

**Česká zemědělská univerzita v Praze**

**Provozně ekonomická fakulta**

**Katedra systémového inženýrství**



**Diplomová práce**

**Návrh obslužného systému zámku Zákupy s využitím  
kvantitativních metod**

**Bc. Zuzana Hánová**

**© 2020 ČZU v Praze**

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Bc. Zuzana Hánová

Ekonomika a management  
Provoz a ekonomika

Název práce

**Návrh obslužného systému zámku Zákupy s využitím kvantitativních metod**

Název anglicky

**Design of the Zákupy castle service system using quantitative methods**

---

### Cíle práce

Hlavním cílem diplomové práce je s využitím kvantitativních metod navrhnout nový systém obsluhy návštěvníků státního zámku Zákupy se zaměřením na uspokojení požadavků návštěvníků zámku. V praktické části práce bude s využitím simulace navržen efektivní obslužný systém státního zámku Zákupy, který bude porovnán se současným stavem.

### Metodika

Diplomová práce je tvořena částí teoretickou a částí praktickou.

V teoretické části práce bude na základě studia odborné literatury sepsán přehled možných přístupů k řešení daného problému. Bude provedena komparace uvedených přístupů a objasněn výběr konkrétní metody.

Obsahem praktické části práce je tvorba simulačního programu napsaného v programovacím jazyce Python 3 na míru potřebám řešeného problému návrhu nového systému. Následně bude provedena simulace ve dvou variantách. V první variantě budou využita data z pokladního systému zámku za konkrétní období. Ve druhé variantě simulace budou údaje o příchozech zákazníků vypočteny dle zvolené funkce. V závěru celé práce bude také provedena ekonomická analýza zaměřující se na provoz státního zámku Zákupy.

## Doporučený rozsah práce

60-70

## Klíčová slova

simulace, zámek, Zákupy, obslužný systém, zákazníci, Python

---

## Doporučené zdroje informací

DLOUHÝ, M. *Simulace podnikových procesů*. Brno: Computer Press, 2007. ISBN 978-80-251-1649-4.

LADISLAV, Kesner. *Marketing a management muzeí a památek*. Grada Publishing as, 2005.

PILGRIM, M. *Ponořme se do Python(u) 3 = Dive into Python 3*. Praha: CZ.NIC, 2010. ISBN 978-80-904248-2-1.

Státní zámek Zákupy [online]. Zákupy: Národní památkový ústav, 2019. Dostupné také z: [www.zamek-zakupy.cz](http://www.zamek-zakupy.cz)

---

## Předběžný termín obhajoby

2019/20 LS – PEF

## Vedoucí práce

Ing. Robert Hlavatý, Ph.D.

## Garantující pracoviště

Katedra systémového inženýrství

---

Elektronicky schváleno dne 26. 1. 2020

**doc. Ing. Tomáš Šubrt, Ph.D.**

Vedoucí katedry

---

Elektronicky schváleno dne 13. 2. 2020

**Ing. Martin Pelikán, Ph.D.**

Děkan

V Praze dne 29. 03. 2020

## **Čestné prohlášení**

Prohlašuji, že svou diplomovou práci "Návrh obslužného systému zámku Zákupy s využitím kvantitativních metod" jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu použitých zdrojů na konci práce. Jako autorka uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušila autorská práva třetích osob.

V Praze dne 30. 3. 2020

---

## **Poděkování**

Ráda bych touto cestou poděkovala Ing. Robertu Hlavatému, Ph.D. za jeho cenné rady a připomínky vedoucí práci správným směrem a taktéž za jeho velmi milý a ochotný přístup. Dále bych chtěla poděkovat Mgr. Petru Weissovi, kastelánovi zámku Zákupy, za velmi milý přístup, a především za poskytnutí všech potřebných dat a informací týkajících se provozu zákupského zámku. Taktéž děkuji Bc. Ondřeji Pletichovi za propůjčení svých programátorských dovedností pro tvorbu simulačního algoritmu, nezbytného pro tuto práci. V neposlední řadě pak děkuji také své rodině, která mi byla po celý čas tvorby práce oporou.

# Návrh obslužného systému zámku Zákupy s využitím kvantitativních metod

## Abstrakt

Předmětem diplomové práce je tvorba návrhu nového obslužného systému státního zámku v Zákupích. Jde o problém, v němž je kladen důraz na dosažení maximální spokojenosti návštěvníků za současného udržení ekonomické efektivity provozu.

V úvodu se práce zaměřuje na problematiku rozhodování, které provoz zámku provází stejně tak, jako provoz jiných podniků. Při řešení rozhodovacích problémů mohou být použity také metody operačního výzkumu. Proto je následně teorie operačního výzkumu rozpracována a jsou objasněny oblasti, v nichž může být teorie využita. Dále jsou podrobně vysvětleny teorie systémů hromadné obsluhy a teorie simulace, jejichž pochopení je nezbytné pro zpracování vlastní práce. Následně práce stručně popisuje zásady programovacího jazyka Python 3 a základní informace o provozu památkově chráněných objektů.

Vlastní část práce nejprve objasňuje provoz zákupského zámku, kde jsou také popsány problémy současného provozu zámku. Poté je dle získaných znalostí vytvořen návrh nového provozu zámku, který je následně s využitím programovacího jazyka Python 3 přepracován do podoby simulačního algoritmu. Dále je již prováděna samotná simulace provozu, a to ve dvou variantách. V první verzi simulace jsou využívána reálná data z provozu, avšak ta jsou zkreslená. Proto je simulace prováděna opakovaně a pro potřeby této druhé verze jsou generována data nová dle pravděpodobností. Následně jsou výsledky simulace zhodnoceny a v závěru práce je provedena analýza mzdových nákladů, na jejímž základě jsou dána závěrečná doporučení.

**Klíčová slova:** operační výzkum, systémy hromadné obsluhy, simulace, Python 3, zámek, Zákupy, zákazníci, obslužný systém, provoz, fronty, simulační program

# Design of the Zákupy castle service system using quantitative methods

## Abstract

The subject of the thesis is the design of the new service system of the state chateau Zákupy. This is a problem in which the emphasis is placed on achieving maximum visitor satisfaction while maintaining the economic efficiency of the operation.

In the introduction, the work focuses on the issue of deciding which goes with the operation of the chateau as much as the operation of other businesses. Operational research methods may also be used to solve decision-making problems. Consequently, operational research theory is described and the areas in which the theory can be used are clarified. Further, queueing systems and the theories of simulation are explained in detail, the understanding of which is necessary to process your own work. Subsequently, the work briefly describes the principles of the Python 3 programming language and basic information about the operation of the heritage-listed objects.

The practical part of the work first explains the operation at the chateau, where the problems of the current operation of the chateau are also described. The design of the new operation of the chateau is then created according to the knowledge gained, which is then transformed into a simulation algorithm using the programming language Python 3. Furthermore, the simulation of the operation itself is carried out, in two variants. The first version of the simulation uses real data gathered from operations, but those are partly imprecise. Therefore, the simulation is performed repeatedly and new random data is generated for the needs of this second version. Subsequently, the results of the simulation are assessed and a labour cost analysis is carried out at the conclusion of the work, on the basis of which the final recommendations are made.

