



**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ**

FAKULTA DOPRAVNÍ

Rozálie Metelková

**ANALÝZA PROCESU VYUŽÍVÁNÍ PARKOVACÍCH MÍST**

**V PRAZE**

**Bakalářská práce**

2021



**K617..... Ústav logistiky a managementu dopravy**

**ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE**  
(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení studenta (včetně titulů):

**Rozálie Metelková**

Kód studijního programu a studijní obor studenta:

**B 3710 – LOG – Logistika a řízení dopravních procesů**

Název tématu (česky): **Analýza procesu monitoringu využívání  
parkovacích míst**

Název tématu (anglicky): Analysis of the Process of Monitoring the Usage of Parking  
Spaces

**Zásady pro vypracování**

Při zpracování bakalářské práce se řiďte následujícími pokyny:

- Problematika parkování na vybraném území - zmapování faktorů ovlivňující monitorovací proces
- Formulace problému a možnosti jeho řešení
- Komparace metod a výběr vhodné metody pro řešení
- Aplikace vybrané metody na zadané části sítě
- Zhodnocení dosažených výsledků



Rozsah grafických prací: dle pokynů vedoucích bakalářské práce

Rozsah průvodní zprávy: minimálně 35 stran textu (včetně obrázků, grafů a tabulek, které jsou součástí průvodní zprávy)

Seznam odborné literatury: JANÁČEK, J.: Optimalizace na dopravních sítích, 1. vydání, EDIS, Žilina, 2003, ISBN 80-8070-031-1  
DEMEL, J.: Grafy a jejich aplikace, 1. vydání, Academia, Praha, 2002, ISBN 80-200-0990-6

Vedoucí bakalářské práce: **doc. Ing. Denisa Mocková, Ph.D.**  
**doc. Ing. Dušan Teichmann, Ph.D.**

Datum zadání bakalářské práce: **30. září 2020**  
(datum prvního zadání této práce, které musí být nejpozději 10 měsíců před datem prvního předpokládaného odevzdání této práce vyplývajícího ze standardní doby studia)

Datum odevzdání bakalářské práce: **9. srpna 2021**

- a) datum prvního předpokládaného odevzdání práce vyplývající ze standardní doby studia a z doporučeného časového plánu studia  
b) v případě odkladu odevzdání práce následující datum odevzdání práce vyplývající z doporučeného časového plánu studia

doc. Ing. Tomáš Horák, Ph.D.  
vedoucí  
Ústavu logistiky a managementu dopravy



doc. Ing. Pavel Hrubeš, Ph.D.  
děkan fakulty

Potvrzuji převzetí zadání bakalářské práce.

Rozálie Metelková  
jméno a podpis studenta

V Praze dne ..... 30. září 2020

## Prohlášení

Prohlašuji, že jsem předloženou práci vypracovala samostatně a že jsem uvedla veškeré použité informační zdroje v souladu s Metodickým pokynem o dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací.

Nemám závažný důvod proti užívání 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).

V České Skalici dne 08.08.2021



.....

Rozálie Metelková

## **Poděkování**

Na začátku bych ráda poděkovala všem lidem, kteří se podíleli na vzniku této mé bakalářské práce. Na prvním místě vřele děkuji vedoucím mé práce, doc. Ing. Denise Mockové, Ph.D. a doc. Ing. Dušanu Teichmannovi, Ph.D., za příkladné pedagogické a odborné vedení, za velké množství informací a podnětů, které mi poskytli a za čas, který mi věnovali. Další díky patří kolektivu pracovníků firmy Cortec s.r.o. za jejich součinnost s mojí prací, za teoretické i praktické zázemí, které mi vytvořili, za perfektní spolupráci, kterou nenarušila ani náročná pandemická doba. Na závěr bych upřímně ráda poděkovala své rodině a mým přátelům, kteří mi byli trpělivou a empatickou oporou během tvorby této práce i po celou dobu bakalářského studia.

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta dopravní

Ústav logistiky a managementu dopravy

## **ANALÝZA PROCESU MONITORINGU VYUŽÍVÁNÍ PARKOVACÍCH MÍST**

Bakalářská práce

srpen 2021

Rozálie Metelková

### **Abstrakt**

Předmětem této bakalářské práce „Analýza procesu monitoringu parkovacích míst“ je analyzovat současný stav monitoringu parkovacích zón v Praze a na základě výsledků této analýzy navrhnout řešení za pomoci aparátu teorie grafů.

### **Klíčová slova**

Parkovací zóny, monitoring parkovacích míst, teorie grafů, heuristika

CZECH TECHNICAL UNIVERSITY IN PRAGUE

Faculty of Transportation Sciences

Department of Logistics and Management of Transport

## **ANALYSIS OF THE PROCESS OF MONITORING THE USAGE OF PARKING SPACES**

Bachelor's thesis

September 2021

Rozálie Metelková

### **Abstract**

The subject of this bachelor's thesis "Analysis of the process of monitoring the usage of parking spaces" is to analyze the current state of the monitoring of parking zones in Prague and based on results of this analysis to propose a new solution which is using the apparatus of The Graph Theory.

### **Key words**

Parking zones, monitoring of parking spaces, The Graph Theory, heuristics

## Obsah

Seznam použitých zkratk	7
Úvod	8
1. Úvod do řešené problematiky	9
1.1. Rozdělení zón	10
1.2. Placení, parkovací automaty a monitoring	17
2. Smluvní zajištění monitoringu zón placeného stání	20
2.1. Monitoring ZPS v období 2015-2021	22
3. Teoretický rámec pro řešení úlohy	29
3.1. Základní pojmy z teorie grafů	29
4. Návrh řešení	31
5. Závěr	60
Použité zdroje	62
Seznam obrázků	64
Seznam tabulek	65
Seznam příloh	67



## Seznam použitých zkratk

CIS	Centrální informační systém
DATK	Datová konektivita
DS	Dodavatel
DZ	Dopravní značení
HMP	Hlavní město Praha
HW a SW	Hardware a software
MP	Městská policie
MHD	Městská hromadná doprava
P+R	Park + ride parkoviště
PA	Parkovací automat
PL	Parkovací lístek
POP	Poplatek
RZ	Registrační značka
SPZ	Státní poznávací značka
TSK	Technická správa komunikací hlavního města Prahy
VDZ	Vodorovné dopravní značení
VPH	Virtuální parkovací hodiny
ZPS	Zóny placeného stání
ZTP	Zvlášť těžké postižení
ZTP/P	Zvlášť těžké postižení s průvodcem

# Úvod

Bakalářská práce se zabývá analýzou procesu monitoringu využívání parkovacích míst v Praze.

Problematika množství a způsobu parkování je v této době palčivým tématem většiny velkých měst. Narůstající množství automobilů v ulicích je třeba řešit s ohledem na kvalitu života a pohodlí obyvatel.

V Praze se v současnosti procesem monitoringu na základě výsledku veřejné soutěže zabývají firmy ELTODO a.s. a Cortec s.r.o. Stejně jako i jiné firmy monitorující systém parkování, také firma Cortec s.r.o. hledá nové možnosti a způsoby zefektivnění svojí práce. Ačkoliv firma vychází ze svých dlouhodobých zkušeností, nebrání se novým podnětům. Poskytla proto autorce této bakalářské práce patřičné zázemí a informace, aby mohla jejich monitorovací systém blíže poznat, analyzovat a případně představit vlastní realizovatelné návrhy zlepšení.

Hlavním cílem bakalářské práce je podrobné seznámení s problematikou monitoringu parkovacích míst v Praze a její následná podrobnější analýza. Získané informace budou využity pro návrh řešení s využitím aparátu teorie grafů. Navržená řešení by mohla být v budoucnosti použita pro reorganizaci stávajícího systému monitoringu za účelem jeho zefektivnění.

# 1. Úvod do řešené problematiky

Zóny placeného parkování byly v minulosti navrženy takovým způsobem, aby vhodně regulovaly systém parkování. Umožňují obyvatelům vybraných lokalit v Praze zaparkovat svůj vůz za paušální částku neomezeně dlouho a v docházkové vzdálenosti od svého bydliště, nemovitosti či podniku. Samotným vydáním parkovacího povolení nevzniká nárok držitele na konkrétní parkovací místo. Tato regulace parkování umožňuje zvýhodnit rezidenty a podniky v dané oblasti. Zároveň jim ulehčuje problémy s parkováním ve zvyšujícím se tempu provozu, které vyplývá například z nárůstu kapacit pracovních míst v Praze atd.

Problematika nedostatku parkovacích stání byla již diskutována několikrát. První výběrové řízení pro provozování placených parkovacích zón bylo vyhlášeno Zastupitelstvem Prahy 1 již v roce 1992, a to v jeho pravobřežní části. Konkrétně se jednalo o oblast Starého Města, severní část Nového Města a Josefova. Provozem systému byla pověřena dceřiná společnost Europark firmy GTM-ENTEPOSE. Smlouva byla uzavřena 7. srpna 1995 s účinností od 29. dubna 1996. Zóny byly následně upraveny pouze stanoveními místních úprav provozu na pozemních komunikacích. [4], [5]

Od roku 2007 byl systém placených parkovacích zón postupně rozšířen i do levobřežní části Prahy 1. Jednalo se o oblast Hradčan a Malé Strany.

Později, 1. října roku 2007, byl tento systém rozšířen i do dalších městských částí Prahy, konkrétně do Prahy 2, Prahy 3 a Prahy 7. Koncem roku 2007 další části, Praha 5 a Praha 6, začaly rovněž zpracovávat studie parkování. Společná dohoda s Magistrátem hlavního města Prahy ohledně zřízení parkovacích zón v těchto oblastech vznikla ovšem až 25. května 2011. Do stávajícího systému poté přistoupily části jako například centrum Dejvic, Staré Dejvice, Bubeneč, Jarov či Břevnov. [4], [5]

V letech 2007-2010 zavedení placených parkovacích zón zvažovaly i jiné městské části jako například Praha 9, Praha 10, a to zejména v oblastech stanic metra a v hraničních oblastech Prahy. Během let 2010-2014 připravovaly své koncepce například Praha 4 či Praha 8. [4], [5]

K zásadním změnám a rozšířením bylo přistoupeno v dalších městských částech Prahy až od roku 2015. Důvodem bylo zejména zavedení nového harmonogramu, nového a moderního systému kontroly a příchod nového dodavatele služeb, konkrétně společnosti ELTODO a.s. [4], [5]

Placených parkovacích zón se následně dočkaly Praha 4, Praha 8, Praha 13 a Praha 16. Ve stávajících oblastech došlo k většímu rozšíření oblasti působnosti těchto zón. V loňském roce se parkovací zóny rozšířily do Prahy 10 (Vinohrady, Vršovice, Strašnice a Malešice). Nejnověji v letošním roce byly zóny placeného stání zavedeny od dubna na Praze 9 (Prosek,

Střížkov, Krocínka, Poděbradská ulice a Nové Vysočany) a také na Praze 18 (Letňany). [4], [5]

### **1.1. Rozdělení zón**

Z funkčního hlediska jsou na území hlavního města Prahy rozlišovány celkem čtyři parkovací zóny [6], [7], [8], [9]:

**Modré zóny** jsou určeny pro takzvané rezidentní parkování. Na pozemních komunikacích jsou vyznačené pomocí modrých pruhů (svislé i vodorovné značení). Parkovat bez omezení zde mohou pouze osoby s platným parkovacím oprávněním. Takové oprávnění může být vydáno na základě trvalého pobytu v dané oblasti a prokázání právního vztahu k vozidlu, vlastnictví nemovitosti v dané oblasti nebo na základě sídla/provozovny v dané oblasti. Ostatní motoristé mohou na modré zóně parkovat časově omezeně, a to jen po zaplacení příslušné částky prostřednictvím webové aplikace „Virtuální parkovací hodiny“. Částka je odlišná pro firmy a rezidenty (viz str. 15-17), může se lišit o víkendech, státních svátcích apod.

Základní provozní doba parkovací zóny je od 8:00 hodin ráno do 20:00 hodin večer, výjimky se přizpůsobují potřebám jednotlivých lokalit a městských částí. Mimo základní provozní dobu není parkování v modré zóně regulováno. Příklad svislého dopravního značení modrých zón znázorňuje Obrázek 1.



Obrázek 1 - Obrázek 1 - Svislé dopravní značení modrých zón, zdroj: [autor]

**Fialové zóny** jsou vyznačovány fialovým pruhem na svislém dopravním značení a jsou doplněny bílým vodorovným značením, případně modrým vodorovným značením. Tato zóna je určena pro tzv. smíšené parkování. Bez omezení mohou ve fialové zóně parkovat pouze lidé s platným parkovacím oprávněním. Takové oprávnění může být vydáno na základě trvalého pobytu v dané oblasti a prokázání právního vztahu k vozidlu, vlastnictví nemovitosti v dané oblasti či na základě sídla/provozovny v dané oblasti. Ostatní motoristé mohou ve fialové zóně parkovat maximálně 24 hodin, a to jen po zaplacení příslušné částky pomocí parkovacích automatů, či webové aplikace „Virtuální parkovací hodiny“.

Základní provozní doba parkovací zóny je od 8:00 hodin ráno do 20:00 hodin večer, výjimky se přizpůsobují potřebám jednotlivých lokalit a městských částí. Mimo provozní dobu není

parkování ve fialové zóně regulováno. V případě, že na dodatkové tabulce není provozní doba uvedena, předpokládá se nepřetržitá provozní doba (00:00-24:00). Příklad svislého dopravního značení fialových zón znázorňuje Obrázek 2.



Obrázek 2 - Obrázek 2 - Svislé dopravní značení fialových zón, zdroj: [autor]

**Oranžová zóna**, která je vyznačena oranžovým pruhem na svislém dopravním značení a doplněna bílým vodorovným značením, výjimky se přizpůsobují potřebám jednotlivých lokalit a městských částí. Parkování je zde časově omezeno. Platbu je možno provést v parkovacím automatu nebo přes webovou aplikaci „Virtuální parkovací hodiny“.

Základní provozní doba parkovací zóny je od 8:00 hodin ráno do 20:00 hodin večer, ale může se měnit v závislosti na potřebách jednotlivých lokalit a městských částí. Mimo provozní dobu není parkování v oranžové zóně regulováno. Příklad svislého dopravního značení oranžových zón znázorňuje Obrázek 3.



Obrázek 3 - Obrázek 3 - Svislé dopravní značení pro oblast oranžových zón, zdroj: [autor]

Kromě modré zóny pro rezidentní parkování, fialové zóny pro smíšené parkování a oranžové zóny pro návštěvnické parkování existují v Praze i další alternativy parkování. Je možno využít komerčních parkovacích ploch, mezi něž patří především odstavná parkoviště P+R pro stání na okrajích města s dobrou návazností na MHD. Parkování uvedeným způsobem se nabízí zejména pro mimopražské motoristy, kteří do metropole přijíždějí vlastním vozem, ale po městě se budou pohybovat pomocí spojů Pražské integrované dopravy.

V současné době jsou parkoviště P+R umístěna u stanic metra v lokalitách Skalka 1, 2, Zličín 1, 2, Nové Butovice, Kotlářka, Písnice, Švehlova, Chodov, Ládví, Letňany, Rajská zahrada, Černý Most 1, 2, Nádraží Holešovice a Depo Hostivař. Další parkoviště P+R – Radotín a Běchovice – jsou navázána na vlakové spoje.

Jak již bylo uvedeno, cena parkovného se odvíjí dle požadavků jednotlivých městských částí. Pro praktickou část této bakalářské práce byla vybrána část městské části Praha 4, která je tvořena celým katastrálním územím Braník, Hodkoviček, Krče, Lhotky, a Podolí a části

katastrálních území Nuslí, Michle, Záběhlic a Vinohrad. V Tabulkách 1-4 je uveden aktuálně platný ceník pro městskou část Praha 4. [10]

Tabulka 1 - Výtah z ceníku pro rezidenty, zdroj: [10]

CENY DLOUHODOBÝCH PARKOVACÍCH OPRAVNĚNÍ V ZÓNÁCH PLACENÉHO STÁNÍ Oblasti: P1, P2, P3, P4, P5, P6, P7, P8, P9, P10, P18						Rezidentní zóny	
						Smíšené zóny	
UŽIVATEL	POŘADÍ VOZIDLA	CENOVÉ PÁSMO	CENA				
			ROČNÍ POP [Kč]	POLOLETNÍ POP [Kč]	ČTVRTLETNÍ POP [Kč]	MĚSÍČNÍ POP [Kč]	TÝDENNÍ POP [Kč]
Rezident	1. vozidlo	všechna	1 200	600	300	-	-
	2. vozidlo	všechna	7 000	3 500	1 750	-	-
	3. a další vozidlo	1	36 000	20 000	10 000	3 500	900
		2	30 000	17 000	8 500	3 000	800
		3	24 000	13 500	7 000	2 500	700
Manipulační poplatek v Kč (za změny provedené na výdejně):			100				

Tabulka 2 - Výtah z ceníku pro rezidenty starší 65 let a držitele průkazu ZTP, ZTP-P, zdroj: [10]

CENY DLOUHODOBÝCH PARKOVACÍCH OPRAVNĚNÍ V ZÓNÁCH PLACENÉHO STÁNÍ Oblasti: P1, P2, P3, P4, P5, P6, P7, P8, P9, P10, P18						Rezidentní zóny	
						Smíšené zóny	
UŽIVATEL	POŘADÍ VOZIDLA	CENOVÉ PÁSMO	CENA				
			ROČNÍ POP [Kč]	POLOLETNÍ POP [Kč]	ČTVRTLETNÍ POP [Kč]	MĚSÍČNÍ POP [Kč]	TÝDENNÍ POP [Kč]
Rezident starší 65 let, ZTP, ZTP-P	1. vozidlo	všechna	360	180	90	-	-
	2. vozidlo	všechna	7 000	3 500	1 750	-	-
	3. a další vozidlo	1	36 000	20 000	10 000	3 500	900
		2	30 000	17 000	8 500	3 000	800
		3	24 000	13 500	7 000	2 500	700
Manipulační poplatek v Kč (za změny provedené na výdejně):			100				



Tabulka 3 - Výtah z ceníku pro abonenty (fyzické osoby podnikající, právnická osoba podnikající), vlastníci nemovitosti, zdroj: [10]

CENY DLOUHODOBÝCH PARKOVACÍCH OPRAVNĚNÍ V ZÓNÁCH PLACENÉHO STÁNÍ				Rezidentní zóny			
Oblasti: P1, P2, P3, P4, P5, P6, P7, P8, P9, P10, P18				Smíšené zóny			
UŽIVATEL	POŘADÍ VOZIDLA	CENOVÉ PÁSMO	CENA				
			ROČNÍ POP [Kč]	POLOLETNÍ POP [Kč]	ČTVRTLETNÍ POP [Kč]	MĚSÍČNÍ POP [Kč]	TÝDENNÍ POP [Kč]
Abonent, vlastníci nemovitosti	1. vozidlo	všechna	7 000	3 500	1 750	900	250
	2. a další vozidlo	1	36 000	20 000	10 000	3 500	900
		2	30 000	17 000	8 500	3 000	800
		3	24 000	13 500	7 000	2 500	700
Manipulační poplatek v Kč (za změny provedené na výdejně):			100				

Tabulka 4 - Výtah z ceníku pro krátkodobé (návštěvnícké) stání, zdroj: [10]

CENY PARKOVACÍCH OPRAVNĚNÍ PRO KRÁTKODOBÉ (NÁVŠTĚVNICKÉ) PARKOVÁNÍ V ZÓNÁCH PLACENÉHO STÁNÍ			Rezidentní zóny	
			Smíšené zóny	
			Návštěvnícké zóny	
NÁVŠTĚVNÍK	CENA		POZNÁMKA	
Běžný návštěvník	1. cenové pásmo	80 Kč/hod.	Maximální cena návštěvníckého stání.	
		3,20 €/hod.		
	2. cenové pásmo	60 Kč/hod.		
		2,40 €/hod.		
	3. cenové pásmo	40 Kč/hod.		
		1,60 €/hod.		
Státní svátky, ostatní svátky a vánoční prázdniny	1. cenové pásmo	80 Kč/24 hod.	Cenové zvýhodnění platí pouze u úseků, které nemají provozní dobu v celotýdenním režimu. Neplatí v modré zóně. V úsecích	
		3,20 €/24 hod.		

