]. Seznam.cz, a.s, © 1996–2021 [cit. 2021-05-13]. Dostupné z: <https://mapy.cz/zakladni?x=14.3369879&y=50.0364132&z=16&source=area&id=13800>

9 SEZNAM POUŽITÝCH OBRÁZKŮ

Obrázek 1 - Tatra 815-7T 815-721R52 [15]	18
Obrázek 2 Mercedes Benz Sprinter 513 CDI [17]	19
Obrázek 3 - Zapojení dálkoměrů; obrázek autora.....	38
Obrázek 4 - Raspberry Pi 3 B+ vstupy [57]	39
Obrázek 5- Zapojení GPS modulu k minipočítači Raspberry; obrázek autora	40
Obrázek 6 - Propojení Raspberry Pi a Arduine; obrázek autora	41
Obrázek 7 - Schéma propojení minipočítačů, obrázek autora	43
Obrázek 8 - Testování zařízení v simulovaných podmínkách; obrázek autora	44
Obrázek 9 - Uchycení zařízení na průzkumné vozidlo; obrázek autora	47
Obrázek 10 - Vizualizace tras měření; obrázek autora; (upravený) [78].....	49
Obrázek 11 – Pravoúhlý trojúhelní; obrázek autora	54
Obrázek 12 - Překážka v průjezdu v ulici Kurzová; obrázek autora	57
Obrázek 13 - Korelace s mapovým podkladem; obrázek autora.....	62
Obrázek 14 - Výsledky měření; obrázek autora	65
Obrázek 15 – Chyba při výkresu trasy; obrázek autora.....	65
Obrázek 16 - Průjezd vozidla ZZS trasou č.1; obrázek autora.....	67
Obrázek 17 - Průjezd vozidla ZZS trasou č.2; obrázek autora	68
Obrázek 18- Průjezd vozidla ZZS trasou č.3; obrázek autora.....	69
Obrázek 19 - Průjezd vozidla HZS trasou č.1; obrázek autora.....	70
Obrázek 20-Průjezd vozidla HZS trasou č.2; obrázek autora.....	71
Obrázek 21 - Průjezd vozidla HZS trasou č.3; obrázek autora	72
Obrázek 22- Protiprávní parkování na kruhovém objezdu; obrázek autora .	73
Obrázek 23 - Parametry přístroje RPLidar [72]	81

10 SEZNAM TABULEK A GRAFŮ

Tabulka 1 - Výpočet aktuální rychlosti zvuku; práce autora.....	56
Tabulka 2 – Příklady zápisu dat měření.....	58
Graf 1 - Vliv teploty a vlhkosti vzduchu na rychlost zvuku [61]	51
Graf 2 - Vliv teploty a atmosférického tlaku na rychlost zvuku [71].....	52

11 SEZNAM PŘÍLOH

Příloha č. 1 – Program pro Arduino

Příloha č. 2 – Program pro Raspberry

Příloha č. 3 – Výsledná mapa v programu AutoCAD

Příloha č. 4 – Kompletní tabulka naměřených hodnot