**Keywords:** operational research, queueing systems, simulation, Python 3, chateau, Zákupy customers, service system, operation, queues, simulation program

## Obsah

1	Úvod .....	1
2	Cíl práce a metodika .....	2
2.1	Cíl práce .....	2
2.2	Metodika .....	2
3	Teoretická východiska.....	4
3.1	Manažerské rozhodování .....	4
3.2	Operační výzkum .....	4
3.2.1	Systemy hromadné obsluhy.....	6
3.2.2	Simulace .....	15
3.3	Python 3 .....	24
3.3.1	Porovnání Pythonu s jinými programovacími jazyky .....	24
3.3.2	Proměnné.....	25
3.3.3	Datové typy .....	25
3.3.4	Podmínky.....	27
3.3.5	Cykly .....	27
3.3.6	Funkce .....	27
3.3.7	Třídy .....	28
3.3.8	Balíčky (knihovny).....	28
3.4	Marketing a management památkově chráněných objektů.....	28
3.4.1	Kulturní kapitál.....	28
3.4.2	Kulturní turismus.....	29
3.4.3	Trávení volného času.....	29
3.4.4	Návštěvníci.....	30
3.4.5	Management kulturních objektů.....	31
4	Vlastní práce .....	32
4.1	Státní zámek Zákupy .....	32



4.2	Služby zámku Zákupy.....	32
4.3	Provoz zámku Zákupy.....	35
4.3.1	Zaměstnanci.....	35
4.3.2	Rozvrh prohlídek.....	36
4.3.3	Pracovní náplň průvodce.....	38
4.4	Návštěvníci zámku.....	39
4.4.1	Základní typy návštěvníků zámku a jejich chování.....	39
4.5	Současné problémy provozu.....	41
4.6	Návrh optimalizace provozu.....	43
4.7	Program pro simulaci provozu.....	43
4.7.1	Zařazení návštěvníka do fronty.....	47
4.7.2	Kontrola dostupnosti průvodců.....	47
4.7.3	Výpočet skóre front.....	47
4.7.4	Vypravení prohlídky.....	51
4.8	Simulace provozu.....	51
4.8.1	Simulace 1 – reálná data.....	51
4.8.2	Simulace 2 – data dle pravděpodobností.....	57
4.8.3	Shrnutí výsledků simulace provozu.....	60
4.9	Analýza mzdových nákladů.....	62
5	Závěr.....	66
6	Seznam použitých zdrojů.....	68
7	Přílohy.....	70
7.1	Příloha 1 – Data z pokladního systému zámku (vzorový den z července 2019).....	70
7.2	Příloha 2 – Simulační program.....	79
7.3	Příloha 3 – Výsledky simulace 1 (se zájezdy).....	88
7.4	Příloha 4 - Výsledky simulace 1 (bez zájezdů).....	89

7.5	Příloha 5 - Generovaná data dle pravděpodobností pro simulaci 2 .....	90
7.6	Příloha 6 - Porovnání výsledků simulace dle počtu průvodců .....	92

## Seznam tabulek

Tabulka 1 - Přehled prohlídkových okruhů .....	33
Tabulka 2 - Rozvrh pro průvodce (mimo letní prázdniny) .....	37
Tabulka 3 - Rozvrh pro průvodce (letní prázdniny) .....	38
Tabulka 4 - Globální minimum funkce.....	50
Tabulka 5 - Průměrné výsledné hodnoty ukazatelů simulace 1 .....	54
Tabulka 6 - Průměrné výsledné hodnoty ukazatelů simulace 1 po úpravě dat .....	56
Tabulka 7 - Pravděpodobnost zakoupení vstupenky na prohlídkový okruh.....	59
Tabulka 8 - Výsledky simulace 2.....	60
Tabulka 9 - Výsledné hodnoty provedených simulací provozu.....	61

## Seznam grafů

Graf 1 – Průměrná doba čekání návštěvníka .....	49
Graf 2 - Stanovení délky intervalu kontroly .....	52
Graf 3 – Procento neobsloužených návštěvníků .....	54
Graf 4 - Procento neobsloužených návštěvníků po úpravě dat.....	56
Graf 5 - Pravděpodobnost příchodu návštěvníka v časovém intervalu.....	58
Graf 6 - Porovnání výsledků simulace dle počtu průvodců .....	64
Graf 7 - Porovnání výdajů na průvodce vůči tržbám .....	65

## Seznam obrázků

Obrázek 1 - Diagram aktivit simulačního programu .....	46
--	----

# 1 Úvod

Velký význam v životě každého z nás má trávení volného času, proto vznikají různé organizace poskytující volnočasové aktivity. Spektrum takových organizací je velmi široké, protože každý jedinec má představy o trávení svého volného času zcela odlišné. S jistotou ale můžeme říci, že se mezi volnočasové aktivity řadí také kultura v různém pojetí, ať už se jedná o návštěvu divadla, muzea, či zámku.

Cílem provozování jakéhokoliv podniku zaměřujícího se na volnočasové aktivity svých zákazníků, jakým je mimo jiné zámek, je obdobně jako u jiných podniků zisk. Mnohem důležitějším cílem je však dosažení maximální spokojenosti návštěvníků zámku. Návštěvníci na zámek přicházejí s různými požadavky. Pro některé je cílem pouze strávit zde část svého volného času, avšak nemají žádná konkrétní očekávání, případně sem přicházejí za zábavou pro své děti. Jinou skupinou jsou pak návštěvníci, kteří na zámek přišli, aby si mohli prohlédnout jeho architekturu, interiéry a dozvěděli se něco z historie. Je zřejmé, že není možné se zavděčit vždy všem, avšak je nezbytné vyjít vstříc většině. Řešením tohoto problému je široká nabídka prohlídkových okruhů, mezi nimiž si mohou návštěvníci vybírat dle svých preferencí.

Široká nabídka prohlídkových okruhů s sebou přináší další problém, jímž je rozvržení prohlídkových tras v průběhu celého dne. Při řešení tohoto problému musí správce zámku hledět hned na několik faktorů souběžně. Aby bylo dosaženo co nejvyšší spokojenosti návštěvníků, rozvržení druhů prohlídkových tras musí být v průběhu dne rovnoměrné a souběžně s tím musejí být trasy, které jsou návštěvníky více preferovány, zařazovány do rozvrhu častěji. Na druhou stranu je ale správce zámku nucen pracovat s omezeným počtem průvodců. Zpravidla tento problém správci zámků řeší na základě svých předchozích zkušeností z praxe, avšak pomoci by při rozhodování mohla také metoda simulace.

V neposlední řadě je třeba při maximalizaci spokojenosti zákazníků hledět na jejich trpělivost a ochotu na službu čekat. Někteří návštěvníci jsou ochotni si na svou službu počkat delší dobu, jiní však vyžadují téměř okamžitou obsluhu. Je proto úkolem rozhodovatele nastavit fungování celého systému tak, aby zákazníci neodcházeli nespokojeni, či dokonce bez obsloužení.

## **2 Cíl práce a metodika**

### **2.1 Cíl práce**

Hlavním cílem diplomové práce je vytvořit návrh systému obsluhy zákazníků v rámci provozu státního zámku Zákupy, čehož je dosahováno prostřednictvím cílů dílčích. V první řadě je nezbytné nastudovat, jakým způsobem probíhají klíčové procesy provozu zákupského zámku, aby bylo dále možné navrhnout nové fungování systému. Pro potřeby další práce je nutné vytvořit v programovacím jazyce simulační program, jehož prostřednictvím je dále simulována obsluha návštěvníků zámku. Na závěr je zapotřebí provést analýzu a zhodnocení získaných výsledků a předložit doporučení.

### **2.2 Metodika**

Diplomová práce je tvořena dvěma částmi. První z nich je částí teoretickou, v níž je objasňována problematika, jež je následně aplikována v části praktické. Veškeré uvedené znalosti, potřebné pro vypracování práce, byly získány studiem odborné literatury, převážně monografií. Nejprve je zde vysvětlena teorie operačního výzkumu a jeho možnosti využití v praxi. Dále jsou podrobně rozpracovány teorie systémů hromadné obsluhy a teorie simulace, jejichž znalost je nezbytná k chápání problematiky vlastní práce. Následně jsou zde nastíněny základy programovacího jazyka Python 3, jímž je napsán algoritmus simulačního programu, a také základní poznatky týkající se správy památkově chráněných objektů.

