

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
FAKULTA DOPRAVNÍ

Jan Friedel

PARKOVIŠTĚ A JEJICH INTEGROVANÉ ŘEŠENÍ

Bakalářská práce

2019

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta dopravní

d ě k a n

Konviktská 20, 110 00 Praha 1



K617 Ústav logistiky a managementu dopravy

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení studenta (včetně titulů):

Jan Friedel

Kód studijního programu a studijní obor studenta:

B 3710 – LOG – Logistika a řízení dopravních procesů

Název tématu (česky): **Parkoviště a jejich integrované řešení**

Název tématu (anglicky): Parking Lots and Their Integrated Solution

Zásady pro vypracování

Při zpracování bakalářské práce se řiďte osnovou uvedenou v následujících bodech:

- Smart cities a význam parkování
- Technická řešení parkovišť
- Metody sběru dat o obsazenosti parkoviště
- Zpracování dat a jejich další využití
- Ekonomická analýza nasazení různých technologií



- Rozsah grafických prací: dle pokynů vedoucího bakalářské práce
- Rozsah průvodní zprávy: minimálně 35 stran textu (včetně obrázků, grafů a tabulek, které jsou součástí průvodní zprávy)
- Seznam odborné literatury: Svítek, M., Příbyl, P.: Inteligentní dopravní systémy. BEN, Praha, 2001
Svítek, M., Postránecký M.: Města budoucnosti. NADATUR spol., Praha, 2018
Mayer-Schönberger, V., Cukier, K., Goner, J.: Big Data. Computer Press, Brno, 2014

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Mgr. Václav Baroch, Ph.D.**

Datum zadání bakalářské práce: **30. června 2018**
(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: **26. srpna 2019**
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.

Jan Friedel
jméno a podpis studenta

V Praze dne 30. června 2018

Poděkování

Touto formou bych rád poděkoval všem, kteří mě podporovali při tvorbě této práce a poskytli potřebné materiály či rady. Především bych pak chtěl poděkovat vedoucímu své práce Ing. Mgr. Václavu Barochovi Ph.D. za trpělivé konzultování, poskytnutí cenných rad a zprostředkování technických nástrojů pro snadnější zpracování dat.

Velké díky patří také panu Mgr. Pavlu Provinskému, který mi značnou měrou pomohl se zpracováním dat a vytvořením modelu, jenž je obsahem páté kapitoly této práce.

V neposlední řadě bych pak chtěl poděkovat své rodině, blízkým a přítelkyni za materiální i morální podporu, kterou mi poskytli po celou dobu studia.

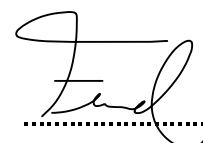
Prohlášení

Předkládám tímto k posouzení a obhajobě bakalářskou práci zpracovanou na závěr studia na ČVUT v Praze Fakultě dopravní.

Prohlašuji, že jsem předloženou práci vypracoval samostatně a že jsem uvedl 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 Praze den 26. 8. 2019

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'Fud', written over a horizontal dotted line.

podpis

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta dopravní

PARKOVIŠTĚ A JEJICH INTEGROVANÉ ŘEŠENÍ

Bakalářská práce

srpen 2019

Jan Friedel

ABSTRAKT

Předmětem této bakalářské práce je představení možností sběru dat o obsazenosti parkovišť. Teoretická část se zabývá představením konceptu Smart Cities a rolí, kterou v něm zaujímají parkoviště. Následně jsou v práci uvedeny technické normy pro návrh parkovacích ploch a stání. Dále jsou popsány různé metody sběru dat o obsazenosti parkovišť a specifikovány typy senzorů sloužících k tomuto účelu. V praktické části jsou zpracována data z konkrétního parkoviště a je vytvořen model predikující jeho obsazenost. V závěru práce je provedena ekonomická analýza nasazení různých technologií pro sběr dat z parkovišť.

KLÍČOVÁ SLOVA

parkoviště, Smart Cities, data velkého objemu (Big data), obsazenost parkovišť, sběr dat

ABSTRACT

The subject of this bachelor thesis is a presentation of the different options of data collection concerning the occupancy rates of parking lots. The theoretical section introduces the concept of Smart Cities and the role of parking lots within it. Subsequently, it presents the various methods of data collection and the types of sensors serving this purpose. The practical section analyses the data of a specific parking lot and creates a model predicting its occupancy rates. the final part/section of the thesis offers an economic analysis of the deployment of the different technologies for the collection of data from parking lots.

KEY WORDS

parking lots, Smart Cities, Big data, parking lot occupancy, data collection

Obsah

Seznam použitých zkratk	7
1 Úvod	8
2 Smart Cities a parkování	9
2.1 Význam a popis konceptu Smart Cities	9
2.1.1 Obyvatelé ve městech	9
2.1.2 Internet věcí (IoT) a Průmysl 4.0	10
2.1.3 Společnost 4.0	11
2.1.4 Zrod Smart Cities	11
2.2 Základní charakteristiky a komponenty Smart Cities	11
2.2.1 Charakteristiky Smart Cities	11
2.2.2 Komponenty Smart Cities	12
2.3 Mobilita ve městech a role parkovišť	13
2.3.1 Mobilita ve městech	13
2.3.2 Význam parkovišť	14
2.4 Příklady řešení parkování ve Smart Cities v České republice	14
2.4.1 Písek	15
2.4.2 Kolín	15
2.4.3 Liberec	16
3 Technická řešení parkovišť	18
3.1 Technické možnosti parkovišť	18
3.1.1 Definice	18
3.1.2 Dělení parkovacích stání	19
3.1.3 Navrhování parkovacích ploch	20
3.2 Typy řešení parkování ve městech	21
3.2.1 Zóny placeného stání	21
3.2.2 ZPS v Praze	21
3.2.2.1 Druhy zón	22
3.2.2.2 Ceny a platba ZPS v Praze	24

3.2.3	Parkoviště P+R, K+R a B+R	26
3.2.3.1	Typ P+R	26
3.2.3.2	Typ K+R	27
3.2.3.3	Typ B+R	28
4	Metody sběru dat o obsazenosti parkoviště	30
4.1	Primární sběr dat	30
4.1.1	Dělení detektorů	30
4.1.2	Popis jednotlivých druhů detektorů	31
4.1.2.1	Indukční smyčky	31
4.1.2.2	Magnetometry	32
4.1.2.3	Kamerové systémy – Video-detekce	33
4.2	Typy sběru dat	34
4.2.1	Sběr dat u brány parkoviště	34
4.2.2	Sběr dat z jednotlivých parkovacích míst	35
5	Zpracování dat a jejich další využití	38
5.1	Struktura a objem dat	38
5.1.1	Struktura dat	38
5.1.2	Objem dat a pojem Big data	39
5.2	Zpracování dat a představení zkoumané lokality	41
5.2.1	P+R Zličín 1	41
5.2.2	Filtrace a základní úprava dat	42
5.2.3	Chyby ve zpracovaných datech	43
5.2.4	Příprava dat pro analýzu	44
5.3	Analýza dat a predikce obsazenosti	45
5.3.1	Volba modelu	45
5.3.2	Výpočet sezónního vlivu	46
5.3.3	Výpočet okamžitého výkyvu	46
5.3.4	Predikce pomocí modelu	49

6	Ekonomická analýza nasazení různých technologií	52
6.1	P+R Kotlářka	52
6.1.1	Poloha a stav při otevření	52
6.1.2	Současný stav	53
6.2	Analýza varianty sběru dat u brány parkoviště	53
6.2.1	Popis varianty	53
6.2.2	Příjmy	54
6.2.3	Náklady	55
6.2.4	Hotovostní tok (Cash flow)	57
6.2.5	Časová hodnota peněz	58
6.2.6	Doba návratnosti	60
6.3	Analýza varianty sběru dat z jednotlivých parkovacích míst	61
6.3.1	Příjmy	61
6.3.2	Náklady	62
6.3.3	Hotovostní tok (Cash flow)	63
6.3.4	Časová hodnota peněz	64
6.3.5	Doba návratnosti	65
7	Závěr	66
8	Použité zdroje	67
9	Seznam obrázků	71
10	Seznam tabulek	72
11	Seznam rovnic	73
12	Přílohy	74

Seznam použitých zkratek

B+R	Bike and Ride
CSV	Comma-separated values resp. hodnoty oddělené čárkami
ČR	Česká republika
FO	fyzická osoba
HMI	Human Factor Interference resp. rozhraní mezi člověkem a technologií
HW	hardware
IAD	individuální automobilová doprava
ICT	Information and Communication Technologies resp. Informační a komunikační technologie
IoT	Internet of Things resp. Internet věcí
kHz	kilohertz
K+R	Kiss and Ride
MHD	městská hromadná doprava
PO	právnícká osoba
P+R	Park and Ride
PV	present value resp. současná hodnota
SPZ	Státní poznávací značka
SSZ	světelné signalizační značení
SW	software
TB	terabyte
TVM	time value money resp. časová hodnota peněz
ZPS	zóny placeného stání
ZTP	zvlášť těžké postižení
ZTP-P	zvlášť těžké postižení s průvodcem

1 Úvod

Parkování ve městech je bezpochyby jedním z nejvíce diskutovaných a kritizovaných témat v dopravě. Především ve velkoměstech nastává problém s nedostatkem parkovacích míst, která nejsou schopna pojmout auta rezidentů, návštěvníků a lidí dojíždějících za prací do centra z okrajových částí měst.

Tato bakalářská práce představuje metody sběru dat o obsazenosti parkovacích míst a parkovišť, s jejichž pomocí je možné získat potřebná data a analyzovat je. Právě analýza těchto dat může přispět ke správnému a efektivnímu fungování parkovacích systémů ve městech.

Úvodní část práce je věnována konceptu Smart Cities a poukazuje na stále se zvyšující počet lidí, kteří se přesouvají z venkova do měst, a na možnosti vylepšování kvality života ve městech pomocí moderních technologií. Dále je zmíněna role parkovišť a odstavných ploch v tomto konceptu. Jsou uvedeny příklady současných projektů věnujících se parkování v rámci konceptu Smart Cities, jež probíhají v České republice.

Dále jsou v práci zmíněny technické vlastnosti parkovišť a podmínky jejich navrhování. V následující části jsou popsány možnosti sběru dat z parkovišť, včetně vlastností a fungování různých druhů detektorů.

Praktická část této práce je věnována analýze dat o obsazenosti P+R parkoviště Zličín 1 nacházející se v městské části Praha 17. Cílem je získání datového modelu predikujícího obsazenost parkoviště. Zároveň je spočítána pravděpodobnost volného místa v predikovaný čas. Dále je ověřena přesnost vytvořeného modelu pomocí srovnání s dvěma jednoduššími metodami predikce.

Práci uzavírá ekonomická analýza nasazení dvou různých technologií sběru dat. Pro účel předmětné analýzy bylo vybráno P+R parkoviště Kotlářka nacházející se v Praze 5. Dané parkoviště není v současné době vybaveno žádnou technologií pro sběr dat. Tato analýza je provedena pro dva druhy technologií, jednou je sběr dat o obsazenosti u brány parkoviště a druhou sběr dat z jednotlivých parkovacích stání. Součástí analýzy je výpočet Cash flow a současné hodnoty peněz. Závěrem analýzy je vypočtena přijatelnost jednotlivých variant projektu a graficky zobrazena doba návratnosti.

2 Smart Cities a parkování

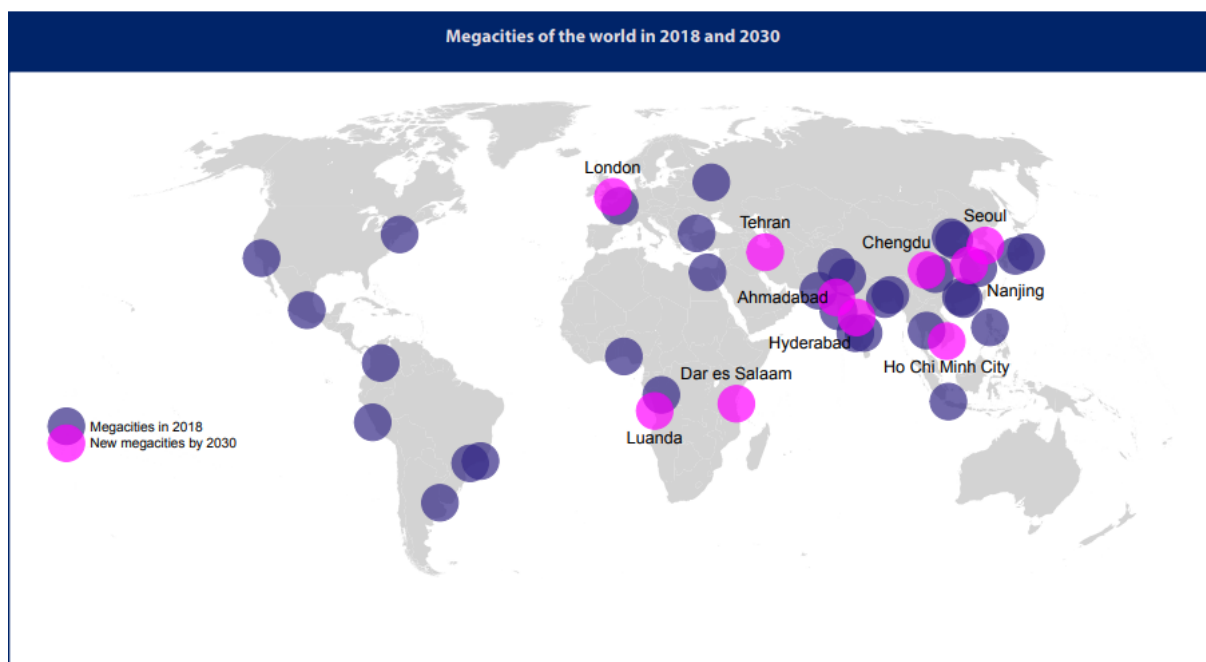
V následující kapitole je představen koncept Smart Cities a jeho hlavní principy a charakteristiky. Dále je objasněn význam parkovišť v tomto konceptu.

2.1 Význam a popis konceptu Smart Cities

První podkapitola je nejprve zaměřena na demografické údaje a trend přesunu obyvatelstva do měst. Poté jsou představeny pojmy *Internet věcí*, *Průmysl 4.0* a *Společnost 4.0*.

2.1.1 Obyvatelé ve městech

Podíl obyvatel žijících ve městech a satelitních oblastech vůči lidem žijícím na venkově se celosvětově každým rokem zvyšuje. Zatímco v roce 1900 žil údajně ve městě pouze každý desátý člověk, [1] koncem roku 2008 to byl již každý druhý. [2] V roce 2018 žilo ve městech asi 55 % celosvětové populace a očekává se, že do roku 2050 by tento údaj mohl vzrůst až na 68%. [3] Zároveň s rostoucím počtem lidí sídlících v městech roste i počet takzvaných *megaměst*, tedy měst s počtem obyvatel vyšším než 10 milionů. Nyní toto kritérium globálně splňuje 33 měst, avšak podle studie OSN by k nim mělo přibýt do roku 2030 dalších 10 [4]. Z mapy světa na obrázku 1 je patrné, že nejvíce těchto *megaměst* se nachází v Asii, a to především v rozvojových zemích.



Obrázek 1 – Lokace megaměst ve světě. Modře jsou označena současná megaměsta, růžovou barvou pak města, u nichž se předpokládá, že v roce 2030 budou megaměsty. [4]

2.1.2 Internet věcí (IoT) a Průmysl 4.0

Internet věcí neboli *Internet of Things* je termín pro elektronická zařízení, která jsou schopná pomocí senzorů, čidel a softwaru sbírat data o používání, a následně je pomocí internetového připojení odesílat do místního či vzdáleného (cloudového) úložiště k dalšímu zpracování. Tato zařízení jsou také schopná díky připojení vzájemně komunikovat a je možné je vzdáleně ovládat. Do oblasti IoT můžeme zařadit zařízení napříč mnoha obory. V oblasti bydlení se jedná o takzvané chytré budovy, jejichž hlavním cílem je snižovat spotřebovanou energii právě pomocí získaných dat. To umožňuje ovládání dílčích systémů budovy, jako je například osvětlení či vytápění. IoT je také hojně využíván v dopravě, kdy jsou pro zlepšení plynulosti provozu ve městech využívána data z kamer a senzorů rozmístěných na dopravní síti. Mezi nejběžnější zařízení, jež můžeme do IoT zařadit, patří dnes již běžně používané chytré telefony nebo chytré hodinky, které jsou schopny měřit tep, počet nachozených kroků či sbírat data o poloze uživatele pomocí GPS.

Průmysl 4.0 nebo také Revoluce 4.0 spočívá v zavádění moderních technologií do oblasti průmyslové výroby. Hlavním principem je automatizace výroby pomocí systémů, které budou vykonávat fyzické úkoly a zároveň budou virtuálně propojeny s řídicí jednotkou, a tak je bude možné vzdáleně ovládat. Tyto změny povedou k značnému zefektivnění výroby a zároveň se i významně dotknou celé společnosti. Význam Průmyslu 4.0 popisuje následující odstavec z dokumentu Ministerstva průmyslu a obchodu: [5]

„V jádru čtvrté průmyslové revoluce stojí spojení virtuálního kybernetického světa se světem fyzické reality. To s sebou přináší též významné interakce těchto systémů s celou společností, tedy se světem sociálním. Z pohledu moderní teorie systémů se proto v poslední době v souvislosti se 4. průmyslovou revolucí hovoří o revoluci kyberneticko-fyzicko-sociální, způsobující dynamickou vzájemnou interakci složitých systémů kyberneticko-virtuálních, systémů fyzického světa a systémů sociálních.“ [6 str. iii]

2.1.3 Společnost 4.0

S nástupem automatizace a moderních technologií se nezmění jen průmysl či doprava. Jak již bylo zmíněno v předchozí podkapitole, tyto změny se zajisté dotknou i lidské společnosti a změny její dosavadní způsob myšlení. Následující odstavec tento pojem uvádí i ve světle připravenosti České republiky na tuto změnu:

„Protože propojené dílčí systémy Internetem věcí, služeb a lidí budou mít dopad na všechny procesy našeho hospodářství, hovoří se o Společnosti 4.0 nebo též o Myšlení 4.0. Jedná se skutečně o (čtvrtou) revoluci, ne pouze o evoluci ve vývoji urbanistických osídlení. Budoucí rozvoj bude záviset na schopnosti se tomuto trendu přizpůsobit a udržet s ním krok. Máme k tomu nejlepší předpoklady, protože tyto koncepty vznikaly v sousedním Německu, se kterým máme dlouhodobě dobré vazby, a to jak v rámci akademické spolupráce, tak i v oblasti vzájemného obchodu.“ [5 str. 15]

2.1.4 Zrod Smart Cities

Ačkoliv se může zdát, že předchozí podkapitoly spolu na první pohled příliš nesouvisí, lze nalézt společný jmenovatel městské aglomerace a moderních technologií, a tím je koncept Smart Cities. Velmi zjednodušeně se jedná o využití inteligentních technologií pro zlepšení kvality života ve městech. Toto spojení může významně ovlivnit současný i budoucí život v aglomeracích a výrazně přispět k jejich udržitelnosti a pomoci šetření energií, respektive neobnovitelných přírodních zdrojů.

2.2 Základní charakteristiky a komponenty Smart Cities

Druhá podkapitola představuje Smart Cities a jeho charakteristiky. V druhé části jsou popsány klíčové části zmíněného konceptu a jejich význam pro celkové fungování.

2.2.1 Charakteristiky Smart Cities

Město jako takové je velmi složitá struktura, jež se skládá z budov a ulic, které je propojují. Tato struktura je v každém městě specifická a byla formována na základě různých účelů jednotlivých částí měst. Pro pochopení konceptu Smart Cities je potřeba si celé město představit jako jakousi „chytrou továrnu“, ke které je zároveň vytvořen virtuální model, kterým je možné řídit procesy dle konceptu Průmysl 4.0.

Pojmem *Interoperabilita* znamená, že město, chápáno ve smyslu „chytré továrny“, má propojené všechny části svého sociálně-kyberneticko-fyzického systému. Propojeny navzájem jsou tedy budovy, systém integrované dopravy a prvky veřejného prostoru jako osvětlení či kontejnery tříděného odpadu.

Jak již bylo zmíněno, k městu je paralelně vytvořena také jeho virtuální kopie. Tuto kopii nazýváme *Twin city model*, jakési dvojče skutečného města. Tento princip nazýváme *Virtualizace*. V modelu je možné díky senzorům, které jsou umístěny ve městě a přímo s modelem propojeny, monitorovat fyzické procesy ve městě a následně i určité procesy simulovat.

Decentralizace řízení celého systému vytváří možnost činit samostatná rozhodnutí a umožňuje tak komplexnost při řešení problému. Zároveň je tak i zvyšována odolnost systému.

Důležitým faktorem je pak také *Modularita*, díky které je možné přidání nových modulů či odebrání starých a nevyhovujících. Tato situace může nastat při změně objednávky od klienta například v dopravě nebo dodávce energií. [5]

2.2.2 Komponenty Smart Cities

Koncept Smart Cities je značně mezioborový a pro správné fungování je nezbytné propojení všech jeho částí. K tomuto propojení dochází díky moderním technologiím, které poté umožní spojením jednotlivých částí vytvořit synergický efekt.

Zásadní význam má v celém konceptu *Lidský faktor*. Ten se objevuje jak na straně řízení aplikace, tak i na straně uživatelů – tedy obyvatel města. Hovoříme o rozhraní HMI mezi člověkem a technologiemi, respektive inteligentními systémy. Aby systém správně fungoval, mělo by toto rozhraní být srozumitelné pro každého uživatele bez rozdílu věku, pohlaví, mentálních či fyzických dispozic. Město by však nemělo být pouze technologicky vyspělé, ale zároveň přívětivé k lidem. V této kombinaci je spatřován pravý význam slova „*smart*“. V případě budování Smart Cities je tedy nutné brát ohled i na sociální vědy, jako je sociologie, filozofie či psychologie.

Další charakteristickou vlastností Smart Cities je snaha o *resilienci* neboli odolnost. Město by mělo být odolné vůči kybernetickým útokům, přírodním katastrofám, ale také výpadku přísunu energií, tzv. Blackoutu. Systém města musí tedy již z počátku být navrhován s možností postupné degradace, pro případ, že jsou poškozeny jeho části. Při této situaci ztrácí systém některé svoje vlastnosti, ale musí být schopen upravit své fungování tak, aby zůstaly zachovány jeho nejdůležitější funkce.