	<b>2. cenové pásmo</b>	40 Kč/24 hod.	platí běžný hodinový tarif až do maximální výše dle cenového pásma.
		1,60 €/24 hod.	
	<b>3. cenové pásmo</b>	20 Kč/24 hod.	
		0,80 €/24 hod.	
<b>Pečovatel, ZTP/ZTP-P</b>	<b>roční</b>	180 Kč	Až 3 vozidla na maximálně 5 vybraných parkovacích úsecích.
	<b>pololetní</b>	90 Kč	
<b>Vozidla provádějící veřejně prospěšnou činnost</b>	<b>roční</b>	1 200 Kč	Vozidlo provozované právnickou nebo fyzickou osobou sloužící k přímému výkonu veřejně prospěšné sociální činnosti.
	<b>pololetní</b>	600 Kč	
	<b>čtvrtletní</b>	300 Kč	
<b>Elektromobily a hybridy</b>	<b>zdarma</b>		Nárok mají všechna vozidla splňující podmínky § 7b odst. 6 zákona č. 56/2001 Sb (emise do 50g CO <sub>2</sub> /km jízdy).
<b>Mopedy, jednostopé motocykly, motokola</b>	<b>zdarma</b>		Bez nutné registrace.
<b>Manipulační poplatek v Kč (za změny provedené na výdejně):</b>	100		

Parkovací zóny lze rozdělit i dle uživatelských režimů. Ve zkoumaném systému placeného stání aktuálně existují tři zóny s různými režimy, a to konkrétně [4]:

- **Rezidentní režim:** jedná se o režim, ve kterém oprávnění k využití vzniká v návaznosti na vlastnictví parkovacího oprávnění. Tato oprávnění jsou vydávána rezidentům daných oblastí, vlastníkům nemovitostí a abonentům. Jednotlivá oprávnění jsou evidována v CIS.
- **Návštěvnícký režim:** jedná se o režim, ve kterém oprávnění vzniká na základě parkovací relace uskutečněné např. parkovacími automaty, pomocí mobilního telefonu atd. Jednotlivé parkovací relace jsou evidovány v CIS.
- **Smíšený režim:** je kombinací režimů předešlých. Oprávnění k parkování vzniká buď vlastnictvím parkovacího oprávnění, nebo vlastnictvím parkovací relace.

## **1.2. Placení, parkovací automaty a monitoring**

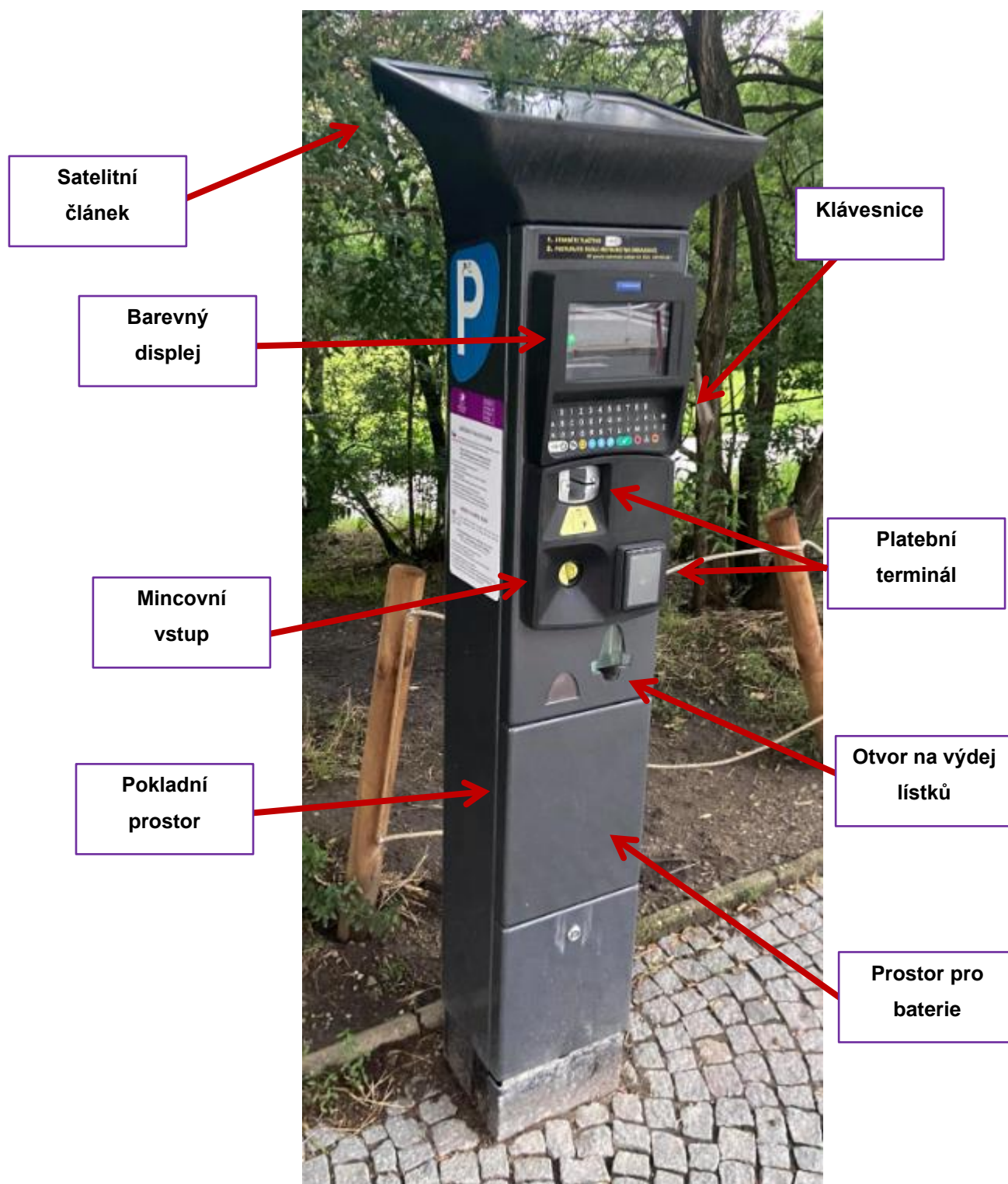
Parkování v modrých zónách je možné na základě parkovacího oprávnění, které lze získat ve výdejnách příslušných městských částí. Kontrola oprávnění k parkování probíhá automaticky pomocí monitorovacího systému na základě registrační značky (SPZ/RZ) vozidla.

V některých městských částech (aktuálně Praha 5 a Praha 8) jsou zavedeny tzv. Malé parkovací oblasti, pro které je parkovací oprávnění levnější než parkovací oprávnění platné pro ZPS v celé městské části.

V oblastech fialových a oranžových zón je parkování možné na základě parkovacího oprávnění nebo po platbě v parkovacím automatu či přes Virtuální parkovací hodiny.

Aktuálně jsou nabízeny parkovací automaty poskytnuté společností PARKEON SAS, typu Strada Pal (viz Obrázek 4). Jedná se o velmi odolný a spolehlivý typ umožňující platbu v hotovosti i platbu pomocí platební karty. Automaty jsou propojeny s ústřednou, která jednotlivé automaty monitoruje a řídí. [11]

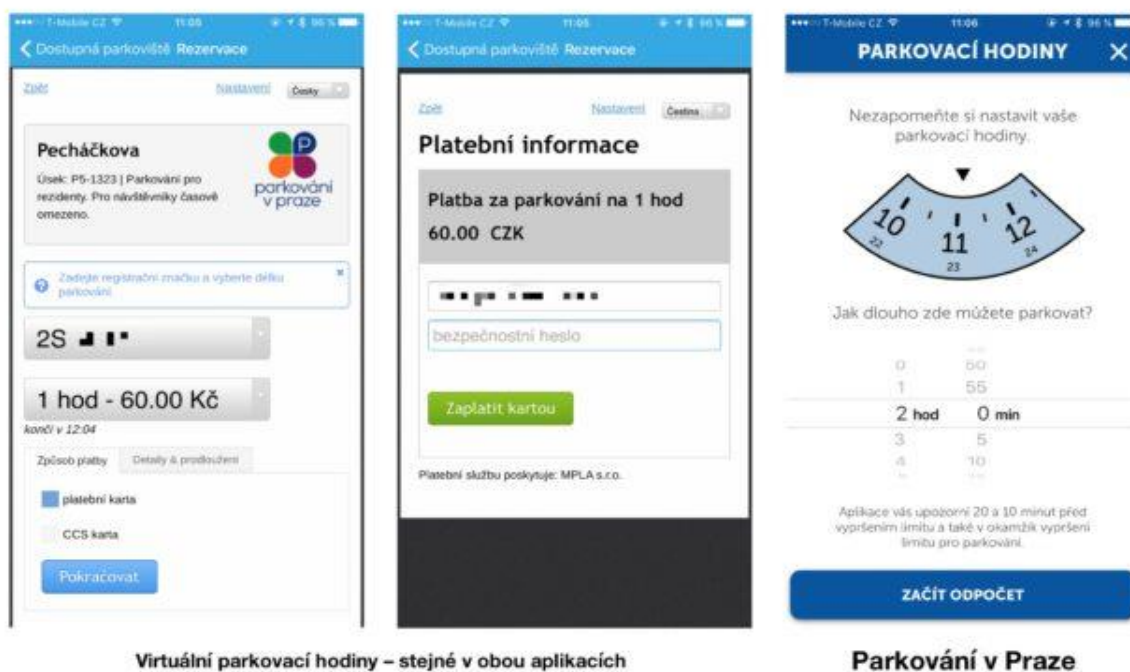
Z uživatelského hlediska automat funguje tak, že stisknutím tlačítka "START" je přístroj uveden do provozu a zobrazí se základní informace. Následně je uživatel vyzván zadat na klávesnici SPZ vozidla a preferovaný způsob platby. Na závěr platby dojde k automatickému tisku parkovacího lístku, na kterém je uvedena částka a doba zaplaceného parkování. Vzhledem k tomu, že se jedná o virtuální systém, není uživatel povinen parkovací lístek uchovávat.



Obrázek 4 - Parkovací automat Strada, zdroj: [autor]

VPH jsou dalším způsobem platby za parkování. V modrých zónách jsou jedinou možností, jak zde zaparkovat. Jedná se o mobilní aplikaci MPLA (viz Obrázek 5), kterou lze stáhnout prostřednictvím App Storu či Google Play. Aplikaci lze nalézt i na webových stránkách [www.parkujvklidu.cz](http://www.parkujvklidu.cz).

Při placení musí řidič nejprve zadat kód zóny, který nalezne na dodatkové tabulce dané oblasti. Poté uživatel zadá RZ vozidla a zvolí dobu zamýšleného parkování. Na rozdíl od parkovacích automatů VPH nabízí zaplatit i pouze za 5 minut parkování. U parkovacích automatů je minimum 30 minut. Do aplikace následně řidič zadá požadované platební údaje, které lze archivovat i pro další platby. Po zaplacení dojde k vygenerování účtenky, která je zaslána i na emailovou adresu uživatele.



Virtuální parkovací hodiny – stejné v obou aplikacích

Parkování v Praze

Obrázek 5 - Ukázka mobilní aplikace pro parkování, zdroj: [12]

Monitoring je prováděn pomocí speciálních automobilů vybavených kamerovým systémem a detekujícími RZ vozidla. Důklady popis monitoringu je zobrazen níže.

## 2. Smluvní zajištění monitoringu zón placeného stání

Do roku 2015 se o monitoring zón placeného parkovacího stání staralo hned několik společností. V roce 2014 byla vypsána nová, nadlimitní, významná veřejná zakázka na „Dodavatele služeb provozu zón placeného stání v hlavním městě Praze“, podle zákona č.137/2006 Sb., o veřejných zakázkách v plném znění. Zadavatelem veřejné zakázky byla Technická správa komunikací hlavního města Prahy, dále TSK.

Pro plné pochopení sledované problematiky, zejména v praktické části, bylo nutno pečlivě prostudovat dokumentaci k uvedené veřejné zakázce, která pevně stanovuje pravidla a povinnosti smluvních stran, zejména v oblasti monitoringu zón placeného parkovacího stání.

V problematice parkovacích zón je nutné rozlišovat pojmy [11]:

- **Abonent** je fyzickou či právnickou osobou, která buď podniká nebo vlastní sídlo či místo v rezidentní oblasti,
- **Centrální informační systém (CIS)** zón placeného stání je několikvrstvý software skládající se z relačních databází, aplikační vrstvy a uživatelského rozhraní. Mezi jeho základní funkce patří například integrování důležitých informací a dat ze všech systémů a subsystémů. Jejich následná kontrola a vedení. Dále by měl zajišťovat podporu vydávání a změn parkovacího oprávnění, podporovat proces odhalování a oznamování přestupků, reportovat, zúčtovávat, zajišťovat podporu zákazníkům atd.,
- **Dodavatel (DS)** je subjektem, který, zajišťuje plnění povinností vyplývajících ze smluv zadavateli,
- **Dohledové centrum (CS)** obsahuje hardware komponenty a software pro dohled a řízení sítě parkovacích automatů,
- **Hlavní město Praha (HMP)** je primárním příjemcem plateb ze zón placeného stání, je jejich provozovatelem a zřizovatelem,
- **Koncepce ZPS** je novým návrhem, který vzala Rada hlavního města Prahy na vědomí dne 28. 1. 2014 Usnesením číslo 125,
- **Monitoring ZPS** je sběrem dat dle blíže stanovené zadávací dokumentace,
- **Mobilní monitoring ZPS** jedná se o monitoring realizovaný pomocí specializovaných zařízení určených pro mobilní monitoring,

- **Návštěvník** je řidičem silničního motorového vozidla, které parkuje v ZPS v režimu § 23, odstavec 1., písm. a) zákona 13/1997 Sb.,
- **Parkovací automat (PA)** je zařízením, které je umístěno na místních komunikacích, za účelem úhrady parkovného,
- **Parkovací lístek (PL)** je papírovým kontrolním dokumentem, který informuje o zaplacení parkovného skrze určené parkovací automaty. PL je vázaný na RZ vozidel,
- **Parkovací oprávnění (POP)** v souladu s pravidly stanovenými v rámci ZTS, je oprávnění rezidentů, abonentů či vlastníků nemovitostí, stvrzující uhrazení parkovného vztahujících se na jejich vozidla. Jedná se o primární dokument ověřující dodržování pravidel ZPS. Jedná se o dokument ve formě záznamu v evidenci parkovacích oprávnění vázaných na RZ vozidel uložených v CIS,
- **Parkovací relace** je informace sloužící k prokázání uhrazení parkovného vozidla návštěvníka v ZPS. Jedná se o dokument ve formě záznamu v evidenci parkovacích oprávnění vázaných na RZ vozidel uložených v CIS. Jednotlivé omezené časové relace pro placené parkování návštěvníků jsou vytvořeny v souladu s pravidly ZPS,
- **Parkovné** je cena za užití parkovacího stání v ZPS,
- **Platební kanál** je prostředek, pomocí kterého je hrazeno parkovné v ZPS. Přijímané finanční prostředky jsou přijímány jménem DS a pravidelně odevzdávány na účet HMP, jakožto zřizovatele a provozovatele. Stanovenými platebními kanály byly určeny: hotovost na PA, platební karty na PA a případně jiné prostředky bezhotovostních plateb na PA,
- **Podezření na přestupek** je podezření, které vzniklo zjištěním při monitoringu ZPS, a to takovým způsobem, že zkoumaná RZ zaznamenaného vozidla nebyla nalezena v databázi RZ vozidel, konkrétně vozidel vlastnicích platnou platební relaci nebo platné parkovací oprávnění,
- **Projekt instalace DZ a projekt instalace PA** jedná se o projektové dokumentace, které jsou nutností pro aplikaci místních úprav provozu na pozemních komunikacích v souladu se zákonem č.361/2000 Sb., o provozu na pozemních komunikacích a se zákonem č.183/2006 Sb., o územním plánování a stavebním řádu,
- **Přestupek ZPS** je porušením parkovacích pravidel vytvořených v souladu se ZPS,
- **Rezident** je fyzickou osobou vlastníci trvalý pobyt v RO,
- **Režim služby** definuje časový rozvrh poskytované služby,

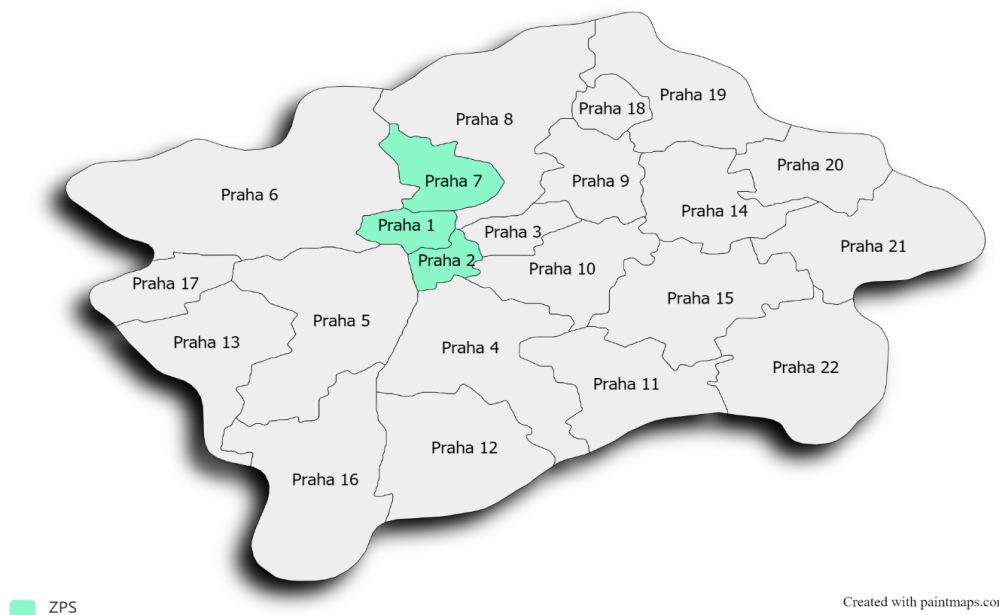
- **Režim monitoringu ZPS** stanovuje požadovaný časový rozsah a četnost monitoringu na jednotlivých úsecích. Tento režim je upravován a stanoven zadavatelem,
- **Rezidentní oblast (RO)** je oblast, ve které se nachází adresa trvalého pobytu či adresa nemovitosti konkrétní fyzické osoby. Zároveň se může jednat o adresu sídla podniku či provozovny konkrétní fyzické osoby nebo právnické osoby. Zároveň jedna rezidentní oblast může patřit do více parkovacích oblastí a jedna rezidentní oblast patří do jedné MČ. Jednotlivé rezidentní oblasti se nepřekrývají,
- **Registrační značka (RZ)** ve smyslu zákona č.56/2001 Sb.,
- **Servisní zásah** je úkon, který byl proveden DS za cílem odstranění závady, která omezuje částečně nebo úplně funkčnost a nedostupnost systému ZPS. Jednotlivé servisní zásahy jsou kategorizovány,
- **Systém ZPS (SZPS)** je systém zajišťujícím komplexní fungování a provádění správy systémů ZPS,
- **Úsek** je primární prostorový prvek ZPS, na kterém jsou provozovány ZPS,
- **Zadavatel** jedná se o zadavatele veřejné zakázky dodavatele služby provozu ZPS. Zároveň se jedná i o správce systému,
- **Zóna placeného stání (ZPS)** je souvislou oblastí města, ve které je parkování vozidel regulováno systémem placeného stání v souladu s §23 zákona č.13/1997 Sb.,
- **Zúčtovací centrum** je organizací, která provádí zúčtování jednotlivých finančních toků v rámci systému ZPS.