Druhou polovinu diplomové práce tvoří část praktická, vlastní práce, která se zakládá na poznatech nabytých při studiu odborné literatury v první části práce. Nejprve je zde podrobně popsán současný provoz zámku, služby, které zákupský zámek svým návštěvníkům nabízí, a také zde jsou objasněny problémy spjaté se současným provozem zámku. Na základě získaných poznatků je sestaven návrh nové obsluhy návštěvníků zámku. Jsou stanoveny ukazatele, dle nichž bude posuzována výkonnost stávajícího provozu a provozu dle nového návrhu.

Dalším krokem je tvorba simulačního programu, ten je dle návrhu naprogramován v jazyce Python 3. Podstatou algoritmu simulace jsou čtyři kroky, které program opakovaně provádí. Nejprve je návštěvník programem zařazen do fronty na konkrétní prohlídkový okruh, dále je provedena kontrola dostupnosti průvodců, následuje výpočet skóre front a posledním krokem je vypravení prohlídky.

Dále je v práci prováděna simulace provozu zámku, při níž je aplikován vytvořený simulační algoritmus. Simulace je provedena ve dvou variantách. První verze simulace je prováděna s využitím reálných dat o příchodech zákazníků do pokladny zámku a jejich zakoupených vstupenkách z července 2019. Nejprve je třeba stanovit délku intervalu kontroly, zda není čas vypravení prohlídky, a po nastavení parametru je již provedena simulace a jsou sledovány výsledné hodnoty již dříve stanovených ukazatelů. Základem druhé verze simulace jsou nově generovaná data o příchodech návštěvníků na základě pravděpodobností vyplývajících ze skutečných dat z pokladního systému. Poté je opět spuštěna simulace a jsou zhodnoceny získané výsledné hodnoty ukazatelů.

V závěru práce je provedena analýza mzdových nákladů, při níž jsou proti sobě stavěny výsledky simulace provozu za daného počtu průvodců a mzdové náklady na tento počet průvodců.

Všechny výpočty a grafy, uváděné v této práci, jsou vypočteny a sestrojeny s využitím nástrojů programu MS Excel.

### **3 Teoretická východiska**

Teoretická část diplomové práce se zaměřuje na objasnění problematiky, která je následně aplikována ve vlastní práci. Čtenář má v této části práce možnost porozumět základům teorie systémů hromadné obsluhy a simulace, dále jsou zde popsány základy programovacího jazyka Python 3 a v závěru také stručná problematika provozu památkově chráněných objektů.

#### **3.1 Manažerské rozhodování**

Dle Fotra (2010) je rozhodování nepochybně jednou z nejdůležitějších činností, kterou manažeři při své práci provádějí. Můžeme jej dokonce označit za podstatu samotného řízení a slovo rozhodování také někdy bývá slovu řízení synonymem. Rozhodování je uplatňováno při jakýchkoliv činnostech manažera, přičemž nejčastěji je užíváno při plánování, protože podstatou plánovacích procesů jsou právě rozhodovací procesy. Význam rozhodování spočívá především v tom, že kvalita a výsledky procesů, při nichž je rozhodováno, mají zásadní vliv na fungování a budoucnost podniku. Významnost rozhodnutí se však také odvíjí od rozsahu zdrojů, především finančních prostředků, o kterých je rozhodováno. Nekvalitní rozhodování může vést až k podnikatelskému neúspěchu.

Rozhodovací proces spočívá ve volbě mezi alespoň dvěma možnostmi, variantami rozhodnutí, a manažeři při svém rozhodování kombinují vědecké přístupy s uměním rozhodovat, kde využívají především své intuice. Podle Fábryho (2011) je rozhodovací proces posloupností šesti kroků, a to definice problému, tvorba ekonomického modelu, sestavení matematického modelu, řešení úlohy, interpretace výsledků a verifikace modelu a na závěr implementace.

#### **3.2 Operační výzkum**

Operační výzkum můžeme v anglické literatuře nalézt pod pojmy operational research, operations research či management science. Jak uvádí Jablonský (2002), jedná se o vědní disciplínu, či s píše skupinu jednotlivých vědních disciplín, zabývajících se rozborem různých typů rozhodovacích problémů. Podle Jablonského (2002) však význam operačního výzkumu lze vyjádřit lépe, mluvíme-li o výzkumu operací. Upravený termín lépe vystihuje podstatu operačního výzkumu, ale také oblasti, v nichž bývá využíván. Metody

operačního výzkumu jsou aplikovány vždy, když se jedná o analýzu a koordinaci provádění operací v rámci jistého systému.

Za cíl si operační výzkum klade nastavit takovou úroveň prováděných operací nebo vztahy mezi nimi tak, aby bylo dosaženo co nejefektivnějšího fungování systému jako celku. Aby bylo možné posoudit, zda systém po provedených změnách pracuje lépe nebo hůře, je nutné si stanovit alespoň jedno kritérium, dle něž bude možné stavy systému porovnávat. Provádění operací v systému je závislé na zdrojích čerpaných při těchto operacích. Omezují je jiné prováděné operace, vnější činitele mající vliv na fungování systému a další. Proto můžeme říci, že operační výzkum je nástrojem k vyhledání optimálních řešení daného problému za současného respektování různých omezení ovlivňujících fungování systému.

S využitím metod operačního výzkumu je možné řešit různorodé problémy, uplatnit je můžeme v rozmanitých oblastech. Z toho důvodu se operační výzkum v průběhu času rozštěpil na samostatná odvětví a disciplíny, jež jsou uvedeny a popsány níže.

1. Matematické programování je odvětvím, které se zabývá optimalizací úloh. Jde o nalezení extrému kritéria, jež je definováno kritériální funkcí o  $n$  proměnných, za respektování soustavy omezujících podmínek. Pakliže je kritériální funkce i všechny ostatní rovnice v modelu lineární, jedná se o úlohu lineárního programování, v opačném případě pak jde o úlohu nelineárního programování.
2. Metody vícekritériálního rozhodování se zabývají rozhodovacími problémy, v nichž jsou varianty rozhodnutí posuzovány podle několika hodnotících kritérií zároveň. Kritéria často nejsou ve vzájemném souladu.
3. Další metodou operačního výzkumu je teorie grafů, přičemž grafem rozumíme objekty tvořené uzly a hranami, které je spojují. Jednou z nejtypičtějších úloh této disciplíny je například nalezení nejkratší cesty v grafu, avšak nejčastěji jsou grafy využívány pro potřeby analýzy a řízení projektů.
4. Modely řízení zásob jsou orientovány na řízení zásobovacího procesu a jeho optimalizaci. Především se zaměřují na minimalizaci nákladů a případných ztrát.
5. Teorie hromadné obsluhy či teorie front. Tyto modely slouží pro práci se systémy, kde se střetávají požadavky, které do systému vstupují a vyžadují

obsahu, a obslužné linky, které obsluhu provádějí. Cílem je zpravidla zefektivnění chodu celého systému.

6. Modely obnovy se zabývají systémy, v nichž existují takové jednotky, které po jisté době provozu selžou a je nezbytné je opravit. Za cíl si tyto modely pokládají predikovat, kdy a jaký počet jednotek bude nutné nahradit.
7. Markovovy a rozhodovací procesy slouží jako obecný nástroj popisu chování dynamických systémů s cílem predikovat budoucí chování daného systému.
8. Teorie her se zaměřuje na rozhodovací situace, v nichž se nerozhoduje jen jeden rozhodovatel. Každý hráč má při hře svou strategii chování a od ní se také odvíjí jeho výhra.
9. Poslední metodou operačního výzkumu je metoda simulace, která často bývá jediným použitelným nástrojem k řešení složitých problémů. Nejde přímo o samostatnou disciplínu, ale spíše o nástroj analýzy uplatnitelný pro různé typy modelů. Její podstata je v experimentování se sestaveným matematickým modelem daného systému na počítači.