Z pohledu energetické sítě je ve Smart Cities nutné hledět na udržitelný rozvoj a v souvislosti s ním na minimalizaci spotřeby. Zároveň zde vzniká nový pohled na celou síť města. Jednotlivé uzly by neměly být brány pouze jako spotřební, ale mohou být i zdrojem energie, případně její úschovnou. Pro tento účel mohou být využívány solární panely a na uskladnění energie pak velkokapacitní baterie. [5]

Smart City je zejména propojený systém mnoha komponentů, které společně vytvářejí hodnotu přesahující pouhý součet jednotlivých částí. Propojení je schematicky zobrazeno na obrázku 2.



Obrázek 2 – Schematické znázornění komplexnosti a propojení jednotlivých částí Smart Cities [7]

2.3 Mobilita ve městech a role parkovišť

Následující podkapitola představuje mobilitu v městském prostředí a v návaznosti na to akcentuje význam parkovišť ve městech i v konceptu Smart Cities.

2.3.1 Mobilita ve městech

Jedním z pilířů správného fungování v koncepci Smart Cities je řešení městské mobility. Pro pohyb městem jsou v dnešní době využívány osobní automobily, MHD a další alternativní formy dopravy, jako je jízdní kolo či elektro-koloběžka. V současné době se setkáváme s tím, že osobní automobily jsou ve městě často využívány pouze jednotlivci. Například v Praze byla v roce 1990 průměrná obsazenost osobního automobilu 1,71 osoby na vozidlo, kdežto v roce 2017 už pouze 1,3 osoby na vozidlo. [8]

Řešení mobility ve Smart Cities vychází ze základních principů fungování celého celku. Cílem je pomocí inteligentních technologií co nejvíce snížit spotřebu energie v dopravě, zajistit plynulost provozu, redukovat emise a další negativní dopady na životní prostředí. Právě možnost regulace a řízení dopravy pomocí nových technologií může razantně zvýšit úroveň života obyvatel a usnadnit jejich každodenní cestování.

Doprava má velký potenciál být zlepšována téměř ve všech oblastech, ať už se jedná o MHD nebo IAD. IAD má v celkovém dopravním proudu své dané místo a nelze předpokládat, že časem vymizí úplně a lidé budou využívat pouze jiné formy dopravy. V tomto ohledu je především potřeba zmínit vysoké číslo obyvatel ze satelitních částí měst, kteří denně dojíždějí do center za zaměstnáním a nechávají auta odstavena na záchytných parkovištích.

2.3.2 Význam parkovišť

V konceptu *inteligentní mobility* tak předpokládáme řízení dopravních procesů, jejich optimalizaci a pružnou reakci na mimořádné události pomocí telemetrických systémů. Dále by měla převažovat preference MHD provozované na dopravní síti, která bude vybavena senzory pro sběr dat například o aktuální poloze spojů. Za daných okolností by měl celý koncept fungovat tak, aby řidiče lákal a motivoval využívat právě MHD, atraktivnější a spolehlivější než IAD. Obyvatelé z okrajů měst by pak měli možnost nechat zaparkovaný automobil na P+R parkovišti, které bude vhodně umístěno na okraji města s dobrou návazností na MHD.

Tato parkoviště by však nebyla pouze místem, kde odloží obyvatel města auto, ale umožňovala by řidiči například rezervaci místa dopředu či by poskytovala aktuální informace o obsazenosti. S těmi se již běžně setkáváme u vjezdů na parkoviště a někdy jsou tyto údaje i zobrazovány na internetové stránce parkoviště v reálném čase. Toto může být cesta, která parkovištím přidá další rozměr a do budoucna bude zásadní pro řešení dopravy v klidu.

2.4 Příklady řešení parkování ve Smart Cities v České republice

V následující podkapitole jsou uvedeny příklady několika měst ČR, jež řeší problém parkování pomocí moderních technologií. Následně je uveden i způsob provedení a základní informace o konkrétních městských systémech.

2.4.1 Písek

Jedním z prvních měst, které se zasadilo o rozvoj inteligentního parkování v ČR, je Písek. V roce 2015 vznikla *Modrožlutá kniha Smart Písek*, jež je hlavním dokumentem pro přeměnu Písku do podoby konceptu Smart City. Tato kniha a dokument *Strategický plán a tvorba koncepce rozvoje města Písku do roku 2025* by měly být hlavními podklady pro zmíněnou přeměnu.

Písek si klade za cíl úsporné hospodaření s energiemi a snížení emisí pro zajištění udržitelného rozvoje města. V rámci *Modrožluté knihy* byly vymezeny tři základní pilíře a těmi jsou „*Inteligentní mobilita*“, „*Inteligentní energetika a služby*“ a „*Integrovaná infrastruktura a ICT*“.

V pilíři „*Inteligentní mobilita*“ byl zaveden dynamický systém parkování. Jeho cílem je pomocí otevřených dat a chytrých telefonů optimalizovat parkování ve městě. Systém slouží k navádění na volné parkovací místo, případně jeho rezervaci. Dále je pomocí tohoto systému také možný sběr dat o pohybu obyvatel ve městě a o využívání MHD. Projekt je již spuštěn na webovém portálu, rozhraní aplikace je znázorněno na obrázku 3.

Zmíněné řešení dopravy v klidu podporuje také elektromobilitu. Na mapě města jsou vyznačena místa, kde je možné pomocí dobíjecích stanic dobít baterii elektromobilu. [9]



Obrázek 3 – Dopravní portál města Písek [10]

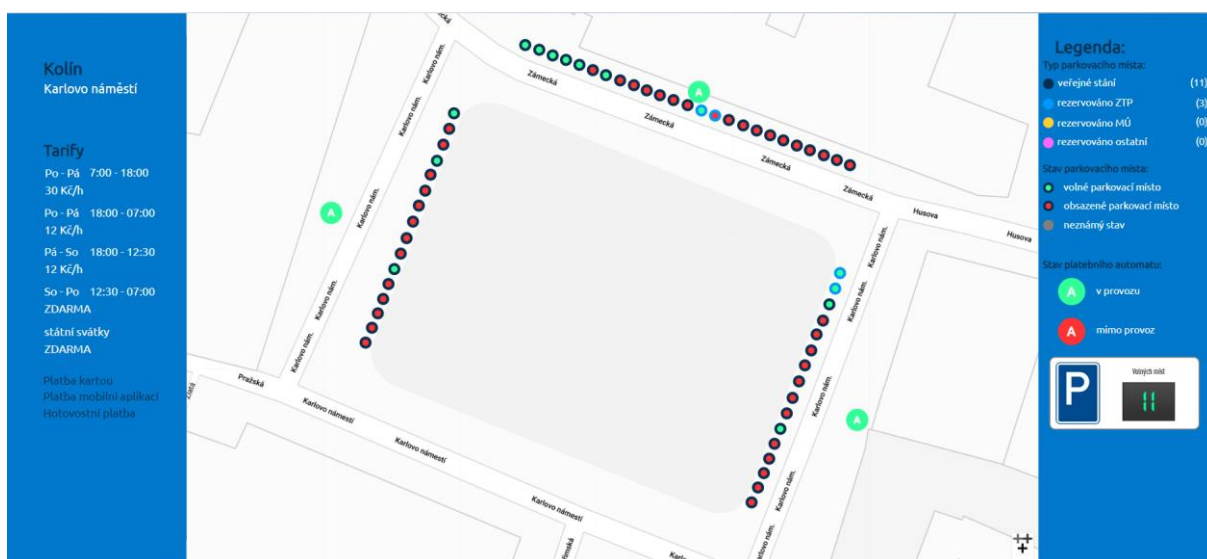
2.4.2 Kolín

Kolín je jedno z dalších měst, které před několika lety navrhlo novou koncepci města korespondující s myšlenou Smart Cities. V rámci této koncepce byl vytvořen pilotní projekt inteligentního parkování, jenž byl implementován na kolínském náměstí.

Na náměstí je k parkování určeno celkem 56 míst, přičemž jedna část je vyhrazena pro návštěvníky městského úřadu a další pro soukromé uživatele. Každé místo je osazeno bezdrátovým senzorem odesílajícím do centrální databáze informaci o tom, zda je místo obsazené, či nikoliv. Cílem projektu bylo vytvořit klidnější prostředí na náměstí díky informovanosti řidičů o volných místech. Dále bylo kladeno za cíl ověřit nové metody platby za parkování, kontroly placení a zjednodušení obsluhy parkovacích automatů. [11]

Nyní je pomocí webové aplikace dostupná mapa, na níž jsou znázorněna aktuální volná místa i s označením, pokud jsou rezervována pro někoho z výše zmíněných uživatelů. Webová aplikace také znázorňuje, zda je v provozu parkovací automat a zobrazuje příslušný tarif.

Data jsou dostupná z webové stránky <https://smart4city.cz> (cit. 24. 4. 2019) která nabízí informace o možnosti parkování i v několika dalších městech České republiky, jako je například Benešov, Nymburk či Mladá Boleslav. Zobrazení údajů o obsazenosti z webové stránky je zobrazeno na obrázku 4.



Obrázek 4 – Webová aplikace znázorňující aktuální obsazenost parkovacích míst. [12]

2.4.3 Liberec

Liberec se stal vůbec prvním městem, ve kterém byl zaveden parkovací systém od firmy ČD Telematika. Tento systém monitoruje celkem 240 parkovacích míst vybavených čidly a pomocí řízení je schopen díky aktuálním informacím navést řidiče na volné místo.

V každém parkovacím místě je zabudováno parkovací čidlo, jehož baterie má výdrž minimálně 5 let. Toto čidlo snímá nejen obsazenost místa, ale zároveň je schopno informovat o stavu své baterie a včas upozornit na její vybití. Systém komunikuje pomocí sítě Sigfox v bezlicenčním pásmu rádiových vln o frekvenci 868 MHz. [13]

V celém systému je možné platit bezhotovostně, a to pomocí mobilní aplikace, ve které stačí zadat vybraný úsek, registrační značku vozidla a požadovaný čas parkování. Na webových stránkách je také dostupná mapa s vyznačenými zónami a jejich kategoriemi, včetně konkrétního ceníku. Náhled webových stránek je zobrazen na obrázku 5.

zóna A		zóna B		zóna C		zóna D	
30 minut	15 Kč	30 minut	10 Kč	30 minut	5 Kč	30 minut	5 Kč
60 minut	30 Kč	60 minut	20 Kč	60 minut	10 Kč	60 minut	5 Kč
Každá další hodina	40 Kč	Každá další hodina	20 Kč	Každá další hodina	10 Kč	Každá další hodina	5 Kč
Minimální cena	15 Kč	Minimální cena	10 Kč	Minimální cena	5 Kč	Minimální cena	5 Kč
Maximální cena	- Kč	Maximální cena	- Kč	Maximální cena	- Kč	Max. cena (do 0:00 h):	20 Kč

[Zobrazit další tarify](#)

Obrázek 5 – Vyznačené parkovací zóny v Liberci včetně jejich tarifů [14]

3 Technická řešení parkovišť

Třetí kapitola pojednává o parkovištích a jejich technických řešeních. Nejprve jsou zmíněny technické normy návrhu parkovišť, poté jsou uvedeny typy parkovišť ve městech a různé koncepce řešení.

3.1 Technické možnosti parkovišť

V první podkapitole je věnována pozornost platným údajům pro navrhování parkovacích stání a ploch.

3.1.1 Definice

Nejprve jsou definovány pojmy týkající se parkování a odstavných ploch. Tyto definice jsou čerpán přímo z ČSN 73 6056 Odstavné a parkovací plochy silničních vozidel (3/2011):

parkování – umístění vozidla mimo jízdní pruhy pozemní komunikace, zpravidla po dobu nákupu, návštěvy, zaměstnání, naložení nebo vyložení nákladu

odstavení, dlouhodobé stání – umístění vozidla mimo jízdní pruhy pozemní komunikace zpravidla v místě bydliště, případně v sídle provozovatele vozidla po dobu, kdy se vozidlo nepoužívá

parkovací stání – plocha určená pro parkování nebo odstavení jednoho vozidla

parkoviště – venkovní prostor pro parkování vozidel na samostatné ploše oddělené od pozemní komunikace, na kterém jsou navržena jednotlivá parkovací stání

parkovací plocha – prostor určený pro parkování vozidel; technické řešení odstavných a parkovacích ploch je shodné, proto se dále používá pouze pojem [11]

3.1.2 Dělení parkovacích stání

Parkovací stání je možné dělit dle různých kritérií. Níže jsou uvedeny příklady pro jednotlivé dělení parkovacích stání.

Dělení podle kategorie vozidel, pro které je parkovací stání určeno:

- osobní vozidla
- lehká užitková vozidla (dodávky)
- nákladní vozidla
- autobusy
- motocykly
- jízdní kola

Dělení dle skupiny uživatelů, pro které je parkovací stání určeno:

- rezidenty a abonenty
- zákazníky, zaměstnance, hosty
- zásobování, dopravní obsluhu
- osoby těžce pohybově postižené a osoby doprovázející dítě v kočárku

Dělení dle vztahu k pozemní komunikaci:

- na parkovacích pruzích podél jízdního pásu – podélné stání
- na parkovacích pásech podél jízdního pásu – kolmé nebo šikmé stání
- na středním dělicím pásu směrově rozdělené pozemní komunikace
- na samostatném parkovišti s podélným, šikmým nebo kolmým řazením parkovacích stání
- v jednotlivé, řadové nebo hromadné garáži

Pro co nejefektivnější fungování parkovacího stání je nutné přihlídnout k faktu, kdy dané skupiny parkovací stání využívají. Správného fungování lze dále dosáhnout pomocí kvalitního dopravního značení nebo pomocí parkovacích zábran, které vyhrazení místo pro konkrétní uživatele. V tabulce 1 jsou vedeny základní rozměry jednotlivých typů vozidel, které jsou v ČSN 73 6056 využívány.

Druhy vozidel	Délka (m)	Šířka bez zpětných zrcátek (m)	Výška (m)
Osobní	4,75	1,75	1,80
Lehké užitkové (Dodávka)	6,00	2,00	2,80
Velké nákladní*	18,75	2,50***	4,20
Autobus**	15,00	2,50	4,00
Motocykl	2,50	1,10	1,20
Jízdní kolo	1,80	0,60	1,10
* Souprava motorového vozidla s jedním přívěsem PODLE VYHLÁŠKY č. 341/2002 Sb.			
** Autobus se třemi a více nápravami podle vyhlášky č. 341/2002 Sb.			
*** Základní šířka vozidla pro návrh parkovacího stání; pokud je šířka vozidla VĚTŠÍ NEŽ 2,60 m, šířka parkovacího stání se odpovídajícím způsobem zvětší			

Tabulka 1 – Základní rozměry vozidel pro ČSN 73 6056 [15]

3.1.3 Navrhování parkovacích ploch

Při navrhování parkovacích ploch je nutné dodržovat technické zásady a vycházet z kritérií daných konkrétním územím. Při návrhu velikosti parkoviště se vychází ze stálého počtu obyvatel v území, polohy parkovacího stání v území (centrum města, okrajová část), dostupnosti veřejné dopravy a současné kapacity dopravy v klidu. Pokud je to v daném místě návrhu účelné, jsou navrhována parkoviště s rozdílnou dobou stání, tedy typu K+R, P+R a místa určená pro dlouhodobé stání vozidel. Parkovací stání by měla být přizpůsobena co nejvíce jejich uživatelům, přičemž docházková vzdálenost k nim měla být co nejmenší. Doporučené docházkové vzdálenosti jsou uvedeny tabulce 2.

Účel parkovacího stání	Nejvyšší docházková vzdálenost
Pro krátkodobé parkování	200 m
pro dlouhodobé parkování	300 m
pro odstavování	500 m

Tabulka 2 – Doporučené docházkové vzdálenosti dle účelu parkovacího stání [16]

V návrhu parkovacích ploch musí být také zohledněny požadavky na ochranu životního prostředí, tedy ochranu před hlukem, znečištěním ovzduší, či vibracemi.

Navrhovat parkovací stání v rozhledových polích křižovatek a sjezdů není přípustné. Dále pak parkovací stání nesmí být ve vzdálenosti kratší než 5 m před hranicí křižovatky a 5 m za ní. Tento zákaz neplatí pouze na stykových křižovatkách na protější straně vyústující pozemní komunikace. Současně není povoleno navrhovat parkovací stání v připojovacích, odbočovacích a vyhrazených pruzích, v prostoru zastávek VHD a v rozhledových polích železničních přejezdů. [15]

3.2 Typy řešení parkování ve městech

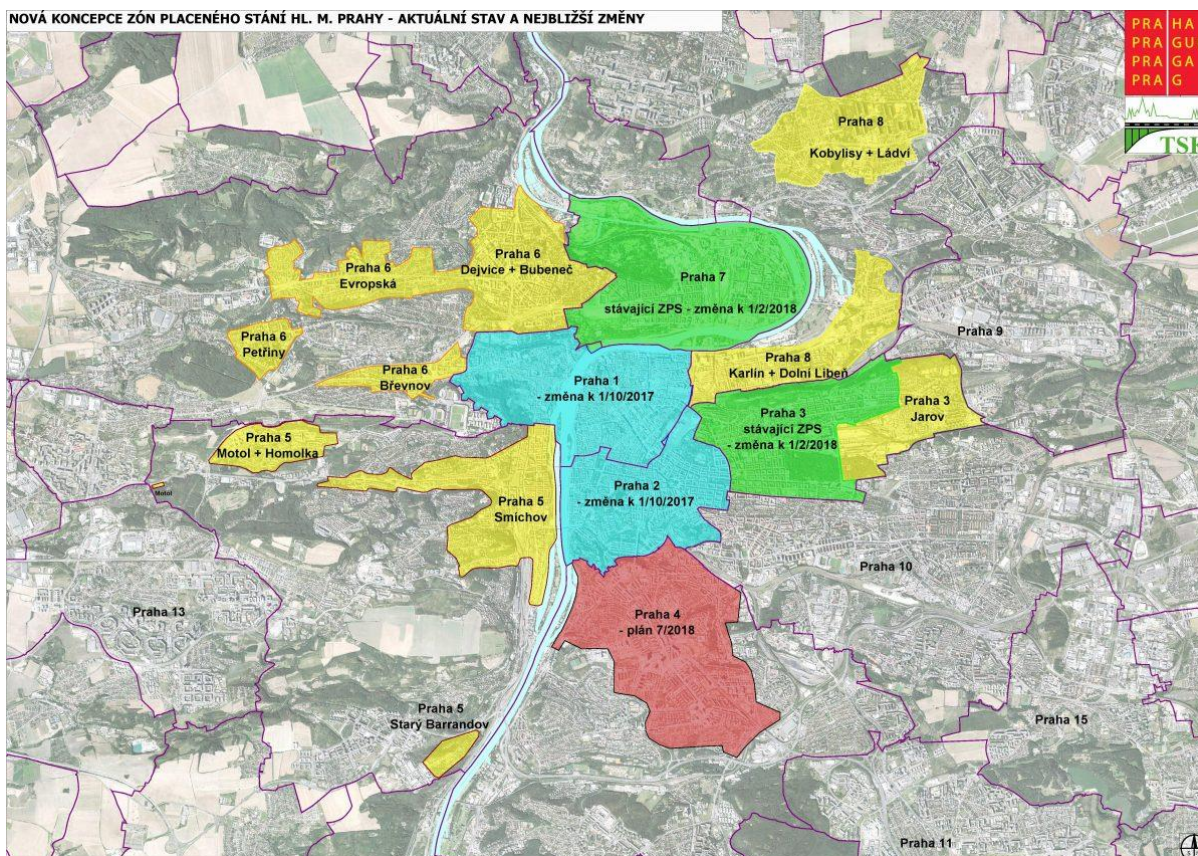
Druhá podkapitola představuje různé typy řešení parkování ve městech a popisuje jejich fungování.

3.2.1 Zóny placeného stání

Mezi nejrozšířenější typ placeného stání patří zóny placeného stání (ZPS). Tyto zóny jsou časově omezené a jsou vyznačeny příslušným dopravním značením, jak svislým, tak vodorovným. Tento typ stání preferuje rezidenty daného území, pro které je k dispozici levnější tarif, než pro nerezidenty. Záměrem tohoto typu řešení je snížit obsazenost parkovacích míst v daném území pomocí zpoplatnění všech parkovacích míst a umožnit tak rezidentům dané oblasti snazší parkování. Jak bylo již zmíněno, tyto zóny jsou časově omezené, což umožňuje dělit je na několik druhů například označených jinou barvou. Ke kontrole mohou sloužit rezidenční karty, které se umístí za čelní sklo automobilu, nebo probíhá kontrola pomocí registrace státní poznávací značky (SPZ) automobilu. Podrobněji je systém ZPS popsán v následující podkapitole na příkladu hlavního města Prahy.

3.2.2 ZPS v Praze

Koncepce ZPS v Praze začala již v roce 1996. Systém byl zaveden v městské části Praha 1 a ihned zaznamenal citelné snížení obsazenosti, kdy tato hodnota klesla z 92 % na 76 %. Následně ale nastaly legislativní problémy a systém přestal být účinný [17]. V průběhu dalších let však začala vznikat jednotná koncepce ZPS pro jednotlivé městské části a v současnosti je tento systém již velmi rozšířen a plánuje se jeho další rozvoj. Mapa koncepce rozvoje je k dispozici na obrázku 6. Zřizovatelem ZPS v Praze je dle zákona hlavní město Praha.



Obrázek 6 – Mapa koncepce rozvoje ZPS v Praze, i s vyznačenými nejbližšími změnami. [18]

3.2.2.1 Druhy zón

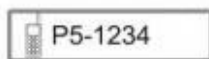
Dle nové koncepce se zóny v Praze dělí na tři typy. Každý typ má své specifikace a slouží k jinému účelu.

Modrá zóna – REZIDENTNÍ REŽIM

Zóna je na pozemní komunikaci vyznačena modrým pruhem, stejně tak je modrý pruh viditelný i na svislém dopravním značení, které je znázorněno na obrázku 7. Dopravní značka je složena z dopravní značky IP12 a dvou doplňkových tabulek typu E13, kdy jedna udává časovou platnost úseku a typ zóny a druhá označuje konkrétní úsek parkovacího stání kódem. Dodatková tabulka označující jedinečný úsek je znázorněna na obrázku 8.