## 2.1. Monitoring ZPS v období 2015-2021

Terminologie a informace v této podkapitole pochází z veřejně dostupné veřejné zakázky na webových stránkách TSK [11].

Do roku 2014 byl na území Prahy provozován systém placeného parkovacího stání pouze ve vybraných oblastech hlavního města Prahy (viz Obrázek 6), konkrétně Prahy 1, Prahy 2 a Prahy 7. [5]





Obrázek 6 - Stav ZPS v Praze k roku 2014, zdroj: [13]

Postupem času se i ostatní městské části Prahy včetně jejich obyvatel začaly potýkat s problémem nedostatku parkovacích míst, zvláště pak ve všedních dnech. Rada hlavního města Prahy byla nucena konat a rozhodla o vytvoření nové koncepce ZPS, která by měla zahrnovat kvalitativní zlepšení stávajícího systému a rozsáhle rozšíření systému ZPS i do ostatních městských částí.

Poptávané služby v dané koncepci byly rozděleny na **primární cíle** a **sekundární cíle**, jak je uvedeno v Tabulce 5 [11]:

Tabulka 5 - Primární a sekundární cíle koncepce ZPS, zdroj: [11]

<b>Primární cíle</b>	ochrana Rezydentů
	možnost parkování pro Návštěvníky
	zklidnění dopravy
	vysoká respektovanost
<b>Sekundární cíle</b>	rozvojeschopnost a adaptabilita ZPS
	zvýšení komfortu a nabídka nových služeb uživatelům
	podpora provozu ZPS

Nová koncepce ZPS byla představena Radou HMP dne 28. 1. 2014 a následně došlo k zadání veřejné zakázky. Vznikla veřejná zakázka o nalezení nového „Dodavatele služby pro provoz zón placeného stání v hlavním městě Praze“.

Realizací a kompletací dané koncepce a zakázky Rada HMP pověřila TSK, která se rozhodla vytvořit dvě samostatné zadávací řízení [11]:

- **Výběrové řízení na dodavatele**, jehož primární cílem a úkolem bylo zajistit vybudování a provoz náležitých dopravních značení a parkovacích automatů. Zároveň DS byl pověřen sběrem dat a zúčtováním veškerých finančních toků,
- **Výběrové řízení na dodavatele Centrálního informačního systému**, jehož hlavním úkolem bylo vytvoření a dodávka aplikace CIS a zajištění provozu této aplikace. Dodavatel CIS byl zároveň povinen zajistit veškeré vybavení pro výdejny parkovacích oprávnění, pro přestupková pracoviště atd.

I přesto, že byla vytvořena dvě samostatná zadávací řízení, jsou systémy nuceny ke vzájemné spolupráci a koordinaci svých služeb, zvláště v oblasti jednotného územního členění ZPS, ceníků atd.

Oba dva systémy jsou příjemci plateb za parkovací oprávnění a parkovací relace. Jak DS, tak CIS, jsou zavázány veškeré finanční toky pečlivě evidovat a ve stanovených účetních lhůtách je náležitě předat na účet HMP [11].

Jednotlivé dodávky a služby plynoucí z dané veřejné zakázky lze rozčlenit do tří kategorií: jednorázová plnění, periodická plnění a počáteční dodávka ZPS [11].

- **Počáteční dodávka ZPS** se rozumí počáteční etapa projektu. Počáteční dodávku bude zavázán obstarat zadavatel. Hlavními úkony primární dodávky je dodání a implementace dohledového centra, včetně všech příslušných licencí, dále dodání parkovacích automatů a jejich zapojení do systému. Dalším a velmi důležitým úkonem počáteční dodávky je provedení instalace dopravního značení včetně dodávky a dalších úkonů s tím spojených,
- **Jednorázová plnění** spočívají především v dodávkách parkovacích automatů a dopravního značení nad rámec dosud dodaných PA a DZ. Pro všechna nad rámec plnění je třeba vypracovat a poskytnout nezbytnou projektovou dokumentaci a náležitá povolení,
- Součástí **periodických plnění** je samotný provoz a údržba parkovacích automatů, kontrola přenosu dat, údržba a obnova dopravního značení, provádění monitoringu ZPS a zúčtování veškerých finančních toků vyplývajících z monitoringu parkovného.

Dodavatel služeb se v rámci veřejné zakázky zavázal dodat a zprovoznit dohledové centrum PA, které splňuje veškeré technické podmínky. Zavázal se dodat všechny HW a SW komponenty, licence, dokumentace nezbytně nutné a potřebné k zajištění provozu DC. Nutná kapacita tohoto DC je zapojení celkového počtu 1 500 parkovacích automatů. Dodavatel je

zavázán k vybavení jednoho pracoviště pro zadavatele, ze kterého bude mít přístup do DC v režimu čtení.

Dodavatel služeb se zavázal k dodávce parkovacích automatů splňujících všechny požadované technické parametry. Tyto automaty je následně zavázán instalovat a dodat do provozu.

Dodavatel musí nejprve zpracovat projektovou dokumentaci na umístění PA, kterou je následně zavázán projednat s místně příslušným silničním úřadem, speciálním stavebním úřadem, dopravním inspektorátem Policie ČR atd.

Dodavatel zajistí odstranění stávajících PA ve lhůtě 60 dní od převzetí výzvy a následně provede instalace modernizovaných PA podle zákona č. 183/2006 Sb., o územním plánování a stavebním řádu do 120 dní od doručení výzvy.

Režim a funkčnost spravovaných PA a dohledového centra musí být zajištěny 24 x 7, v případě nutnosti servisního zásahu je nutno tento zásah provádět v rozmezí od 08:00 do 20:00 hodin. Požadavky na servisní zásah jsou kategorizovány podle závažnosti na: incident, high, medium a low. Každá tato kategorie má specifikován termín, do kterého je třeba provést servisní zásah.

Dodavatel poskytne každý měsíc informace z provozu TSK. Tato zpráva musí obsahovat informace o plánovaných a neplánovaných výpadcích v dodávaných službách, informace o mimořádných událostech v dodávaných službách a statistiku činnosti DATK.

Smluvní požadavky na dopravní značení, které je nutno instalovat, musí být nainstalováno v souladu s technickými podmínkami zadavatele. Značení také musí respektovat určenou organizaci parkovacích stání. Dodavatel nejprve zpracuje Projekt dopravního značení, který je následně předán pro revizi Policii ČR, oddělení dopravního inženýrství. Poté dodavatel odešle žádost o místní úpravu pozemních komunikací, a to do 60 dnů od převzetí výzvy od zadavatele.

Projektová dokumentace DZ musí splňovat určité technické parametry a musí obsahovat informace o umístění navrhovaného DZ, jak svislého, tak vodorovného. Dále musí zahrnovat stavební výměry, obecné informace a případné podmínky realizace. Veškeré DZ musí být instalováno v souladu s platnými předpisy, zejména se zákonem č.361/2000 SB. o provozu na pozemních komunikacích a dalšími technickými podmínkami.

Termín pro dodávku, instalaci a provoz DZ je 120 dnů od doručení výzvy.

Po instalaci a uvedení DZ je nutno dodavatelem provádět periodickou kontrolu instalovaného DZ jednou měsíčně. Během každé kontroly je třeba zhotovit fotodokumentaci, která bude obsahovat GPS souřadnice, datum a čas, kdy byla kontrola provedena. Dodavatel následnou

fotodokumentaci vyhodnotí a vypracuje protokol s popisem veškerých nalezených závad. Fotodokumentace musí být předána ve lhůtě 5 pracovních dní od konce kalendářního měsíce TSK. Protokol musí být poskytnut ve lhůtě 10 pracovních dní od konce kalendářního měsíce TSK.

Dodavatel služby musí provádět průběžnou údržbu, obnovu a úpravu DZ, drobné závady musí být odstraněny do 48 hodin od zjištění závady, to stejné platí pro mechanické poškození SDZ. Jakmile čitelnost VDZ klesne pod 80 %, musí být provedena obnova.

Dodavatel po celou dobu plnění poskytování služby zajišťuje elektronickou evidenci dopravního značení. Evidence obsahuje všechna potřebná data a historii každého DZ a jeho změn. Změny DZ musí být evidovány 24 měsíců.

Každá městská část má své specifické podmínky provozu monitoringu, určité městské části požadují monitoring od pondělí do neděle, některé městské části pouze monitoring od pondělí do pátku v určeném časovém intervalu (například od 08:00-20:00). Zadavatel zakázky může požadovat časovou změnu monitoringu a zároveň i změnu četnosti monitoringu. To pouze v případě, že dojde k zachování celkového objemu plnění.

Monitorovací firma provádí dva typy monitoringu: přestupkový a statistický.

V případě přestupkového monitoringu je třeba zajistit minimálně osm kontrol každého úseku měsíčně, minimálně jedenkrát za týden. Maximální časový interval kontroly jednoho úseku je dvě hodiny. Kontrolní jízdy probíhají v časovém úseku od 08:00 do 20:00 hodin, jejich počet tak činí šest kontrol za den.

Statistický monitoring je prováděn jeden libovolný den v měsíci v cyklu šesti dvouhodinových jízd v intervalu od 08:00 do 20:00 hodin. Navíc je požadován jeden noční snímek od 24:00 do 04:00 hodin, který bezprostředně navazuje na daný statistický snímek, který byl pořízen během dne (před nebo po).

Mimo přestupkový a statistický monitoring je prováděn i monitoring technický, během, kterého jsou zkoušeny např. nové systémy, jeho periodicita není stanovena. Dodatkem č. 6 ke smlouvě byl stanoven i tzv. operativní monitoring, jehož potřeba vyplynula z vyššího porušování regulací v některých městských částech. Jeho proběh je dynamický.

Způsob provádění přestupkového i statistického monitoringu je definován typem parkovací zóny v dané oblasti [11]:

- **Modrá zóna:** pro dokumentaci přestupku jsou nutné dva průjezdy okolo parkovacích stání. Tyto průjezdy musí být v minimálním odstupu tří minut a v maximálním odstupu deseti

minut. Ovšem v praxi se tato horní hranice monitoringu zanedbává. Tyto dvě kontroly se používají k ověření zda, vozidlo stálo na místě více než 3 minuty,

- **Fialová zóna:** pro dokumentaci přestupku je potřeba jeden průjezd okolo daného parkovacího stání,
- **Oranžová zóna** pro dokumentaci přestupku je potřeba jeden průjezd okolo daného parkovacího stání.

Rozdíly monitoringu v jednotlivých zónách shrnuje Tabulka 6.

*Tabulka 6 - Způsob monitoringu v jednotlivých parkovacích zónách, zdroj: [11]*

Druh zóny	Počet průjezdů okolo přestupku	Časový interval rozestupu jednotlivých průjezdů
Fialová zóna	1	-
Modrá zóna	2	3 minuty
Oranžová zóna	1	-

Zaměstnanci provádějící monitoring a servis musí být jednotně oděni, oděv je opatřen reflexními prvky, aby nedošlo k ohrožení na životě obsluhy, v případě pohybu na pozemních komunikacích.

Společnost po společném jednání s MP stanovila definici monitoringu pro jednotlivé zóny následovně:

V případě, že obsluha vozidla nestihne provést jakýkoliv stanovený denní monitoring, například vlivem nepříznivého počasí, je nutno bezprostředně předat tuto informaci dispečinku. Ten naplánuje monitorování nesplněné trasy v jiný den. Pokud se v provozu během monitoringu vyskytne nějaká specifická překážka, například práce na pozemních komunikacích, musí obsluha pružně zareagovat. V příslušném mobilním systému, který je součástí vybavení vozidla, vynechá problematické body obsluhy a vyhodnotí a zdokumentuje příčinu problému.

Veškeré monitorované záznamy o ZPS musí být neprodleně v určitém časovém limitu, předány na rozhraní CIS. Mezi požadované předávané parametry patří: GNSS souřadnice, datum a čas, lokace parkovacího místa a RZ. Odpověď CIS na dotaz monitoringu k podezření na přestupek pro dotazovanou RZ bude do dvou sekund. V případě, že dané vozidlo nemá oprávnění k parkování v dané ZPS, jsou následně do CIS předávány fotografie vozidla s detailem RZ, čas pořízení této fotografie, situační fotografie daného vozidla včetně

vodorovného a svislého dopravního značení, časové údaje o pořízení těchto situačních fotografií. Celkový záznam musí být opatřen elektronickou značkou.

Všechny typy monitoringu realizují speciálně vybavená vozidla v bílé barvě se stanoveným grafickým označením. Vozidla musí splňovat veškeré požadavky technické způsobilosti a zároveň musí splňovat emisní normu Euro 6. Společnost ELTODO a.s. vybrala pro monitoring hybridní automobily značky Toyota (viz Obrázek 7), konkrétně model Toyota Yaris. Na střeše automobilů je za účelem monitoringu parkovacích míst instalováno celkem šest kamer.



*Obrázek 7 - Automobil společnosti ELTODO a.s. využívaný pro monitoring, zdroj: [15]*

Výhercem veřejné zakázky se stala po dobu pěti let (2015-2021) společnost ELTODO a.s., která zvítězila se svou nabídkou.

Firma ELTODO je českou akciovou společností působící zejména v oblastech dopravy, telekomunikací, energetiky, informačních a komunikačních technologií. Firma byla založena v roce 1991 Ing. Liborem Hájkem a jeho kolegy. V současnosti podnik primárně působí v oblasti veřejného osvětlení v České republice.

ELTODO a.s. po úspěšném získání tendru pověřila subdodavatele daných služeb. Subdodavatelem služeb se stala firma Cortec s.r.o. z pražské Hostivaře.

### 3. Teoretický rámec pro řešení úlohy

K řešení dané problematiky bude zapotřebí uvést několik základních informací týkajících se optimalizačních výpočtů. Optimalizační metody můžeme rozdělit na metody exaktní a metody heuristické. Exaktní metody umožňují otestovat, zda dané řešení je optimální. Ne vždy jsou však exaktní metody schopny nalézt hledané optimum v disponibilním čase. Heuristické metody sice nalezení optimálního řešení negarantují, ale mohou najít dobré řešení v přijatelném čase. Důležité je také zmínit, že v případě, že exaktní metoda pro danou problematiku existuje a je naděje ukončení optimalizačního výpočtu v čase přijatelném z hlediska rozhodování, má před heuristickou metodou vždy přednost.

Pro řešení optimalizačního problému bude využit matematický aparát teorie grafů. Pro snadnější orientaci v dané úloze je vhodné nejprve zmínit a popsat několik odborných pojmů a zároveň popsat princip a funkčnost aplikovaných algoritmů.

#### 3.1. Základní pojmy z teorie grafů

Terminologie v této podkapitole pochází z literatury [1], [2], [3]:

Teorie grafů patří mezi obory diskrétní matematiky, konkrétně se zabývá studiem speciálních matematických struktur nazývaných grafy. Zároveň teorie grafů patří mezi jednu z mnoha disciplín operačního výzkumu (OV), který je samostatnou vědní disciplínou. Mezi základní principy OV patří matematické modelování reálných systémů a s využitím těchto modelů hledání a určení optimálního rozhodnutí.

- **Graf** (jako matematická struktura) se skládá z tzv. vrcholů a hran, které vždy spojují dva vrcholy a mohou být orientované či neorientované. U orientovaných hran rozlišujeme počáteční a koncový vrchol. Obecně říkáme, že orientovaná hrana vede z počátečního do koncového vrcholu,
- **Neorientovaný graf** je uspořádaná trojice  $G = (V, X, p)$  nebo také  $G = (V, H, p)$  kde  $V, X, H$  jsou množiny, kdy  $V$  je konečná neprázdná množina a  $p$  je prosté zobrazení množiny  $X$  do množiny všech **neuspořádaných** dvojic  $(u, v), u, v \in V, u \neq v$ . Prvky množiny  $V$  nazýváme vrcholy grafu  $G$ , prvky množiny  $X$  hranami grafu  $G$  a zobrazení  $p$  incidencí grafu  $G$ , incidence  $p$  přiřazuje každé hraně grafu neuspořádanou dvojici vrcholů. Platí-li pro incidenci hrany  $h \in X, p(h) = (u, v)$  říkáme, že hrana  $h$  inciduje s vrcholem  $u \in V$  i s vrcholem  $v \in V$ . Vrcholy  $u, v$  nazýváme krajními vrcholy hrany  $h$ . Někdy budeme říkat, že tyto vrcholy jsou sousední, nebo že spolu sousedí,

- **Orientovaný graf (digraf)** je uspořádaná trojice  $D = (V, Y, p)$ , kde prvky množiny  $Y$  jsou orientované hrany (orhrany) a  $p$  přiřazuje každé hraně uspořádanou dvojici vrcholů  $p(h) = (v_i, v_j)$ ,
- **Mohutnost množiny hran** neboli počet hran grafu budeme značit jako  $q$  ( $q = |X|$ ),
- **Mohutnost množiny vrcholů** neboli počet vrcholů budeme značit jako  $n$  ( $n = |V|$ ),
- **Podgraf**  $G' = (V', X', p')$  je podgrafem grafu  $G = (V, X, p)$ , jestliže platí:  $V' \subseteq V, X' \subseteq X$  a pro každou hranu  $h \in X'$  platí  $p'(h) = p(h)$ . Graf  $G$  můžeme zároveň označit jako nadgraf grafu  $G'$ , jelikož platí, že  $G' \subseteq G$ ,
- **Stupeň vrcholu  $v$**  u neorientovaného grafu je počet hran incidujících s vrcholem  $v \in V$ . Pro neorientovaný graf  $G = (V, X, p)$  platí  $\sum_{v_i \in V} st(v_i) = 2q$ . Stupeň vrcholu  $v$  v orientovaném grafu je uspořádanou dvojicí přirozených čísel  $(a, b)$ , kde  $a$  je počet hran vycházejících z vrcholu  $v$  a  $b$  je počet hran vcházejících do vrcholu  $v$ . V orientovaném grafu (digrafu)  $D = (V, Y, p)$  platí  $\sum_{v_i \in V} st(a_{v_i} + b_{v_i}) = 2q$ ,
- **Násobné hrany** dvě nebo více rovnoběžných hran incidujících se stejnými vrcholy  $u$  a  $v$ , různým hranám  $h_i \in X, i = 1, 2, \dots, k$  přiřadí stejnou dvojici  $(u, v)$ ,
- **Smyčka** je hrana, která začíná a končí ve stejném vrcholu, pro neorientovanou smyčku platí, že vrcholu  $u$  je přiřazena hrana  $h(u, u)$ . Pro orientovanou smyčku platí, že vrcholu  $v_i$  je přiřazena hrana  $h(v_i, v_i)$ ,
- **Vrcholové a hranové ohodnocení** grafu  $G = (V, X, p)$  znamená, že existuje funkce  $o(v)$  resp.  $o(h)$ , která přiřadí každému vrcholu  $v \in V$  (hraně  $h \in X$ ) nezáporné číslo vyjadřující určitou kvantitativní nebo kvalitativní vlastnost vrcholu (hrany) v závislosti na dané problematice,
- **Migraf** je graf, který obsahuje orientované i neorientované hrany,
- **Multigraf** je graf, který neobsahuje smyčky a obsahuje násobné hrany,
- **Multimigraf** je migraf, který neobsahuje smyčky a obsahuje násobné hrany.