Jak Jablonský (2002) přiznává, není výše uvedený výčet disciplín operačního výzkumu vyčerpávající, avšak zahrnuje nejtýpější a nejčastěji užívané metody.

### **3.2.1 Systémy hromadné obsluhy**

Šubrt (2011) ve své publikaci uvádí, že se teorie hromadné obsluhy zabývá výzkumem takových systémů, ve kterých se opětovně objevují požadavky na vykonání vždy stejných operací. Charakter prvků takového systému je zákazník – obsluha. Hušek a Maňas (1989) dodávají, že se často jedná o modely stochastické povahy, které jsou také nazývány modely front.

Se systémy hromadné obsluhy se v reálném životě setkáváme velice často. Jedná se o takové systémy, do nichž vstupují požadavky za účelem obsloužení, procházejí postupně systémem a následně jej opouštějí (Fábry, 2011). V systémech hromadné obsluhy se vyskytují především dva druhy prvků. Jedná se o požadavky (zákazníků), které vstupují do systému, aby byly obslouženy, a vytvářejí dle Šubrt (2011) vstupní potok, a obslužná zařízení (obslužné linky, též označovány jako kanály), které obsluhu zprostředkovávají. Požadavky jsou po vstupu do systému buď ochotny čekat potřebnou dobu, než budou obslouženy, nebo systém opustí bez obsluhy a podnik tak ztrácí zákazníka.



Jako typické příklady systémů hromadné obsluhy uvádějí Hušek a Mañas (1989) např. průchod pacientů zdravotnickými zařízeními, či studentů různými stupni a typy škol, popřípadě obsluhu zákazníků v obchodě.

Obslužný systém pracuje nerovnoměrně. To je způsobeno jednak tím, že požadavky do systému vstupují nepravidelně, a jednak tím, že kapacita obslužných zařízení zpravidla bývá omezená a trvání doby obsluhy je velmi variabilní. Zároveň předpokládáme, že v jeden okamžik je možno obsluhovat pouze jeden požadavek, zatímco ostatní požadavky musejí na obsluhu čekat. Uvedené důvody jsou podle Lukáše (2009) možnými příčinami vzniku front v systémech, odtud také užívané označení modely front.

Lukáš (2009) jako cíl řešení matematických modelů systémů hromadné obsluhy uvádí nalezení základních charakteristik. Dle Jablonského (2002) je cílem zkoumání systémů hromadné obsluhy provádět analýzu těchto systémů se zaměřením na efektivitu fungování systému jako celku, tj. aby se před obslužnými zařízeními netvořily příliš velké fronty čekajících a zároveň aby obslužné linky nebyly nevytížené. Hušek a Mañas (1989) dodávají, že řízením nebo optimalizací provozu je možno dosáhnout podstatného snížení možnosti vzniku front, či snížit případné ztráty způsobené čekáním. V některých případech je podle Jablonského (2002) také možné nákladově ohodnotit provoz obslužných linek i čekání požadavků na obsluhu, což následně umožňuje celý systém optimalizovat ve vztahu k celkovým nákladům souvisejících s provozem.

Pro potřeby analýzy, jak píše Šubrt (2011), je nezbytné popsat nepravidelnosti vyskytující se v provozu podniku, k čemuž jsou využívány pravděpodobnostní charakteristiky. Konkrétně jde o teorii pravděpodobnosti, matematickou statistiku a teorii náhodných procesů a toků. Dále je před analýzou potřebné popsat uspořádání systému a jeho součásti.

### **3.2.1.1 Základní prvky a charakteristiky systému hromadné obsluhy**

Hušek a Mañas (1989) uvádějí, že chceme-li sestavit matematický model systému hromadné obsluhy sloužící k jeho popisu, musíme vycházet z rozboru jeho chování. Nejprve je třeba zaměřit se na oboustranné vazby mezi základními prvky systému. Tedy je potřeba popsat vstupní proud požadavků, způsob, jakým jsou požadavky obsluhovány, uspořádání front a pořadí, v jakém přistupují požadavky k obsluze, a charakterizovat doby trvání obsluhy samotné. Uvádění autoři se shodují, že mezi základní prvky systému hromadné

obsluhy jsou řazeny: zákazník, zdroj požadavků, příchod požadavků do systému, kanál obsluhy, síť obslužných linek, režim fronty a výstup z obsluhy.

### **Zákazník**

Požadavek vstupující do systému nazývá Šubrt (2011) zákazníkem, tato jednotka představuje pasivní prvek systému. Velmi významnou vlastností zákazníků je pro nás jejich chování ve frontě a také jejich trpělivost při čekání na obsluhu. Ochota jednotky čekat je vyjádřena mírou netrpělivosti. Dle ní jsou jednotky členěny na trpělivé a netrpělivé, které mohou mít i nulovou délku trpělivost. Pakliže by jednotka měla čekat ve frontě déle, než je její míra trpělivosti, rozhodne se opustit systém, aniž by byla obsloužena.

### **Zdroj požadavků**

Jako zdroj požadavků je označována skupina lidí, či jiných nositelů požadavků, v níž se nachází potenciální zákazník, který chce být obsloužen. Zdroj požadavků může být pouze jeden, ale stejně tak jich může být i více a ty se dělí na konečné a nekonečné. Jablonský (2002) jako příklad zdroje požadavků uvádí ordinaci u lékaře, banku, benzínovou pumpu, nebo obsluhu v samoobsluze, kde je zdroj požadavků sice konečný (registrovaní pacienti u lékaře, počet klientů banky, auta jezdící k pumpě, počet obyvatel bydlících v blízkosti samoobsluhy), avšak jedná se o stovky či tisíce takových požadavků. Proto můžeme říci, že se jedná o nekonečný zdroj požadavků. To znamená, že počet zákazníků čekajících ve frontě, či již obsluhovaných, nemá vliv na počet potenciálních zákazníků podniku (Šubrt, 2011). Pro příklad konečného zdroje požadavků pak Jablonský (2002) uvádí stroje ve výrobní hale, které je nezbytné udržovat a opravovat.

### **Příchod požadavků do systému**

Proces vstupu jednotek do systému, jak píše Šubrt (2011), je označován jako vstupní tok a pro systém je jeho popis velmi důležitou charakteristikou. Podle Jablonského (2002) můžeme k popisu použít buď intenzitu příchodů, tedy počet požadavků, které do systému vstoupí za určitý čas, nebo interval mezi příchody, který udává čas mezi dvěma příchody následujícími po sobě. Veličiny spolu vzájemně souvisí, přijde-li například do systému

v průměru 10 požadavků za hodinu, průměrný interval mezi příchody je 1/10 hodiny, tedy 6 minut.

Obě uvedené veličiny mohou být dvojího typu. Jsou-li intervaly mezi příchody konstantní, mají veličiny deterministický charakter a mluvíme o regulárním vstupním potoku požadavků. Jako typický příklad deterministické povahy vstupů Jablonský (2002) uvádí automatickou výrobní linku, kde skutečně můžeme fixní intervaly zabezpečit. V ostatních případech má chování stochastický charakter a je vyjadřováno pomocí pravděpodobností, intervaly mezi příchody požadavků jsou tedy proměnlivé. Pro jejich popis jsou využívána pravděpodobnostní rozdělení, jehož volba závisí na statistické analýze empirických údajů. Nejčastěji se jedná o rozdělení exponenciální a vstupní potok je pojmenován dle typu rozdělení pravděpodobností, např. Poissonovský.

### **Kanál obsluhy**

Kanál obsluhy je podle Šubrt (2011) místem, kde probíhá obsluha samotná. Jedná se o aktivní prvek systému obsluhující zákazníky. Kanály obsluhy společně s rychlostí obsluhy a popřípadě poruchami v činnosti kanálů slouží k popisu systémů hromadné obsluhy. Průměrný počet jednotek, které jsou kanálem obslouženy za jistou časovou jednotku, je označován jako intenzita obsluhy. Doba obsluhy je pak doba, za kterou je kanálem obsloužen jeden zákazník. Ta může být deterministická, či náhodná.