Obrázek 7 – Svislé dopravní značení pro modré zóny [19]



Obrázek 8 – Dodatková tabulka E13 sloužící k označení úseku [19]

Bez omezení je tato zóna dostupná pouze pro rezidenty daného území, typicky městské části. Rezident musí zažádat o parkovací povolení. Po prokázání trvalého pobytu, právního vztahu k vozidlu a zaplacení příslušného poplatku je mu vydáno povolení pro parkování konkrétního vozidla. Pro ostatní nerezidenty je parkování časově omezené a je možné pouze přes webovou aplikaci pomocí virtuálních parkovacích hodin, jejichž princip je nastíněn dále. V modré zóně nejsou v současné době umístěny automaty k platbě pro návštěvníky. [19]

Fialová zóna – SMÍŠENÝ REŽIM

Tato zóna je označena fialovým pruhem na svislém dopravním značení a bílým pruhem vodorovného dopravního značení. Jak již napovídá název, je určena jak pro rezidenty, tak i pro návštěvníky dané oblasti. Metodika udělování povolení je stejná jako v modré zóně, přičemž získané povolení pro modrou zónu platí i na zónu fialovou a oranžovou. Ostatní motoristé mohou ve fialové zóně parkovat maximálně 24 hodin, ale pouze po platbě buď ve webové aplikaci, nebo v příslušných automatech, které jsou umístěny v parkovací oblasti. Parkovací stání je označeno příslušnou dopravní značkou, která je pro ilustraci uvedena na obrázku 9. Značka již nemá označení IP 12 ale IP13c, kde je dobře viditelné, že se v území nachází parkovací automat. Jinak je složení dopravní značky totožné jako v modré zóně. [20]



Obrázek 9 – Svislé dopravní značení pro fialové zóny. [20]

Oranžová zóna – NÁVŠTĚVNICKÝ REŽIM

Třetí a zároveň poslední typ zóny je vyznačen oranžovým pruhem na svislé dopravní značce a bílým vodorovným dopravním značením. Zóna je určena pro krátkodobé parkování, které je časově omezeno. Platbu je možné jako v ostatních dvou typech zón provést pomocí webové aplikace.

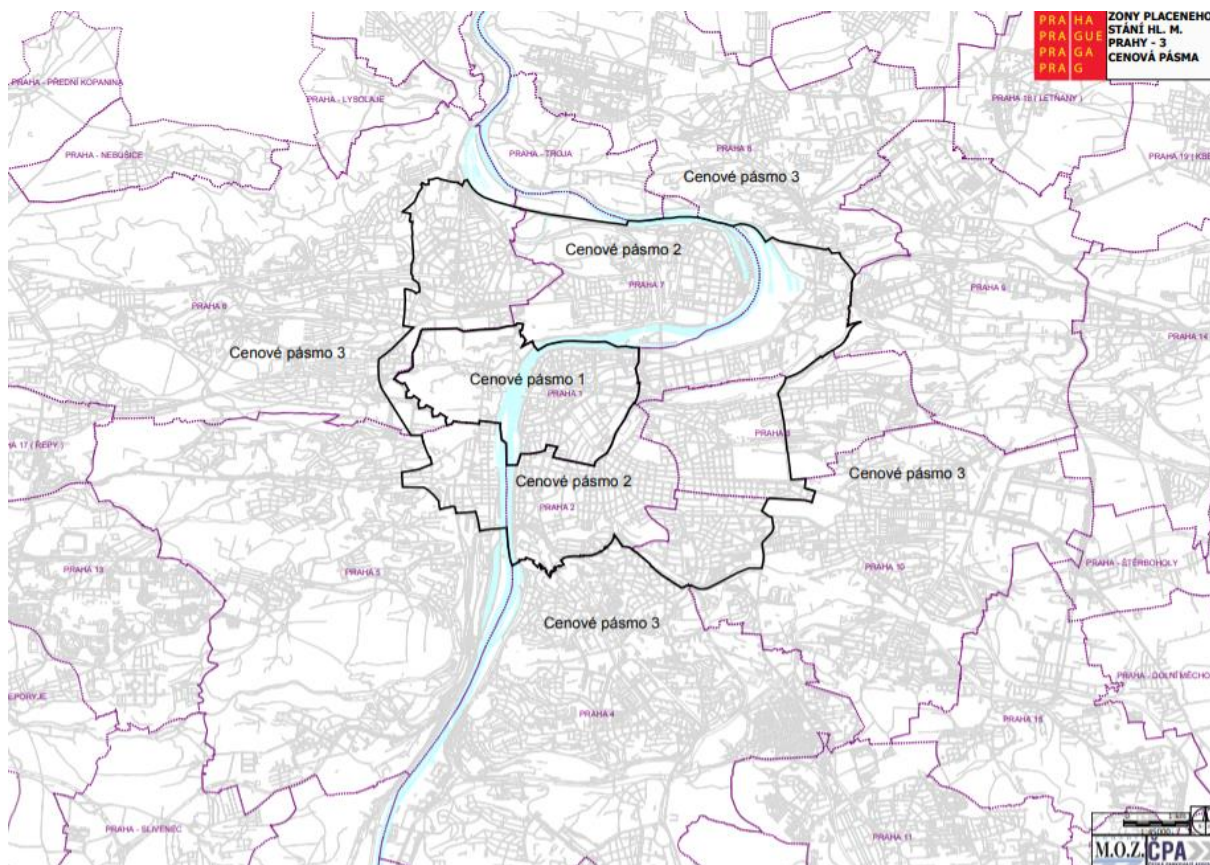
V oranžových zónách jsou umístěny parkovací automaty, pomocí nichž je možné provést platbu. Na svislé vodorovné značce je kromě označení úseku zobrazena také maximální možná doba, po kterou je možné parkovací stání využívat. Dopravní značka označující oranžovou zónu je znázorněna na obrázku 10. [21]



Obrázek 10 – Svislé dopravní značení pro oranžové zóny, se znázorněním maximálního možného času parkování [21]

3.2.2.2 Ceny a platba ZPS v Praze

Ceny ZPS v Praze se dělí na 3 cenová pásma v závislosti na poloze daných zón. Z mapy těchto cenových pásem je zřejmé, že cenové pásmo 1 se nachází v centru města a další dvě cenová pásma jsou postupně od centra více vzdálena. Mapa těchto pásem je k vidění na obrázku 11.



Obrázek 11 – Mapa cenových pásem ZPS v Praze. [22]

Ceny za dlouhodobé i krátkodobé tarify se v jednotlivých pásmech liší. V následujících tabulkách jsou uvedeny ceny za dlouhodobé parkování pro nerezidenty a rezidenty v jednotlivých cenových pásmech. Tabulka základních cen parkovního je zobrazena níže v tabulce 3.

Základní cena	délka platnosti povolení				
	roční	pololetní	čtvrtletní	měsíční	týdenní
1. cenové pásmo	36 000 Kč	20 000 Kč	10 000 Kč	3 500 Kč	900 Kč
2. cenové pásmo	30 000 Kč	17 000 Kč	8 500 Kč	3 000 Kč	800 Kč
3. cenové pásmo	24 000 Kč	13 500 Kč	7 000 Kč	2 500 Kč	700 Kč

Tabulka 3 – Základní ceny v jednotlivých cenových pásmech ZPS v Praze [23]

Cenová politika ZPS zvýhodňuje rezidenty, tedy fyzické osoby mající místo trvalého bydliště ve vymezené oblasti. Ceny se ovšem liší pro první registrované auto a další registrované auto. Odlišné ceny také platí pro fyzické osoby a pro právnické nebo fyzické osoby, které provozují vozidlo za účelem podnikání a mají sídlo či provozovnu ve vymezené oblasti hlavního města Prahy. Zvýhodněné parkovné mají také fyzické osoby starší 65 let a držitelé průkazů ZTP a ZTP-P, jež mají místo trvalého pobytu v dané oblasti. Pro příklad jsou některé zvýhodněné ceny uvedeny v tabulce 4. [23]

Zvýhodněné ceny	délka platnosti povolení		
	roční	pololetní	čtvrtletní
Snížená cena pro FO	1 200 Kč	600 Kč	300 Kč
Cena pro osoby nad 65 let a držitele průkazů ZTP a ZTP – P	360 Kč	180 Kč	90 Kč
Cena pro druhé vozidlo FO	7 000 Kč	3 500 Kč	1 750 Kč

Tabulka 4 – Zvýhodněné ceny parkovního pro rezidenty v dané oblasti [23]

Rozdílná cenová politika platí pro krátkodobé parkování v ZPS. V cenových pásmech jsou nastaveny maximální hodinové sazby, které se liší v jednotlivých typech zón. Ceny jsou dány jako maximální hodnota pro zóny fialového a oranžového typu a pevná hodnota pro zóny typu modrého. Platbu je možné provést pomocí platebního automatu, který přijímá české koruny, Euro či platební karty. Druhou možností je platba pomocí webových stránek či mobilní aplikace. Zde je nutné vyhledat číslo úseku, zvolit požadovaný čas parkování a následně provést platbu pomocí vložení údajů o platební kartě. [23]

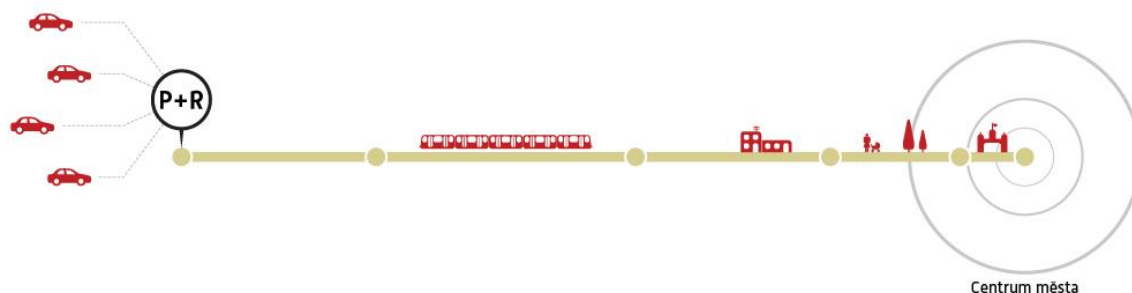
3.2.3 Parkoviště P+R, K+R a B+R

Dalším typem parkování ve městech jsou parkoviště typů P+R, K+R a B+R. Jedná se o parkoviště sloužící ke konkrétnímu účelu, který je poměrně přesně vymezen. V následující podkapitole bude věnována pozornost těmto typům a principu jejich fungování.

3.2.3.1 Typ P+R

Nejnámějším typem je bezesporu typ parkoviště P+R, tedy *Park and Ride*, v překladu „Zaparkuj a jed“. Základním principem je kombinace individuální automobilové dopravy (IAD) a MHD. Cílem je umožnit těm, kteří žijí mimo město, dopravu osobním automobilem na výše uvedený typ parkoviště s následným využitím MHD pro cestu do centra města. Parkoviště jsou zpravidla zpoplatněna.

Aby byl tento systém funkční, je nutný dostatečný počet tzv. záchytných parkovišť typu P+R na okrajích města s dobrou návazností na terminál MHD. Dále je pro dobré fungování systému potřebné zvýhodnění a zkvalitnění MHD, začlenění poplatku za parkování do tarifního systému MHD či zvýhodnění předplacených jízdenek pro uživatele P+R parkoviště. [17] Schématické znázornění fungování systému P+R parkovišť je znázorněno na následujícím obrázku 12.



Obrázek 12 – Schématické znázornění fungování P+R parkovišť [24]

System navádění vozidel

Důležitou součástí dobrého fungování systému P+R parkovišť je subsystém navádění vozidel. Tento systém je podřazený systému řízení městské dopravy a jeho integrace umožňuje monitorovat obsazenost a dělat následně rozhodnutí nutná pro řízení dopravy. Systém navádění dělíme na *statické navádění vozidel* a *dynamické navádění vozidel*.

Statický systém navádění využívá svislé neproměnné dopravní značení a udává informaci například o kapacitě parkoviště či času dojezdu do centra města prostředky MHD. Tento systém není schopen dynamicky reagovat na obsazenosti jednotlivých parkovišť a usměrňovat řidiče na ostatní nezaplňená parkoviště.

Dynamický systém k navádění využívá naopak tabulí s proměnnými a neproměnnými znaky. Pomocí tohoto systému řidič získává aktuální informace o obsazenosti parkoviště, případně o obsazenosti okolních parkovišť stejného typu a jejich vzdálenosti. Obecně by systém navádění měl poskytovat aktuální a přesné informace, být účinný, i pokud je plně jedno nebo více záchytných parkovišť. Zároveň by měl být jednotný a srozumitelný na celém území. Další výhodou dynamického systému je také to, že sbírá data z jednotlivých parkovišť, vyhodnocuje je a přenáší mezi parkovišti navzájem. [17]

3.2.3.2 Typ K+R

Parkoviště typu K+R tedy *Kiss and Ride* volně přeloženo „*Polib a jed*“. Parkoviště tohoto typu jsou určena pro rychlé zastavení trvající maximálně pár minut. Jejich smyslem je poskytnutí možnosti nástupu a výstupu osob do, resp. z automobilu. Z toho důvodu se zřizují zejména u stanic veřejné dopravy. Jedná se o parkovací pruh nebo záliv. Kapacita stání bývá pouze pár parkovacích míst. Parkoviště typu K+R u stanice metra Dejvická v Praze je k vidění na následujícím obrázku 13.



Obrázek 13 – Parkoviště typu K + R u stanice metra Dejvická. (foto autor, 2. 7. 2019)

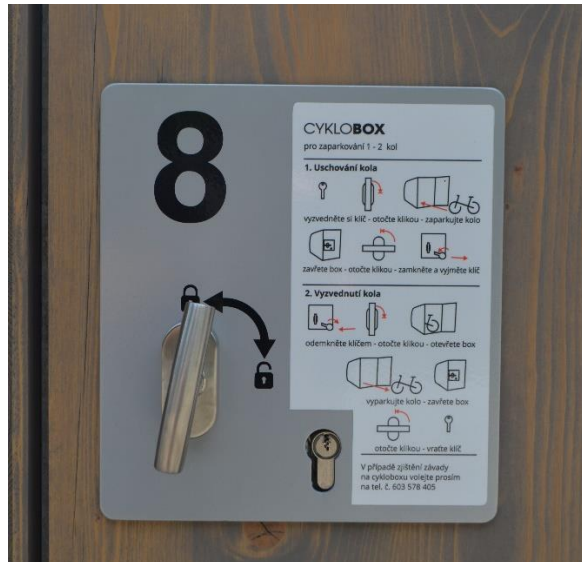
3.2.3.3 Typ B+R

Posledním zmíněným typem jsou parkoviště typu B+R tedy *Bike and Ride* volně přeloženo „Přijed“ na kole a jed“. Tato parkoviště poskytují možnost odložení jízdního kola a následně pokračování do centra města pomocí MHD. V Praze jsou tato parkoviště součástí většiny parkovišť typu P+R. Za zálohu je zde možné vypůjčení zámku sloužícího k zabezpečení jízdního kola před krádeží. Jako parkoviště B+R mohou být v Praze využívány i stojany u železničních stanic. [24]

Příkladem B+R parkoviště jsou odstavné stojany a uzamykací boxy pro jízdní kola, které vznikly při rekonstrukci nádraží v Praze – Klánovicích. U nástupišť i v blízkosti nádraží jsou přítomny stojany využívané cestujícími, kteří dále pokračují pomocí příměstské železniční dopravy do centra města. Stojan přítomný hned vedle nástupiště je zobrazen na obrázku 14. U východu z nádraží se nachází uzamykatelné boxy pro jízdní kola, kde je možné buď využít systém vestavěného zámku v boxu, a nebo uzamknout box pomocí vlastního zámku. Systém automatického zámku a návod na využití jsou znázorněny na obrázku 15. Celé B+R parkoviště před nádražím Praha – Klánovice je k vidění na obrázku 16. V popředí snímku je kryté parkovací stání pro kola v pozadí úschovné boxy.



Obrázek 14 – Stojany pro kola na nástupišti nádraží Praha – Klánovice (foto autor, 2. 7. 2019)



Obrázek 15 – Systém automatického zámku u boxu na B+R parkovišti v Praze – Klánovicích (foto autor, 2. 7. 2019)



Obrázek 16 – Pohled na B+R parkoviště u nádraží v Praze – Klánovicích (foto autor, 2. 7. 2019)

4 Metody sběru dat o obsazenosti parkoviště

Čtvrtá kapitola pojednává o možnostech sběru dat z parkovišť a metodách, které jsou pro tento účel vhodné.

4.1 Primární sběr dat

První podkapitola se zabývá prvotním sběrem dat o obsazenosti parkoviště a popisuje fungování různých druhů technologií.

4.1.1 Dělení detektorů

Detektory neboli senzory jsou základní jednotkou pro zjišťování jakýchkoliv dat v oblasti dopravy. V dnešní době existuje mnoho typů detektorů fungujících na rozdílných fyzikálních principech. Detektory fungují například na principu změny elektromagnetického pole, infračerveného záření, ultrazvuku či pomocí mikrovlnného záření. V dopravě se detektory dělí na *intruzivní* a *neintruzivní*.

Intruzivní detektory je nutné zabudovat do vozovky, a tím ji tedy nenávratně poškodit. Díky tomu není snadné detektory následně obsluhovat. Jejich přesnost může být pak ovlivněna i změnami povrchu vozovky. Mezi typický intruzivní detektor patří indukční smyčka či magnetometrický detektor.

Neintruzivní detektory nevyžadují k instalaci zásah do vozovky. Umisťují se například na sloupy veřejného osvětlení či na jiné místo vhodné pro dobré monitorování určené oblasti. Jejich přesnost ovlivňuje výška a úhel umístění. Příkladem neintruzevního detektoru je kamera, která získává data pomocí video-detekce. Dalším typem může být detektor ultrazvukový či infračervený. [25]

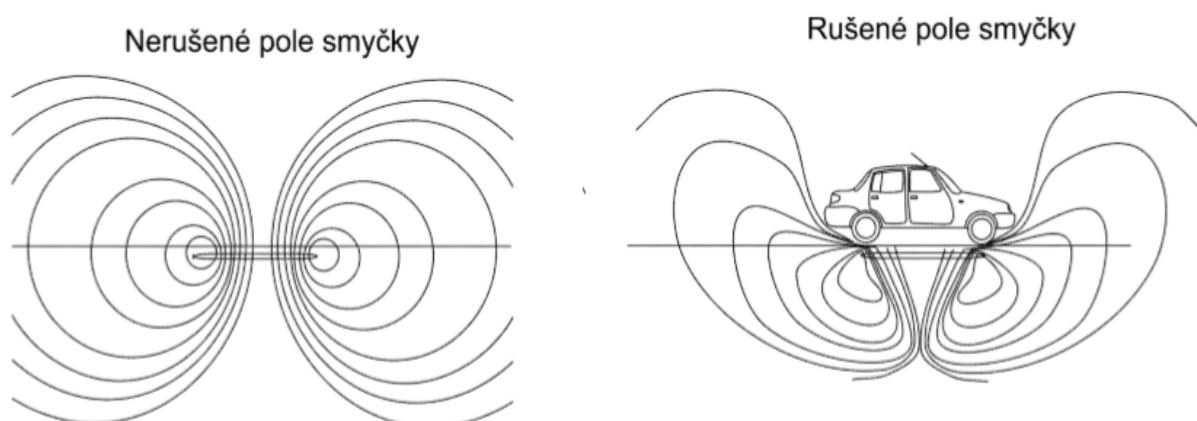
Výjimečným typem detektoru je detektor uložený ve vozidle. Tyto detektory zajišťují bezpečnost a plynulost jízdy či podávají informace o stavu vozidla. Mezi prvotní funkce těchto detektorů patřilo zjišťování množství paliva nebo kontrola teploty chladicí kapaliny. V dnešní době jsou senzory přítomny téměř v každé části automobilu, od motoru přes převodovku až po airbagy. Pro zpracování této práce však nejsou obligatorní, a tak jim již nadále nebude věnována pozornost.

4.1.2 Popis jednotlivých druhů detektorů

V následující části jsou podrobněji popsány vybrané druhy detektorů, které jsou používány pro získávání informací o obsazenosti parkovišť. Jako příklad jsou vybrány dva *intruzivní* typy a jeden typ *neintruzivní*.

4.1.2.1 Indukční smyčky

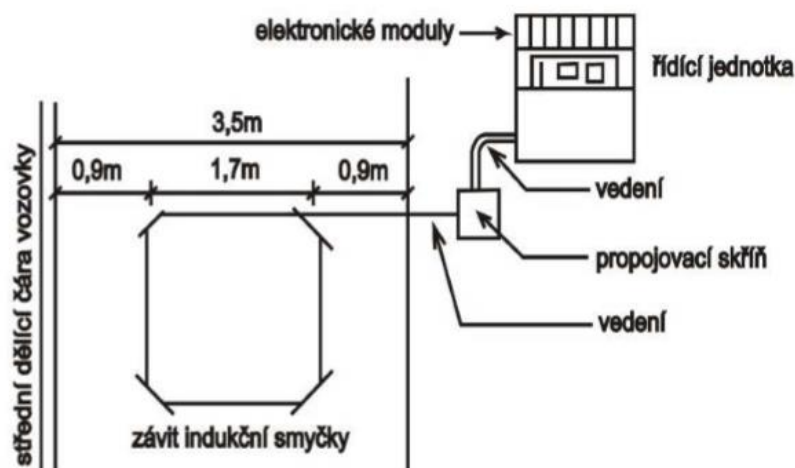
Indukční smyčky jsou v současnosti nejběžnějším typem dopravních detektorů. Jak bylo již zmíněno výše, jedná se o detektory *intruzivní* umístěné přímo do vozovky. V České republice se začaly používat v průběhu 60. let pro měření intenzity dopravy. Princip fungování je takový, že smyčka tvoří indukční část oscilátoru a při přítomnosti či průjezdu vozidla nad touto smyčkou se sníží její indukčnost, což zvýší frekvenci oscilátoru. Okolo závitů cívky se tvoří homogenní magnetické pole, které se při přítomnosti vozidla nad cívkou díky kovové karoserii naruší. Tento princip je zobrazen na obrázku 17 dále. Oscilátor, ze kterého je cívka napájena, má kmitočty 20-150 kHz. [26]



Obrázek 17 – Znáznornění rušeného a nerušeného pole indukční cívky [26]

Citlivost cívky je ovlivňována hned několika faktory, mezi něž patří hloubka uložení cívky, armování vozovky a její materiál, který by měl být zejména elektricky nevodivý. Detektor je schopen vyhodnotit jednu nebo více změn ze změny indukčnosti cívky. Při přítomnosti vozidla nad smyčkou se může změnit hned několik identifikovatelných faktorů vycházejících ze změny indukčnosti. Těmi jsou snížení amplitudy, posuv fáze či zvýšení kmitočtu. Změny nemusí být vždy signifikantní, a tak je potřebné počítat i se ztrátami na převodním kabelu. [26]

Detektor je složený z jednoho nebo víc závitů izolovaného mechanického vodiče, propojovací skříně sloužící jako zesilovač a řídicí jednotky. Schematicky je fungování zobrazeno na obrázku 18. Pomocí indukční smyčky lze měřit obsazenost, intenzity či při kombinaci více smyček i rychlost vozidla. V současné době jsou indukční smyčky používány také na dynamicky řízených křižovatkách pro detekci přítomnosti aut v konkrétním směru. V tomto případě může být použito více smyček, pomocí nichž je možné změřit přibližný počet čekajících aut na křižovatce a dynamicky tak upravit dobu signálu „volno“ na SSZ. [26]

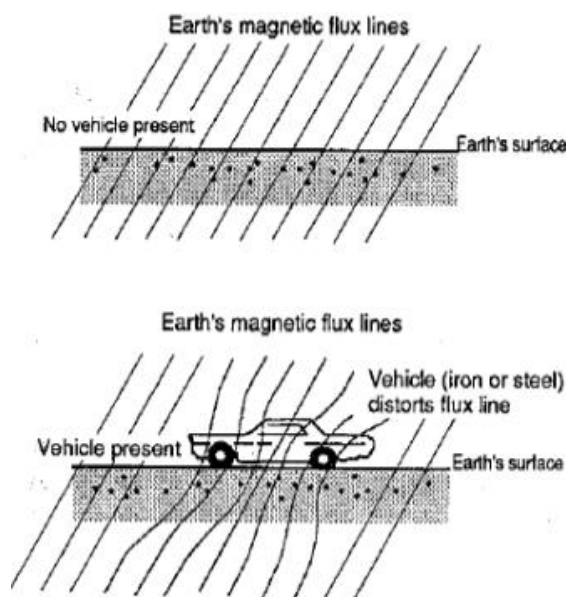


Obrázek 18 – Schéma fungování detektoru s indukční smyčkou [26]

Indukční smyčky mohou být na parkovištích přítomné zejména při vjezdech a výjezdech a sloužit k detekci automobilu u závoje. Pomocí tohoto typu detektoru je také možné měřit obsazenost díky počítání změn na vjezdu a výjezdu. Tento typ detektoru není příliš vhodný pro identifikaci obsazenosti jednotlivých míst především kvůli náročné a nákladné instalaci.