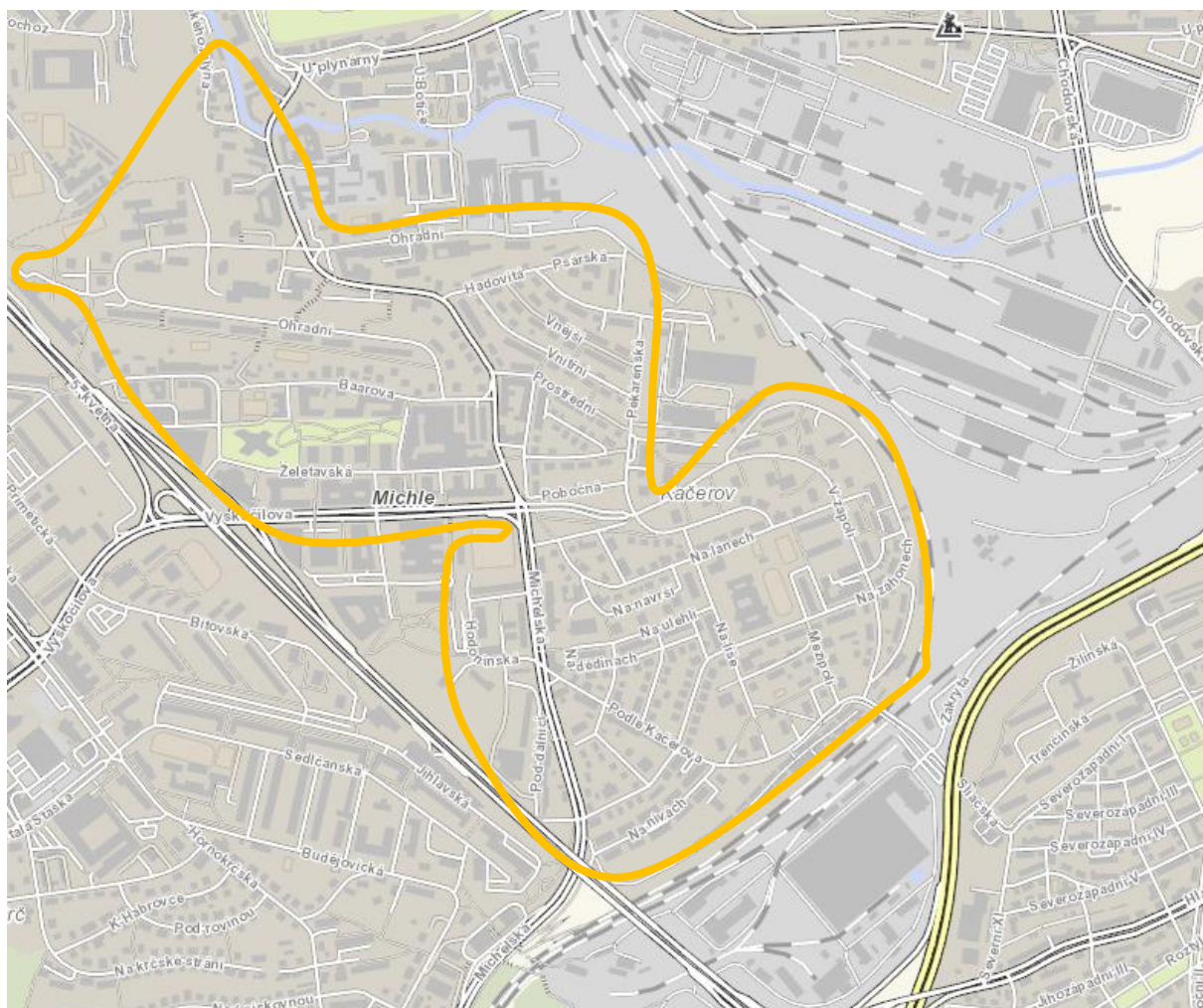
## 4. Návrh řešení

Kapitola 4 se bude věnovat praktickému řešení výše uvedené problematiky za použití aparátu teorie grafů. Vzhledem k územní náročnosti problematiky monitoringu parkovacích zón v Praze si autorka práce vybrala pouze vzorek území, konkrétně část Prahy 4, viz Obrázek 8.



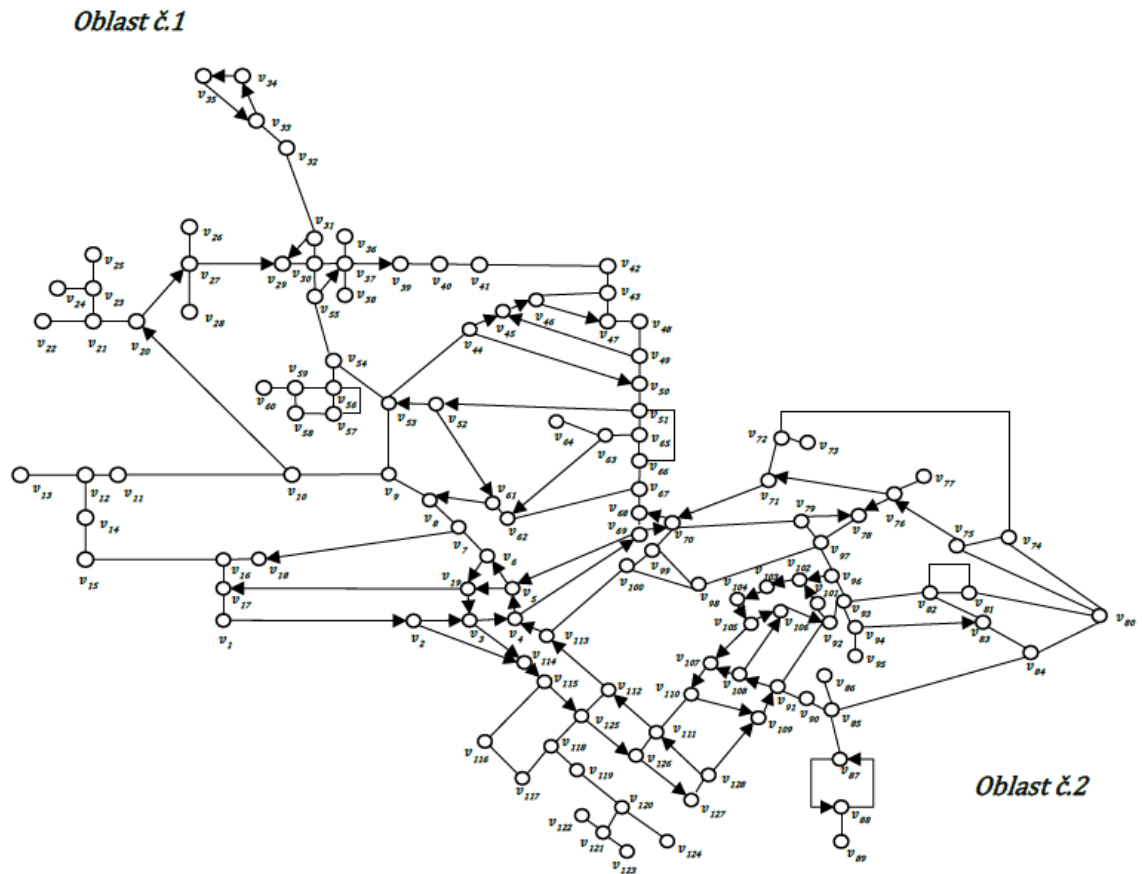
Obrázek 8 - Praha 4 na mapě, zdroj: [15]

Z monitorovacích okruhů si autorka vybrala okruh v jihovýchodní části Prahy 4. Tento okruh je vyznačen na Obrázku 9:



Obrázek 9 - Řešená oblast, zdroj: [16]

Pro samotné řešení této úlohy bylo třeba transformovat požadavky na monitoring území do vhodné výpočetní podoby. Vhodnou výpočetní podobu nabízí právě teorie grafů. Vrcholy grafu budou reprezentovat křižovatky pozemních komunikací a místa na pozemních komunikacích, kde dochází k přechodu jedné zóny do druhé, např. fialová zóna do modré zóny. Hrany grafu budou reprezentovat pozemní komunikace. Neorientované hrany grafu budou reprezentovat obousměrně poježděné pozemní komunikace, orientované hrany grafu budou reprezentovat jednosměrné pozemní komunikace. Graf komunikační sítě je uveden na Obrázku 10.

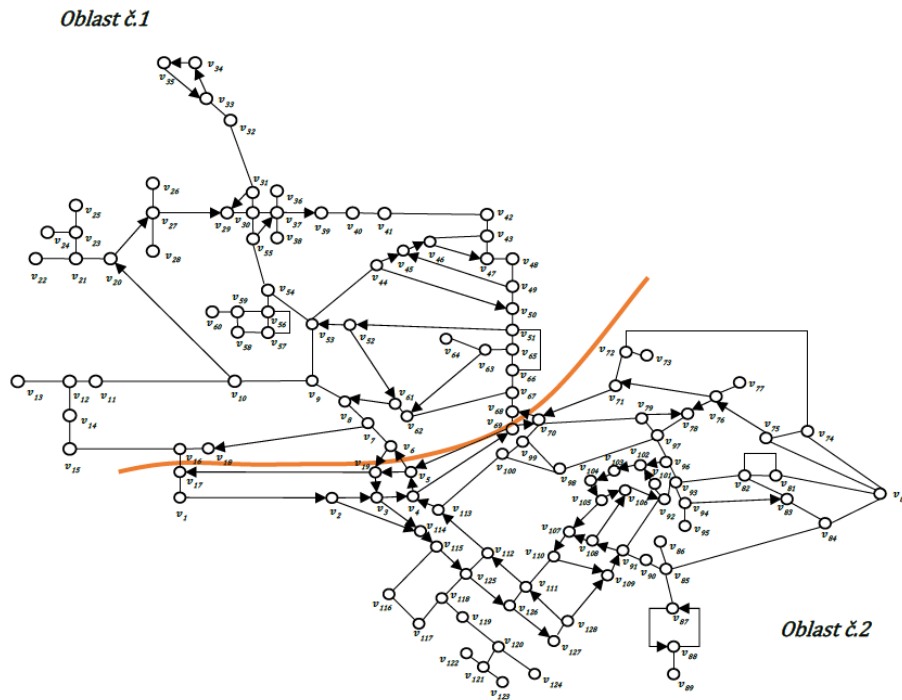


Obrázek 10 - Graf reprezentující komunikační síť, zdroj: [autor]

Výsledný graf obsahuje 128 vrcholů. Pro lepší přehlednost byl proto rozčleněn na dvě části (viz Obrázek 11):

- **Oblast č. 1**
- **Oblast č. 2**

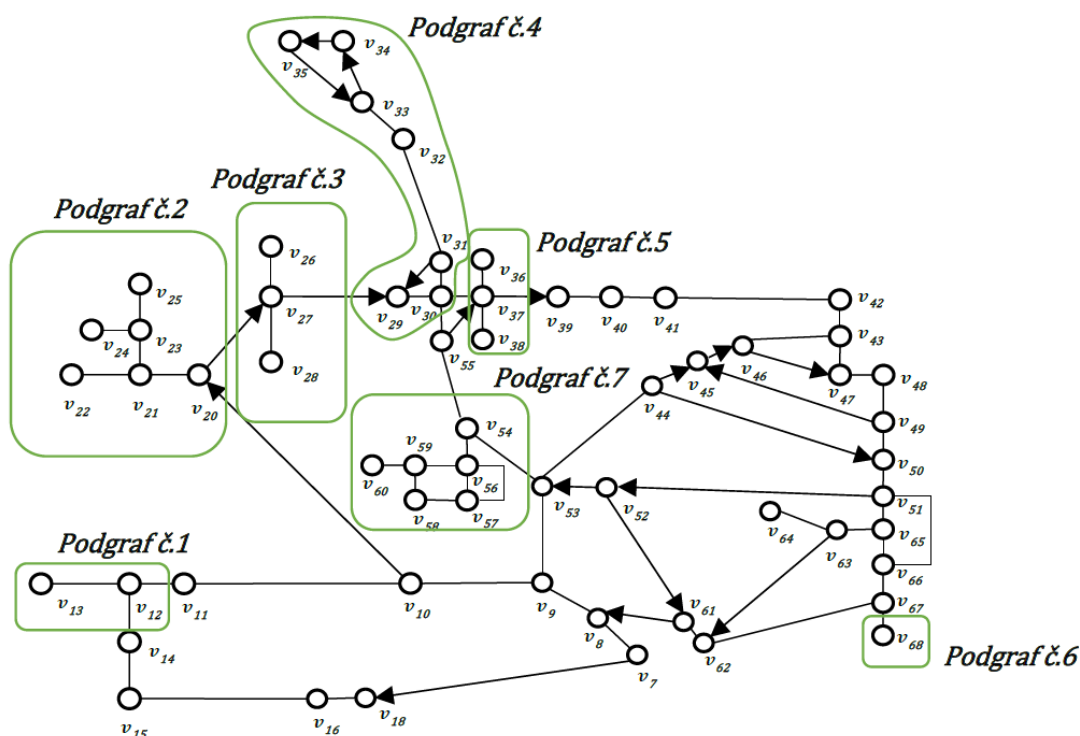
Autorka nadále pracuje pouze s oblastí č. 1, navržený postup je potom aplikovatelný i na další oblasti.



Obrázek 11 - Rozdělení grafu reprezentujícího komunikační síť do jednotlivých oblastí, zdroj: [autor]

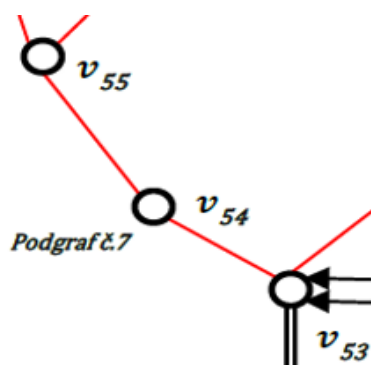
Za účelem zpřehlednění sítě bylo v oblasti č. 1 vytipováno 7 podgrafů typu strom (viz Obrázek 12), které budou řešeny samostatně, přičemž jejich osamostatnění nemá vliv na kvalitu získaného řešení.

## Oblast č.1



Obrázek 12 - Vyznačení poloh podgrafů řešených izolovaně v oblasti č. 1 [autor]

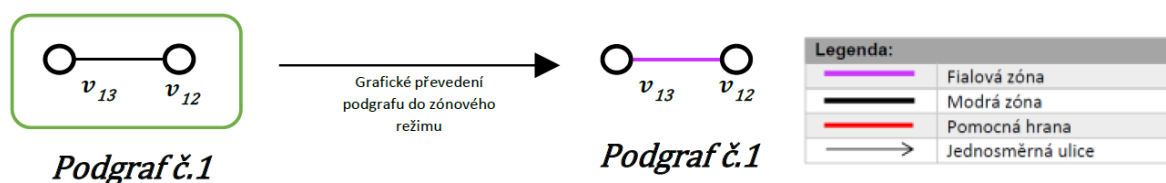
V částech obsluhované sítě pozemních komunikací musí být respektována pravidla pro monitoring parkovacích zón. Detailně popsaná pravidla jsou na str. 27-28. Zjednodušeně tedy platí: monitoring parkovacích míst na komunikacích spadajících do fialové zóny musí být proveden 1x v příslušném časovém okně a monitoring parkovacích míst na pozemních komunikacích spadajících do modré zóny musí být proveden 2x v příslušném časovém okně s rozestupem minimálně 3 minuty. V autorkou řešené oblasti se nenachází oranžové zóny, jejich pravidla monitoringu lze tedy zanedbat. Vzhledem k neúplnému pokrytí oblasti č. 1 monitorovanými komunikacemi je nutné využít i tzv. pomocných hran. Pomocné hrany nemají žádné specifické požadavky na frekvenci průjezdů, jsou ale nezbytně nutné pro zajištění obsluhy hran výše uvedených zón. Očekává se tedy vznik tzv. neproduktivních přejezdů obslužného vozidla. Na Obrázku 13 je zobrazen fragment grafu umožňující právě takový neproduktivní přejezd. Pro obsluhu podgrafu č. 7 je nutné využít pomocné hrany, např.  $v_{53} - v_{54}$  nebo  $v_{55} - v_{54}$ .



Obrázek 13 - Fragment grafu s hranami umožňujícími neproduktivní přejezd, zdroj: [autor]

V Tabulkách 7-13 je zobrazena obsluha hran ve vytyčených podgrafech.

- **Podgraf č. 1** (viz Obrázek 14 a Tabulka 7):



Obrázek 14 - Podgraf č. 1, zdroj: [autor]

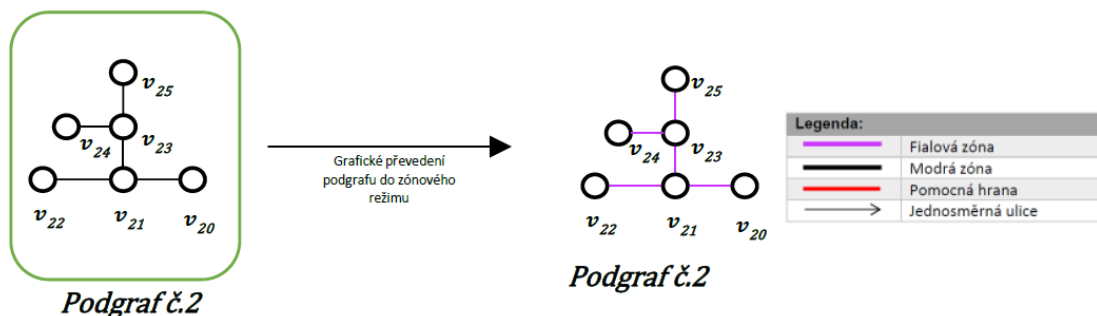
Z důvodu proměnlivé obsazenosti parkovacích míst během dne provádí monitorující firma obsluhu v 7 pevně stanovených časových oknech. Stanovená časová okna zachovává i autorka. V Tabulkách 7-13 jsou uvedeny jízdní doby v sekundách mezi jednotlivými uzly. Uvedené časové údaje vychází z dat poskytnutých monitorovací firmou, z dat dostupných na Google Maps či z konkrétních průjezdových měření realizovaných samotnou autorkou.