### **Sít' obslužných linek**

Fungování celého systému je ovlivněno počtem a uspořádáním obslužných linek. Systém tvořen pouze jedním kanálem obsluhy je případem nejjednodušším. Složitější systémy se skládají z více kanálů obsluhy různě uspořádaných, specializovaných a s různou rychlostí obsluhy. Existuje také adaptibilní systém obsluhy, jenž je zvláštním případem režimu obsluhy. Počet míst obsluhy v takovém systému není pevný, ale může se měnit např. podle počtu čekajících požadavků ve frontě (Hušek a Mañas, 1989).

Jablonský (2002) píše, že jedním z možných cílů použití modelů front bývá optimalizace počtu obslužných linek v systému. Při optimalizaci se snažíme nalézt kompromis mezi vytižeností obslužných linek a délkou fronty, či dobou čekání požadavků ve frontě. Jak dodává Šubrt (2011), kanály obsluhy se dále člení na homogenní a nehomogenní. Pokud jsou obslužné linky homogenní, zákazník může být obsloužen kteroukoliv z nich. Je-li v systému více kanálů obsluhy, je na místě zabývat se jejich

uspořádáním, které může být paralelní, nebo sériové. V případě sériového uspořádání jsou obslužné linky řazeny za sebou a zákazník jimi musí postupně projít. Oproti tomu v paralelním uspořádání se vedle sebe nachází několik homogenních kanálů obsluhy, proto je lhostejné, jaký kanál si zákazník vybere. Příkladem paralelního uspořádání podle Jablonského (2002) mohou být stojany u benzínové pumpy nebo telefonní linky v centrále. U paralelního uspořádání kanálů obsluhy záleží na tom, jestli je tvořena fronta před každým obslužným místem, nebo existuje pouze jedna fronta, z níž požadavek přistupuje k libovolnému právě uvolněnému obslužnému místu. Na základě toho uvažujeme systémy s jednou frontou a systémy s více frontami. Ve skutečných systémech hromadné obsluhy vyskytujících se v reálném světě se mohou vyskytovat jak paralelní, tak sériově uspořádané kanály obsluhy.

### **Režim fronty**

Způsob, jímž zákazníci vstupují do systému hromadné obsluhy a jímž se zařazují do front, označují Hušek a Mañas (1989) režimem fronty. Dle něj jsou čekající požadavky obsluhovány, a proto je významným faktorem ovlivňujícím efektivnost celého systému. Jednotky vstupující do systému jsou obsluhovány podle jejich priority, která určuje pravidla obsluhy jednotek, tedy pravidla určující, jaká jednotka bude právě obsloužena (Šubrt, 2011). Jablonský (2002) jako základní typy řádu fronty uvádí následující.

1. FIFO (first in, first out) je situací, kdy se zákazníci z fronty k obsluze přesouvají v takovém pořadí, v jakém se zařadili do fronty. Někdy bývá označován také jako FCFS (first come, first served). V systémech hromadné obsluhy se s tímto případem setkáme nejčastěji.
2. LIFO (last in, first out) je případem opačným, požadavky jsou obsluhovány v opačném pořadí, než jak se zařadily do fronty. Nalézt tento způsob můžeme také pod označením LCFS (last come, first served).
3. SIRO (selection in random order), popřípadě RANDOM je způsobem, kdy jsou požadavky z fronty k obsluze vybírány náhodně.
4. Posledním způsobem je PRI, kdy požadavek z fronty do obsluhy přechází dle definovaných priorit.

Hušek a Mañas (1989) dále uvádějí, že prioritu můžeme různě členit. Pokud jsou priority předem známé, mluvíme o apriorní prioritě, v opačném případě se jedná o prioritu

aposteriorní. Prioritu také můžeme dělit na relativní a absolutní. Je-li uplatněna relativní priorita, zvýhodněný požadavek je obslužen, jakmile se uvolní některé obslužné místo. V případě absolutní priority je požadavek obslužen okamžitě i za cenu přerušení již probíhající obsluhy jiného zákazníka. Dle Šubrta (2011) jako příklady takto zvýhodněných zákazníků můžeme uvést invalidy, či zákazníky se zlatou kartou apod.

### **Výstup z obsluhy**

Obslouženými zákazníky, kteří odcházejí z kanálu obsluhy, je opět tvořen náhodný výstupní potok. Jedná se o posloupnost okamžiků, v nichž jednotky opouštějí systém, protože byla ukončena jejich obsluha. Jak píše Šubrt (2011) v sériových systémech se tento potok může stát vstupním potokem do jiného kanálu obsluhy. Mohou nastat případy, kdy je vstupní potok závislý na potoku výstupním. Jako příklad Šubrt (2011) uvádí nemocnici, kde je přijímání nových pacientů závislé na počtu uvolněných lůžek. Požadavky vystupující ze systému již nejsou dle Fábryho (2011) předmětem analýzy systémů hromadné obsluhy.

#### **3.2.1.2 Klasifikace modelů hromadné obsluhy**

Podle základních charakteristik jsou modely hromadné obsluhy klasifikovány jednotným způsobem. Pro potřeby klasifikace, jak se uvádění autoři shodují, je využívána Kendalova klasifikace. Hušek a Maňas (1989) uvádějí, že Kendalova klasifikace charakterizuje systém hromadné obsluhy pomocí tří symbolů, popřípadě bývá někdy rozšířena na pět symbolů. V tom jsou v rozporu s autory Jablonským (2002) i Šubrtem (2011), podle nichž zavedl Kendal klasifikaci se třemi symboly, která ovšem později byla rozšířena o další tři symboly. Obecně je tedy Kendalova klasifikace posloupností šesti symbolů: A/B/C/D/E/F. Význam jednotlivých znaků je následující:

- A představuje pravděpodobnostní rozdělení, charakterizující intervaly mezi příchody zákazníků do systému,
- B taktéž představuje typ pravděpodobnostního rozdělení, avšak popisuje dobu trvání obsluhy,
- C znázorňuje počet paralelně uspořádaných kanálů obsluhy,
- D je číslem udávajícím kapacitu systému, pokud není kapacita omezená, použijeme symbol  $\infty$ ,
- E zachycuje početnost zdroje požadavků, je-li neomezený, použijeme opět symbol  $\infty$ ,
- F udává režim fronty.

Jak se shodují Jablonský (2002) i Šubrt (2011), není nutné vždy uvádět všech šest znaků. Často jsou využívány pouze první tři symboly, což znamená, že režim fronty je FIFO a kapacity systému i zdroj požadavků jsou neomezené.

### 3.2.1.3 Analýza systémů hromadné obsluhy

Uživatelé systémů hromadné obsluhy při analýzách zajímají především charakteristiky, jimiž je popisováno fungování systému. Jablonský (2002) tyto charakteristiky rozděluje do čtyř skupin.

1. Časové charakteristiky týkající se požadavků. Do této skupiny řadíme především průměrnou dobu čekání zákazníků ve frontě na obsluhu a průměrnou dobu strávenou jednotkou v celém systému.
2. Charakteristiky týkající se počtu požadavků. Zajímavým ukazatelem z této skupiny může být průměrná délka fronty nebo průměrný počet požadavků v systému.
3. Pravděpodobnostní charakteristiky slouží pro nalezení odpovědí na otázky typu, jaká je pravděpodobnost, že obslužná linka pracuje, či nepracuje, nebo s jakou pravděpodobností bude jednotka čekat ve frontě.
4. Nákladové charakteristiky. Dokáže-li uživatel systému ohodnotit náklady čekání zákazníků, prostoje nebo naopak provoz obslužných kanálů, je možné systém optimalizovat s ohledem na nákladovou efektivnost. Určit můžeme například minimální náklady fungování systému jako celku za časovou

jednotku nebo stanovit optimální počet obslužných linek tak, aby byly náklady minimální.