4.1.2.2 Magnetometry

Magnetometry, resp. magnetické detektory, jsou stejně jako indukční smyčky detektory *intrusivního* typu. Magnetometry fungují na principu měření hustoty siločar magnetického pole země. Při nájezdu vozidla nad magnetometr se siločáry zdeformují, aby procházely skrze kovové části vozidla. Po stranách vozidla jsou tedy siločáry méně husté, a naopak pod a nad vozidlem jejich hustota roste. Tento princip je znázorněn níže na obrázku 19. Detektory tohoto typu není možné použít v oblasti kolem magnetického rovníku, kde je malý náklon siločar.



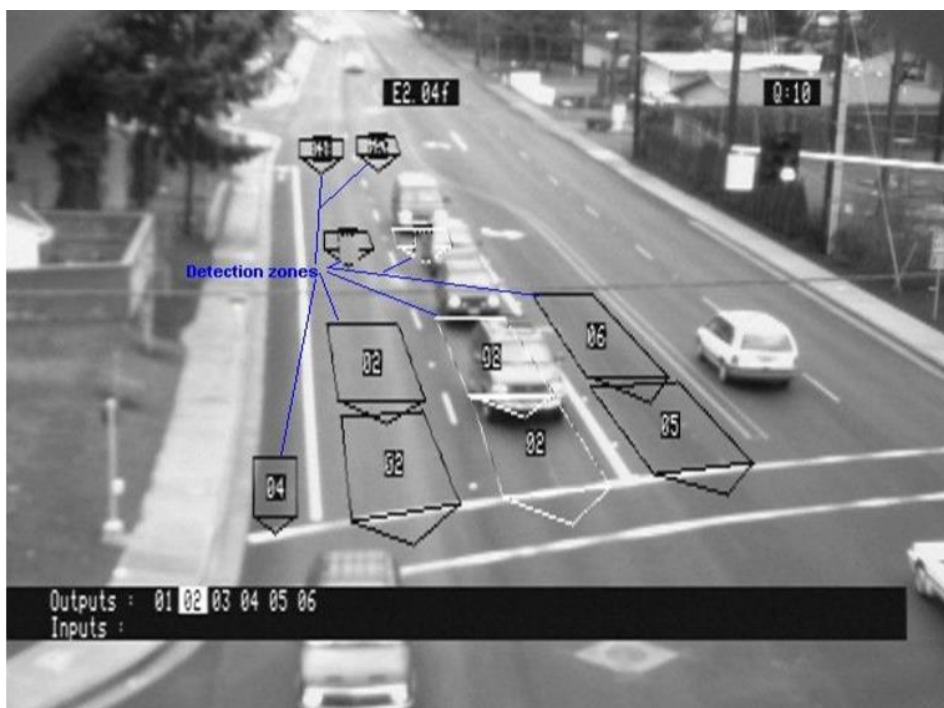
Obrázek 19 – Zobrazení magnetických siločar ve vozovce, bez a s přítomností vozidla

Detektor se skládá z jedné nebo více válcových sond, které jsou umístěny do děr vytvořených pro tento účel do vozovky. Velikost sondy je 5-15 cm v průměru a je zapouštěna do hloubky cca 30 cm. Sondy jsou poté přes propojovací box spojeny s řídicí jednotkou. Magnetometry mohou měřit podobně jako indukční smyčky intenzitu vozidel či při použití více sond jejich rychlost.

Magnetometry jsou využívány také k získávání dat o obsazenosti parkovišť a jednotlivých parkovacích míst. Tato technologie je využívána například při řešení inteligentního parkoviště v Kolíně, viz bod 2.4.2 této práce. Magnetometry mají oproti indukčním smyčkám větší odolnost a lze je použít i na mostech, na kterých není kvůli ocelové konstrukci dovoleno provádět velké zásahy do vozovky. Zároveň je detektor vybaven vlastní baterií, a tak není nutná externí údržba. Výhodou je také cena, která je oproti *neintrusivním* detektorům nižší. [26]

4.1.2.3 Kamerové systémy – Video-detekce

Video-detekční detektory jsou založeny na principu zpracování informací z obrazu videa, které je získáváno z kamer. Detekce může být založena na různých principech. Prvním z nich je monitorování určitých míst v obraze, druhým pak je detekce pohybu v obraze. Na obrázku 20 je zobrazena detekce určitých zón v obraze videa. Video-detekční detektory jsou také schopné podat detailnější informace o vozidle, zejména o jeho velikosti, a podle nich jej dále klasifikovat.



Obrázek 20 – Příklad detekce jednotlivých zón v obraze získaném pomocí kamery [25]

Systém video-detekce je schopen zpracovávat na parkovišti více parkovacích míst zároveň, a získávat tak potřebné informace o obsazenosti. Zmíněný systém má ale i své nevýhody. Mezi ně patří především velký objem vygenerovaných dat, vysoká cena a složité technické provedení, jež je náchylné k poruše. [25]

4.2 Typy sběru dat

Ve druhé podkapitole jsou popsány dva druhy získávání dat pomocí detektorů, a to sběr dat o obsazenosti při vjezdu a výjezdu z parkoviště a sběr dat z jednotlivých parkovacích míst.

4.2.1 Sběr dat u brány parkoviště

Typickou metodou sběru dat z parkoviště je sběr dat tzv. „u závory“ (u brány), tedy při vjezdu/výjezdu vozidla na/z parkoviště. Systém bývá realizován pomocí indukčních smyček umístěných do vozovky v prostoru závory, která reguluje vjezd na parkoviště. Tyto indukční smyčky detekují přítomnost vozidla a po vydání parkovacího lístku automatem se zvýší hodnota obsazenosti. Ta bývá udávána ve volných nebo obsazených místech. Při výjezdu z parkoviště jsou u brány opět umístěny indukční smyčky detekující vozidlo opouštějící parkoviště. Po této akci je hodnota obsazenosti naopak snížena.

Výhodou tohoto typu systému je jeho poměrně jednoduchá konstrukce a provedení, které souvisí i s nižší cenou oproti systému sběru dat z jednotlivých parkovacích míst. Nevýhodou je nemožnost získání informací o jednotlivých parkovacích místech například pro rezervaci jednotlivého stání. Zároveň není umožněná navigace na neobsazená parkovací místa.

Tento systém sběru dat je využíván i na parkovišti P+R Zličín 1, z něhož jsou dále v práci analyzována data. Vjezd na parkoviště P+R Zličín 1 je znázorněn na následujícím obrázku 21. Ve vozovce jsou viditelné spáry, které ohraničují zabudované indukční smyčky a jejich kabeláž.



Obrázek 21 – Vjezd na parkoviště P+R Zličín 1 (foto autor, 7.8. 2019)

4.2.2 Sběr dat z jednotlivých parkovacích míst

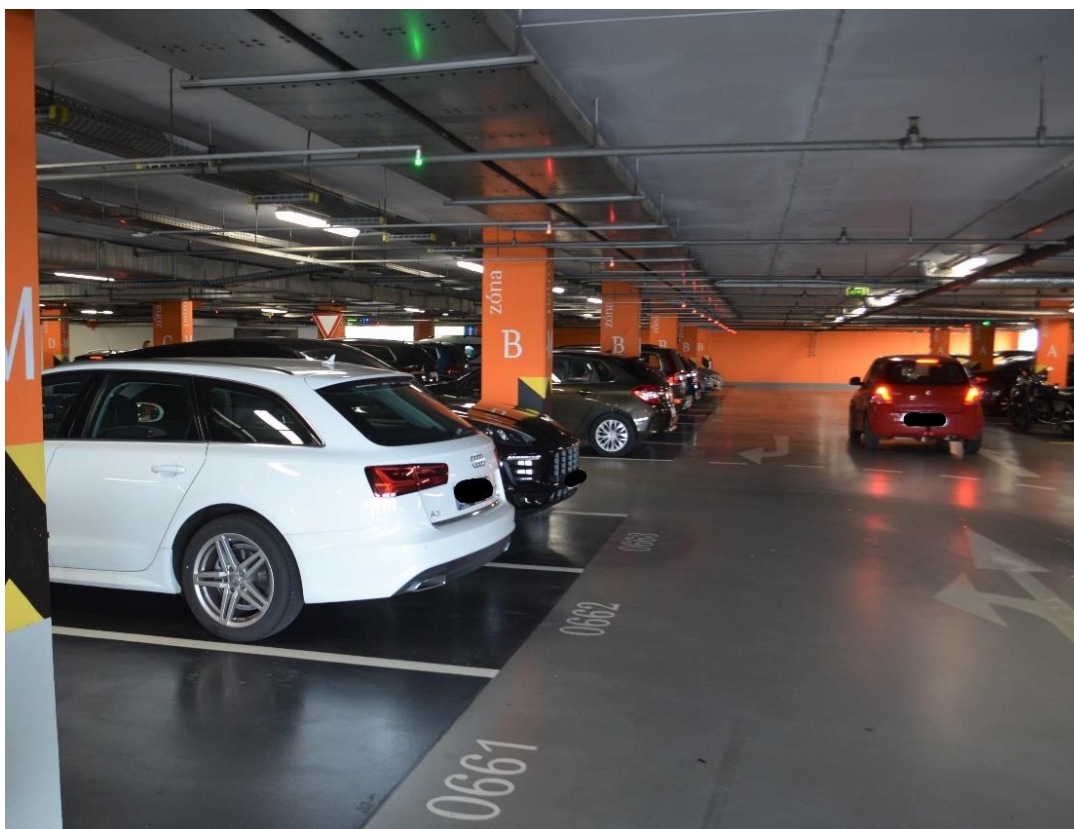
Druhým typem sběru dat o obsazenosti je způsob získání dat z jednotlivých míst. Tento systém není příliš častý, nicméně nabízí širší možnosti dalšího zpracování dat.

Jak je již zřejmé z názvu podkapitoly, systém funguje na principu umístění detektoru obsazenosti na každé jednotlivé parkovací stání na celém parkovišti. Jednotlivé detektory jsou poté propojeny do řídicí jednotky, kde je možné data zpracovat a vyhodnocovat.

Výhodou systému je jeho komplexnost, která umožňuje získávat detailnější informace o obsazenosti. Tento systém je také vhodný pro navigaci vozidel na volná parkovací místa, která mohou být díky detekci obsazenosti dobře označena. Zmíněný typ sběru dat dále nabízí daleko širší využití získaných dat a větší možnosti následné analýzy například zkoumání obsazenosti jednotlivých pater parkovacího domu či zkoumání chování uživatelů včetně toho, jaká místa se zpravidla obsazují dříve a jaká později.

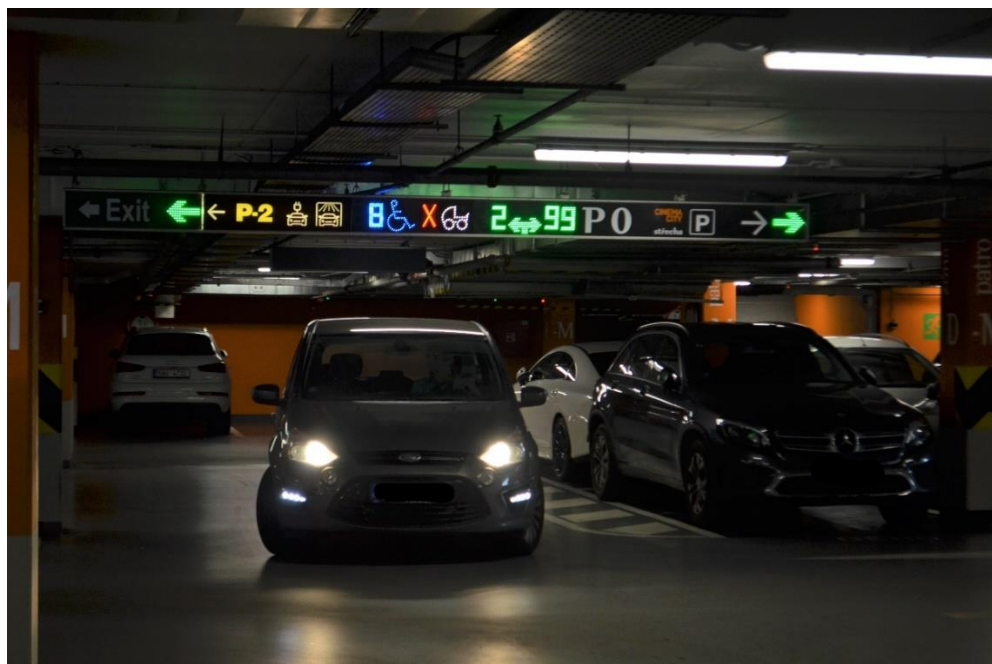
Příkladem tohoto využití je parkoviště Obchodního centra Chodov, na kterém je možné dle světelných tabulí zahrnujících šipky a údaj o volných parkovacích místech najít volné parkovací místo velmi efektivně. Nad jednotlivými místy jsou zde navíc umístěny světelné diody barevně indikující, zdali je místo obsazené, či nikoliv. Světelné diody jsou jasně viditelné. Zelená barva označuje místo volné a červená naopak místo obsazené. Tyto světelné diody jsou znázorněny na obrázku 22 níže.

Nevýhodou tohoto systému je jeho složitost, a tak i náchylnost k poruše. Zároveň je vzhledem k instalaci detektoru na každé parkovací místo nutné počítat s vyššími investičními náklady.



Obrázek 22 – Světelné diody označující obsazenost míst v OC Chodov (foto autor, 22.7. 2019)

Parkovací systém navigace na volná místa v OC Chodov je zobrazen na obrázku 23. Z obrázku je patrná i možnost navigace na místa vyhrazená pro invalidy. Na světelné tabuli je zobrazen směr, ve kterém jsou dostupná volná parkovací místa a jejich počet.



Obrázek 23 – Systém navigace na jednotlivá parkovací místa v OC Chodov (foto autor, 22.7. 2019)

5 Zpracování dat a jejich další využití

Pátá kapitola práce se zabývá zpracováním dat o obsazenosti parkoviště P+R Zličín 1. Tato data byla získána z veřejně dostupného internetového zdroje. První část popisuje problém zpracování velkého množství dat, dále je v kapitole provedena analýza získaných dat o obsazenosti z P+R parkoviště Zličín.

5.1 Struktura a objem dat

První podkapitola je věnována představení získaných dat, zejména pak jejich struktury a objemu.

5.1.1 Struktura dat

Pro účely této práce byla využita data o obsazenosti parkovišť typu P+R v Praze. V současné době jsou dostupná historická data o obsazenosti vybraných parkovišť z let 2013 – 2018. Tato data jsou dostupná na webu <http://opendata.praha.eu> (cit. 21. 7. 2019), kde jsou rozděleny do dvou sad, a to po obdobích 1.1. 2013 – 31.12. 2015 a 1.1. 2016 – 31.3. 2018. Data jsou uložena ve formátu CSV, tedy v textovém souboru, kde jsou data oddělena čárkami. Struktura dostupných dat včetně jejich typu je uvedena v následující tabulce 5.

název	typ	popis
Datum_a_cas	date	datum a čas záznamu
Parkoviste	string	název parkoviště
Vjezd	int	počet vjezdů aut
Vyjezd	int	počet výjezdů aut
Obsazenost	int	počet obsazených míst
Stav	string	označení, zda jsou volná místa
Volna_mista	int	počet volných míst
Kapacita	int	celková kapacita parkoviště

Tabulka 5 – Struktura dat v datové sadě zabývající se obsazeností P+R v Praze [27]

K účelu analýzy byla vybrána datová sada z let 2016 – 2018, tedy data dostupná z celkem 27 měsíců. Data jsou zaznamenávána poměrně nepravidelně. Typicky je uveden jeden záznam za minutu, někdy však je záznamů za minutu uvedeno více, nebo naopak není dostupný záznam žádný. Tento fakt byl brán v potaz při zpracování dat. Podrobněji je postup popsán v kapitole 5.2 této práce. Struktura dat z první minuty roku 2016 je pro ukázkou zobrazena v následující tabulce 6– Základní rozměry vozidel pro ČSN 73 6056. Jedná se pouze o CSV soubor převedený do podoby tabulky.

Datum_a_cas	Parkoviste	Vjezd	Vyjezd	Obsazenost	Stav	Volna_mista	Kapacita
2016-01-01 00:00:13.000	P+R Zličín 1	0	0	36	volno	47	83
2016-01-01 00:00:20.000	P+R Černý Most 2	0	0	15	volno	116	131
2016-01-01 00:00:24.000	P+R Opatov	0	0	11	volno	170	181
2016-01-01 00:00:25.000	P+R Rajská zahrada	0	0	17	volno	71	88
2016-01-01 00:00:43.000	P+R Zličín 1	0	0	36	volno	47	83
2016-01-01 00:00:50.000	P+R Černý Most 2	0	0	15	volno	116	131
2016-01-01 00:00:54.000	P+R Opatov	0	0	11	volno	170	181
2016-01-01 00:00:55.000	P+R Rajská zahrada	0	0	17	volno	71	88

Tabulka 6 – Ukázka struktury datového souboru [27]

5.1.2 Objem dat a pojem Big data

Vzhledem k faktu, že data z jednotlivých parkovišť byla zaznamenávána v poměrně krátkých intervalech a celkem ze 14 P+R parkovišť v Praze, objem dat v datové sadě je veliký. Ze všech P+R parkovišť bylo za uvedenou dobu, tedy 27 měsíců, získáno celkem 13 496 343 záznamů. Pro další analýzu nebyla využita všechna získaná data, ale přesto další zpracování vyžadovalo použití adekvátních nástrojů pro zpracování takto velkého objemu dat.

S tímto objemem dat již můžeme mluvit o tzv. Big datech, tedy datech velkého objemu. Práce s těmito daty se v posledních letech velmi rozšiřuje a jejich význam neustále roste. V následujícím odstavci je popsán vznik formátu Big data a změna, kterou tento fenomén společnosti přináší.

Lidé analyzují data již mnoho let. Od biblických dob jsou organizována sčítání lidu, při kterých byla získávána data o občanech zemí. Před nástupem digitalizace bylo ale shromažďování dat velmi časově náročné a drahé. Při změně kladené otázky bylo potřeba sesbírat potřebná data znovu a začít s analýzou od začátku. Velkou změnu přinesla digitalizace, umožnila získaná data převést do počítače a výrazně usnadnila manipulaci s nimi a jejich ukládání. Procesy, které dříve trvaly roky, bylo možné provést v řádu dní či hodin. Postupem času objem získávaných dat narůstal a v dnešním světě jsou shromažďována data téměř o všem. Nově jsou shromažďována i data, jež původně ani nebyla považována za zdroj informací jako polohy osob, vibrace motoru či napětí mostu. [28]

Následující odstavec popisuje rozdíl v myšlení, který Big Data (v textu Veledata) představují:

„Veledata představují důležitý postup v lidském úsilí kvantifikovat svět a porozumět mu. V současnosti se datafikuje většina jevů, které dosud nebylo možné měřit, ukládat, analyzovat a sdílet. Když místo jejich malých částí zpracujeme rozsáhlá data vcelku a upřednostníme více dat před vyšší přesností, otevřeme tím dveře novým metodám získávání poznatků. Společnost bude postupně opouštět svou dlouhodobě osvědčenou snahu o kauzalitu a v mnoha případech využije výhody korelace“ [28 str. 26]

Problém ve zpracování dat velkého objemu spočívá v několika faktorech. Tři hlavní charakteristiky těchto dat je možné popsat pomocí tří anglických slov začínajících písmenem V.

Volume – resp. objem. První charakteristickou vlastností Big data je zejména jejich velký objem. Objem těchto dat je již tak veliký, že není možné je zpracovávat pomocí běžného skladování. Tato data jsou také velmi málo strukturovaná. Velké objemy dat vytvářejí například datové toky na sociálních sítích či aplikace v chytrých telefonech. [29] Zajímavým příkladem velikosti těchto dat je motor letounu Boeing 737, který za jednu hodinu vyprodukuje 20 TB dat. [30] Tyto motory má Boeing 737 dva, a pokud vezmeme v úvahu například středně dlouhý let, produkovaných dat budou stovky TB.