Tabulka 7 - Jízdní doby v podgrafu č. 1, zdroj: [autor]

<b>Časový úsek – noční průjezd</b>		
<b>Počáteční uzel hrany</b>	<b>Koncový uzel hrany</b>	<b>Jízdní doba mezi uzly [s]</b>
$v_{12}$	$v_{13}$	29
$v_{13}$	$v_{12}$	38
<b>Doba celkového průjezdu podgrafu:</b>		67
<b>Časový úsek 08:00 – 10:00</b>		
<b>Počáteční uzel hrany</b>	<b>Koncový uzel hrany</b>	<b>Jízdní doba mezi uzly [s]</b>
$v_{20}$	$v_{21}$	28
$v_{21}$	$v_{22}$	57
<b>Doba celkového průjezdu podgrafu:</b>		85
<b>Časový úsek 10:00 – 12:00</b>		
<b>Počáteční uzel hrany</b>	<b>Koncový uzel hrany</b>	<b>Jízdní doba mezi uzly [s]</b>
$v_{20}$	$v_{21}$	40
$v_{21}$	$v_{22}$	117
<b>Doba celkového průjezdu podgrafu:</b>		157

Časový úsek 12:00 – 14:00		
Počáteční uzel hrany	Koncový uzel hrany	Jízdní doba mezi uzly [s]
$v_{20}$	$v_{21}$	35
$v_{21}$	$v_{22}$	70
Doba celkového průjezdu podgrafu:		105
Časový úsek 14:00 – 16:00		
Počáteční uzel hrany	Koncový uzel hrany	Jízdní doba mezi uzly [s]
$v_{20}$	$v_{21}$	33
$v_{21}$	$v_{22}$	57
Doba celkového průjezdu podgrafu:		90
Časový úsek 16:00 – 18:00		
Počáteční uzel hrany	Koncový uzel hrany	Jízdní doba mezi uzly [s]
$v_{20}$	$v_{21}$	28
$v_{21}$	$v_{22}$	39
Doba celkového průjezdu podgrafu:		67
Časový úsek 18:00 – 20:00		
Počáteční uzel hrany	Koncový uzel hrany	Jízdní doba mezi uzly [s]
$v_{20}$	$v_{21}$	35
$v_{21}$	$v_{22}$	43
Doba celkového průjezdu podgrafu:		78

- **Podgraf č. 2** (viz Obrázek 15 a Tabulka 8):



Obrázek 15 - Podgraf č. 2, zdroj: [autor]

Tabulka 8 - Jízdní doby v podgrafu č. 2, zdroj: [autor]

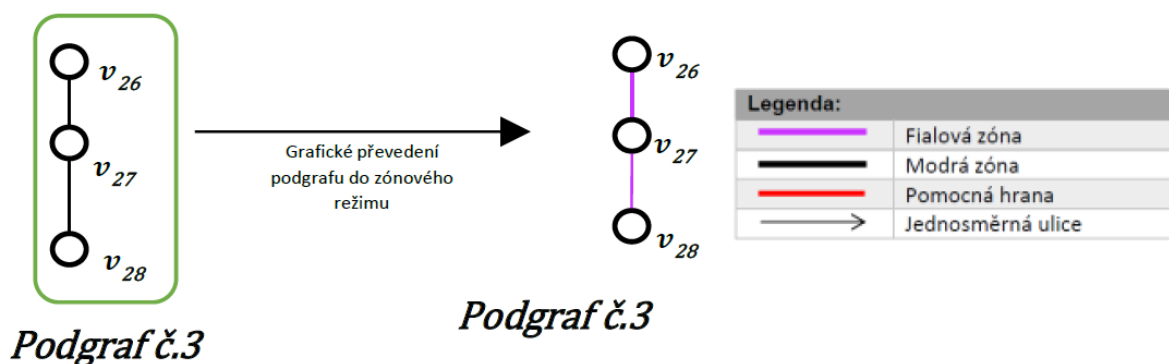
Časový úsek – noční průjezd		
Počáteční uzel hrany	Koncový uzel hrany	Jízdní doba mezi uzly [s]
$v_{20}$	$v_{21}$	4
$v_{21}$	$v_{22}$	16
$v_{22}$	$v_{21}$	33
$v_{21}$	$v_{23}$	4
$v_{23}$	$v_{24}$	14
$v_{24}$	$v_{23}$	13
$v_{23}$	$v_{25}$	4
$v_{25}$	$v_{23}$	13

$v_{23}$	$v_{21}$	13
$v_{21}$	$v_{20}$	6
<i>Doba celkového průjezdu podgrafu:</i>		120
<b>Časový úsek 08:00 – 10:00</b>		
<b>Počáteční uzel hrany</b>	<b>Koncový uzel hrany</b>	<b>Jízdní doba mezi uzly [s]</b>
$v_{20}$	$v_{21}$	5
$v_{21}$	$v_{22}$	13
$v_{22}$	$v_{21}$	40
$v_{21}$	$v_{23}$	3,5
$v_{23}$	$v_{24}$	13,5
$v_{24}$	$v_{23}$	13,5
$v_{23}$	$v_{25}$	3,5
$v_{25}$	$v_{23}$	13,5
$v_{23}$	$v_{21}$	13,5
$v_{21}$	$v_{20}$	5
<i>Doba celkového průjezdu podgrafu:</i>		124
<b>Časový úsek 10:00 – 12:00</b>		
<b>Počáteční uzel hrany</b>	<b>Koncový uzel hrany</b>	<b>Jízdní doba mezi uzly [s]</b>
$v_{20}$	$v_{21}$	7,5
$v_{21}$	$v_{22}$	13
$v_{22}$	$v_{21}$	33
$v_{21}$	$v_{23}$	3
$v_{23}$	$v_{24}$	13,5
$v_{24}$	$v_{23}$	13
$v_{23}$	$v_{25}$	3
$v_{25}$	$v_{23}$	13,5
$v_{23}$	$v_{21}$	13
$v_{21}$	$v_{20}$	4
<i>Doba celkového průjezdu podgrafu:</i>		116,5
<b>Časový úsek 12:00 – 14:00</b>		
<b>Počáteční uzel hrany</b>	<b>Koncový uzel hrany</b>	<b>Jízdní doba mezi uzly [s]</b>
$v_{20}$	$v_{21}$	6
$v_{21}$	$v_{22}$	24
$v_{22}$	$v_{21}$	37
$v_{21}$	$v_{23}$	3
$v_{23}$	$v_{24}$	18
$v_{24}$	$v_{23}$	27
$v_{23}$	$v_{25}$	3
$v_{25}$	$v_{23}$	18
$v_{23}$	$v_{21}$	27
$v_{21}$	$v_{20}$	6
<i>Doba celkového průjezdu podgrafu:</i>		169
<b>Časový úsek 14:00 – 16:00</b>		
<b>Počáteční uzel hrany</b>	<b>Koncový uzel hrany</b>	<b>Jízdní doba mezi uzly [s]</b>
$v_{20}$	$v_{21}$	10,5
$v_{21}$	$v_{22}$	24
$v_{22}$	$v_{21}$	42
$v_{21}$	$v_{23}$	4
$v_{23}$	$v_{24}$	13
$v_{24}$	$v_{23}$	16



$v_{23}$	$v_{25}$	4
$v_{25}$	$v_{23}$	13
$v_{23}$	$v_{21}$	16
$v_{21}$	$v_{20}$	6
<i>Doba celkového průjezdu podgrafu:</i>		148,5
<b>Časový úsek 16:00 – 18:00</b>		
<b>Počáteční uzel hrany</b>	<b>Koncový uzel hrany</b>	<b>Jízdní doba mezi uzly [s]</b>
$v_{20}$	$v_{21}$	6
$v_{21}$	$v_{22}$	15
$v_{22}$	$v_{21}$	39
$v_{21}$	$v_{23}$	4,5
$v_{23}$	$v_{24}$	10,5
$v_{24}$	$v_{23}$	13
$v_{23}$	$v_{25}$	4,5
$v_{25}$	$v_{23}$	10,5
$v_{23}$	$v_{21}$	13
$v_{21}$	$v_{20}$	5
<i>Doba celkového průjezdu podgrafu:</i>		121
<b>Časový úsek 18:00 – 20:00</b>		
<b>Počáteční uzel hrany</b>	<b>Koncový uzel hrany</b>	<b>Jízdní doba mezi uzly [s]</b>
$v_{20}$	$v_{21}$	5,5
$v_{21}$	$v_{22}$	14
$v_{22}$	$v_{21}$	39
$v_{21}$	$v_{23}$	3,5
$v_{23}$	$v_{24}$	11
$v_{24}$	$v_{23}$	14,5
$v_{23}$	$v_{25}$	3,5
$v_{25}$	$v_{23}$	11
$v_{23}$	$v_{21}$	14,5
$v_{21}$	$v_{20}$	4
<i>Doba celkového průjezdu podgrafu:</i>		120,5

- **Podgraf č. 3** (viz Obrázek 16 a Tabulka 9):



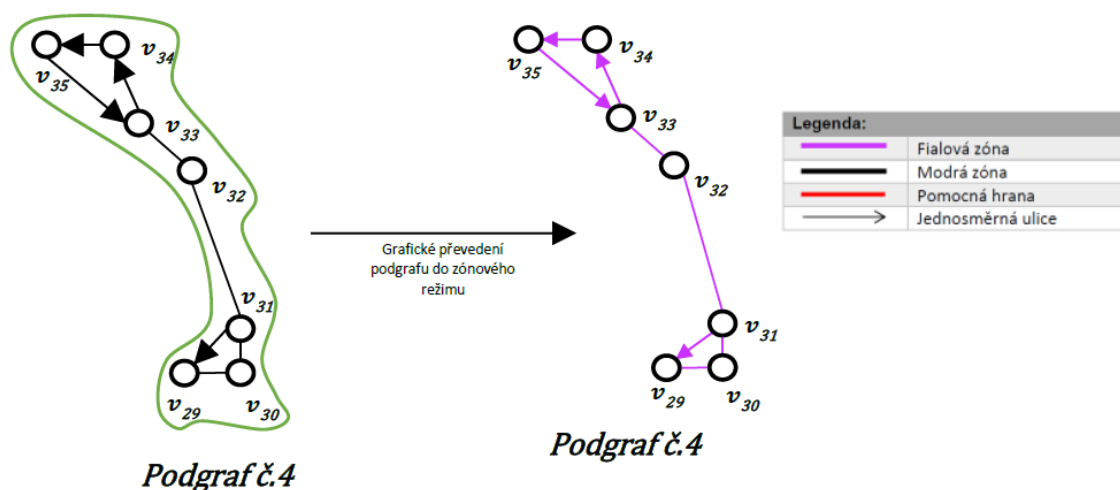
Obrázek 16 - Podgraf č. 3, zdroj: [autor]

Tabulka 9 - Jízdní doby v podgrafu č. 3, zdroj: [autor]

<b>Časový úsek – noční průjezd</b>		
<b>Počáteční uzel hrany</b>	<b>Koncový uzel hrany</b>	<b>Jízdní doba mezi uzly [s]</b>
$v_{27}$	$v_{26}$	11
$v_{26}$	$v_{27}$	17
$v_{27}$	$v_{29}$	15
$v_{29}$	$v_{27}$	33
<b>Doba celkového průjezdu podgrafu:</b>		76
<b>Časový úsek 08:00 – 10:00</b>		
<b>Počáteční uzel hrany</b>	<b>Koncový uzel hrany</b>	<b>Jízdní doba mezi uzly [s]</b>
$v_{27}$	$v_{26}$	90
$v_{26}$	$v_{27}$	13
$v_{27}$	$v_{29}$	12
$v_{29}$	$v_{27}$	29
<b>Doba celkového průjezdu podgrafu:</b>		144
<b>Časový úsek 10:00 – 12:00</b>		
<b>Počáteční uzel hrany</b>	<b>Koncový uzel hrany</b>	<b>Jízdní doba mezi uzly [s]</b>
$v_{27}$	$v_{26}$	10
$v_{26}$	$v_{27}$	14
$v_{27}$	$v_{29}$	14
$v_{29}$	$v_{27}$	24
<b>Doba celkového průjezdu podgrafu:</b>		62
<b>Časový úsek 12:00 – 14:00</b>		
<b>Počáteční uzel hrany</b>	<b>Koncový uzel hrany</b>	<b>Jízdní doba mezi uzly [s]</b>
$v_{27}$	$v_{26}$	13
$v_{26}$	$v_{27}$	14
$v_{27}$	$v_{29}$	16
$v_{29}$	$v_{27}$	25
<b>Doba celkového průjezdu podgrafu:</b>		68
<b>Časový úsek 14:00 – 16:00</b>		
<b>Počáteční uzel hrany</b>	<b>Koncový uzel hrany</b>	<b>Jízdní doba mezi uzly [s]</b>
$v_{27}$	$v_{26}$	12
$v_{26}$	$v_{27}$	16
$v_{27}$	$v_{29}$	20
$v_{29}$	$v_{27}$	25
<b>Doba celkového průjezdu podgrafu:</b>		73
<b>Časový úsek 16:00 – 18:00</b>		
<b>Počáteční uzel hrany</b>	<b>Koncový uzel hrany</b>	<b>Jízdní doba mezi uzly [s]</b>
$v_{27}$	$v_{26}$	10
$v_{26}$	$v_{27}$	13
$v_{27}$	$v_{29}$	16
$v_{29}$	$v_{27}$	34
<b>Doba celkového průjezdu podgrafu:</b>		73
<b>Časový úsek 18:00 – 20:00</b>		
<b>Počáteční uzel hrany</b>	<b>Koncový uzel hrany</b>	<b>Jízdní doba mezi uzly [s]</b>
$v_{27}$	$v_{26}$	12
$v_{26}$	$v_{27}$	13
$v_{27}$	$v_{29}$	16

$v_{29}$	$v_{27}$	21
<b>Doba celkového průjezdu podgrafu:</b>		62

- **Podgraf č. 4** (viz Obrázek 17 a Tabulka 10):



Obrázek 17 - Podgraf č. 4, zdroj: [autor]

Tabulka 10 - Jízdní doby v podgrafu č. 4, zdroj: [autor]

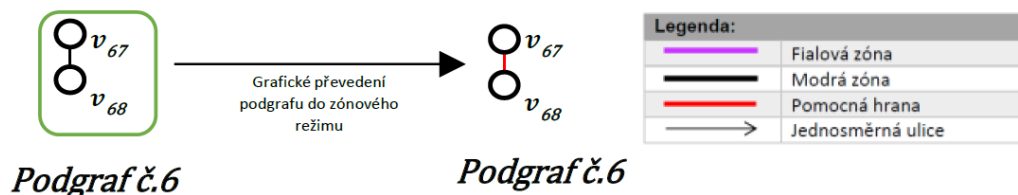
<b>Časový úsek – noční průjezd</b>		
Počáteční uzel hrany	Koncový uzel hrany	Jízdní doba mezi uzly [s]
$v_{29}$	$v_{30}$	5
$v_{30}$	$v_{31}$	6
$v_{31}$	$v_{32}$	8
$v_{32}$	$v_{33}$	7
$v_{33}$	$v_{34}$	18
$v_{34}$	$v_{35}$	10
$v_{35}$	$v_{33}$	9
$v_{35}$	$v_{32}$	7
$v_{32}$	$v_{31}$	13
$v_{31}$	$v_{29}$	6
$v_{31}$	$v_{30}$	5
<b>Doba celkového průjezdu podgrafu:</b>		94
<b>Časový úsek 08:00 – 10:00</b>		
Počáteční uzel hrany	Koncový uzel hrany	Jízdní doba mezi uzly [s]
$v_{29}$	$v_{30}$	5
$v_{30}$	$v_{31}$	9
$v_{31}$	$v_{32}$	11
$v_{32}$	$v_{33}$	7
$v_{33}$	$v_{34}$	18
$v_{34}$	$v_{35}$	12
$v_{35}$	$v_{33}$	8
$v_{35}$	$v_{32}$	7

$v_{32}$	$v_{31}$	16
$v_{31}$	$v_{29}$	8
$v_{31}$	$v_{30}$	4
<b>Doba celkového průjezdu podgrafu:</b>		105
<b>Časový úsek 10:00 – 12:00</b>		
<b>Počáteční uzel hrany</b>	<b>Koncový uzel hrany</b>	<b>Jízdní doba mezi uzly [s]</b>
$v_{29}$	$v_{30}$	5
$v_{30}$	$v_{31}$	7
$v_{31}$	$v_{32}$	8
$v_{32}$	$v_{33}$	15
$v_{33}$	$v_{34}$	16
$v_{34}$	$v_{35}$	11
$v_{35}$	$v_{33}$	9
$v_{35}$	$v_{32}$	7
$v_{32}$	$v_{31}$	16
$v_{31}$	$v_{29}$	5
$v_{31}$	$v_{30}$	4
<b>Doba celkového průjezdu podgrafu:</b>		103
<b>Časový úsek 12:00 – 14:00</b>		
<b>Počáteční uzel hrany</b>	<b>Koncový uzel hrany</b>	<b>Jízdní doba mezi uzly [s]</b>
$v_{29}$	$v_{30}$	7
$v_{30}$	$v_{31}$	6
$v_{31}$	$v_{32}$	8
$v_{32}$	$v_{33}$	11
$v_{33}$	$v_{34}$	20
$v_{34}$	$v_{35}$	19
$v_{35}$	$v_{33}$	9
$v_{35}$	$v_{32}$	9
$v_{32}$	$v_{31}$	16
$v_{31}$	$v_{29}$	8
$v_{31}$	$v_{30}$	4
<b>Doba celkového průjezdu podgrafu:</b>		117
<b>Časový úsek 14:00 – 16:00</b>		
<b>Počáteční uzel hrany</b>	<b>Koncový uzel hrany</b>	<b>Jízdní doba mezi uzly [s]</b>
$v_{29}$	$v_{30}$	7
$v_{30}$	$v_{31}$	7
$v_{31}$	$v_{32}$	9
$v_{32}$	$v_{33}$	11
$v_{33}$	$v_{34}$	21
$v_{34}$	$v_{35}$	17
$v_{35}$	$v_{33}$	9
$v_{35}$	$v_{32}$	9
$v_{32}$	$v_{31}$	24
$v_{31}$	$v_{29}$	17
$v_{31}$	$v_{30}$	5
<b>Doba celkového průjezdu podgrafu:</b>		136
<b>Časový úsek 16:00 – 18:00</b>		
<b>Počáteční uzel hrany</b>	<b>Koncový uzel hrany</b>	<b>Jízdní doba mezi uzly [s]</b>
$v_{29}$	$v_{30}$	6
$v_{30}$	$v_{31}$	8



<b>Časový úsek 08:00 – 10:00</b>		
<b>Počáteční uzel hrany</b>	<b>Koncový uzel hrany</b>	<b>Jízdní doba mezi uzly [s]</b>
$v_{37}$	$v_{36}$	4
$v_{36}$	$v_{37}$	18
$v_{37}$	$v_{38}$	10
$v_{38}$	$v_{37}$	10
<b>Doba celkového průjezdu podgrafu:</b>		42
<b>Časový úsek 10:00 – 12:00</b>		
<b>Počáteční uzel hrany</b>	<b>Koncový uzel hrany</b>	<b>Jízdní doba mezi uzly [s]</b>
$v_{37}$	$v_{36}$	4
$v_{36}$	$v_{37}$	23
$v_{37}$	$v_{38}$	5
$v_{38}$	$v_{37}$	12
<b>Doba celkového průjezdu podgrafu:</b>		44
<b>Časový úsek 12:00 – 14:00</b>		
<b>Počáteční uzel hrany</b>	<b>Koncový uzel hrany</b>	<b>Jízdní doba mezi uzly [s]</b>
$v_{37}$	$v_{36}$	4
$v_{36}$	$v_{37}$	37
$v_{37}$	$v_{38}$	10
$v_{38}$	$v_{37}$	14
<b>Doba celkového průjezdu podgrafu:</b>		65
<b>Časový úsek 14:00 – 16:00</b>		
<b>Počáteční uzel hrany</b>	<b>Koncový uzel hrany</b>	<b>Jízdní doba mezi uzly [s]</b>
$v_{37}$	$v_{36}$	6
$v_{36}$	$v_{37}$	25
$v_{37}$	$v_{38}$	8
$v_{38}$	$v_{37}$	16,5
<b>Doba celkového průjezdu podgrafu:</b>		55,5
<b>Časový úsek 16:00 – 18:00</b>		
<b>Počáteční uzel hrany</b>	<b>Koncový uzel hrany</b>	<b>Jízdní doba mezi uzly [s]</b>
$v_{37}$	$v_{36}$	4
$v_{36}$	$v_{37}$	22
$v_{37}$	$v_{38}$	8
$v_{38}$	$v_{37}$	14,5
<b>Doba celkového průjezdu podgrafu:</b>		48,5
<b>Časový úsek 18:00 – 20:00</b>		
<b>Počáteční uzel hrany</b>	<b>Koncový uzel hrany</b>	<b>Jízdní doba mezi uzly [s]</b>
$v_{37}$	$v_{36}$	3
$v_{36}$	$v_{37}$	19
$v_{37}$	$v_{38}$	6
$v_{38}$	$v_{37}$	10
<b>Doba celkového průjezdu podgrafu:</b>		38

- **Podgraf č. 6** (viz Obrázek 19 a Tabulka 12):