Náklady v systémech hromadné obsluhy vznikají dvěma způsoby. Prvním z nich je vynakládání nákladů na provoz kanálů obsluhy. Jako příklad Šubrt (2011) uvádí mzdu prodavačky v obchodě, která jí je vyplácena i za čas, kdy neobsluhuje zákazníky. Druhým způsobem vzniku nákladů je pobyt jednotek ve frontě. V době, kdy například pacient čeká na vyšetření, musí být stále čekárna vytápěna a osvětlena. Uvedené náklady jsou přímo vyčíslitelné, k nim je však nutné přičíst také odhadované ztráty v případě ztráty zákazníka v důsledku jeho přechodu ke konkurenci. V případě systémů s více kanály obsluhy optimalizace spočívá v nalezení optimálního počtu obslužných míst. V systémech s jedním obslužným kanálem se můžeme zamýšlet nad zvýšením rychlosti obsluhy např. přidáním pomocné síly.

#### **3.2.1.4 Cíle modelování**

Šubrt (2011) za cíle systémů hromadné obsluhy považuje poznání principů, dle nichž systém funguje. Provoz systému bývá posuzován dle dvou hledisek. Prvním hlediskem je pohled zákazníka, jenž se zajímá především o čas strávený čekáním ve frontě a zvažuje, zda se do fronty zařadí, nebo zda odejde ke konkurenci. Druhé hledisko je z pohledu obsluhy, kde je důležité sledovat, jak jsou obslužné linky vytížené, jak je využita jejich pracovní doba, jaké jsou jejich prostoje atd.

#### **3.2.1.5 Vybrané ukázky modelů systémů hromadné obsluhy**

V kapitole 3.2.1.2 *Klasifikace modelů hromadné obsluhy* byl popsán způsob, jakým jsou charakterizovány různé varianty modelů systémů hromadné obsluhy. Níže jsou vybraní zástupci popsáni podrobněji.

#### **Exponenciální model jednoduché obsluhy M/M/1**

Jako nejjednodušší případ modelu systému hromadné obsluhy uvádí Lukáš (2009) model M/M/1. Tento model je charakterizován pouze jedním obslužným zařízením, zdroj požadavků je neomezený a ani velikost fronty není nijak omezena, požadavky do obsluhy

postupují v přirozeném pořadí, tedy řád fronty je FIFO, a trpělivě čekají na obsluhu i přes nedostatečnou kapacitu obslužného zařízení.

### **Exponenciální model vícenásobné obsluhy M/M/m**

Tento model se v reálných systémech hromadné obsluhy vyskytuje mnohem častěji. I v tomto případě nejsou zdroj požadavků ani velikost fronty omezeny, řád fronty je FIFO a požadavky jsou trpělivé. Rozdíl spočívá počtu obslužných míst. Zde se nachází  $m$  paralelně uspořádaných homogenních kanálů obsluhy.

V systémech hromadné obsluhy je možno pracovat také s netrpělivostí zákazníků, která je projevoována neochotou požadavků čekat pokorně ve frontě. Lukáš (2009) uvádí dva typy netrpělivosti požadavků. Pokud zákazník do systému vůbec nevstoupí, protože shledal, že v systému je již jistý stanovený počet požadavků, jedná se o tzv. apriorní netrpělivost. Ta v systémech bývá modelována pomocí variabilní intenzity vstupu požadavků. Druhým typem je tzv. aposteriorní netrpělivost. Tu zaznamenáváme tehdy, vstoupí-li zákazník do systému, zařadí se do fronty, avšak po jisté kritické době čekání systém opustí, aniž by byl obsloužen. Tento typ netrpělivost bývá modelován pomocí proměnlivých hodnot intenzity obsluhy.

#### **3.2.1.6 Analytické a simulační řešení systémů hromadné obsluhy**

Výše uváděné charakteristiky systémů hromadné obsluhy mohou být dle Jablonského (2002) nalezeny dvěma způsoby – analyticky, nebo s využitím simulace.

Analytické řešení je nalezeno na základě odvození konkrétních vztahů pro jednotlivé charakteristiky. Do nich jsou následně dosazeny parametry systému. Tento způsob řešení problému je pro uživatele velmi přívětivý, jde pouze o dosazení do vzorců, čímž jsou velmi jednoduše získány požadované charakteristiky.

Složitější modely systémů hromadné obsluhy jsou řešeny pomocí simulace. Podstata simulačního řešení je v experimentování s modelem daného systému na počítači. S využitím patřičného programu je takto možno napodobovat skutečné chování systému a následně odvodit charakteristiky simulovaného systému.



### 3.2.2 Simulace

Metoda simulace je dle Dlouhého (2005) nejhojněji využívanou metodou operačního výzkumu v podnikové praxi. Slouží jako moderní nástroj pro analýzu a zdokonalování řízení složitých podnikových procesů a její princip spočívá v napodobování chování analyzovaného systému s využitím počítače. Důvodem častého užití simulace je podle Dlouhého (2007) možnost odhadnout manažery chování systému, změní-li se vnitřní či vnější podmínky, a dále optimalizace podnikových procesů dle stanovených kritérií. Velikou výhodou simulace spatřuje Dlouhý (2007) ve skutečnosti, že se vše děje jen v počítačovém modelu. Můžeme zkoumat různé varianty změn v systému a jejich dopady, aniž bychom zasáhli do provozu podniku, proto je riziko z chybného rozhodnutí minimalizováno.

Pelánek (2011) uvádí, že nelze jednoznačně říci, jaké jsou cíle modelování a simulace, protože účely jejich využití jsou velmi rozmanité. Podle Mildeové a Vojtky (2006) je účelem simulačního programu napodobovat chování reálného systému pro potřeby jeho zkoumání. Za chodu simulační program napodobuje podstatné rysy modelovaného systému, je jeho laboratorní replikou, která nám slouží především pro pochopení vztahů mezi příčinami a jejich následky. Při tvorbě simulačního modelu je zásadní pochopit vazby a vztahy modelovaného objektu. Prostřednictvím simulace můžeme zkoušet různé varianty návrhu a následně vyhodnocovat jejich zásahy do systému (Pelánek, 2011). Fábry (2011) dodává, že simulační model je zpravidla sestavován dle množiny předpokládaných procesů probíhajících v systému a představuje logické a matematické vztahy mezi prvky systému.

Dlouhý (2005) i Walter (1975) simulaci definují jako numerickou metodu studia složitých pravděpodobnostních dynamických systémů experimentující s počítačovými modely. Složitost je zde chápána tak, že model skutečného systému není možné vyřešit analytickými postupy, nebo by to alespoň bylo velmi náročné. A právě pravděpodobnostní a dynamické modely jsou pro analytické řešení složité. Oproti tomu podle Dlouhého (2007) výhody simulace jsou ve složitějších modelech výraznější.

Se sestaveným simulačním modelem je prováděn experiment, což znamená, že jsou nastavovány různé parametry a následně je zkoumáno chování systému. Výsledkem simulačního modelu jakožto statistického experimentu je bodový nebo intervalový odhad, tím se liší od matematického modelu, který jako výsledek poskytuje přesnou hodnotu.

Simulace je univerzální metodou pro řešení složitých systémů a může proto být použita v různých oborech. Velmi úzce je spjata s rozvojem výpočetní techniky, protože bez ní by nebylo možné provádět rozsáhlé výpočty. Chceme-li metodu simulace využít, je nutné

si uvědomit, že s sebou nese náklady, s nimiž musíme počítat. Jde o náklady na analytika, který je schopen sestavit simulační model, na čas manažerů, na výpočetní techniku, programové vybavení a na sběr dat potřebných pro vytvoření modelu (Dlouhý, 2007).