Velocity – resp. rychlost. Druhou vlastností Big data je vysoká rychlost, ve které data proudí a jsou přijímána. Tato data není vždy možné zapsat na disk a je nutné je zpracovat v reálném nebo alespoň co nejkratším čase. Vysoká rychlost zpracování je potřebná například u video-detekce při získávání potřebných informací z kamerového záznamu. [29]

Variety – resp. různorodost. Poslední faktor popisující Big Data je jejich různorodost. Data mohou být odesílána v různých typech jako audio, video či text. Tento fakt vyžaduje před-zpracování a úpravu dat do strukturované a zpracovatelné podoby. Uvedený proces probíhá ještě před samotným zpracováním a analýzou dat. [29]

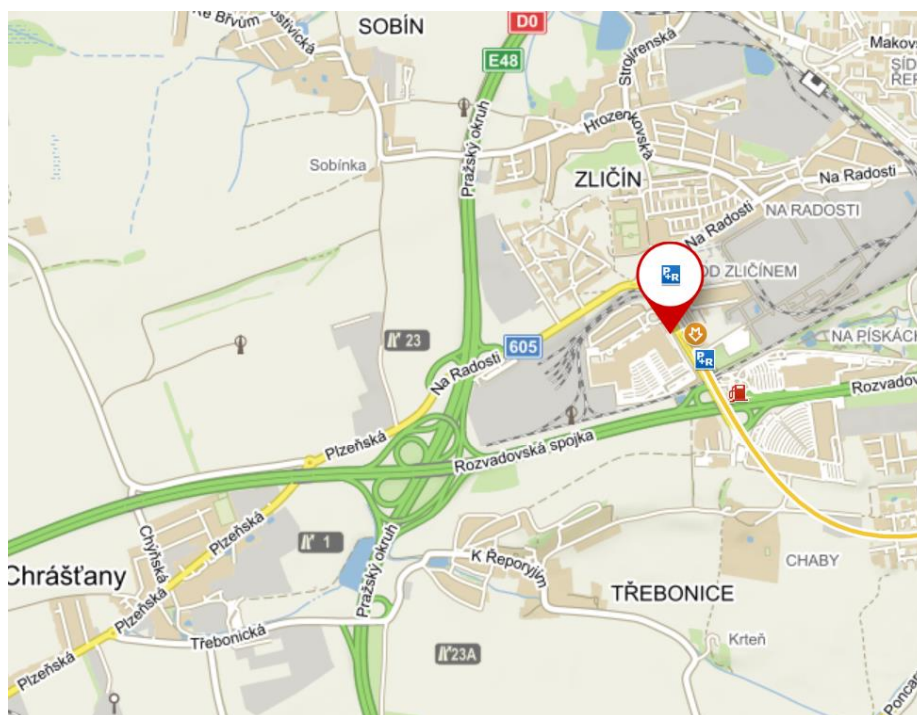
5.2 Zpracování dat a představení zkoumané lokality

V druhé podkapitole je uveden postup zpracování získaných dat a jejich příprava pro následnou analýzu. Krátce je také představeno parkoviště typu P+R Zličín, ze kterého byla data získána.

5.2.1 P+R Zličín 1

Parkoviště P+R Zličín 1 leží na západním okraji Prahy. V jeho těsné blízkosti je umístěno další P+R parkoviště Zličín 2, které ovšem není předmětem níže zpracované analýzy. Zkoumané parkoviště Zličín 1 se nachází v těsné blízkosti konečné stanice metra B „Zličín“, a je tak ideálně umístěno přímo u přestupního uzlu na MHD. Na zastávce „Zličín“ je zároveň dostupná i autobusová doprava všech druhů.

Poloha parkoviště je výhodná i díky blízkosti dvou významných silničních tahů, a to dálnice D10 a Pražského okruhu (D0). Křížení těchto dvou tahů probíhá nedaleko od zmíněného parkoviště. Na obrázku 24 je mapa blízkého okolí s vyznačením P+R Zličín 1.



Obrázek 24 – Mapa blízkého okolí P+R Zličín 1 [31]

Vjezd na parkoviště lze vidět na obrázku 21 v kapitole 4.2.1. Na obrázku 25 je zobrazena parkovací plocha parkoviště, zázemí pro hlídače parkoviště a brána sloužící k vjezdu/výjezdu.



Obrázek 25 – Parkovací plocha na P+R Zličín 1 a zázemí pro hlídače parkoviště (foto autor, 7. 8. 2019)

5.2.2 Filtrace a základní úprava dat

Data bylo nejdříve nutné vyfiltrovat a získat jen ta požadovaná, tzn. pouze z jednoho parkoviště. Zároveň bylo nutné převést datové typy na vhodnější formáty kvůli následnému zpracování.

S pomocí vedoucího této bakalářské práce *Ing. Mgr. Václava Barocha, Ph.D* byla získaná data nahrána na server a upravována pomocí programu *Microsoft SQL Server Management Studio 18*.

Nejprve byla provedena filtrace dat a do nového datového souboru převedena pouze ta data, ve kterých sloupec „Parkoviste“ obsahoval „P+R Zličín 1“. Po tomto kroku byl získán nový datový list, ve kterém bylo již pouze 2 056 440 záznamů místo původních 13 496 343. Pro lepší následné zpracování byla upravena datová struktura jednotlivých sloupců. Jak je k vidění v tabulce 5, data ve sloupci „Datum_a_cas“ jsou ve formátu *date*, a tak jsou u jednotlivých záznamů uvedeny i sekundy a setiny. Pro účel této práce byl zmíněný sloupec převeden na formát *smalldate*, a tím odstraněny záznamy o jednotlivých sekundách a setinách. Byla tak ponechána pouze informace obsahující data, hodiny a minuty. Z důvodu lepšího zpracování a zvýšení efektivity práce byly u ostatních sloupců změněny datové typy. Nová datová struktura je uvedena v následující tabulce 7.

název	typ	Popis
Datum_a_cas	smalldate	datum a čas záznamu
Parkoviste	nvarchar	název parkoviště
Vjezd	tinyint	počet vjezdů aut
Vyjezd	tinyint	počet výjezdů aut
Obsazenost	smallint	počet obsazených míst
Stav	nvarchar	označení, zda jsou volná místa
Volna_mista	smallint	počet volných míst
Kapacita	smallint	celková kapacita parkoviště

Tabulka 7 – Upravená datová struktura, připravená pro další zpracování zdroj:vlastní zpracování

Po úpravě datových typů byla data vyfiltrována a rozdělena po letech, tedy chronologicky 2016, 2017 a 2018. Jak je již zmíněno výše, z posledního roku (2018) jsou data dostupná pouze z prvních 3 měsíců. Dalším krokem bylo odstranění duplicit, které vznikly úpravou sloupce „Datum a čas“. Po tomto kroku by tedy teoreticky měla být dostupná data z každé minuty daného roku. Následně byly odstraněny sloupce, se kterými nebylo v analýze nijak pracováno, a naopak jiné sloupce byly přidány. Odstraněny byly všechny sloupce kromě dvou, a to „Datum_a_cas“ a „Obsazenost“. Sloupce „Vjezd“ a „Vyjezd“ nebyly pro účel této analýzy potřebné, a tak byly rovněž odstraněny¹.

Ve sloupci „Parkoviste“ zůstala již jen jedna neměnná hodnota a údaje ve sloupci „Stav“ nebyly pro další analýzu potřebné. Údaj ve sloupci „Kapacita“ je pochopitelně neměnný a jeho hodnota je 83 parkovacích míst. Posledním odstraněným sloupcem byl sloupec „Volná místa“, který byl rozdílem mezi kapacitou a obsazenými místy, a nebyl tak pro analýzu potřebný.

5.2.3 Chyby ve zpracovaných datech

Při zpracování souboru byly zjištěny chyby v datech ve sloupci „Obsazenost“. Nejčastější chybou byl jeden nebo více chybějících záznamů za sebou. V některých případech byly v datech velké časové mezery, to znamená, že chyběly záznamy z několika hodin určitého dne.

Dalším druhem chyby byl špatně naměřený záznam nebo sekvence záznamů.

¹ Hodnoty ze sloupce „Vjezd“ jsou ale později využity pro získání dat sloužících k ekonomické analýze v kapitole 6

Chybějící údaje v datech nebyly uměle nahrazovány, ale tento fakt byl zohledněn v následující analýze. Pokud byl nalezen chybný řádek, byl ze souboru odstraněn. V případě, kdy v souboru následovalo více chybných řádků v pořadí za sebou např. na řádcích 1-30 byla naměřená hodnota 40, na řádcích 30-40 byla naměřená hodnota 5 a na řádcích 40-60 opět 40, byly řádky 30-40 vymazány. Vymazání proběhlo v případě, že rozdíl dvou sousedních hodnot byl větší než 5 a zároveň se nejednalo o část hodnot, kde by tyto rozdíly byly časté a následovaly postupně za sebou (například nájezd aut na parkoviště v ranních hodinách).

Vysoká chybovost v datech byla zaznamenána v ranních hodinách po půlnoci, kdy je parkoviště zavřené. Lze proto předpokládat, že se opravdu jednalo o chybná data, ne pouze o správně naměřené údaje s velkými výchyly.

5.2.4 Příprava dat pro analýzu

Kvůli výše zmíněné chybovosti v datech bylo nezbytné důkladné očištění dat od chybných záznamů. Po této fázi byly pro účely analýzy jednotlivých dní a minut zjištěny další údaje. Byl přidán sloupec „den_v_roce“ označující pořadové číslo daného dne v roce, sloupec „den_tydne“ označující číslem, o jaký den týdne se jedná – pondělí bylo zvoleno jako 1. den týdne a dále následovala čísla chronologicky, úterý tedy bylo značeno číslem 2 atd.

Posledním přidaným sloupcem byl sloupec „minuta_dne“ označující minutu, ze které jsou data naměřena. Po těchto operacích již nebylo nutné používat sloupec „Datum_a_cas“, protože všechny potřebné údaje byly zaznamenány právě pomocí nově přidaných sloupců.

V dalším kroku byly pomocí kontingenční tabulky v programu MS Excel zjištěny průměrné hodnoty obsazenosti parkoviště v jednotlivých minutách dne v průběhu celého roku. Byla tak získána hodnota pro každou minutu každého dne v týdnu, což vytvořilo celkem 10 080 hodnot.

Tyto hodnoty byly vyneseny do grafu, ve kterém je zaznamenán průběh průměrných obsazeností pro jednotlivé dny v průběhu 24 hodin. Po předemtný graf byla použita data z roku 2016. Graf je uveden v Příloze 1 této práce.

Ve výsledné formě již byla data připravena pro další analýzu, která byla prováděna v programu Scilab 6.0.2., a její popis a výsledek je uveden v následující kapitole.

5.3 Analýza dat a predikce obsazenosti

Ve třetí podkapitole je popsán zvolený matematický model, jeho tvorba a metody výpočtu.

5.3.1 Volba modelu

Pro účel analýzy dat byl v rámci této práce vytvořen model, který je zobrazen v následující rovnici 1. Dále jsou popsány jeho jednotlivé složky.

$$PO_n = TP + SV + OV + E_n \quad (5.1)$$

PO_n – predikovaná obsazenost za n minut

TP – týdenní průběh

SV – sezónní vliv

OV – okamžitý výkyv

E_n – zbytkový šum

Cílem modelu je odhad hodnoty obsazenosti za n minut, pokud je známa aktuální hodnota obsazenosti a samozřejmě také aktuální datum a čas. Model odhaduje hodnotu na základě několika faktorů.

Prvním z nich je týdenní průběh, tedy průměrná hodnota pro daný den v týdnu a jeho minutu. Postup výpočtu této hodnoty byl popsán výše v kapitole 5.2.3 této práce. Například je dle historických dat z roku 2016 známo, že ve středu 1000. minutu bývá v průměru hodnota obsazenosti 55,9 aut.

Druhou složkou modelu je sezónní vliv, neboli vliv roční doby na hodnotu obsazenosti parkoviště. Výpočet sezónního vlivu je uveden dále v kapitole 5.3.2. Sezónní vliv značí, že například 49. týden, ve středu, 1000. minutu očekáváme oproti průměru pro středeční 1000. minutu o 10,3 aut více.

Třetí a poslední počítanou složkou je okamžitý výkyv, který bere v potaz aktuální hodnotu obsazenosti (pokud je k dispozici).

Na základě aktuálních hodnot všech těchto faktorů odhadujeme obsazenost za n minut.

Poslední složkou výpočtového modelu je zbytkový šum. Pro predikci odhadujeme tento šum nulou.

5.3.2 Výpočet sezónního vlivu

Po očištění dat a výpočtu průměru pro jednotlivé minuty v každém dni byl proveden výpočet sezónního vlivu, tedy odchylek od vypočteného průměru. Od naměřených hodnot obsazenosti v průběhu celého roku byly odečteny vypočtené průměry a získána rozdílová funkce dále značená f_1 .

Získaná rozdílová funkce f_1 byla následně modelována pomocí *Fourierovy řady* (rovnice 2):

$$SV(T) = b_0 + \sum_{m=1}^{24} a_m \sin \frac{2\pi n T}{527\,040} + \sum_{m=1}^{24} b_m \cos \frac{2\pi n T}{527\,040} \quad (5.2)$$

SV – sezónní vliv

T – minuta roku

b_0, a_m, b_m – počítané koeficienty

n – počet minut predikce

24 – maximální uvažované m

527 040 – počet minut v roce 2016

zdroj: vzorec Fourierovy řad [32], vlastní dosazení

Na základě konzultací s *Mgr. Pavlem Provinským* z katedry 611 Fakulty dopravní ČVUT v Praze byl pro účely této práce vytvořen program Scilab program, který výše uvedené koeficienty počítal pomocí skalárního součinu normovaných funkcí.

Díky velké hustotě dat, jež je dána zdrojovým souborem, byl používán obyčejný skalární součin, kterým bylo dosaženo téměř stejných výsledků jako teoreticky správnou integrací. Předpokládáme proto, že díky velkému množství dat zůstane ortogonálnost báze funkcí přibližně zachována. Z toho důvodu nebylo nutné použít *Gramovu-Schmidtovu ortogonalizaci*.

Fourierova řada byla počítána zvlášť pro každý den v týdnu.

Vypočtený sezónní vliv byl následně odečten od funkce f_1 a byla získána nová rozdílová funkce f_2 .

5.3.3 Výpočet okamžitého výkyvu

Po zjištění a následném odečtení hodnot sezónního vlivu byla ve funkci f_2 hledána pořadová závislost, aby bylo možné vypočíst hodnotu okamžitého výkyvu v určitý čas.

Byla hledána pořadová závislost o n minut zpět v čase t . Rovnice 3 sloužící k výpočtu je uvedena níže.

$$OV_{T+n} = a * OV_T + E_t \quad (5.3)$$

OV_{T+n} – okamžitý výkyv v čase za n minut

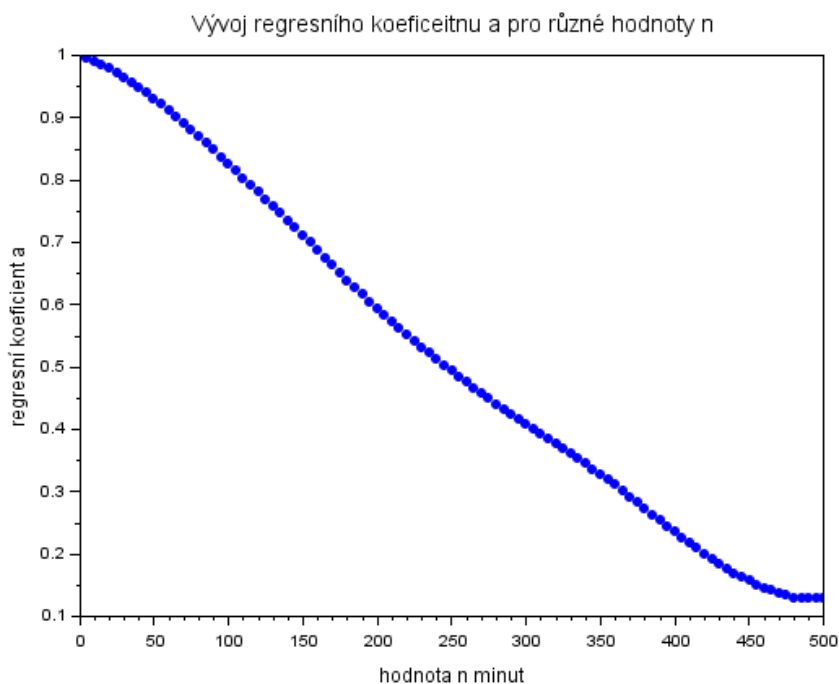
a – regresní koeficient

OV_T – aktuální výkyv

E_t – náhodný šum

Regresní koeficient „ a “ byl počítán pomocí informační matice.

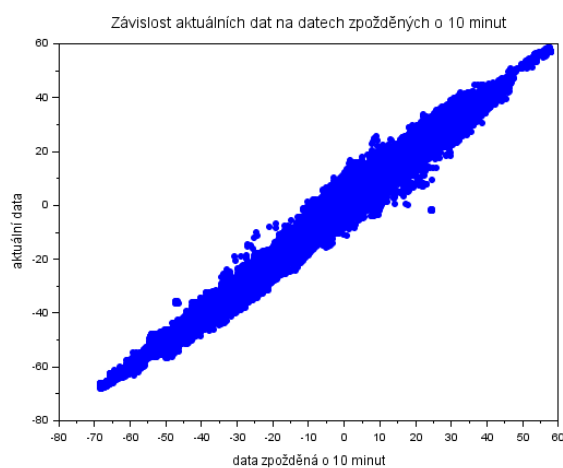
Závislost dat byla testována pomocí Spearmanova testu nezávislosti, aby bylo ověřeno, do jaké minuty zpět v čase jsou na sobě dané hodnoty stále ještě závislé. I přesto, že Spearmanův test prokazoval závislost dat až do vysokých hodnot n , u dat po 485. minutě zpět již začíná být závislost problematická. Na následujícím obrázku 26 je znázorněn graf vývoje hodnot regresního koeficientu „ a “ pro n minut. Na svislé ose jsou znázorněny hodnoty koeficientu a udávajícího závislost na datech zpožděných o n minut. Počet minut n je znázorněn na vodorovné ose.



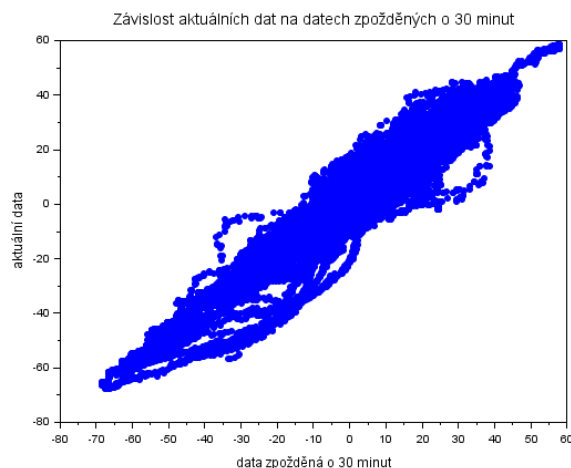
Obrázek 26 – Vývoj regresního koeficientu a pro hodnoty n zdroj: vlastní zpracování

Na následujících obrázcích 27, 28 a 29 jsou znázorněny grafy závislosti aktuálních dat na datech zpožděných o n minut pro časy $n = 10$ minut, 30 minut, 60 minut. Na vodorovné ose jsou zpožděná data a na svislé pak data aktuální.

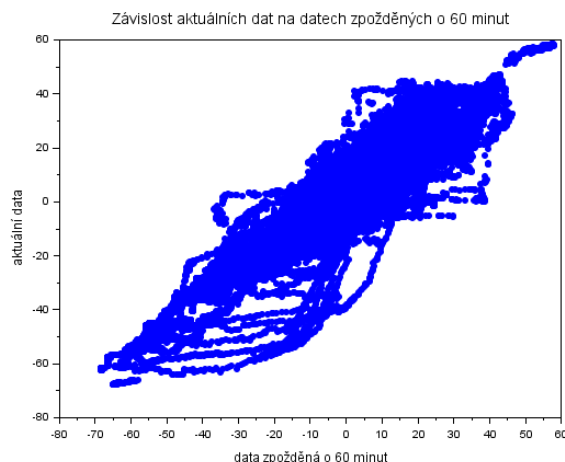
Z obrázků je zřejmé, že nejvíce jsou data závislá při malém časovém rozdílu, naopak při velkém jsou pak již úplně odlišná a závislost se ztrácí. Na obrázku 30 je zobrazen graf pro $n = 800$, na kterém již závislost není zřejmá.



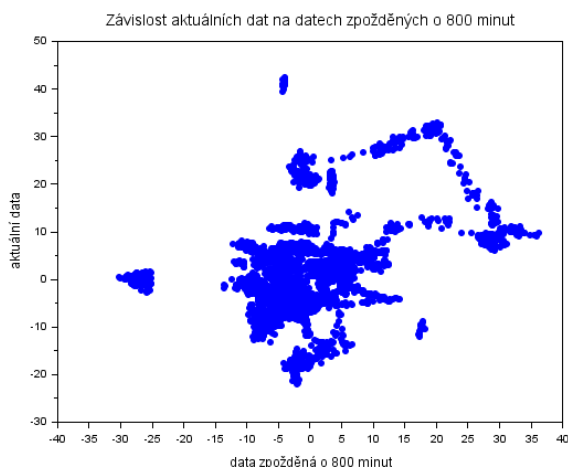
Obrázek 27 – Závislost aktuálních dat na datech zpožděných o 10 minut zdroj: vlastní zpracování



Obrázek 28 – Závislost aktuálních dat na datech zpožděných o 30 minut zdroj: vlastní zpracování



Obrázek 29 – Závislost aktuálních dat na datech zpožděných o 60 minut zdroj: vlastní zpracování



Obrázek 30 – Závislost aktuálních dat na datech zpožděných o 800 minut zdroj: vlastní zpracování

5.3.4 Predikce pomocí modelu

Model se spočtenými koeficienty byl použit na predikci pro data z roku 2017. Predikovány byly hodnoty pro $n = 10, 30, 60$ a 120 . Vypočtené hodnoty byly porovnány se skutečnou hodnotou obsazenosti.

Díky vlastnostem modelu se objevovaly predikované hodnoty menší než nula a zároveň větší, než je kapacita parkoviště (83). V prvním případě byly hodnoty nahrazeny nulou, v druhém pak hodnotou plné kapacity.

Do analýzy byla zahrnuta data z celého roku 2017. Dále vypočtené hodnoty platí právě pro predikci dat tohoto roku. Vytvořený model je nicméně adaptibilní na data z jakéhokoliv roku, či dokonce jeho části.