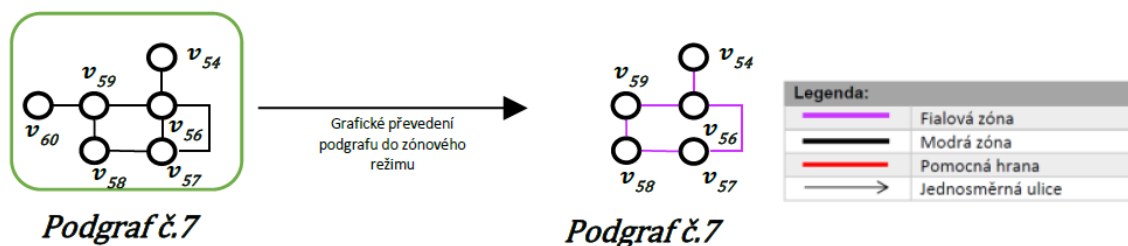
Obrázek 19 - Podgraf č. 6, zdroj: [autor]

Tabulka 12 - Jízdní doby v podgrafu č. 6, zdroj: [autor]

<b>Časový úsek – noční průjezd</b>		
Počáteční uzel hrany	Koncový uzel hrany	Jízdní doba mezi uzly [s]
$v_{67}$	$v_{68}$	5
$v_{68}$	$v_{67}$	6
<b>Doba celkového průjezdu podgrafu:</b>		11
<b>Časový úsek 08:00 – 10:00</b>		
Počáteční uzel hrany	Koncový uzel hrany	Jízdní doba mezi uzly [s]
$v_{67}$	$v_{68}$	8
$v_{68}$	$v_{67}$	10
<b>Doba celkového průjezdu podgrafu:</b>		18
<b>Časový úsek 10:00 – 12:00</b>		
Počáteční uzel hrany	Koncový uzel hrany	Jízdní doba mezi uzly [s]
$v_{67}$	$v_{68}$	6
$v_{68}$	$v_{67}$	11
<b>Doba celkového průjezdu podgrafu:</b>		17
<b>Časový úsek 12:00 – 14:00</b>		
Počáteční uzel hrany	Koncový uzel hrany	Jízdní doba mezi uzly [s]
$v_{67}$	$v_{68}$	9
$v_{68}$	$v_{67}$	7
<b>Doba celkového průjezdu podgrafu:</b>		16
<b>Časový úsek 14:00 – 16:00</b>		
Počáteční uzel hrany	Koncový uzel hrany	Jízdní doba mezi uzly [s]
$v_{67}$	$v_{68}$	5
$v_{68}$	$v_{67}$	7
<b>Doba celkového průjezdu podgrafu:</b>		12
<b>Časový úsek 16:00 – 18:00</b>		
Počáteční uzel hrany	Koncový uzel hrany	Jízdní doba mezi uzly [s]
$v_{67}$	$v_{68}$	7
$v_{68}$	$v_{67}$	6
<b>Doba celkového průjezdu podgrafu:</b>		13

Časový úsek 18:00 – 20:00		
Počáteční uzel hrany	Koncový uzel hrany	Jízdní doba mezi uzly [s]
$v_{67}$	$v_{68}$	7
$v_{68}$	$v_{67}$	6
<b>Doba celkového průjezdu podgrafu:</b>		13

- **Podgraf č. 7** (viz Obrázek 20 a Tabulka 13):



Obrázek 20 - Podgraf č. 7, zdroj: [autor]

Tabulka 13 - Jízdní doby v podgrafu č. 7, zdroj: [autor]

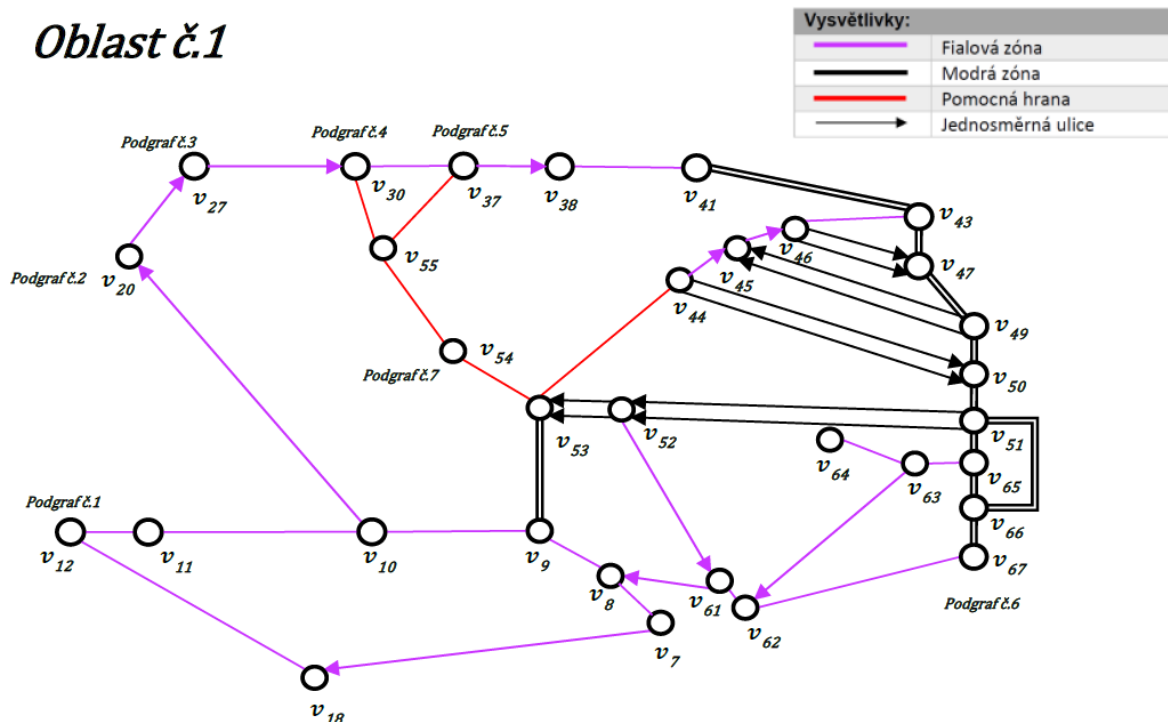
Časový úsek – noční průjezd		
Počáteční uzel hrany	Koncový uzel hrany	Jízdní doba mezi uzly [s]
$v_{54}$	$v_{56}$	2,7
$v_{56}$	$v_{59}$	5,3
$v_{59}$	$v_{58}$	3
$v_{58}$	$v_{57}$	16
$v_{57}$	$v_{56}$	8
$v_{56}$	$v_{54}$	6
<b>Doba celkového průjezdu podgrafu:</b>		41
Časový úsek 08:00 – 10:00		
Počáteční uzel hrany	Koncový uzel hrany	Jízdní doba mezi uzly [s]
$v_{54}$	$v_{56}$	2,3
$v_{56}$	$v_{59}$	4,7
$v_{59}$	$v_{58}$	3
$v_{58}$	$v_{57}$	16,7
$v_{57}$	$v_{56}$	8,3
$v_{56}$	$v_{54}$	7
<b>Doba celkového průjezdu podgrafu:</b>		42
Časový úsek 10:00 – 12:00		
Počáteční uzel hrany	Koncový uzel hrany	Jízdní doba mezi uzly [s]
$v_{54}$	$v_{56}$	2,7
$v_{56}$	$v_{59}$	5,3
$v_{59}$	$v_{58}$	3
$v_{58}$	$v_{57}$	17,3
$v_{57}$	$v_{56}$	8,7
$v_{56}$	$v_{54}$	8
<b>Doba celkového průjezdu podgrafu:</b>		45



<b>Časový úsek 12:00 – 14:00</b>		
<b>Počáteční uzel hrany</b>	<b>Koncový uzel hrany</b>	<b>Jízdní doba mezi uzly [s]</b>
<i>v</i> <sub>54</sub>	<i>v</i> <sub>56</sub>	3,3
<i>v</i> <sub>56</sub>	<i>v</i> <sub>59</sub>	6,7
<i>v</i> <sub>59</sub>	<i>v</i> <sub>58</sub>	4
<i>v</i> <sub>58</sub>	<i>v</i> <sub>57</sub>	19,3
<i>v</i> <sub>57</sub>	<i>v</i> <sub>56</sub>	9,7
<i>v</i> <sub>56</sub>	<i>v</i> <sub>54</sub>	7
<b>Doba celkového průjezdu podgrafu:</b>		50
<b>Časový úsek 14:00 – 16:00</b>		
<b>Počáteční uzel hrany</b>	<b>Koncový uzel hrany</b>	<b>Jízdní doba mezi uzly [s]</b>
<i>v</i> <sub>54</sub>	<i>v</i> <sub>56</sub>	3
<i>v</i> <sub>56</sub>	<i>v</i> <sub>59</sub>	6
<i>v</i> <sub>59</sub>	<i>v</i> <sub>58</sub>	6
<i>v</i> <sub>58</sub>	<i>v</i> <sub>57</sub>	18
<i>v</i> <sub>57</sub>	<i>v</i> <sub>56</sub>	9
<i>v</i> <sub>56</sub>	<i>v</i> <sub>54</sub>	8
<b>Doba celkového průjezdu podgrafu:</b>		50
<b>Časový úsek 16:00 – 18:00</b>		
<b>Počáteční uzel hrany</b>	<b>Koncový uzel hrany</b>	<b>Jízdní doba mezi uzly [s]</b>
<i>v</i> <sub>54</sub>	<i>v</i> <sub>56</sub>	3
<i>v</i> <sub>56</sub>	<i>v</i> <sub>59</sub>	6
<i>v</i> <sub>59</sub>	<i>v</i> <sub>58</sub>	5
<i>v</i> <sub>58</sub>	<i>v</i> <sub>57</sub>	14
<i>v</i> <sub>57</sub>	<i>v</i> <sub>56</sub>	7
<i>v</i> <sub>56</sub>	<i>v</i> <sub>54</sub>	8
<b>Doba celkového průjezdu podgrafu:</b>		43
<b>Časový úsek 18:00 – 20:00</b>		
<b>Počáteční uzel hrany</b>	<b>Koncový uzel hrany</b>	<b>Jízdní doba mezi uzly [s]</b>
<i>v</i> <sub>54</sub>	<i>v</i> <sub>56</sub>	2
<i>v</i> <sub>56</sub>	<i>v</i> <sub>59</sub>	6
<i>v</i> <sub>59</sub>	<i>v</i> <sub>58</sub>	4
<i>v</i> <sub>58</sub>	<i>v</i> <sub>57</sub>	10
<i>v</i> <sub>57</sub>	<i>v</i> <sub>56</sub>	5
<i>v</i> <sub>56</sub>	<i>v</i> <sub>54</sub>	7
<b>Doba celkového průjezdu podgrafu:</b>		34

Následně byl vytvořen tzv. multimigraf (viz Obrázek 21) oblasti č. 1, ve kterém jsou pro přehlednost redukovány výše obslužené podgrafy pouze na jejich vstupní vrcholy. Grafické řešení opět respektuje pravidla pro monitoring parkovacích zón.

## Oblast č.1

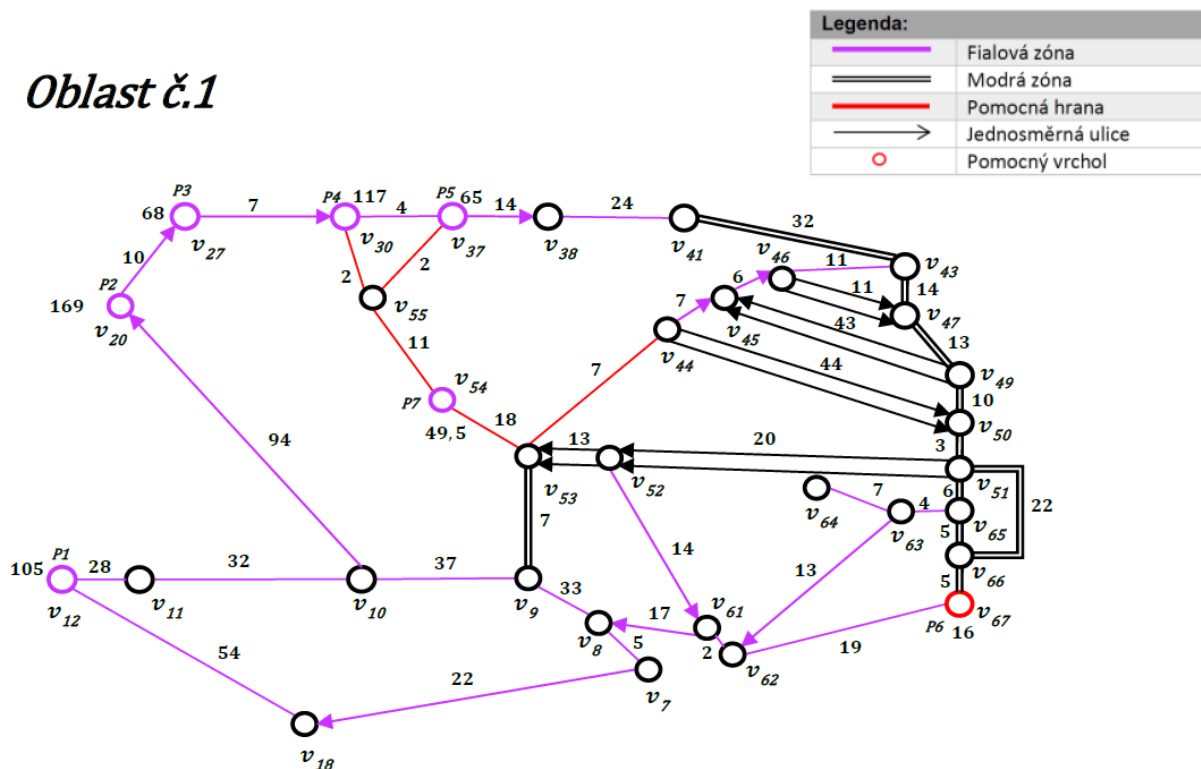


Obrázek 21 - Multimigraf oblasti č. 1, zdroj: [autor]

Dále následuje návrh možného řešení problematiky pro jednotlivá časová okna. Díky specifickým parametrům multimigrafu oblasti č. 1 zvolila autorka heuristický způsob řešení. Heuristický způsob řešení není formalizován do podoby heuristického algoritmu, je koncipován jako seznam rozhodovacích pravidel, která byla při rozhodování o výběru hran k obsluze, a jejichž výsledkem bylo dosažení časové úspory při obsluze oblasti č. 1.

Prvním časovým oknem, které bylo řešeno, je okno **od 12:00 do 14:00**.

## Oblast č.1



Obrázek 22 - Multimigraf pro časové okno od 12:00 do 14:00, zdroj: [autor]

Multimigraf pro toto časové okno je na Obrázku 22. Ohodnocení hran reprezentuje jízdní dobu v sekundách mezi danými vrcholy. Některé z vrcholů mají přiděleno ohodnocení, které reprezentuje dobu obsluhy příslušného podgrafu, který inciduje s ohodnoceným vrcholem. Ohodnocený vrchol je tedy vstupním vrcholem do podgrafu.

**Vstupním vrcholem do sítě byl vždy zvolen vrchol  $v_8$ .** Vrchol  $v_8$  byl zvolen z důvodu podobného umístění jako vstupní vrchol v řešení zpracovaném monitorující firmou. Autorka navrhla 4 možné varianty řešení, přičemž ve všech variantách je vstupním vrcholem  $v_8$ , obsluha končí ve vrcholu  $v_{45}$ , ze kterého vozidlo opouští oblast č. 1. Vozidlo může opustit oblast č. 1 přes 4 vrcholy (4 varianty).

- **Varianta č. 1** končí ve vrcholu  $v_{67}$ , který je vstupním vrcholem do druhé fáze obsluhy oblasti č. 1 v současném stavu,
- **Varianta č. 2** končí ve vrcholu  $v_{30}$ , který je koncovým vrcholem monitoringu v oblasti č. 1 v současném stavu,
- **Varianta č. 3** končí ve vrcholu  $v_{18}$ , který je vstupním vrcholem do oblasti č. 2 v současném stavu,

- **Varianta č. 4** končí ve vrcholu  $v_7$ . Jedná se o nejbližší možný vrchol vrcholu  $v_{45}$ , z něhož můžeme opustit oblast č. 1 do jakéhokoliv směru.

Při návrhu řešení bylo sestaveno 9 rozhodovacích pravidel pro výběr hrany k obsluze, které tvoří teoretický základ heuristického přístupu použitého pro řešení úlohy, viz Tabulka 14:

Tabulka 14 - Přehled rozhodovacích pravidel pro výběr hrany k obsluze, zdroj: [autor]

Číslo pravidla:	Text pravidla:
1.	vybereme tu hranu, která generuje nejmenší neproduktivní přejezd
2.	preferujeme výběr takové hrany, která ještě nebyla obsloužena
3.	preferujeme jednosměrně orientovanou hranu ve fialové zóně
4.	pokud jsme ve vrcholu, ze kterého vychází podgraf typu strom, tak preferujeme obsluhu podgrafu
5.	preferujeme hranu, která vede směrem k modré zóně
6.	vybereme hranu modré zóny, je-li splněn minimální interval pro druhou obsluhu
7.	preferujeme hranu ve fialové zóně, která vede do neobsloužené části sítě
8.	vybereme libovolnou hranu
9.	preferujeme obsluhu hrany v modré zóně

- **Pravidlo č. 1** definuje, že z možných pomocných nebo již obsloužených hran vybereme tu hranu, která zaručí nejkratší neproduktivní přejezd do obsluhované části oblasti,
- **Pravidlo č. 2** uplatňujeme zejména ve vrcholech incidujících s dosud neobslouženou hranou,
- **Pravidlo č. 3** platí pouze pro hrany nacházející se ve fialové zóně. Při výběru hrany k obsluze preferujeme orientovanou hranu před hranami neorientovanými,
- **Pravidlo č. 4** definuje, že je – li při obsluze sítě navštíven vrchol, který je zároveň vstupním vrcholem do podgrafu, obslouží se přednostně všechny hrany tohoto podgrafu,
- **Pravidlo č. 5** definuje, že z možného výběru hran preferujeme hranu směřující k hraně v modré zóně, která je co do obsluhy náročnější než obsluha hrany ve fialové zóně,
- **Pravidlo č. 6** platí pouze pro hrany v modré zóně. Znamená přednostní výběr té hrany, která již splnila minimální časový interval pro druhý průjezd,
- **Pravidlo č. 7** definuje, že k obsluze je preferována hrana ve fialové zóně, která směřuje do oblasti, kde ještě existují neobsloužené hrany,
- **Pravidlo č. 8** umožňuje výběr libovolné hrany pro obsluhu,

- **Pravidlo č. 9** definuje, že pro obsluhu je vybrána libovolná hrana modré zóny.

Na konci každé tabulky navržených variant je uvedena celková doba obsluhy oblasti monitorující firmou v současném stavu, stávající trasa není uvedena z důvodu zachování firemního tajemství. Další časový údaj je celkový čas obsluhy autorky. Poslední uvedený údaj značí rozdíl výše uvedených hodnot.

Ze všech časových oken uvádí autorka v této části bakalářské práce pouze dvě časová okna. Jedná se o výše řešené časové okno 12:00 – 14:00 s nejvyšší časovou úsporou obsluhy a časové okno nočního monitoringu, kde naopak byla časová úspora nejnižší (viz Tabulky 15-19). Návrhy obsluhy pro ostatní časová okna budou podrobně uvedeny v Přílohách 1-5 bakalářské práce. Tabelární kompletní návrh obsluhy bude uveden pouze pro variantu č. 1, pro ostatní varianty budou tabulky obsahovat pouze koncové části obslužných tras začínající ve vrcholu, kde začíná neproduktivní přejezd, který je nutno vykonat za účelem opuštění monitorované oblasti.