Simulaci podle Waltera (1975) použijeme, pokud

1. jsou modely tvořeny značným počtem proměnných, jejichž funkce se mohou po intervalech měnit,
2. jsou proměnné ovlivňovány různými náhodnými vlivy s různými typy rozdělení a vazeb,
3. se modely skládají z dílčích modelů propojených různými operacemi s možnými vnějšími zásahy,
4. mimo výše uvedené existují jistá omezení pro průběh proměnných nebo kombinaci modelů.

### **3.2.2.1 Základní pojmy simulačního modelování**

Pro potřeby simulačního modelování je třeba vymezit základní pojmy, za nejpodstatnější Dlouhý (2005) považuje následující.

- Systémem je označována část skutečného světa, na níž se zaměřujeme. Příkladem může být systém obsluhy zákazníků na poště.
- Model je zjednodušeným obrazem zkoumaného systému.
- Stavové proměnné slouží k popisu stavu systému, jedná se např. o počet čekajících požadavků ve frontě.
- Nastane-li změna stavu systému, označujeme ji jako událost. Tou může být např. dokončení obsluhy zákazníka.
- Pojem entita představuje dynamický objekt, který se v průběhu času pohybuje systémem. Jedná se tedy o požadavek, který vstupuje do systému a zařazuje se do fronty.
- Zdroje se taktéž pohybují v systému a jsou entitami využívány nebo spotřebovávány. Příkladem je pracovník u poštovní přepážky.
- Aktivitou označujeme časově ohraničený stav entity, ve kterém se nachází mezi dvěma událostmi pro entitu důležitými, např. čekání ve frontě na obsluhu.

### **3.2.2.2 Variabilita podnikových procesů**

Podnikové procesy, jimiž se zabýváme, zpravidla nebývají zcela deterministické. V různých ohledech bývají proměnlivé a příkladem může být doba trvání výrobního procesu nebo telefonický hovor se zákazníkem. Existují dva typy přístupu podnikových manažerů k variabilitě. První variantou je, že manažeři vliv proměnlivosti při realizaci podnikových procesů velmi podceňují nebo ho dokonce přímo ignorují. Druhá část manažerů si vůbec není vědoma, že výjimečné situace zapříčiněné variabilitou procesů mohou způsobovat finanční či jiné ztráty. Proto je dle Dlouhého (2005) variabilita podnikových procesů velmi významná.

### **3.2.2.3 Dynamické chování systémů**

Tvorba dynamického simulačního modelu zachycujícího dynamické chování systémů je úzce provázána se zachycením času v modelu. Rozhodnutí o zvoleném způsobu zachycení času je velmi významné při tvorbě simulačního modelu. Využívá-li model spojitý čas, může simulovaný čas nabývat všech hodnot a Gordon (1978) uvádí, že v takovém systému nastávají změny plynule. Pokud ale model pracuje s diskrétní formou času, simulovaný čas dosahuje pouze hodnot z jisté diskrétní množiny a změny zde nenastávají plynule, ale pouze v jisté časové okamžiky.

Čas v simulačním modelu pro nás může mít ještě jiný význam, a sice zda se stav modelu mění v diskrétním nebo spojitým čase. Diskrétní simulací, respektive simulací diskrétních událostí, Dlouhý (2005) nazývá takový případ, kdy změna stavu modelu nastává pouze při výskytu významné události, nikoliv průběžně. Jedná se například o příchod nového zákazníka do fronty. Volba varianty zachycení času a změny stavů simulačního modelu nás vede k použití konkrétního matematického nástroje.

### **3.2.2.4 Generování hodnot náhodných čísel**

Simulační modely jsou typické využíváním náhodných veličin. Walter (1975) jako možný vstup hodnot do modelu uvádí také čtení dat počítačem, avšak dodává, že simulačních experimenty potřebují velmi často tisíce takových hodnot a je proto vhodné, data generovat přímo simulačním programem.

Za náhodné číslo Walter (1975) i Dlouhý (2005) považují nezávislé hodnoty rovnoměrného rozdělení z intervalu  $(0, 1)$ . Vlastnosti rozdělení jsou následující.

Hustota pravděpodobnosti	$f(x) = 1$ pro $x \in (0, 1)$ jinak $f(x) = 0$
--------------------------	---

Distribuční funkce	$F(x) = 0$ pro $x \leq 0$ $F(x) = x$ pro $x \in (0, 1)$ $F(x) = 1$ pro $x \geq 1$
--------------------	---

Potřebujeme-li získat pouze malý soubor náhodných čísel, je možné využít tabulky náhodných čísel, které jsou uváděny jako přílohy statistických učebnic. Další variantou, jak generovat náhodná čísla, jsou fyzikální generátory. Jejich podstatou je registrování určitých fyzikálních pochodů náhodného charakteru. Pro tyto potřeby musí být k počítači připojeno jisté zařízení, jehož nutnost je velkou nevýhodou této metody generování náhodných čísel. Jako další a nejzávažnější nevýhodu Walter (1975) zmiňuje nutnost kontroly, zda jsou čísla stále náhodná, a nemožnost opětovně nalézt stejnou posloupnost náhodných čísel. Nejpoužívanější metodou generování náhodných čísel je podle Dlouhého (2005) použití aritmetických generátorů. Ty náhodná čísla vypočítávají pomocí určité aritmetické operace z předchozího čísla. Takto získaná čísla mohou být označována také jako pseudonáhodná, protože byla získána výpočtem, nikoliv náhodou. V současnosti jsou podle Dlouhého (2005) využívány pro generování náhodných čísel lineární kongruenční generátory. Zda generátor skutečně vytváří posloupnosti náhodných čísel, je nutné se přesvědčit. Pro tento účel slouží empirické a teoretické testy. Empirické testy vlastnosti vygenerovaných čísel kontrolují pomocí statistických testů, zatímco teoretické testy jsou založeny na teorii čísel (Dlouhý, 2007).

### 3.2.2.5 Tvorba a algoritmizace simulačních modelů

Algoritmizace je podstatnou částí simulace, jak píše Dlouhý (2005), protože simulační model se v jistém smyslu nakonec stává počítačovým programem. Podle Waltera (1975) se při tvorbě simulačních modelů, jakožto modelů zabývajících se řešením rozsáhlých dynamických modelů pravděpodobnostního charakteru, musíme vypořádat s problémy nevyskytujícími se v jiných typech úloh. V tom se Walter (1975) shoduje s Dlouhým (2005) a jako hlavní problémy vyplývající z řešení modelů pomocí programů, uvádějí zachycení:

- struktury modelu,
- dynamiky modelu, respektive jeho dynamických vlastností,
- pravděpodobnostního charakteru.

Významným faktorem pro algoritmizaci je dle shody uváděných autorů způsob zachycení času. Ten může být zaznamenáván buď spojitě, pak čas může nabývat všech hodnot, nebo diskrétně, kdy čas nabývá pouze hodnot z předem stanovené diskrétní množiny. Dalším rozměrem chápání času v modelu je, zda změna stavu modelu nastává pouze v diskrétních okamžicích, nebo může nastat kdykoliv.

Před samotnou algoritmizací simulačního modelu je důležité dobře stanovit jednotky simulovaného času a v celém modelu je nutné je udržet. Walter (1975) uvádí, že z mnoha důvodů je vhodné, aby tento čas nabýval pouze diskrétních, a to konkrétně celočíselných, hodnot. Pro zachycení časových změn v modelech jsou využívány dva různé přístupy, metoda pevného časového kroku a metoda proměnného časového kroku. Metoda pevného časového kroku spočívá v zaznamenávání stavu modelu v pravidelných časových rozestupech. Na organizaci programu tato metoda není příliš náročná a využívána je především tehdy, nastávají-li změny stavu modelu poměrně často a pravidelně. V metodě proměnného časového kroku jsou naopak časové intervaly dány výskytem po sobě následujících událostí, mohou proto být různě dlouhé. Dlouhý (2005) dodává, že metoda proměnného časového kroku je využívána většinou simulačních modelů pro diskrétní simulaci.