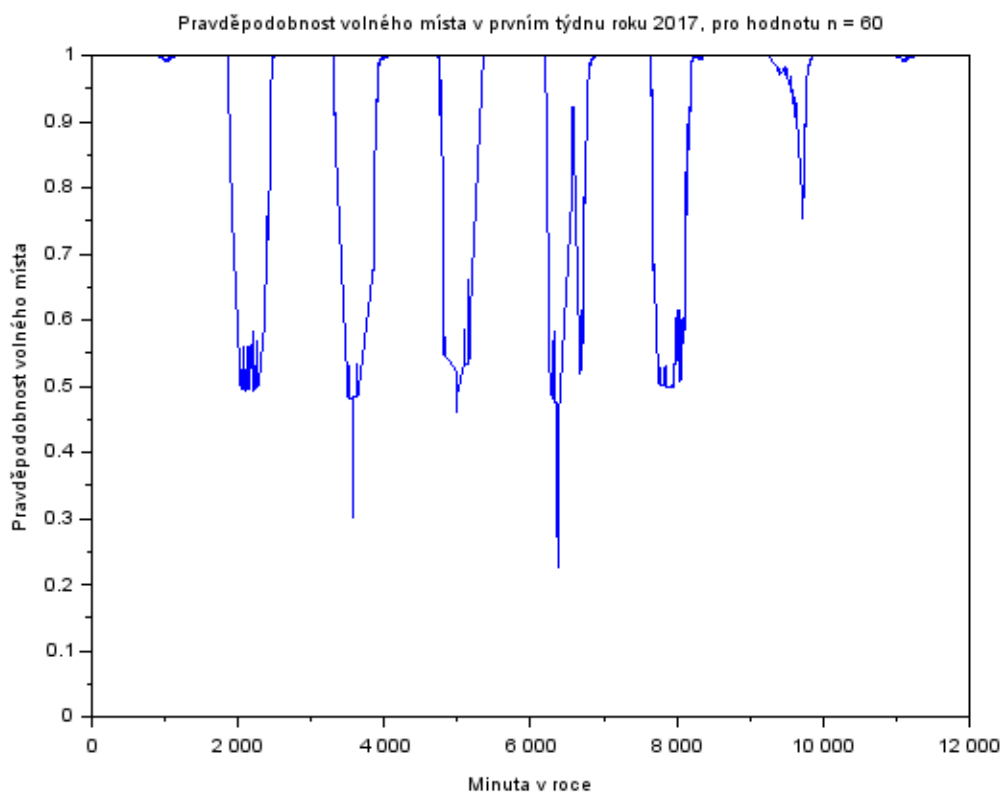
I přestože maximální uvažované m pro modelování Fourierovy řady bylo 24, hodnota tohoto členu zajišťující nejlepší odhad byla vypočítána jako $n = 2$. Tato hodnota byla tedy nakonec v modelu použita.

Kritériem hodnocení úspěšnosti odhadu bylo vysvětlení rozptylu naměřených hodnot. Porovnání pro různé hodnoty n je uvedeno v následující tabulce 8. V dané tabulce jsou uvedeny hodnoty procent vysvětlení celkového rozptylu dat pomocí jednotlivých složek modelu a podíl hodnoty zbytkového, tedy nevysvětleného šumu. Hodnoty okamžitého výkyvu OV po $n = 60$ přestávaly být účinné pro vysvětlování rozptylu a byly tak položeny hodnotě 0. Z tabulky je ale naopak patrné, že vliv hodnoty OV je velmi účinný pro nízké hodnoty n .

n	10	30	60	120	360
TP – týdenní průběh	85.9 %	85.5 %	85 %	84 %	89 %
SV – Sezónní vliv	0.9 %	0.9 %	1 %	1 %	2 %
OV – Okamžitý výkyv	12.5 %	9.3 %	1 %		
E_n – Zbytkový šum	0.8 %	4.4 %	13 %	15 %	10 %

Tabulka 8 – Výsledné hodnoty podílu jednotlivých částí modelu na vysvětlení rozptylu. Zdroj: vlastní zpracování

Dále byla pro jednotlivé hodnoty n získána pravděpodobnost volného místa. Výsledek se liší pro každou minutu v roce. V grafu na obrázku 31 je uveden vývoj pravděpodobnosti pro osm prvních dnů roku 2017 a předpověď pro 60 minut dopředu. Prvním zobrazeným dnem je neděle.



Obrázek 31 – Graf pravděpodobnosti volného místa v prvním týdnu roku 2017, pro hodnotu $n = 60$. zdroj: vlastní zpracování

Z obrázku 31 je zřejmé, že parkoviště bývá volnější o víkendech, a pravděpodobnost volného místa je tak vysoká. Naopak hodnoty v průběhu pracovních dní ukazují, že přibližně od 9:00 do 16:00 je pravděpodobnost volného místa asi jen 50 %.

Posledním krokem bylo porovnání přesnosti modelu vůči dvěma jednodušším metodám odhadu. První z nich byl odhad pomocí týdenního průběhu, tedy předpoklad, že hodnota v dané minutě je stejná jako celoroční průměr dané minuty. Druhou metodou odhadu byl velmi jednoduchý předpoklad, a to ten, že hodnota za n minut bude totožná jako aktuální hodnota obsazenosti.

Kritériem hodnocení přesnosti odhadu je hodnota směrodatné odchylky zbytkového šumu. Ta udává, o kolik aut se metoda odhadu typicky mýlí. Porovnání pro různě dlouhé odhady je vidět v následující tabulce 9.

	n	10	30	60	120	360
směrodatná odchylka modelu		2.52	5.95	10.06	10.67	8.65
směrodatná odchylka pro odhad pomocí stejné hodnoty jako před n minutami		2.54	6.14	10.96	18.83	38.44
směrodatná odchylka týdenního průběhu		10.80	10.88	10.97	11.12	9.37

Tabulka 9 – Porovnání směrodatných odchylek různých druhů odhadů zdroj: vlastní zpracování

Pro úplnost je v Příloze 2 uvedena ukázka kódu programu Scilab, který představuje zmíněný model. Ukázka je uvedena pro hodnotu $n = 10$.

6 Ekonomická analýza nasazení různých technologií

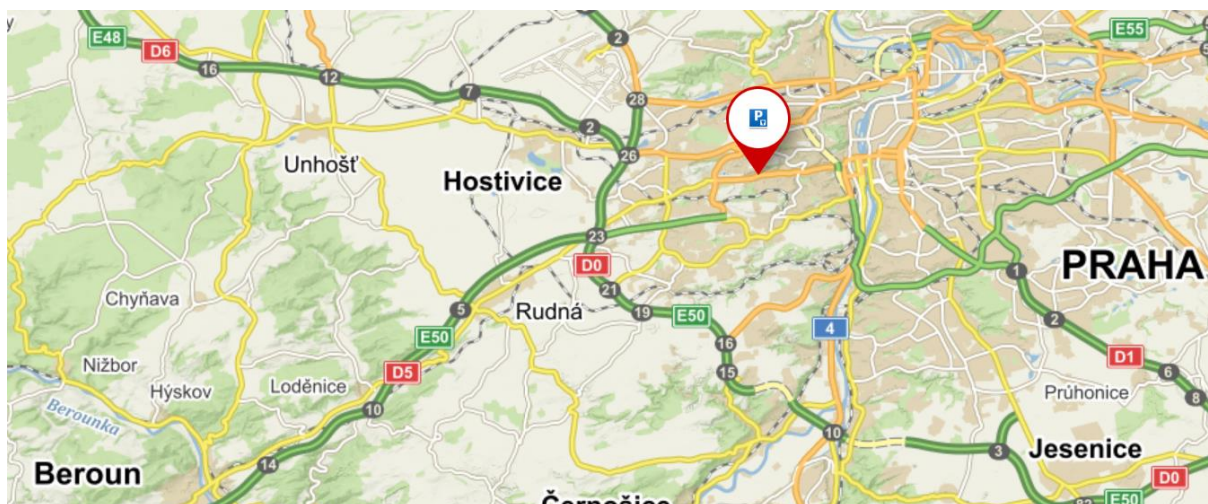
Závěrečná kapitola práce se zabývá ekonomickou analýzou fungování parkoviště, ze kterého jsou sbírána data pro další využití. Jsou porovnány dvě varianty. Jednou z nich je metoda sběru dat u brány na parkoviště a druhou sběr dat z jednotlivých parkovacích míst. Pro analýzu je použito P+R Kotlářka v Praze, které není v současné době vybaveno žádnou technologií pro sběr dat.

6.1 P+R Kotlářka

V první podkapitole je představeno parkoviště P+R Kotlářka. Stav parkoviště je uveden jak při jeho otevření, tak i ten současný.

6.1.1 Poloha a stav při otevření

Parkoviště typu P+R Kotlářka se nachází v Praze 5 v blízkosti ulice Plzeňská. V okolí P+R Kotlářka se nenachází stanice metra, ale pouze stejnojmenná zastávka tramvajové a autobusové dopravy a tramvajová zastávka „Poštovka“. Sloužit by mělo, podobně jako parkoviště P+R Zličín, pro obyvatele západní části Prahy a přilehlých měst, například Rudné, Hostovic či Berouna. Parkoviště je vyznačeno na mapě na obrázku 32.



Obrázek 32 – Vyznačení parkoviště P+R Kotlářka v mapě [31]

Kapacita parkoviště je dle zdrojů 240 míst, zároveň ale chybí vodorovné dopravní značení a parkovací plocha je na některých místech zarostlá trávou. Dále v této kapitole je brán pro výpočty počet 240 míst jako kapacita tohoto parkoviště. Při otevření parkoviště, které proběhlo 12. října 2017, nebylo parkoviště vybavené ani závorami, ale pouze kamerovým systémem zajišťujícím bezpečnost. Parkovací plocha byla obrostlá keři a trávou. Na parkovišti se parkovalo zdarma. [33]

6.1.2 Současný stav

V rámci této práce byla provedena osobní návštěva P+R Kotlářka pro zjištění aktuálního stavu parkoviště.

Návštěva byla provedena dne 7. 8. 2019. Na parkovišti je již zřetelné vodorovné dopravní značení a parkovací plocha je dobře upravena. Parkoviště zůstává i nadále nehlídané a není zpoplatněno. Maximální doba stání je uvedena na svislém dopravním značení u brány parkoviště a je 12 hodin. Současný stav vjezdu na parkoviště je znázorněn na obrázku 33.



Obrázek 33 – Současný stav vjezdu na parkoviště P+R Kotlářka (foto autor, 7.8. 2019)

Na parkovací ploše je vyhrazeno 5 parkovacích stání pro invalidy. Ostatní parkovací stání nejsou nijak označena.

6.2 Analýza varianty sběru dat u brány parkoviště

Druhá podkapitola je věnována analýze metody sběru dat u brány parkoviště. Jsou odhadnuty příjmy, výdaje a ekonomická prognóza.

6.2.1 Popis varianty

První varianta uvažuje zavedení systému sběru dat pomocí indukčních smyček u brány parkoviště, jak je tomu u některých ostatních P+R parkovišť v Praze. Tento systém sběru dat je upřesněn v kapitole 4.2.1. Varianta je v kapitole označována jako „varianta 1“

6.2.2 Příjmy

Účelem parkovišť typu P+R je především umožnit občanům přestup na VHD s možností odstavení osobních automobilů na určitý čas. Na tento fakt je nutno přihlížet a vycházet z něj, proto příjmy, resp. zisk, nejsou v tomto případě hlavní motivací pro investici do projektu sběru dat z parkoviště.

V případě P+R parkoviště je hlavním a jediným příjmem poplatek za vjezd na parkoviště. V této analýze bude jako jednotná cena poplatku za vjezd počítáno 20 Kč. Jde o současný poplatek pro hlídaná P+R parkoviště v Praze. Dalším poplatkem je 100 Kč při ponechání automobilu, tento poplatek ale není v případě této analýzy uvažován. Tato cena platí v den poskytnutí služby (vjezdu) až do ukončení provozu parkoviště. [24]

Z dat získaných z Parkoviště P+R Zličín 1 byla spočítána data o vjezdu na parkoviště za roky 2016 a 2017. Vzhledem k tomu, že data z roku 2018 jsou dostupná pouze z prvních tří měsíců, mohla by být ovlivněna sezónností, a tak nebyla použita. Kapacita parkoviště je odlišná, proto byl pomocí výpočtu proveden odhad obsazenosti P+R Kotlářka.

Postup výpočtu byl takový, že počet vjezdů za rok byl vydělen počtem dní v roce, a tím byl získán počet vjezdů za den. Tento počet byl vydělen kapacitou P+R Zličín 1 a získán tak údaj určující počet vjezdů vzhledem ke kapacitě. Následně byl vypočten průměr této hodnoty ze zmíněných dvou let. Pomocí tohoto údaje byl proveden odhad počtu vjezdů na P+R Kotlářka za rok. Zmíněné údaje a výsledky výpočtů jsou uvedeny v následujících tabulkách 10 a 11.

P+R Zličín 1	2016	2017
kapacita [vozů]	83	83
celkový součet vjezdů [vozů]	35 990	40 404
počet vjezdů za den	98.3	110.7
počet vjezdů za den/kapacita	1.18	1.33
průměr z počet vjezdů za den/kapacita za oba roky	1.26	

Tabulka 10 – Hodnoty sloužící pro odhad počtu vjezdů na P+R Kotlářka zdroj: vlastní zpracování

P+R Kotlářka	
kapacita [vozů]	240
odhad vjezdů za den	302.2
odhad vjezdů za rok	110 307

Tabulka 11 – Odhad počtu vjezdů na P+R Kotlářka zdroj: vlastní zpracování

Odhad vjezdů na parkoviště P+R Kotlářka byl proveden pro 3 varianty: pesimistickou, neutrální a optimistickou. Jako neutrální byla brána hodnota vypočtená pomocí dat zmíněných výše, optimistická hodnota činí 130% neutrální hodnoty a pesimistická 70%. Odhady včetně očekávaného příjmu z poplatků za vjezd jsou uvedeny v následující tabulce 12.

P+R Kotlářka	počet vjezdů za rok	poměr k neutrálnímu odhadu [%]	odhad příjmů [kč/rok]
pesimistický odhad	77 215	0.70	1 544 298
neutrální odhad	110 307	1.00	2 206 140
optimistický odhad	143 399	1.30	2 867 982

Tabulka 12 – Odhad počtu vjezdů na P+R Kotlářka a příjmů za rok pro různé odhady varianty 1 zdroj:vlastní zpracování

V prvním roce projektu bude probíhat zavádění technologií a doba výstavby je odhadována na 3 měsíce. Pro účel analýzy je začátek stavby předpokládán v lednu. V následujících 9 měsících téhož roku jsou zisky počítány jako 50 %. V dalším roce jsou odhadované zisky 70 % daného odhadu, ve 3. roce pak 90 % odhadu. Tato metodika výpočtu je takto stanovena z důvodu náběhové doby zavedení nového parkovacího systému.

6.2.3 Náklady

Náklady byly rozděleny do dvou položek, a to na vstupní investici do zavedení systému sběru dat a na náklady na provoz parkovišť. Odhadnuté investiční náklady zahrnují vybudování závor u vjezdu na parkoviště a výstavbu zázemí pro ostrahu parkoviště. U závor je nutné instalovat indukční smyčky do vozovky a automat pro výdej parkovacích lístků. Nezbytnou součástí parkoviště je také platební automat a informační tabule s aktuálním počtem vozidel. Tento systém je nutné napojit na databázi a shromažďovat data o obsazenosti parkoviště. Dále je do nákladů započtena tvorba modelu predikce obsazenosti a rozhraní pro uživatele. Po zavedení systému sběru dat předpokládáme, že na parkovišti bude vždy přítomný dozorce hlídající daný objekt.

Odhad cen byl proveden po konzultaci s firmou *GREEN Center s.r.o.*, jež se zabývá parkovacími systémy a jejich instalací. Po svolení zmíněné firmy byl jako zdroj odhadu cen jednotlivých částí parkovacího systému použit ceník produktů firmy. Odhadnuty jsou ceny za kus jednotlivých položek a také jejich potřebný počet. Cena za montáž a instalaci je počítána jako 10 % ceny součtu všech předchozích položek. Odhad investičních nákladů je uveden v tabulce 13.

investiční náklady	cena za kus [Kč]	kusů	cena [Kč]
zázemí pro obsluhu parkoviště	700 000	1	700 000
aplikace výpočtového modelu predikce obsazenosti	300 000	1	300 000
vytvoření webového rozhraní pro uživatele	200 000	1	200 000
automatické pokladny (včetně validátoru bankovek a mincí)	200 000	2	400 000
terminál pro výdej a čtení parkovacích lístků	75 000	2	150 000
automatická závora včetně hliníkového ramena	35 000	2	70 000
informační tabule udávající aktuální stav obsazenosti parkoviště	20 000	1	20 000
montáž HW, instalace SW, umístění indukčních smyček do vozovky	10 % ze součtu cen předchozích položek		184 000
Celkový součet bez montáže			1 840 000 Kč
Celkový součet			2 024 000 Kč

Tabulka 13 – Odhad investičních nákladů pro variantu 1 [34]

Dle několika internetových zdrojů byly odhadnuty průměrné provozní náklady. Tyto zdroje jsou uvedeny pod příslušnou tabulkou. Odhady byly provedeny pro jeden měsíc a následně vypočteny pro jeden rok. Jak je již uvedeno výše, v prvním roce jsou tyto náklady počítány pouze pro 9 měsíců. Hodnoty provozních nákladů jsou uvedeny v následující tabulce 14.

provozní náklady	měsíční [Kč/měsíc]	roční [Kč/rok]
mzda dozorce	35 000	420 000
správa informačního systému	30 000	360 000
dodej energií	30 000	360 000
údržba parkovací plochy	10 000	120 000
opravy závor	5 000	60 000
celkový součet	110 000	1 320 000
provozní náklady na jedno parkovací místo	458	5 500

Tabulka 14 – Odhad provozních nákladů pro variantu 1 [35] [36] [37]

6.2.4 Hotovostní tok (Cash flow)

Hotovostní tok, resp. Cash flow, může být popsán jako přírůstek nebo úbytek peněz za jedno účetní období – v tomto případě rok.

Cash flow může být počítáno *přímou* nebo *nepřímou* metodou. V této analýze je Cash flow počítáno metodou *přímou*. Výpočty Cash Flow pro jednotlivé varianty (pesimistickou, neutrální, optimistickou) jsou uvedeny v následujících tabulkách 15, 16 a 17.

CF pesimistický odhad, varianta1						
rok	1	2	3	4	5	6
náklady						
náklady investiční	2 024 000 Kč	0 Kč	0 Kč	0 Kč	0 Kč	0 Kč
náklady provozní	990 000 Kč	1 320 000 Kč	1 320 000 Kč	1 320 000 Kč	1 320 000 Kč	1 320 000 Kč
náklady celkem	3 014 000 Kč	1 320 000 Kč	1 320 000 Kč	1 320 000 Kč	1 320 000 Kč	1 320 000 Kč
příjmy						
příjmy z vjezdů	579 112 Kč	1 081 009 Kč	1 389 868 Kč	1 544 298 Kč	1 544 298 Kč	1 544 298 Kč
příjmy celkem	579 112 Kč	1 081 009 Kč	1 389 868 Kč	1 544 298 Kč	1 544 298 Kč	1 544 298 Kč
finanční výsledek	-2 434 888 Kč	-238 991 Kč	69 868 Kč	224 298 Kč	224 298 Kč	224 298 Kč
daň z příjmu p.o	0 Kč	0 Kč	13 275 Kč	42 617 Kč	42 617 Kč	42 617 Kč
finanční výsledek po zdanění	-2 434 888 Kč	-238 991 Kč	56 593 Kč	181 681 Kč	181 681 Kč	181 681 Kč
CF celkem	-2 434 888 Kč	-2 673 880 Kč	-2 617 286 Kč	-2 435 605 Kč	-2 253 924 Kč	-2 072 242 Kč

Tabulka 15 – Cash flow pro pesimistický odhad varianty 1 zdroj: vlastní zpracování

CF neutrální odhad, varianta 1						
rok	1	2	3	4	5	6
náklady						
náklady investiční	2 024 000 Kč	0 Kč	0 Kč	0 Kč	0 Kč	0 Kč
náklady provozní	990 000 Kč	1 320 000 Kč	1 320 000 Kč	1 320 000 Kč	1 320 000 Kč	1 320 000 Kč
náklady celkem	3 014 000 Kč	1 320 000 Kč	1 320 000 Kč	1 320 000 Kč	1 320 000 Kč	1 320 000 Kč
příjmy						
příjmy z vjezdů	827 303 Kč	1 544 298 Kč	1 985 526 Kč	2 206 140 Kč	2 206 140 Kč	2 206 140 Kč
příjmy celkem	827 303 Kč	1 544 298 Kč	1 985 526 Kč	2 206 140 Kč	2 206 140 Kč	2 206 140 Kč
finanční výsledek	-2 186 698 Kč	224 298 Kč	665 526 Kč	886 140 Kč	886 140 Kč	886 140 Kč
daň z příjmu p.o.	0 Kč	42 617 Kč	126 450 Kč	168 367 Kč	168 367 Kč	168 367 Kč
finanční výsledek po zdanění	-2 186 698 Kč	181 681 Kč	539 076 Kč	717 773 Kč	717 773 Kč	717 773 Kč
CF celkem	-2 186 698 Kč	-2 005 016 Kč	-1 465 940 Kč	-748 167 Kč	-30 393 Kč	687 380 Kč

Tabulka 16 – Cash flow pro neutrální odhad varianty 1 zdroj: vlastní zpracování

CF optimistický odhad, varianta 1						
rok	1	2	3	4	5	6
náklady						
náklady investiční	2 024 000 Kč	0 Kč	0 Kč	0 Kč	0 Kč	0 Kč
náklady provozní	990 000 Kč	1 320 000 Kč	1 320 000 Kč	1 320 000 Kč	1 320 000 Kč	1 320 000 Kč
náklady celkem	3 014 000 Kč	1 320 000 Kč	1 320 000 Kč	1 320 000 Kč	1 320 000 Kč	1 320 000 Kč
příjmy						
příjmy z vjezdů	1 075 493 Kč	2 007 587 Kč	2 581 184 Kč	2 867 982 Kč	2 867 982 Kč	2 867 982 Kč
příjmy celkem	1 075 493 Kč	2 007 587 Kč	2 581 184 Kč	2 867 982 Kč	2 867 982 Kč	2 867 982 Kč
finanční výsledek	-1 938 507 Kč	687 587 Kč	1 261 184 Kč	1 547 982 Kč	1 547 982 Kč	1 547 982 Kč
daň z příjmu p.o.	0 Kč	130 642 Kč	239 625 Kč	294 117 Kč	294 117 Kč	294 117 Kč
finanční výsledek po zdanění	-1 938 507 Kč	556 946 Kč	1 021 559 Kč	1 253 865 Kč	1 253 865 Kč	1 253 865 Kč
CF celkem	-1 938 507 Kč	-1 381 561 Kč	-360 002 Kč	893 863 Kč	2 147 729 Kč	3 401 594 Kč

Tabulka 17 – Cash flow pro optimistický odhad varianty 1 zdroj: vlastní zpracování

V následující tabulce 18 je pro přehlednost uvedeno shrnutí Cash flow jednotlivých variant.

Shrnutí celkové Cash Flow projektu, varianta 1						
rok	1	2	3	4	5	6
CF pesimistická varianta	-2 434 888 Kč	-2 673 880 Kč	-2 617 286 Kč	-2 435 605 Kč	-2 253 924 Kč	-2 072 242 Kč
CF neutrální varianta	-2 186 698 Kč	-2 005 016 Kč	-1 465 940 Kč	-748 167 Kč	-30 393 Kč	687 380 Kč
CF optimistická varianta	-1 938 507 Kč	-1 381 561 Kč	-360 002 Kč	893 863 Kč	2 147 729 Kč	3 401 594 Kč

Tabulka 18 – Shrnutí vypočteného celkové Cash flow jednotlivých odhadů pro variantu 1 zdroj: vlastní zpracování

Dále jsou v tabulce 19 uvedeny hodnoty Cash Flow v jednotlivých letech, které jsou dále použity pro posouzení návratnosti projektu.