- **Koncový vrchol  $v_{45}$**  (viz Tabulka 15):

Tabulka 15 - Návrh řešení pro časové okno od 12:00 do 14:00 s koncovým vrcholem  $v_{45}$ , zdroj: [autor]

Pořadí	Počáteční uzel hrany	Koncový uzel hrany	Jízdní doba [s]	3 minuty	Využité pravidlo pro průjezd
1.	$v_8$	$v_9$	33	-	5
2.	$v_9$	$v_{53}$	7	-	9
3.	$v_{53}$	$v_{44}$	7	-	5
4.	$v_{44}$	$v_{45}$	7	-	3
5.	$v_{45}$	$v_{46}$	6	-	3
6.	$v_{46}$	$v_{47}$	11	-	9
7.	$v_{47}$	$v_{49}$	13	-	9
8.	$v_{49}$	$v_{45}$	43	-	9
9.	$v_{45}$	$v_{46}$	6	-	5
10.	$v_{46}$	$v_{43}$	11	-	2
11.	$v_{43}$	$v_{47}$	14	-	1
12.	$v_{47}$	$v_{49}$	13	X	1
13.	$v_{49}$	$v_{50}$	10	-	2
14.	$v_{50}$	$v_{51}$	3	-	2
15.	$v_{51}$	$v_{65}$	6		8
16.	$v_{65}$	$v_{63}$	4	-	7
17.	$v_{63}$	$v_{64}$	7	-	4
18.	$v_{64}$	$v_{63}$	7	-	5
19.	$v_{63}$	$v_{62}$	13	-	7
20.	$v_{62}$	$v_{67}$	19	-	1
21.	$v_{67}$	$v_{66}$	5	-	5
22.	$v_{66}$	$v_{65}$	5	-	1
23.	$v_{65}$	$v_{66}$	5	X	1
24.	$v_{66}$	$v_{51}$	22	-	9

25.	$v_{51}$	$v_{52}$	20	-	2
26.	$v_{52}$	$v_{61}$	14	-	7
27.	$v_{61}$	$v_{62}$	2	-	1
28.	$v_{62}$	$v_{61}$	2	-	1
29.	$v_{61}$	$v_8$	17	-	2
30.	$v_8$	$v_7$	5	-	1
31.	$v_7$	$v_{18}$	22	-	2
32.	$v_{18}$	$v_{12}$	54	-	2
33.	$v_{12}$	P1	105	-	4
34.	$v_{12}$	$v_{11}$	28	-	2
35.	$v_{11}$	$v_{10}$	32	-	2
36.	$v_{10}$	$v_9$	37	-	1
37.	$v_9$	$v_{53}$	7	OK	6
38.	$v_{53}$	$v_{44}$	7	-	5
39.	$v_{44}$	$v_{50}$	44	-	2
40.	$v_{50}$	$v_{51}$	3	OK	6
41.	$v_{51}$	$v_{65}$	6	OK	6
42.	$v_{65}$	$v_{66}$	5	OK	6
43.	$v_{66}$	$v_{67}$	5	OK	6
44.	$v_{67}$	$v_{66}$	5	-	1
45.	$v_{66}$	$v_{51}$	22	OK	6
46.	$v_{51}$	$v_{52}$	20	OK	6
47.	$v_{52}$	$v_{53}$	13	-	2
48.	$v_{53}$	$v_{54}$	18	-	2
49.	$v_{54}$	P7	49,5	-	4
50.	$v_{54}$	$v_{55}$	11	-	2
51.	$v_{55}$	$v_{37}$	2	-	2
52.	$v_{37}$	P5	65	-	4
53.	$v_{37}$	$v_{38}$	14	-	5
54.	$v_{38}$	$v_{41}$	24	-	5
55.	$v_{41}$	$v_{43}$	32	-	2
56.	$v_{43}$	$v_{46}$	11	-	1
57.	$v_{46}$	$v_{47}$	11	OK	6
58.	$v_{47}$	$v_{49}$	13	OK	6
59.	$v_{49}$	$v_{50}$	10	OK	6
60.	$v_{50}$	$v_{51}$	3	-	1
61.	$v_{51}$	$v_{52}$	20	-	1
62.	$v_{52}$	$v_{53}$	13	OK	6
63.	$v_{53}$	$v_9$	7	-	1
64.	$v_9$	$v_{10}$	37	-	1
65.	$v_{10}$	$v_{20}$	94	-	2
66.	$v_{20}$	P2	169	-	4
67.	$v_{20}$	$v_{27}$	10	-	2
68.	$v_{27}$	P3	68	-	4
69.	$v_{27}$	$v_{30}$	7	-	2
70.	$v_{30}$	P4	117	-	4
71.	$v_{30}$	$v_{37}$	4	-	5
72.	$v_{37}$	$v_{38}$	14	-	5
73.	$v_{38}$	$v_{41}$	24	-	5
74.	$v_{41}$	$v_{43}$	32	OK	6
75.	$v_{43}$	$v_{47}$	14	-	1
76.	$v_{47}$	$v_{49}$	13	-	1

77.	$v_{49}$	$v_{50}$	10	-	1
78.	$v_{50}$	$v_{51}$	3	-	1
79.	$v_{51}$	$v_{52}$	20	-	1
80.	$v_{52}$	$v_{53}$	13	-	1
81.	$v_{53}$	$v_{44}$	7	-	1
82.	$v_{44}$	$v_{50}$	44	OK	6
83.	$v_{50}$	$v_{49}$	10	-	1
84.	$v_{49}$	$v_{45}$	43	OK	6
		<b>Firma: 45:27 min</b>	<b>1808,5 s = 30:09 min</b>		
		<b>Úspora: 15:18 minut</b>			
<b>Legenda k tabulce:</b>					
OK	Splnění minimálního časového intervalu pro druhý průjezd				
-	První průjezd, průjezdy fialovou zónou a prázdné přejezdy				
X	Nesplnění minimálního časového intervalu pro druhý průjezd				
6	Prázdný přejezd				

- **Výstupní vrchol  $v_{67}$**  (viz Tabulka 16):

Tabulka 16 - Návrh řešení pro časové okno od 12:00 do 14:00 s výstupním vrcholem  $v_{67}$ , zdroj: [autor]

85.	$v_{45}$	$v_{46}$	6	-	1
86.	$v_{46}$	$v_{47}$	11	-	1
87.	$v_{47}$	$v_{49}$	13	-	1
88.	$v_{49}$	$v_{50}$	10	-	1
89.	$v_{50}$	$v_{51}$	3	-	1
90.	$v_{51}$	$v_{65}$	6	-	1
91.	$v_{65}$	$v_{66}$	5	-	1
92.	$v_{66}$	$v_{67}$	5	-	1
		<b>Firma: 45:27 min</b>	<b>1867,5 s = 31:08 min</b>		
		<b>Úspora: 14:19 minut</b>			
<b>Legenda k tabulce:</b>					
OK	Splnění minimálního časového intervalu pro druhý průjezd				
-	První průjezd, průjezdy fialovou zónou a prázdné přejezdy				
X	Nesplnění minimálního časového intervalu pro druhý průjezd				
6	Prázdný přejezd				

- **Výstupní vrchol  $v_{30}$**  (viz Tabulka 17):

Tabulka 17 - Návrh řešení pro časové okno od 12:00 do 14:00 s výstupním vrcholem  $v_{30}$ , zdroj: [autor]

85.	$v_{45}$	$v_{46}$	6	-	1
86.	$v_{46}$	$v_{47}$	11	-	1
87.	$v_{47}$	$v_{49}$	13	-	1
88.	$v_{49}$	$v_{50}$	10	-	1
89.	$v_{50}$	$v_{51}$	3	-	1
90.	$v_{51}$	$v_{52}$	20	-	1
91.	$v_{52}$	$v_{53}$	13	-	1
92.	$v_{53}$	$v_{54}$	18	-	1
93.	$v_{54}$	$v_{55}$	11	-	1

94.	$v_{55}$	$v_{30}$	2		1
		<b>Firma: 45:27 min</b>	<b>1912,5 s = 31:53 min</b>		
		<b>Úspora: 13:34 minut</b>			
<b>Legenda k tabulce:</b>					
OK	Splnění minimálního časového intervalu pro druhý průjezd				
-	První průjezd, průjezdy fialovou zónou a prázdné přejezdy				
X	Nesplnění minimálního časového intervalu pro druhý průjezd				
6	Prázdný přejezd				

- **Výstupní vrchol  $v_{18}$**  (viz Tabulka 18):

Tabulka 18 - Návrh řešení pro časové okno od 12:00 do 14:00 s výstupním vrcholem  $v_{18}$ , zdroj: [autor]

85.	$v_{45}$	$v_{46}$	6	-	1
86.	$v_{46}$	$v_{47}$	11	-	1
87.	$v_{47}$	$v_{49}$	13	-	1
88.	$v_{49}$	$v_{50}$	10	-	1
89.	$v_{50}$	$v_{51}$	3	-	1
90.	$v_{51}$	$v_{52}$	20	-	1
91.	$v_{52}$	$v_{61}$	14	-	1
92.	$v_{61}$	$v_8$	17	-	1
93.	$v_8$	$v_7$	5		1
94.	$v_7$	$v_{18}$	22		1
		<b>Firma: 45:27 min</b>	<b>1929,5 s = 32:09 min</b>		
		<b>Úspora: 13:18 minut</b>			
<b>Legenda k tabulce:</b>					
OK	Splnění minimálního časového intervalu pro druhý průjezd				
-	První průjezd, průjezdy fialovou zónou a prázdné přejezdy				
X	Nesplnění minimálního časového intervalu pro druhý průjezd				
6	Prázdný přejezd				

- **Výstupní vrchol  $v_7$**  (viz Tabulka 19):

Tabulka 19 - Návrh řešení pro časové okno od 12:00 do 14:00 s výstupním vrcholem  $v_7$ , zdroj: [autor]

85.	$v_{45}$	$v_{46}$	6	-	1
86.	$v_{46}$	$v_{47}$	11	-	1
87.	$v_{47}$	$v_{49}$	13	-	1
88.	$v_{49}$	$v_{50}$	10	-	1
89.	$v_{50}$	$v_{51}$	3	-	1
90.	$v_{51}$	$v_{52}$	20	-	1
91.	$v_{52}$	$v_{61}$	14	-	1
92.	$v_{61}$	$v_8$	17	-	1
93.	$v_8$	$v_7$	5		
		<b>Firma: 45:27 min</b>	<b>1904,5 s = 31:45 min</b>		
		<b>Úspora: 13:42 minut</b>			
<b>Legenda k tabulce:</b>					
OK	Splnění minimálního časového intervalu pro druhý průjezd				
-	První průjezd, průjezdy fialovou zónou a prázdné přejezdy				

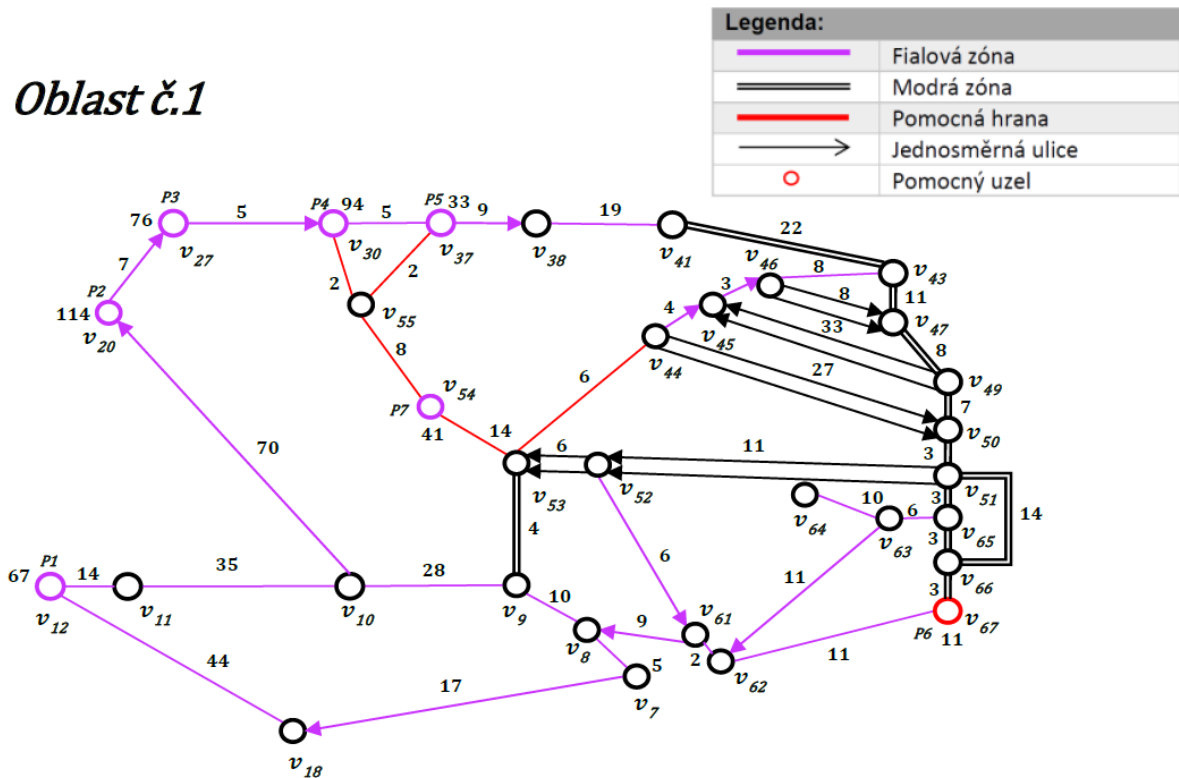


X	Nesplnění minimálního časového intervalu pro druhý průjezd
6	Prázdný přejezd

Dále je uveden návrh řešení pro noční časové okno s nejnižší časovou úsporou (viz Obrázek 23 a Tabulky 20-24):

- **Noční úsek:**

### Oblast č.1



Obrázek 23 - Multimigraf pro časové okno nočního úseku, zdroj: [autor]

- **Koncový vrchol  $v_{45}$**  (viz Tabulka 20):

Tabulka 20 - Návrh řešení pro časové okno nočního úseku s koncovým vrcholem  $v_{45}$ , zdroj: [autor]

Pořadí	Počáteční uzel hrany	Koncový uzel hrany	Jízdní doba [s]	3 minuty	Využití pravidlo pro průjezd
1.	$v_8$	$v_9$	10	-	5
2.	$v_9$	$v_{53}$	4	-	9
3.	$v_{53}$	$v_{44}$	6	-	5
4.	$v_{44}$	$v_{45}$	4	-	3
5.	$v_{45}$	$v_{46}$	3	-	3
6.	$v_{46}$	$v_{47}$	8	-	9
7.	$v_{47}$	$v_{49}$	8	-	9
8.	$v_{49}$	$v_{45}$	33	-	9
9.	$v_{45}$	$v_{46}$	3	-	5

10.	$v_{46}$	$v_{43}$	8	-	2
11.	$v_{43}$	$v_{47}$	11	-	1
12.	$v_{47}$	$v_{49}$	8	X	1
13.	$v_{49}$	$v_{50}$	7	-	2
14.	$v_{50}$	$v_{51}$	3	-	2
15.	$v_{51}$	$v_{65}$	3	-	8
16.	$v_{65}$	$v_{63}$	6	-	7
17.	$v_{63}$	$v_{64}$	10	-	4
18.	$v_{64}$	$v_{63}$	10	-	5
19.	$v_{63}$	$v_{62}$	11	-	7
20.	$v_{62}$	$v_{67}$	11	-	1
21.	$v_{67}$	$v_{66}$	3	-	5
22.	$v_{66}$	$v_{65}$	3	-	1
23.	$v_{65}$	$v_{66}$	3	X	1
24.	$v_{66}$	$v_{51}$	14	-	9
25.	$v_{51}$	$v_{52}$	11	-	2
26.	$v_{52}$	$v_{61}$	6	-	7
27.	$v_{61}$	$v_{62}$	2	-	1
28.	$v_{62}$	$v_{61}$	2	-	1
29.	$v_{61}$	$v_8$	9	-	2
30.	$v_8$	$v_7$	5	-	1
31.	$v_7$	$v_{18}$	17	-	2
32.	$v_{18}$	$v_{12}$	44	-	2
33.	$v_{12}$	P1	67	-	4
34.	$v_{12}$	$v_{11}$	14	-	2
35.	$v_{11}$	$v_{10}$	35	-	2
36.	$v_{10}$	$v_9$	28	-	1
37.	$v_9$	$v_{53}$	4	OK	6
38.	$v_{53}$	$v_{44}$	6	-	5
39.	$v_{44}$	$v_{50}$	27	-	2
40.	$v_{50}$	$v_{51}$	3	OK	6
41.	$v_{51}$	$v_{65}$	3	OK	6
42.	$v_{65}$	$v_{66}$	3	OK	6
43.	$v_{66}$	$v_{67}$	3	OK	6
44.	$v_{67}$	$v_{66}$	3	-	1
45.	$v_{66}$	$v_{51}$	14	OK	6
46.	$v_{51}$	$v_{52}$	11	OK	6
47.	$v_{52}$	$v_{53}$	6	-	2
48.	$v_{53}$	$v_{54}$	14	-	2
49.	$v_{54}$	P7	41	-	4
50.	$v_{54}$	$v_{55}$	8	-	2
51.	$v_{55}$	$v_{37}$	2	-	2
52.	$v_{37}$	P5	33	-	4
53.	$v_{37}$	$v_{38}$	9	-	5
54.	$v_{38}$	$v_{41}$	19	-	5
55.	$v_{41}$	$v_{43}$	22	-	2
56.	$v_{43}$	$v_{46}$	8	-	1
57.	$v_{46}$	$v_{47}$	8	OK	6
58.	$v_{47}$	$v_{49}$	8	OK	6
59.	$v_{49}$	$v_{50}$	7	OK	6
60.	$v_{50}$	$v_{51}$	3	-	1
61.	$v_{51}$	$v_{52}$	11	-	1

62.	$v_{52}$	$v_{53}$	6	OK	6
63.	$v_{53}$	$v_9$	4	-	1
64.	$v_9$	$v_{10}$	28	-	1
65.	$v_{10}$	$v_{20}$	70	-	2
66.	$v_{20}$	P2	114	-	4
67.	$v_{20}$	$v_{27}$	7	-	2
68.	$v_{27}$	P3	76	-	4
69.	$v_{27}$	$v_{30}$	5	-	2
70.	$v_{30}$	P4	94	-	4
71.	$v_{30}$	$v_{37}$	5	-	5
72.	$v_{37}$	$v_{38}$	9	-	5
73.	$v_{38}$	$v_{41}$	19	-	5
74.	$v_{41}$	$v_{43}$	22	OK	6
75.	$v_{43}$	$v_{47}$	11	-	1
76.	$v_{47}$	$v_{49}$	8	-	1
77.	$v_{49}$	$v_{50}$	7	-	1
78.	$v_{50}$	$v_{51}$	3	-	1
79.	$v_{51}$	$v_{52}$	11	-	1
80.	$v_{52}$	$v_{53}$	6	-	1
81.	$v_{53}$	$v_{44}$	6	-	1
82.	$v_{44}$	$v_{50}$	27	OK	6
83.	$v_{50}$	$v_{49}$	7	-	1
84.	$v_{49}$	$v_{45}$	33	OK	6
		<b>Firma: 29:29 min</b>	<b>1284 s = 21:24 min</b>		
		<b>Úspora: 08:05 minut</b>			
<b>Legenda k tabulce:</b>					
OK	Splnění minimálního časového intervalu pro druhý průjezd				
-	První průjezd, průjezdy fialovou zónou a prázdné přejezdy				
X	Nesplnění minimálního časového intervalu pro druhý průjezd				
6	Prázdný přejezd				