Hodnoty Cash flow v jednotlivých letech, varianta 1						
rok	1	2	3	4	5	6
CF pesimistický odhad	-2 434 888 Kč	-238 991 Kč	56 593 Kč	181 681 Kč	181 681 Kč	181 681 Kč
CF neutrální odhad	-2 186 698 Kč	181 681 Kč	539 076 Kč	717 773 Kč	717 773 Kč	717 773 Kč
CF optimistický odhad	-1 938 507 Kč	556 946 Kč	1 021 559 Kč	1 253 865 Kč	1 253 865 Kč	1 253 865 Kč

Tabulka 19 – Cash flow v jednotlivých obdobích projektu pro variantu 1 zdroj: vlastní zpracování

6.2.5 Časová hodnota peněz

Časová hodnota peněz (angl. *Time value money*) představuje finanční metodu, jež slouží k porovnání dvou či více peněžních částek z různých časových období. V rámci této práce se primárně zaměříme na Současnou hodnotu (angl. *Present value*, zkr. *PV*).

Současná hodnota představuje takovou částku peněz, jaká by musela být zaplácena dnes, aby byla na konci sledovaného období získána určitá částka.

Vzorec pro výpočet současné hodnoty projektu:

$$PV = \frac{FV_n}{(1 + i)^n} \quad (6.1)$$

PV – současná hodnota

FV_n – budoucí hodnota na konci n -tého období

n – konec n -tého období neboli počet období

i – diskontní sazba odpovídající příslušnému období zdroj: [38]

Pro zjištění přijatelnosti projektu byl použit vzorec zahrnující všechna období daného projektu, vycházející z vzorce předchozího. Tento vzorec zahrnuje hodnoty Cash flow vypočtené výše a zjišťuje jejich současnou hodnotu.

$$PV_n = \sum_{n=1}^m \frac{CF_n}{(1 + i)^n} \quad (6.2)$$

PV_n – současná hodnota všech hotovostních toků v období 1 (počáteční rok) až do období „ m “ (poslední uvažovaný rok)

CF_n – Cash flow hotovostní tok v období n

n – konkrétní uvažované období, nabývá hodnot 1 až m

m – poslední uvažované období (rok)

i – diskontní sazba odpovídající příslušnému období zdroj: [39]

Projekt může být považován za přijatelný, pokud je hodnota PV_n kladná. Tento fakt je zapříčiněn tím, že v Cash flow jsou započteny i investiční náklady.

Jak je patrné z předchozích tabulek, v případě této analýzy je bráno v úvahu 6 let, resp. první rok, včetně výstavby a dalších 5 let.

V následující tabulce 20 je vypočtena PV a také PV_n pro 6 let. Hodnoty jsou vypočteny pro všechny varianty odhadu. Diskontní sazba je uvažována 5 % p.a. Tato hodnota je brána jako dlouhodobě reálná společenská diskontní sazba [40]. Pro výpočet PV je použito Cash flow z jednotlivých období, hodnoty jsou uvedeny v tabulce 20.

PV pro jednotlivá období	1	2	3	4	5	6	Suma v PV_6
PV pesimistický odhad	-2 318 941 Kč	-216 772 Kč	48 887 Kč	149 470 Kč	142 352 Kč	135 537 Kč	-2 059 431 Kč
PV neutrální odhad	-2 082 569 Kč	164 790 Kč	465 674 Kč	590 514 Kč	562 394 Kč	535 614 Kč	236 417 Kč
PV optimistický odhad	-1 846 197 Kč	505 166 Kč	882 461 Kč	1 031 558 Kč	982 436 Kč	935 654 Kč	2 491 079 Kč

Tabulka 20 – Současná hodnota peněz pro jednotlivá období varianty 1 zdroj: vlastní zpracování

Hodnocení přijatelnosti jednotlivých variant dle metodiky je uvedené v následující tabulce 21.

hodnocení přijatelnosti, varianta 1				
Varianta odhadu	investiční náklady	Denní cena za parkování	PV ₆	je projekt přijatelný
pesimistický odhad	2 024 000 Kč	20 Kč	-2 059 431 Kč	NE
neutrální odhad	2 024 000 Kč	20 Kč	236 417 Kč	ANO
optimistický odhad	2 024 000 Kč	20 Kč	2 491 079 Kč	ANO

Tabulka 21 – Hodnocení přijatelnosti jednotlivých variant projektu zdroj: vlastní zpracování

Z předchozí tabulky je zřejmé, že při poplatku za vjezd 20 Kč a dané délce projektu je projekt nepřijatelný pro všechny varianty odhadu.

Pesimistický odhad varianty 1 vychází jako nepřijatelný. Z toho důvodu byla vypočtena taková denní cena za vjezd, pro kterou by byl odhad ziskový. Kromě varianty zvýšení parkovného je také možnost provoz v prvních letech projektu dotovat do té doby, než bude ziskový.

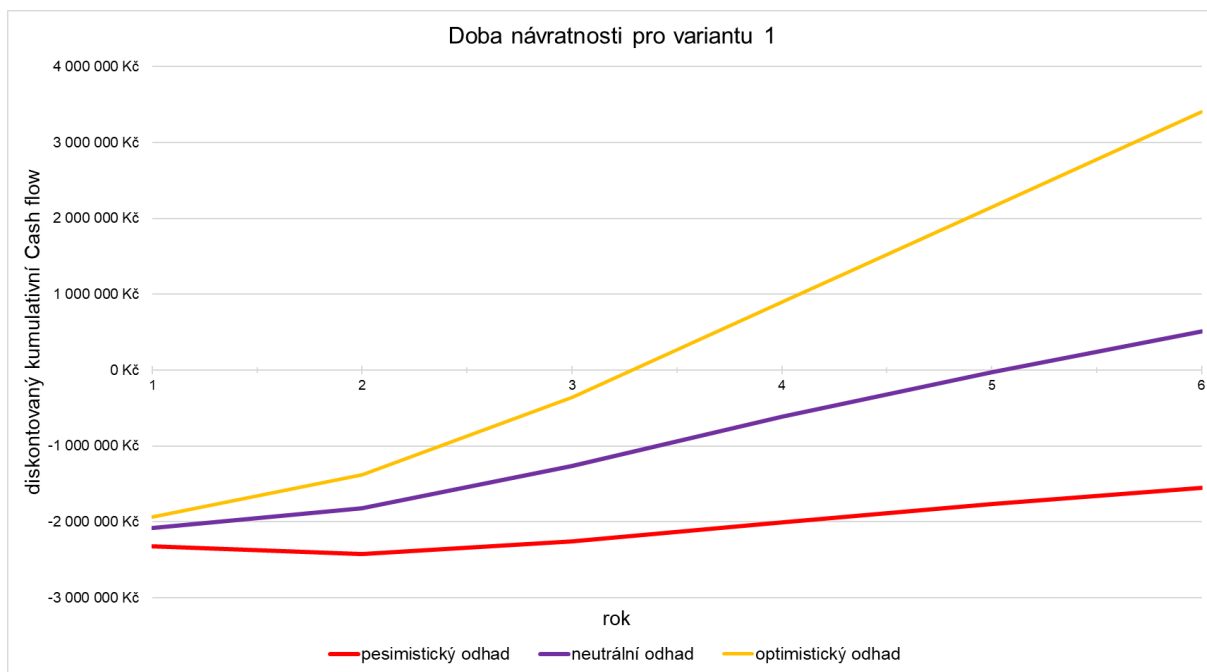
Minimální denní cena za parkování, zajišťující přijatelnost projektu, je znázorněna v následující tabulce 22. Vypočtená hodnota byla zaokrouhlena až o 5 korun nahoru.

Odhad cen zajišťujících přijatelnost projektu pro variantu 1				
Varianta odhadu	investiční náklady	Denní cena za parkování	PV ₆	je projekt přijatelný
pesimistický odhad	2 024 000 Kč	30 Kč	664 156 Kč	ANO

Tabulka 22 – Ceny denního poplatku za stání zajišťující přijatelnost projektu zdroj: vlastní zpracování

6.2.6 Doba návratnosti

V závěru ekonomické analýzy byla vypočtena doba návratnosti pro jednotlivé varianty. Doba návratnosti zjišťuje počet let, za které se kumulativní Cash flow vyrovná počáteční investici. Aby byl projekt přijatelný, měla by být doba návratnosti nižší než doba životnosti projektu, v případě této analýzy 6 let. Doba návratnosti byla počítána univerzální metodou a výstupem je grafické zpracování na obrázku 34.



Obrázek 34 – Doba návratnosti pro jednotlivé odhady varianty 1 zdroj: vlastní zpracování

Z obrázku je patrné, že doba návratnosti pro optimistický odhad je asi 3 roky a 4 měsíce, pro neutrální odhad přibližně 5 let a pro pesimistický odhad doba návratnosti značně převyšuje dobu životnosti.

6.3 Analýza varianty sběru dat z jednotlivých parkovacích míst

Třetí podkapitola je věnována ekonomické analýze varianty sběru dat z jednotlivých parkovacích míst. V této variantě je uvažována i možnost rezervace parkovacího místa pomocí výsuvných sloupků. Sběr dat z jednotlivých míst je zde zamýšlen magnetometrickými senzory. Princip jejich fungování je popsán v kapitole 4.2.1.1. Podrobnější popis tohoto systému sběru dat je uveden v kapitole 4.2.2. Varianta je v kapitole označována jako „varianta 2“.

6.3.1 Příjmy

Jak je již zmíněno v kapitole 6.2.2, příjmy nejsou pro projekt zavedení technologií pro sběr dat na parkoviště hlavní motivací. V druhé variantě parkovacího systému zůstává odhad příjmů z poplatku za vjezd stejný jako pro variantu 1. V této variantě je již počítán pouze neutrální odhad z předchozích výpočtů.

Jako druhá složka příjmů jsou v této variantě uvažovány poplatky za rezervaci parkovacího místa, která by byla v tomto technickém provedení možná. Tyto příjmy se v odhadu v průběhu let postupně zvyšují. Poplatek za rezervaci místa na určitý den je uvažován 50 Kč.

Podobně jako u první varianty je uvažován první rok jako zaváděcí, v tomto případě je na výstavbu uvažováno 6 měsíců, kvůli náročnější instalaci magnetometrických detektorů a sloupků umožňujících rezervaci místa.

Metodika počítání příjmů zůstává stejná jako pro variantu 1, v prvním roce jsou příjmy počítány jen jako 50 % odhadu, v druhém roce 70 % a ve třetím 90 %. Příjmy se v jednotlivých letech liší a jsou uvedeny v následující tabulce 23 i s označením příslušného roku.

Příjmy P+R Kotlářka pro variantu 2						
Rok	1	2	3	4	5	6
příjmy z vjezdů	551 535 Kč	1 544 298 Kč	1 985 526 Kč	2 206 140 Kč	2 206 140 Kč	2 206 140 Kč
příjmy z poplatků za rezervaci	68 942 Kč	386 075 Kč	744 572 Kč	1 103 070 Kč	1 378 838 Kč	1 654 605 Kč
příjmy celkem	620 477 Kč	1 930 373 Kč	2 730 098 Kč	3 309 210 Kč	3 584 978 Kč	3 860 745 Kč

Tabulka 23 – Odhad příjmů pro variantu 2 v jednotlivých letech zdroj: vlastní zpracování

6.3.2 Náklady

Náklady pro variantu 2 jsou počítány obdobně jako pro variantu 1. V tomto případě jsou vyšší jak investiční náklady (vyspělejší technologie), tak i náklady provozní, kdy je počítáno s náročnější údržbou systému.

Investiční náklady byly obdobně jako pro variantu 1 odhadnuty na základě konzultace s firmou *GREEN Center s.r.o.*, jako poplatek za montáž technologií a softwaru je uvažováno 10 % součtu všech předchozích položek. Investiční náklady jsou uvedeny v tabulce 24 níže.

investiční náklady	cena za kus [Kč]	kusů	cena [Kč]
zázemí pro obsluhu parkoviště	700 000	1	700 000
aplikace výpočtového modelu predikce obsazenosti	500 000	1	500 000
vytvoření webového rozhraní pro uživatele	300 000	1	300 000
automatické pokladny (včetně validátoru bankovek a mincí)	200 000	2	400 000
terminál pro výdej a čtení parkovacích lístků	75 000	2	150 000
automatická závora včetně hliníkového ramena	35 000	2	70 000
informační tabule udávající aktuální stav obsazenosti parkoviště	20 000	1	20 000
magnetometr monitorující parkovací místo	4 500	240	1 080 000
výsuvný sloupek umožňující rezervaci místa	3 000	240	720 000
montáž HW, instalace SW, umístění indukčních smyček do vozovky	10 % ze součtu cen předchozích položek		322 000
Celkový součet bez montáže	3 220 000 Kč		
Celkový součet	4 262 000 Kč		

Tabulka 24 – Odhad investičních nákladů pro variantu 2 [34]

Provozní náklady byly odhadnuty v následující tabulce 25. Jak je již zmíněno výše, v prvním roce jsou z důvodu výstavby provozní náklady uvažovány pro 6 měsíců.

provozní náklady	měsíční [kč/měsíc]	roční [kč/rok]
dodej energií	40 000	480 000
mzda dozorce	35 000	420 000
správa informačního systému	35 000	420 000
údržba parkovací plochy	10 000	120 000
opravy závor	5 000	60 000
celkový součet	125 000	1 500 000
provozní náklady na jedno parkovací místo	521	6 250

Tabulka 25 – Odhad provozních nákladů pro variantu 2 [35] [36] [37]

6.3.3 Hotovostní tok (Cash flow)

Výpočet Cash flow byl proveden stejnou metodou jako u varianty 1. Změnou jsou vyšší příjmy ovlivněné možností rezervace jednotlivých míst, ale zároveň vyšší investiční i provozní náklady. Hodnoty Cash flow jsou vyobrazeny v následující tabulce 26.

CF neutrální odhad, varianta 2						
rok	1	2	3	4	5	6
náklady						
náklady investiční	4 262 000 Kč	0 Kč	0 Kč	0 Kč	0 Kč	0 Kč
náklady provozní	750 000 Kč	1 500 000 Kč	1 500 000 Kč	1 500 000 Kč	1 500 000 Kč	1 500 000 Kč
náklady celkem	5 012 000 Kč	1 500 000 Kč	1 500 000 Kč	1 500 000 Kč	1 500 000 Kč	1 500 000 Kč
příjmy						
příjmy z vjezdu	551 535 Kč	1 544 298 Kč	1 985 526 Kč	2 206 140 Kč	2 206 140 Kč	2 206 140 Kč
příjmy z poplatku za rezervaci	68 942 Kč	386 075 Kč	744 572 Kč	1 103 070 Kč	1 378 838 Kč	1 654 605 Kč
příjmy celkem	620 477 Kč	1 930 373 Kč	2 730 098 Kč	3 309 210 Kč	3 584 978 Kč	3 860 745 Kč
finanční výsledek	-4 391 523 Kč	430 373 Kč	1 230 098 Kč	1 809 210 Kč	2 084 978 Kč	2 360 745 Kč
daň z příjmu p. o.	0 Kč	81 771 Kč	233 719 Kč	343 750 Kč	396 146 Kč	448 542 Kč
finanční výsledek po zdanění	-4 391 523 Kč	348 602 Kč	996 380 Kč	1 465 460 Kč	1 688 832 Kč	1 912 203 Kč
CF celkem	-4 391 523 Kč	-4 042 921 Kč	-3 046 542 Kč	-1 581 082 Kč	107 750 Kč	2 019 954 Kč

Tabulka 26 – Cash flow pro variantu 2 zdroj: vlastní zpracování

Dále bylo vypočteno Cash flow v jednotlivých obdobích projektu. Toto Cash flow je následně použito ve výpočtu časové hodnoty peněz a zjištění přijatelnosti. Hodnoty jsou uvedeny v tabulce 27.

Hodnoty Cash flow v jednotlivých letech varianta 2						
rok	1	2	3	4	5	6
CF neutrální odhad	4 391 523 Kč	348 602 Kč	996 380 Kč	1 465 460 Kč	1 688 832 Kč	1 912 203 Kč

Tabulka 27 – Cash flow v jednotlivých obdobích projektu pro variantu 2 zdroj: vlastní zpracování

6.3.4 Časová hodnota peněz

Pomocí vzorců v rovnicích 4 a 5 byla pro variantu 2 dle stejné metodiky vypočtena současná hodnota peněz a dále zhodnocena její přijatelnost. V případě druhé varianty jsou značně vyšší investiční náklady, ale naopak přibývá druhá složka příjmů, a to poplatky za rezervaci místa. Diskontní sazba je uvažována stejná jako pro první variantu, a to 5 % p.a. Současná hodnota peněz pro variantu 2 je vypočtena v následující tabulce 28.

PV pro jednotlivá období	1	2	3	4	5	6	Suma v PV ₆
PV neutrální odhad, varianta 2	-4 182 403 Kč	316 192 Kč	860 710 Kč	1 205 638 Kč	1 323 244 Kč	1 426 916 Kč	950 296 Kč

Tabulka 28 – Současná hodnota peněz pro jednotlivá období varianty 2 zdroj: vlastní zpracování

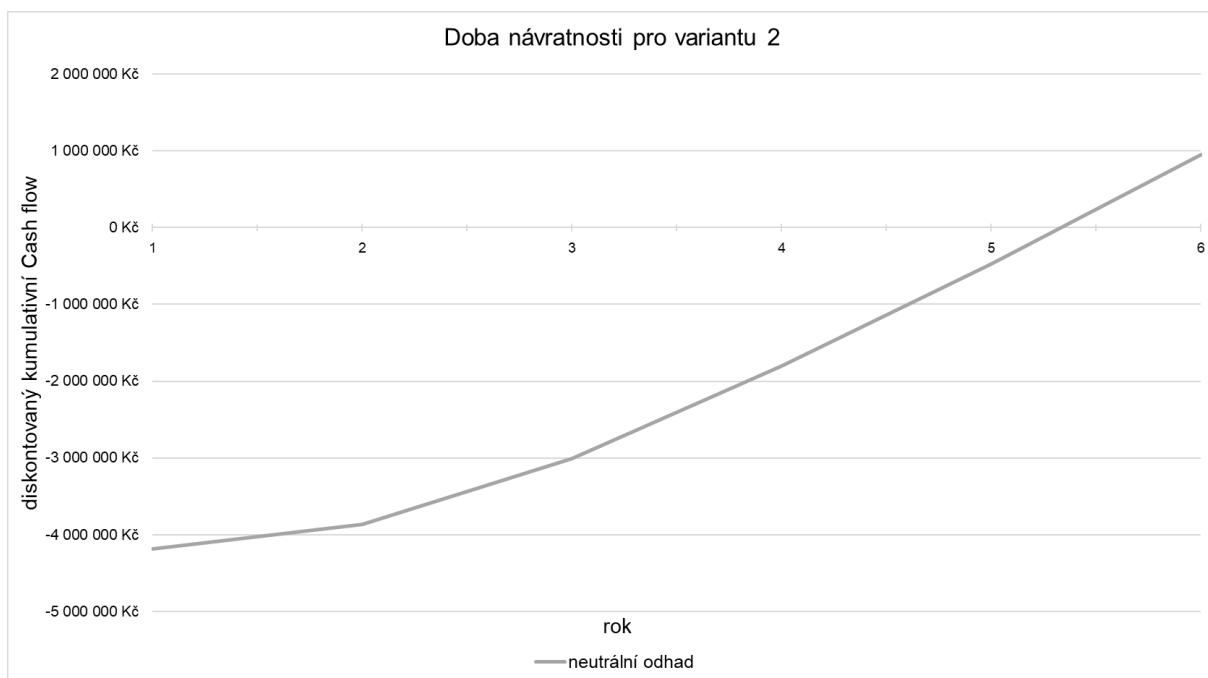
Posléze bylo rozhodnuto o přijatelnosti projektu pro variantu 2. Vzhledem k tomu, že hodnota PV_6 je kladná, můžeme projekt při daných podmínkách považovat za přijatelný. Pro shrnutí je tento fakt uveden v následující tabulce 29.

hodnocení přijatelnosti varianty 2				
Varianta odhadu	investiční náklady	Denní cena za parkování	PV_6	je projekt přijatelný
neutrální odhad	4 262 000 Kč	20 Kč	950 296 Kč	ANO

Tabulka 29 – Hodnocení přijatelnosti varianty 2 zdroj: vlastní zpracování

6.3.5 Doba návratnosti

Doba návratnosti byla zjištěna stejnou metodou jako u varianty 1 v kapitole 6.2.6. Byla použita univerzální grafická metoda a výsledek je zobrazen na následujícím obrázku 35.



Obrázek 35 – Doba návratnosti pro neutrální odhad varianty 2 zdroj: vlastní zpracování

Návratnost druhé varianty vychází přibližně na 5 let a 4 měsíce, což je méně než doba životnosti (6 let). Z tohoto hlediska je tedy možné projekt považovat za přijatelný.

7 Závěr

Cílem práce bylo nastínit problematiku parkování, resp. dopravy v klidu, ve městech a její řešení pomocí moderních technologií. V úvodní části práce byl nastíněn trend přesunu lidí do měst a charakterizován koncept Smart Cities. Dále je v práci popsána role parkovišť v tomto konceptu a uvedeny příklady parkovacích systémů řešených pomocí moderních technologií.

Následně se práce zabývá technickými normami pro návrh parkovacích stání a ploch. Zmíněná část byla přímo čerpána z ČSN 73 6056. Tato část pokračuje specifikací různých typů parkování ve městech a představením několika druhů parkovišť. Také jsou popsány různé typy detektorů, které slouží ke sběru dat z parkoviště, a typy sběru dat.

Ve druhé polovině bakalářské práce jsou zpracována data z konkrétního P+R parkoviště. Pomocí nich je vytvořen model schopný na základě aktuálních dat predikovat obsazenost na daném parkovišti o určitý počet minut do budoucna. Data bylo kvůli jejich objemu nutné nejprve zpracovat pomocí vytvoření databáze a vyfiltrování pouze těch dat, která byla pro tvorbu modelu předmětná. Dalším krokem bylo očištění dat od chyb. Po tomto kroku byl navrhnout predikční model odhadující obsazenost parkoviště pomocí více faktorů.

Po vytvoření predikčního modelu v programu Scilab 6.0.2. byla ověřena jeho přesnost na reálných datech a provedeno porovnání s dvěma jednoduššími modely. Model vytvořený v rámci této práce v porovnání odhadoval budoucí hodnoty lépe než dva jednodušší modely. V rámci modelu byla vytvořena i funkce odhadu pravděpodobnosti volného místa na parkovišti pro různě dlouhé odhady do budoucna.

V závěrečné části práce byla provedena ekonomická analýza nasazení dvou různých technologií pro sběr dat z parkoviště. Pro účel analýzy bylo vybráno konkrétní parkoviště, které není v současné době vybaveno žádnou technologií sloužící ke sběru dat. Pro první variantu sběru technologií byly vytvořeny tři varianty odhadu příjmů na základě počtu vjezdů aut a poplatku za denní parkování na parkovištích stejného typu. Byl proveden odhad nákladů a následně vypočteno Cash flow pro obě varianty. Přijatelnost projektu byla posouzena na základě investičních nákladů a časové hodnoty peněz, která byla v rámci analýzy vypočtena. Na závěr ekonomické analýzy byla posouzena návratnost různých variant. Pro variantu 1 jsou dva odhady ze tří z hlediska návratnosti přijatelné. Pro třetí návrh byla vypočtena denní cena za parkování, jež by zajišťovala přijatelnost. Varianta 2 byla posouzena na základě stejných kritérií a z hlediska návratnosti je přijatelná bez úpravy ceny.

8 Použité zdroje

- [1] Studie: Každý druhý obyvatel planety žije ve městě. *Aktuálně.cz*. [Online] *Economia, a.s.*, 20. 6. 2007. [Citace: 17. 6. 2019.] Dostupné z: <https://zpravy.aktualne.cz/zahranici/studie-kazdy-druhy-obyvatel-planety-zije-ve-meste/r~i:article:451463/>
- [2] Half of global population will live in cities by end of this year, predicts UN. *UN News*. [Online] UNITED NATIONS, 26. 2. 2008. [Citace: 17. 6. 2019.] Dostupné z: <https://news.un.org/en/story/2008/02/250402-half-global-population-will-live-cities-end-year-predicts-un>
- [3] 68% of the world population projected to live in urban areas by 2050, says UN. *UN DESA*. [Online] United Nations Department of Economic and Social Affairs, 16. 5. 2018. [Citace: 17. 6. 2019.] Dostupné z: <https://www.un.org/development/desa/en/news/population/2018-revision-of-world-urbanization-prospects.html>
- [4] The World's Cities in 2018. *United Nations Department of Economic and Social Affairs*. [Online] 2018. [Citace: 18. 6. 2019.] Dostupné z: https://www.un.org/en/events/citiesday/assets/pdf/the_worlds_cities_in_2018_data_booklet.pdf
- [5] Svítek, M., Postránecký, M. *Města budoucnosti*. Praha : Nadatur, spol., 2018.
ISBN: 978-80-7270-058-5
- [6] Iniciativa 4.0. *MPO*. [Online] 14. 7. 2017. [Citace: 18. 6. 2019.] Dostupné z: <https://www.mpo.cz/assets/dokumenty/53723/64358/658713/priloha001.pdf>
- [7] Smart cities MOOC open for registration. *Smart Cities World*. [Online] SmartCitiesWorld, 27. 3. 2017. [Citace: 18. 6. 2019.] Dostupné z: <https://www.smartcitiesworld.net/news/news/smart-cities-mooc-open-for-registration-1519>
- [8] Ročenka TSK 2017. *TSK Praha*. [Online] Technická správa komunikací hlavního města Prahy a.s., 2018. [Citace: 18. 6. 2019.] Dostupné z: <http://www.tsk-praha.cz/static/webbooks/udi-rocenka-2017-cz/pdf/udi-rocenka-2017-cz.pdf>
- [9] Modrozlutá kniha Smart Písek. *Město Písek*. [Online] Městský úřad Písek, 23. 6. 2015. [Citace: 18. 6. 2019.] Dostupné z: http://www.mesto-pisek.cz/assets/File.ashx?id_org=12075&id_dokumenty=12534
- [10] Dopravní portál. *Parkování Písek*. [Online] Eparkomat Traffic Portal, 2019. [Citace: 18. 6. 2019.] Dostupné z: <https://parkovani.pisek.eu/>

- [11] Parkování. *Kolín - oficiální portál*. [Online] Městský úřad Kolín, 31. 5. 2015. [Citace: 19. 6. 2019.] Dostupné z: <https://www.mukolin.cz/cz/o-meste/smart-city-kolin/parkovani/>
- [12] Smart4city. *Smart4city*. [Online] SPEL, a.s., 2019. [Citace: 19. 6. 2019.] Dostupné z: <https://smart4city.cz/>
- [13] V parkování bez hledání v rámci konceptu Smart Cities se stal průkopníkem Liberec. *ČD - Telematika*. [Online] ČD - Telematika a.s., 19. 10. 2016. [Citace: 19. 6. 2019.] Dostupné z: <https://www.cdt.cz/cz/v-parkovani-bez-hledani-v-ramci-konceptu-smart-cities-se-stal-prukopnikem-liberec;-reseni-dodava-cd---telematika-1291/>
- [14] Bezhotovostní parkování v Liberci. *Parking Liberec*. [Online] Statutární město Liberec, 2019. [Citace: 19. 6. 2019.] Dostupné z: <https://www.parking.liberec.cz/>
- [15] *ČSN 73 6056 Odstavné a parkovací plochy silničních vozidel*. 2011
- [16] *ČSN 73 6110 Projektování místních komunikací*. 2006
- [17] Svítek, M., Příbyl, P. *Inteligentní dopravní systémy*. Praha : BEN, 2001. ISBN: 80-7300-029-6
- [18] Koncepce zón. *Parkuj v klidu*. [Online] Technická správa komunikací hlavního města Prahy, a.s., 2019. [Citace: 20. 6. 2019.] Dostupné z: <http://www.parkujvklidu.cz/koncepce-zon/>
- [19] Parkování pro rezidenty. *Parkuj v klidu*. [Online] Technická správa komunikací hlavního města Prahy, a.s., 2019. [Citace: 19. 6. 2019.] Dostupné z: <http://www.parkujvklidu.cz/parkovani-pro-rezidenty/>
- [20] Smíšené parkování. *Parkuj v klidu*. [Online] Technická správa komunikací hlavního města Prahy, a.s. , 2019. [Citace: 19. 6. 2019.] Dostupné z: <http://www.parkujvklidu.cz/smisene-parkovani/>
- [21] Parkování pro návštěvníky. *Parkuj v klidu*. [Online] Technická správa komunikací hlavního města Prahy, a.s., 2019. [Citace: 19. 6. 2019.] Dostupné z: <http://www.parkujvklidu.cz/parkovani-pro-navstevniky/>
- [22] Cenová pásma. *Parkuj v klidu*. [Online] Technická správa komunikací hlavního města Prahy, a.s. , 2016. [Citace: 19. 6. 2019.] http://www.parkujvklidu.cz/wp-content/uploads/2016/04/Cenova_pasma.pdf

- [23] Příloha č. 1 k usnesení Rady HMP č. 1709 - Ceník parkovacích oprávnění a karet v zónách placeného stání pro oblasti na území hl. m. Prahy vymezené územím celé městské části. *Parkuj v klidu*. [Online] Technická správa komunikací hlavního města Prahy, a.s., 18. 7. 2017. [Citace: 19. 6. 2019.] Dostupné z: http://www.parkujvklidu.cz/wp-content/uploads/2017/08/Cenik_parkovacich_opravneni-karet_parkovaci_oblast.pdf
- [24] P+R, B+R, K+R. *Pražská integrovaná doprava*. [Online] ROPID, 2019. [Citace: 2019. 6. 24.] Dostupné z: <https://pid.cz/prakticke-informace/pr-br-kr/>
- [25] Příbyl, Ondřej. Neintruzivní detektory. *Přednáška z předmětu 11MDS*. [Online] Ústav aplikované matematiky ČVUT v Praze, Fakulta dopravní, 14. 4. 2014. [Citace: 25. 6. 2019.] Dostupné z: <https://zolotarev.fd.cvut.cz/mzd/ctrl.php?act=show,file,23845>
- [26] Příbyl, Ondřej. Intruzivní detektory. *Přednáška z předmětu 11MDS*. [Online] Ústav aplikované matematiky ČVUT v Praze, Fakulta dopravní, 2016. [Citace: 1. 7. 2019.] Dostupné z: <https://zolotarev.fd.cvut.cz/mzd/ctrl.php?act=show,section,63>
- [27] Golemio dokumentace. *Golemio*. [Online] Oracle + Apiary, 2018. [Citace: 21. 7. 2019.] Dostupné z: <https://golemio.docs.apiary.io/#introduction/parkovani-p+r>
- [28] Mayer-Schönberger V., Cukier K., Goner J. *Big Data*. Brno : Computer Press, 2014. ISBN 978-80-251-4119-9
- [29] What is big data? *Oracle*. [Online] Oracle Corporation. [Citace: 24. 7. 2019.] Dostupné z: <https://www.oracle.com/big-data/guide/what-is-big-data.html>
- [30] SAP BrandVoice: How Big Data Keeps Planes In The Air. *Forbes*. [Online] Forbes Media LLC, 19. 2. 2015. [Citace: 24. 7. 2019.] Dostupné z: <https://www.forbes.com/sites/sap/2015/02/19/how-big-data-keeps-planes-in-the-air/#7397f87e38a7>.
- [31] mapy.cz. *mapy.cz*. [Online] Seznam.cz, 2019. [Citace: 7. 8. 2019.] Dostupné z: <https://mapy.cz>
- [32] Polák J. *Funkční posloupnosti a řady - Fourierovy řady*. Plzeň : Západočeská univerzita v Plzni, 2004. ISBN 80-7043-282-9
- [33] Praha otevřela tři záchytná parkoviště, řidičům nabídnou 530 míst. *idnes.cz*. [Online] Mafra, a.s., 12. 10. 2017. [Citace: 7.. 8. 2019.] Dostupné z: https://www.idnes.cz/praha/zpravy/praha-praha-5-praha-4-parkoviste-p-r-parkovani.A171012_164704_praha-zpravy_turc
- [34] Ceník produktů firmy GREEN center S.R.O., interní dokument

- [35] Zpráva k modelu CBA, Projekt: Podzemní parkoviště před nádražím ČD. [Online] 25. 9. 2017. [Citace: 18. 8. 2019.] Dostupné z:
<https://msiu.mssf.cz/Document.aspx?docID=VU1TUHJpbG9oeVByb2pla3Q7MzQ3MDA5OTc1O1ByaWxvaGFETVM7RmFsc2U=>
- [36] Studie řešení parkování v Ostravě.Porubě v rámci projektu PARKING CZ-PL.
poruba.ostrava.cz. [Online] 9. 2013. [Citace: 18.. 8 2019.] Dostupné z:
<https://poruba.ostrava.cz/cs/o-porube/cesko-polska-spoluprace/studie-k-projektu-parking-cz2013pl/studie-k-projektu-parking-cz2013pl/zaverecna-doporuceni>
- [37] Smékal P. Smysluplné parkování. *top-expo.cz*. [Online] [Citace: 18. 8. 2019.] Dostupné z: http://www.top-expo.cz/domain/top-expo/files/11.-cdf-2014/prednasky/smekal_petr.pdf
- [38] Marek P. a kolektiv. *Studijní průvodce financemi podniku*. Praha : Ekopress, s.r.o, 2009. ISBN 978-80-86929-49-1
- [39] Analýza nákladů a přínosů . *dotaceeu.cz*. [Online] 5. 2004. [Citace: 19. 8. 2019.] Dostupné z: http://dotaceeu.cz/getmedia/19a93671-3cbe-45d0-8708-8817848204bf/1083947206cba_1-4_19a93671-3cbe-45d0-8708-8817848204bf.pdf?ext=.pdf
- [40] Metodické pokyny pro provedení analýzy nákladů a přínosů. *ec.europa.eu*. [Online] 2007 [Citace: 19. 8. 2019.] Dostupné z: https://ec.europa.eu/regional_policy/sources/docoffic/cocof/2006/cocof_06_0008_00_cz.pdf

9 Seznam obrázků

Obrázek 1 – Lokace megaměst ve světě. Modře jsou označena současná megaměsta, růžovou barvou pak města, u nichž se předpokládá, že v roce 2030 budou megaměsty. [4]	9
Obrázek 2 – Schématické znázornění komplexnosti a propojení jednotlivých částí Smart Cities [7]	13
Obrázek 3 – Dopravní portál města Písek [10]	15
Obrázek 4 – Webová aplikace znázorňující aktuální obsazenost parkovacích míst. [12]	16
Obrázek 5 – Vyznačené parkovací zóny v Liberci včetně jejich tarifů [14]	17
Obrázek 6 – Mapa koncepce rozvoje ZPS v Praze, i s vyznačenými nejbližšími změnami. [18]	22
Obrázek 7 – Svislé dopravní značení pro modré zóny [19]	22
Obrázek 8 – Dodatková tabulka E13 sloužící k označení úseku [19]	23
Obrázek 9 – Svislé dopravní značení pro fialové zóny. [20]	23
Obrázek 10 – Svislé dopravní značení pro oranžové zóny, se znázorněním maximálního možného času parkování [21]	24
Obrázek 11 – Mapa cenových pásem ZPS v Praze. [22]	24
Obrázek 12 – Schématické znázornění fungování P+R parkovišť [24]	26
Obrázek 13 – Parkoviště typu K + R u stanice metra Dejvická. (foto autor, 2. 7. 2019)	27
Obrázek 14 – Stojany pro kola na nástupišti nádraží Praha – Klánovice (foto autor, 2. 7. 2019)	28
Obrázek 15 – Systém automatického zámku u boxu na B+R parkovišti v Praze – Klánovicích (foto autor, 2. 7. 2019)	29
Obrázek 16 – Pohled na B+R parkoviště u nádraží v Praze – Klánovicích (foto autor, 2. 7. 2019)	29
Obrázek 17 – Znázornění rušeného a nerušeného pole indukční cívky [26]	31
Obrázek 18 – Schéma fungování detektoru s indukční smyčkou [26]	32
Obrázek 19 – Zobrazení magnetických siločar ve vozovce, bez a s přítomností vozidla	33
Obrázek 20 – Příklad detekce jednotlivých zón v obraze získaném pomocí kamery [25]	34
Obrázek 21 – Vjezd na parkoviště P+R Zličín 1 (foto autor, 7.8. 2019)	35
Obrázek 22 – Světelné diody označující obsazenost míst v OC Chodov (foto autor, 22.7. 2019)	36
Obrázek 23 – Systém navigace na jednotlivá parkovací místa v OC Chodov (foto autor, 22.7. 2019)	37
Obrázek 24 – Mapa blízkého okolí P+R Zličín 1 [31]	41
Obrázek 25 – Parkovací plocha na P+R Zličín 1 a zázemí pro hlídače parkoviště (foto autor, 7. 8. 2019)	42
Obrázek 26 – Vývoj regresního koeficientu a pro hodnoty n zdroj: vlastní zpracování	47
Obrázek 27 – Závislost aktuálních dat na datech zpožděných o 10 minut zdroj: vlastní zpracování	48
Obrázek 28 – Závislost aktuálních dat na datech zpožděných o 30 minut zdroj: vlastní zpracování	48
Obrázek 29 – Závislost aktuálních dat na datech zpožděných o 60 minut zdroj: vlastní zpracování	49
Obrázek 30 – Závislost aktuálních dat na datech zpožděných o 800 minut zdroj: vlastní zpracování	49
Obrázek 31 – Graf pravděpodobnosti volného místa v prvním týdnu roku 2017, pro hodnotu n = 60. zdroj: vlastní zpracování	50
Obrázek 32 – Vyznačení parkoviště P+R Kotlářka v mapě [31]	52
Obrázek 33 – Současný stav vjezdu na parkoviště P+R Kotlářka (foto autor, 7.8. 2019)	53
Obrázek 34 – Doba návratnosti pro jednotlivé odhady varianty 1 zdroj: vlastní zpracování	61
Obrázek 35 – Doba návratnosti pro neutrální odhad varianty 2 zdroj: vlastní zpracování	65

10 Seznam tabulek

Tabulka 1 – Základní rozměry vozidel pro ČSN 73 6056 [15]	20
Tabulka 2 – Doporučené docházkové vzdálenosti dle účelu parkovacího stání [16]	20
Tabulka 3 – Základní ceny v jednotlivých cenových pásmech ZPS v Praze [23]	25
Tabulka 4 – Zvýhodněné ceny parkovného pro rezidenty v dané oblasti [23]	25
Tabulka 5 – Struktura dat v datové sadě zabývající se obsazeností P+R v Praze [27]	38
Tabulka 6 – Ukázka struktury datového souboru [27]	39
Tabulka 7 – Upravená datová struktura, připravená pro další zpracování zdroj:vlastní zpracování	43
Tabulka 8 – Výsledné hodnoty podílu jednotlivých částí modelu na vysvětlení rozptylu. Zdroj: vlastní zpracování	50
Tabulka 9 – Porovnání směrodatných odchylek různých druhů odhadů zdroj: vlastní zpracování	51
Tabulka 10 – Hodnoty sloužící pro odhad počtu vjezdů na P+R Kotlářka zdroj: vlastní zpracování	54
Tabulka 11 – Odhad počtu vjezdů na P+R Kotlářka zdroj: vlastní zpracování	54
Tabulka 12 – Odhad počtu vjezdů na P+R Kotlářka a příjmů za rok pro různé odhady varianty 1 zdroj:vlastní zpracování	55
Tabulka 13 – Odhad investičních nákladů pro variantu 1 [34]	56
Tabulka 14 – Odhad provozních nákladů pro variantu 1 [35] [36] [37]	56
Tabulka 15 – Cash flow pro pesimistický odhad varianty 1 zdroj: vlastní zpracování	57
Tabulka 16 – Cash flow pro neutrální odhad varianty 1 zdroj: vlastní zpracování	57
Tabulka 17 – Cash flow pro optimistický odhad varianty 1 zdroj: vlastní zpracování	58
Tabulka 18 – Shrnutí vypočteného celkové Cash flow jednotlivých odhadů pro variantu 1 zdroj: vlastní zpracování	58
Tabulka 19 – Cash flow v jednotlivých obdobích projektu pro variantu 1 zdroj: vlastní zpracování	58
Tabulka 20 – Současná hodnota peněz pro jednotlivá období varianty 1 zdroj: vlastní zpracování	59
Tabulka 21 – Hodnocení přijatelnosti jednotlivých variant projektu zdroj: vlastní zpracování	60
Tabulka 22 – Ceny denního poplatku za stání zajišťující přijatelnost projektu zdroj: vlastní zpracování	60
Tabulka 23 – Odhad příjmů pro variantu 2 v jednotlivých letech zdroj: vlastní zpracování	62
Tabulka 24 – Odhad investičních nákladů pro variantu 2 [34]	63
Tabulka 25 – Odhad provozních nákladů pro variantu 2 [35] [36] [37]	63
Tabulka 26 – Cash flow pro variantu 2 zdroj: vlastní zpracování	64
Tabulka 27 – Cash flow v jednotlivých obdobích projektu pro variantu 2 zdroj: vlastní zpracování	64
Tabulka 28 – Současná hodnota peněz pro jednotlivá období varianty 2 zdroj: vlastní zpracování	64
Tabulka 29 – Hodnocení přijatelnosti varianty 2 zdroj: vlastní zpracování	65

11 Seznam rovnic

5.1	Model predikované obsazenosti za n minut zdroj: vlastní zpracování	45
5.2	Výpočet sezonního vlivu pomocí Fourierovy řady [32]	46
5.3	Výpočet okamžitého výkyvu obsazenosti v čase n zdroj: vlastní zpracování	47
6.1	Současná hodnota peněz v daném období [38]	59
6.2	Současná hodnota všech hotovostních toků v období 1 – n [39]	59

12 Přílohy

Příloha 2 – Ukázka kódu predikčního modelu vytvořeného v programu Scilab 6.0.2

```
//predpoved dat pro rok 2017 na zaklade dat z roku 2016
//tydenni prubeh + fourier + okamzity vykyv
mode(0)
getd()
n=10
Perioda=365*24*60;
//nacteni tydenniho prubehuh
TP=csvRead("tydenni_prubeh.csv", "");

// nacteni tydenniho rozptylu
TR=csvRead("tydenni_rozptyl.csv", "");

//nacteni Fourierovych koeficientu
load("koef_fourier_pondeli.sod");
    koef_fourier_sin(:,1)=Cplotsin';
    koef_fourier_cos(:,1)=Cplotcos';
load("koef_fourier_utery.sod");
    koef_fourier_sin(:,2)=Cplotsin';
    koef_fourier_cos(:,2)=Cplotcos';
load("koef_fourier_streda.sod");
    koef_fourier_sin(:,3)=Cplotsin';
    koef_fourier_cos(:,3)=Cplotcos';
load("koef_fourier_ctvrtek.sod");
    koef_fourier_sin(:,4)=Cplotsin';
    koef_fourier_cos(:,4)=Cplotcos';
load("koef_fourier_patek.sod");
    koef_fourier_sin(:,5)=Cplotsin';
    koef_fourier_cos(:,5)=Cplotcos';
load("koef_fourier_sobota.sod");
    koef_fourier_sin(:,6)=Cplotsin';
    koef_fourier_cos(:,6)=Cplotcos';
load("koef_fourier_nedele.sod");
    koef_fourier_sin(:,7)=Cplotsin';
    koef_fourier_cos(:,7)=Cplotcos';

//nacteni koeficientu a
```

```

load("koeficient_a.sod");

//nacteni dat
data=csvRead("data_2017.csv","");

//vytvoreni minuty roku
T=data(:,3)+(data(:,1)-1)*24*60;

//naceteni dat
Y=data(:,4);
MD=data(:,3);
den=data(:,2);
denR=data(:,1);

//vybrani hodnot mezi nimiž je n minut bez chyb v datech
TH=T(n+1:$,1);
TD=T(1:$-n,1);
DT=TH-TD;
YH=Y(n+1:$,1);
YD=Y(1:$-n,1);

//alokace proměnných
OV=T*0;
SV=T*0;
YP=T*0;

//sezonní vliv

for m=1:2

SV=SV+koef_fourier_sin(m,den)'.*sin(m*T*2*pi/Perioda)+koef_fourier_cos(m,d
en)'.*cos(m*T*2*pi/Perioda);
end;
SV=SV(n+1:$,1);
//tydenni prubeh
Tydenni_prubeh=MD*0;
for k=1:length(MD)
    Tydenni_prubeh(k,1)=TP(MD(k,1),den(k,1));
End
.
.

```

Příloha 1

Průběh průměrné obsazenosti P+R Zličín 1 v jednotlivých dnech za rok 2016

Hodnota průměrné obsazenosti [počet vozidel]

85
80
75
70
65
60
55
50
45
40
35
30
25
20
15
10
5
0

0:00 1:00 2:00 3:00 4:00 5:00 6:00 7:00 8:00 9:00 10:00 11:00 12:00 13:00 14:00 15:00 16:00 17:00 18:00 19:00 20:00 21:00 22:00 23:00

čas [hh:mm]

—pondělí —úterý —středa —čtvrtek —pátek —sobota —neděle