- **Výstupní vrchol  $v_{67}$**  (viz Tabulka 21):

Tabulka 21 - Návrh řešení pro časové okno nočního úseku s výstupním vrcholem  $v_{67}$ , zdroj: [autor]

85.	$v_{45}$	$v_{46}$	3	-	1
86.	$v_{46}$	$v_{47}$	8	-	1
87.	$v_{47}$	$v_{49}$	8	-	1
88.	$v_{49}$	$v_{50}$	7	-	1
89.	$v_{50}$	$v_{51}$	3	-	1
90.	$v_{51}$	$v_{65}$	3	-	1
91.	$v_{65}$	$v_{66}$	3	-	1
92.	$v_{66}$	$v_{67}$	3	-	1
		<b>Firma: 29:29 min</b>	<b>1322 s = 22:02 min</b>		
		<b>Úspora: 07:27 minut</b>			
<b>Legenda k tabulce:</b>					
OK	Splnění minimálního časového intervalu pro druhý průjezd				
-	První průjezd, průjezdy fialovou zónou a prázdné přejezdy				
X	Nesplnění minimálního časového intervalu pro druhý průjezd				
6	Prázdný přejezd				

- **Výstupní vrchol  $v_{30}$**  (viz Tabulka 22):

Tabulka 22 - Návrh řešení pro časové okno nočního úseku s výstupním vrcholem  $v_{30}$ , zdroj: [autor]

85.	$v_{45}$	$v_{46}$	3	-	1
86.	$v_{46}$	$v_{47}$	8	-	1
87.	$v_{47}$	$v_{49}$	8	-	1
88.	$v_{49}$	$v_{50}$	7	-	1
89.	$v_{50}$	$v_{51}$	3	-	1
90.	$v_{51}$	$v_{52}$	11	-	1
91.	$v_{52}$	$v_{53}$	6	-	1
92.	$v_{53}$	$v_{54}$	14	-	1
93.	$v_{54}$	$v_{55}$	8		1
94.	$v_{55}$	$v_{30}$	2		1
		<b>Firma: 29:29 min</b>	<b>1354 s = 22:34 min</b>		
		<b>Úspora: 06:55 minut</b>			
<b>Legenda k tabulce:</b>					
OK	Splnění minimálního časového intervalu pro druhý průjezd				
-	První průjezd, průjezdy fialovou zónou a prázdné přejezdy				
X	Nesplnění minimálního časového intervalu pro druhý průjezd				
6	Prázdný přejezd				

- **Výstupní vrchol  $v_{18}$**  (viz Tabulka 23):

Tabulka 23 - Návrh řešení pro časové okno nočního úseku s výstupním vrcholem  $v_{18}$ , zdroj: [autor]

85.	$v_{45}$	$v_{46}$	3	-	1
86.	$v_{46}$	$v_{47}$	8	-	1
87.	$v_{47}$	$v_{49}$	8	-	1
88.	$v_{49}$	$v_{50}$	7	-	1
89.	$v_{50}$	$v_{51}$	3	-	1
90.	$v_{51}$	$v_{52}$	11	-	1
91.	$v_{52}$	$v_{61}$	6	-	1
92.	$v_{61}$	$v_8$	9	-	1
93.	$v_8$	$v_7$	5		1
94.	$v_7$	$v_{18}$	17		1
		<b>Firma: 29:29 min</b>	<b>1361 s = 22:41 min</b>		
		<b>Úspora: 06:48 minut</b>			
<b>Legenda k tabulce:</b>					
OK	Splnění minimálního časového intervalu pro druhý průjezd				
-	První průjezd, průjezdy fialovou zónou a prázdné přejezdy				
X	Nesplnění minimálního časového intervalu pro druhý průjezd				
6	Prázdný přejezd				

- **Výstupní vrchol  $v_7$**  (viz Tabulka 24):

Tabulka 24 - Návrh řešení pro časové okno nočního úseku s výstupním vrcholem  $v_7$ , zdroj: [autor]

85.	$v_{45}$	$v_{46}$	3	-	1
86.	$v_{46}$	$v_{47}$	8	-	1
87.	$v_{47}$	$v_{49}$	8	-	1
88.	$v_{49}$	$v_{50}$	7	-	1
89.	$v_{50}$	$v_{51}$	3	-	1
90.	$v_{51}$	$v_{52}$	11	-	1
91.	$v_{52}$	$v_{61}$	6	-	1
92.	$v_{61}$	$v_8$	9	-	1
93.	$v_8$	$v_7$	5		
		<b>Firma: 29:29 min</b>	<b>1344 s = 22:24 min</b>		
		<b>Úspora: 07:05 minut</b>			
<b>Legenda k tabulce:</b>					
OK	Splnění minimálního časového intervalu pro druhý průjezd				
-	První průjezd, průjezdy fialovou zónou a prázdné přejezdy				
X	Nesplnění minimálního časového intervalu pro druhý průjezd				
6	Prázdný přejezd				

Tabulka 25 obsahuje přehled dosažených časových úspor v jednotlivých časových oknech. Zeleně označené hodnoty značí nejvyšší dosažené časové úspory, červené hodnoty naopak nejnižší. Poslední sloupec uvádí průměrnou úsporu v daném koncovém vrcholu. Poslední řádek uvádí průměrnou úsporu pro dané časové okno.

Tabulka 25 - Přehled časových úspor v jednotlivých časových oknech, zdroj: [autor]

Přehled časových úspor v jednotlivých časových oknech [min]								
Časová okna								
Koncový vrchol	08:00 – 10:00	10:00- 12:00	12:00 – 14:00	14:00 – 16:00	16:00 – 18:00	18:00 – 20:00	Noční úsek	Průměrná úspora v koncovém vrcholu [min]
$V_{45}$	12:16	09:08	15:18	12:49	09:38	09:43	08:05	11:00
$V_{67}$	11:32	07:54	14:19	11:58	08:43	08:54	07:27	10:07
$V_{30}$	10:35	07:24	13:34	11:15	07:51	08:15	06:55	09:24
$V_{18}$	10:55	07:17	13:18	11:12	07:36	08:05	06:48	09:19
$V_7$	11:11	07:35	13:42	11:32	08:08	08:27	07:05	09:40
Průměr	11:18	07:52	14:02	11:45	08:23	08:41	07:16	

## 5. Závěr

Bakalářská práce se zabývala tématem analýzy procesu monitoringu parkovacích míst v Praze. Autorka vycházela ze systému práce monitorující firmy Cortec s.r.o. Z dat poskytnutých touto firmou a na základě vlastní analýzy byla vytvořena bakalářská práce.

V první kapitole bakalářské práce je krátce zmíněna historie placeného parkovacího stání v Praze. Dále je zde popsáno rozdělení jednotlivých druhů parkovacích zón. Pochopení tohoto systému rozdělení bylo zásadní pro zpracování ostatních kapitol práce. Dále jsou obsaženy informace o ceníku a možnostech placení parkovacích míst.

Druhá kapitola se zabývala již samotným monitoringem. Na začátku byly vysvětleny základní pojmy této problematiky, dále byla představena konkrétní veřejná zakázka i její vítěz pro období 2015-2021. Z toho období vycházejí i všechny informace a údaje použité v této práci. Detailně byla v kapitole 2 popsána také pravidla pro monitoring jednotlivých zón, např. frekvence monitoringu v rámci jedné obsluhy či v rámci jednoho měsíce.

Třetí kapitola obsahuje využitý aparát teorie grafu pro praktickou část bakalářské práce.

Stěžejní čtvrtá kapitola obsahuje návrh řešení analyzovaného problému. Nejprve byla vybrána oblast pro konkrétní řešení, která byla následně převedena do grafu. Monitorované území v Praze 4 bylo poté rozčleněno na oblast č. 1 a oblast č. 2, přičemž nadále byla řešena jen oblast č. 1. Poté byly identifikovány tzv. podgrafy, které byly pro zvýšení přehlednosti grafu reprezentujícího oblast č. 1 vyňaty a obsluhovány samostatně, což nemá vliv na efektivitu navrženého řešení. V této části řešení bakalářské práce bylo třeba zjistit, zda pro dané vstupní informace a data lze využít metody teorie grafů. Primárním cílem bylo nalezení exaktního řešení problému, což se, bohužel, díky specifickým zavedeným pravidlům daného monitorovacího systému ukázalo jako nemožné. Proto bylo přistoupeno k návrhu heuristického přístupu obsahujícího devět doporučujících rozhodovacích pravidel pro výběr hrany k obsluze. Za použití těchto pravidel byla dosažena řešení, která ve výsledku přinesla významné úspory pohybující se v intervalu 6 až 16 minut.

V budoucnu případně mohou s výslednými úsporami nadále pracovat hned dva beneficianti. Prvně samotná monitorovací firma, která může využít uvedené poznatky pro reorganizaci stávajícího systému obsluhy či plánu časových oken. Rovněž je může zohlednit při optimalizaci počtu zaměstnanců a vozidel provádějících monitorovací jízdy. Dále mohou výsledky využít samotní řidiči monitorujících vozidel. Získaný čas jim může posloužit k odpočinku, občerstvení nebo ke klidnému přesunu do následující monitorované oblasti. V dopravních špičkách jsou

totiž tyto přejezdy dosti komplikované a přinášejí časté časové prodlevy, které negativně ovlivňují celkový denní plán monitorovaných tras.

V úvodu si autorka jako hlavní cíl své bakalářské práce vytkla podrobněji se seznámit se systémem monitoringu parkovacích zón v Praze teoreticky i prakticky. Na základě získaných poznatků provést analýzu a návrh případných řešení, která by mohla přispět spolupracující monitorující firmě k zefektivnění její práce. Záměr byl realizován s výsledkem představených řešení, která v praxi slibují významnou časovou úsporu.

## Použité zdroje

### Literatura:

- [1] MOCKOVÁ, Denisa, TEICHMANN, Dušan, KOVÁČ, Matúš. Studijní podklady k přednáškám a cvičením předmětu Teorie grafů a její aplikace v dopravě. Praha.
- [2] DEMEL, Jiří. Grafy a jejich aplikace. Praha: Academia, 2002. ISBN 80-200-0990-6.
- [3] JANÁČEK, J. Optimalizace na dopravních sítích. 1. vydání. Žilina: EDIS, 2003. ISBN 80-8070-031-1.

### Internetové zdroje:

- [4] Parkuj v klidu: *Základní principy* [online]. 2021 [cit. 2021-04-15]. Dostupné z: <https://www.parkujvklidu.cz/cs/koncepce-zon/>
- [5] Wikipedie: *Zóny placeného stání v Praze* [online]. 2020 [cit. 2021-04-15]. Dostupné z: [https://cs.wikipedia.org/wiki/Z%C3%B3ny\\_placen%C3%A9ho\\_st%C3%A1n%C3%AD\\_v\\_Praze](https://cs.wikipedia.org/wiki/Z%C3%B3ny_placen%C3%A9ho_st%C3%A1n%C3%AD_v_Praze)
- [6] Parkuj v klidu: *Parkování pro rezidenty* [online]. 2021 [cit. 2021-04-15]. Dostupné z: <https://www.parkujvklidu.cz/cs/parkovani-pro-rezidenty/>
- [7] Parkuj v klidu: *Smíšené parkování* [online]. 2021 [cit. 2021-04-15]. Dostupné z: <https://www.parkujvklidu.cz/cs/smisene-parkovani/>
- [8] Parkuj v klidu: *Parkování pro návštěvníky* [online]. 2021 [cit. 2021-04-15]. Dostupné z: <https://www.parkujvklidu.cz/cs/parkovani-pro-navstevniky/>
- [9] Parkuj v klidu: *P+R, Carsharing a ostatní* [online]. 2021 [cit. 2021-04-15]. Dostupné z: <https://www.parkujvklidu.cz/cs/parkovani-pr/>
- [10] Parkuj v klidu: *Výtah z ceníků parkovacích oprávnění* [online]. 2021 [cit. 2021-05-25]. Dostupné z: <https://www.parkujvklidu.cz/cs/zakaznici-zon-placeneho-parkovani/vytah-z-ceniku/>
- [11] Technická správa komunikací hl. m. Prahy: *Zadávací dokumentace veřejné zakázky: Dodavatel služby provozu zón placeného stání v hlavním městě Praze* [online]. 2014 [cit. 2021-04-15]. Dostupné z: [https://www.tsk-praha.cz/aplikace/eprocure\\_7/profile.nsf/0/D5B1730DBF48CC1DC1257D86005E8423/\\$File/ZPS-](https://www.tsk-praha.cz/aplikace/eprocure_7/profile.nsf/0/D5B1730DBF48CC1DC1257D86005E8423/$File/ZPS-)



[%20%20%C4%8D%C3%A1st%201%20Podrobn%C3%A9%20podm%C3%ADnky%20ZD-P.pdf](#)

[12] Jablíčkář: Parkování v Praze může být oříšek. Pomohou s ním nové dvě české aplikace. [online]. 2017 [cit. 2021-04-15]. Dostupné z: <https://jablickar.cz/parkovani-v-praze-muze-byt-orisek-pomohou-s-nim-dve-nove-ceske-aplikace/>

[13] Paintmaps. [online]. [cit. 2021-04-15]. Dostupné z: <https://paintmaps.com/>

[14] Forbes: Big Brother. Jak fungují auta Eltodo, která v Praze kontrolují parkování? [online]. 2019 [cit. 2021-05-10]. Dostupné z: <https://forbes.cz/bigbrother-jak-funguji-auta-eltodo-ktera-v-praze-kontroluji-parkovani/>

[15] Wikipedie: Praha 4. [online]. 2021 [cit. 2021-06-29]. Dostupné z: [https://cs.wikipedia.org/wiki/Praha\\_4](https://cs.wikipedia.org/wiki/Praha_4)

[16] TSK: Dopravní informační centrum Praha. [online]. [cit. 2021-07-02]. Dostupné z: <http://dic.tsk-praha.cz/>

## Seznam obrázků

Obrázek 1 - Obrázek 1 - Svislé dopravní značení modrých zón, zdroj: [autor] .....	11
Obrázek 2 - Obrázek 2 - Svislé dopravní značení fialových zón, zdroj: [autor] .....	12
Obrázek 3 - Obrázek 3 - Svislé dopravní značení pro oblast oranžových zón, zdroj: [autor] .....	13
Obrázek 4 - Parkovací automat Strada, zdroj: [autor].....	18
Obrázek 5 - Ukázka mobilní aplikace pro parkování, zdroj: [12].....	19
Obrázek 6 - Stav ZPS v Praze k roku 2014, zdroj: [13] .....	23
Obrázek 7 - Automobil společnosti ELTODO a.s. využívaný pro monitoring, zdroj: [15].....	28
Obrázek 8 - Praha 4 na mapě, zdroj: [15] .....	31
Obrázek 9 - Řešená oblast, zdroj: [16].....	32
Obrázek 10 - Graf reprezentující komunikační síť, zdroj: [autor] .....	33
Obrázek 11 - Rozdělení grafu reprezentujícího komunikační síť do jednotlivých oblastí, zdroj: [autor] .....	34
Obrázek 12 - Vyznačení poloh podgrafů řešených izolovaně v oblasti č. 1 [autor] .....	35
Obrázek 13 - Fragment grafu s hranami umožňujícími neproduktivní přejezd, zdroj: [autor].....	36
Obrázek 14 - Podgraf č. 1, zdroj: [autor] .....	36
Obrázek 15 - Podgraf č. 2, zdroj: [autor] .....	37
Obrázek 16 - Podgraf č. 3, zdroj: [autor] .....	39
Obrázek 17 - Podgraf č. 4, zdroj: [autor] .....	41
Obrázek 18 - Podgraf č. 5, zdroj: [autor] .....	43
Obrázek 19 - Podgraf č. 6, zdroj: [autor] .....	45
Obrázek 20 - Podgraf č. 7, zdroj: [autor] .....	46
Obrázek 21 - Multimigraf oblasti č. 1, zdroj: [autor] .....	48
Obrázek 22 - Multimigraf pro časové okno od 12:00 do 14:00, zdroj: [autor].....	49
Obrázek 23 - Multimigraf pro časové okno nočního úseku, zdroj: [autor] .....	55

## Seznam tabulek

Tabulka 1 - Výťah z ceníku pro rezidenty, zdroj: [10].....	14
Tabulka 2 - Výťah z ceníku pro rezidenty starší 65 let a držitele průkazu ZTP, ZTP-P, zdroj: [10] .....	14
Tabulka 3 - Výťah z ceníku pro abonenty (fyzické osoby podnikající, právnická osoba podnikající), vlastník nemovitosti, zdroj: [10] .....	15
Tabulka 4 - Výťah z ceníku pro krátkodobé (návštěvnické) stání, zdroj: [10] .....	15
Tabulka 5 - Primární a sekundární cíle koncepce ZPS, zdroj: [11] .....	23
Tabulka 6 - Způsob monitoringu v jednotlivých parkovacích zónách, zdroj: [11].....	27
Tabulka 7 - Jízdní doby v podgrafu č. 1, zdroj: [autor].....	36
Tabulka 8 - Jízdní doby v podgrafu č. 2, zdroj: [autor].....	37
Tabulka 9 - Jízdní doby v podgrafu č. 3, zdroj: [autor].....	40
Tabulka 10 - Jízdní doby v podgrafu č. 4, zdroj: [autor].....	41
Tabulka 11 - Jízdní doby v podgrafu č. 5, zdroj: [autor].....	43
Tabulka 12 - Jízdní doby v podgrafu č. 6, zdroj: [autor].....	45
Tabulka 13 - Jízdní doby v podgrafu č. 7, zdroj: [autor].....	46
Tabulka 14 - Přehled rozhodovacích pravidel pro výběr hrany k obsluze, zdroj: [autor] .....	50
Tabulka 15 - Návrh řešení pro časové okno od 12:00 do 14:00 s koncovým vrcholem $v_{45}$ , zdroj: [autor] .....	51
Tabulka 16 - Návrh řešení pro časové okno od 12:00 do 14:00 s výstupním vrcholem $v_{67}$ , zdroj: [autor] .....	53
Tabulka 17 - Návrh řešení pro časové okno od 12:00 do 14:00 s výstupním vrcholem $v_{30}$ , zdroj: [autor] .....	53
Tabulka 18 - Návrh řešení pro časové okno od 12:00 do 14:00 s výstupním vrcholem $v_{18}$ , zdroj: [autor] .....	54
Tabulka 19 - Návrh řešení pro časové okno od 12:00 do 14:00 s výstupním vrcholem $v_7$ , zdroj: [autor] .....	54
Tabulka 20 - Návrh řešení pro časové okno nočního úseku s koncovým vrcholem $v_{45}$ , zdroj: [autor] .....	55
Tabulka 21 - Návrh řešení pro časové okno nočního úseku s výstupním vrcholem $v_{67}$ , zdroj: [autor] .....	57
Tabulka 22 - Návrh řešení pro časové okno nočního úseku s výstupním vrcholem $v_{30}$ , zdroj: [autor] .....	58
Tabulka 23 - Návrh řešení pro časové okno nočního úseku s výstupním vrcholem $v_{18}$ , zdroj: [autor] .....	58

Tabulka 24 - Návrh řešení pro časové okno nočního úseku s výstupním vrcholem $v_7$ , zdroj: [autor] .....	59
Tabulka 25 - Přehled časových úspor v jednotlivých časových oknech, zdroj: [autor] .....	59

## **Seznam příloh**

Příloha 1 – Návrh řešení časového okna 08.00 – 10.00

Příloha 2 – Návrh řešení časového okna 10.00 – 12.00

Příloha 3 – Návrh řešení časového okna 14.00 – 16.00

Příloha 4 – Návrh řešení časového okna 16.00 – 18.00

Příloha 5 – Návrh řešení časového okna 18.00 – 20.00