### **3.2.2.6 Simulační projekty**

Proces, jehož cílem je zefektivnění probíhajících procesů v podniku, označuje Dlouhý (2007) jako simulační projekt. Simulační projekty jsou posloupností určitých fází, které však nejsou pevně stanovené, proto se výčet fází uváděných autorů Waltera (1975) a Dlouhého (2007) mírně liší.

### **Rozpoznání problémů a stanovení cílů**

Autoři se shodují, že rozhodující vliv na úspěch celého projektu má správná formulace problému. Jedná se o proces zpřesňování a vyjasňování a jeho cílem je nalezení shody mezi klientem a řešitelským týmem v klíčových otázkách.

## **Vytvoření konceptuálního modelu**

Před samotnou tvorbou simulačního modelu v počítači je podle Dlouhého (2007) velmi důležité seznámit se s modelovaným systémem, proto je nejprve sestaven konceptuální model.

## **Sběr dat**

Pro simulaci jsou nezbytná data, a proto je důležité uvážit jejich strukturu a kvalitu. Walter (1975) dále uvádí, že údaje nám zpravidla nejsou dostupné v takové formě, v jaké je potřebujeme, a je tedy vhodné se zaměřit na jejich vývoj od záznamu až po statistické zpracování. Dlouhý (2007) také píše, že je možné simulační model vytvořit i bez dat, jsou-li dostupné alespoň předpoklady o chování simulovaných procesů, jakými jsou například názory odborníků a podobně.

## **Tvorba simulačního modelu**

Ve druhém kroku byl vytvořen konceptuální model. Předmětem 4. fáze simulačního projektu je převedení konceptuálního modelu do programové verze, respektive jeho algoritmizace.

## **Verifikace a validizace modelu**

Pod pojmem verifikace se podle Dlouhého (2007) ukrývá ověření, zda byl simulační program vytvořen přesně podle představy řešitelského týmu o fungování systému ve skutečnosti, tedy podle konceptuálního modelu. Validizace modelu pak slouží pro potřeby kontroly, zda se vytvořený simulační model shoduje se skutečností, tedy zda byl předpoklad o chování reálného systému správný.

## **Provedení experimentů a analýza výsledků**

V této fázi začíná vynaložená práce v předchozích fázích projektu přinášet výsledky, a proto ji Dlouhý (2007) považuje za nejzajímavější část projektu pro řešitelský tým. Právě nyní je také vhodné zavést diskusi o chodu modelu s řešitelským týmem i s klientem.

## **Dokumentace modelu**

Aby bylo možné sestavený simulační model, nebo alespoň některou jeho část, opětovně později použít, je důležité provést jeho dokumentaci. Tedy zaznamenat jeho strukturu, vývoj a výsledky provedených experimentů.

## **Implementace**

Pravděpodobnost úspěchu simulačního projektu je výrazně snížena, pakliže je implementace ponechána výhradně na klientovi. Z tohoto důvodu Dlouhý (2007) uvádí, že by se řešitelský tým měl na implementaci projektu do praxe podílet.

Analýzu a implementaci shledává Dlouhý (2005) nejvýznamnějšími částmi simulace. Bývají však často podceňovány, protože tvůrci simulačních modelů se více zaměřují na tvorbu modelu a jeho algoritmizaci namísto výsledků analýz. Výsledkem simulačního projektu je intervalový nebo bodový odhad, jeho stanovení se však potýká s problémem autokorelace pozorování. Možnosti řešení problému autokorelace se liší v závislosti na typu simulace. Jedná-li se o simulaci s konečným horizontem, je simulační běh zpravidla ukončen časem, ale simulace může být ukončena také jakoukoliv událostí v systému. Autokorelace je v tomto případě ošetřena opakovaným prováděním simulace a intervalový odhad je stanoven dle průměrných hodnot získaných při každém spuštění simulace. Pakliže se jedná o simulaci dlouhodobého chování systému, je situace složitější, v tomto případě je nutné překonat problém vlivu počátečních podmínek. Systém po spuštění prochází přechodovým obdobím, než nastane jeho běžný stav. Důvodem mohou být podle Dlouhého (2007) prázdné fronty nebo nevyužitý zdroj. Přechodový stav může být také způsoben přímo vlastnostmi systému. Řešení autokorelace simulace dlouhodobého chování systému je možno podle Dlouhého (2007) nalézt pomocí replikační metody s vynecháním přechodového stavu, metody skupinových průměrů, nebo regenerativní metody.

### **3.2.2.7 Srovnání systémů a optimalizace systémů**

V podnikové praxi se často vyskytuje situace, kdy neexistuje pouze jeden způsob uspořádání složitého systému, který je potřeba simulovat. Variant uspořádání systémů může být více a je třeba nalézt mezi alternativami uspořádání optimální variantu dle zvoleného kritéria. Jako příklad Dlouhý (2007) uvádí rozhodnutí o tom, zda mají být současně v provozu dva, nebo tři obslužné kanály. Avšak je nutné si uvědomit, že výsledky

simulačních pokusů mají většinou pravděpodobnostní povahu. Z toho důvodu není možno nalézt mezi alternativami přímo optimální variantu, řešením je podle Dlouhého (2005) nalezení nejlepší varianty se statistickou významností  $1 - \alpha$ .

Parametry vstupující do simulačního modelu jsou označovány jako faktory. Ty ovlivňují odezvy, jež vystupují ze simulačního modelu. V různých variantách systému nabývají faktory různých hodnot označovaných jako úrovně. Cílem srovnání a optimalizace systémů je prostřednictvím experimentování se simulačním modelem nalézt takovou variantu řešení, s jejíž pomocí budou maximalizovány či minimalizovány odezvy jako například minimalizace nákladů.

Při volbě formy simulačního experimentu je důležitým faktorem počet možných variant, protože s narůstajícím počtem možných variant velmi rychle roste výpočetní náročnost simulace. Z toho důvodu je dle Dlouhého (2007) nezbytné pokusit se redukovat počet možných variant. Podle složitosti systému určujeme, zda je počet variant malý nebo velký. Stanovíme-li počet variant jako malý, dokážeme uskutečnit simulaci všech existujících variant, čímž také získáme pro všechny varianty odhady hodnot výstupních parametrů. Tento případ Dlouhý (2007) nazývá srovnání systémů. Pakliže alespoň jeden z faktorů nabývá spojitých hodnot, není již možné simulovat všechny možné varianty, jejich počet je nekonečný. Zkoumat v tomto případě můžeme jen jistý výběr variant a nyní mluvíme o optimalizaci systému.

### **3.2.2.8 Programování simulačních modelů**

Simulační model se ve své konečné podobě stává počítačovým programem, který bude v počítači provádět velké množství výpočtů. Walter (1975) uvádí, že pro potřeby simulace může být využit jakýkoliv počítač s dostatečnou pamětí pro umístění nezbytných dat a samotného programu. Rozvoj simulačních metod probíhal především v souvislosti s rozvojem výpočetní techniky, proto se dle Fábryho (2011) používá často spíše výraz počítačová simulace. Výpočetní technika a rozvoj programování jsou limitujícími pro možnosti simulování, je proto jednoznačné, jak píše Dlouhý (2007), že bez jejich rozvoje by počítačová simulace nebyla proveditelná. Při algoritmizaci mohou tvůrci simulačních modelů využít:



- programovací jazyky,
- simulační programovací jazyky,
- ostatní jazyky a programy.

Walter (1975) uvádí, že jakýkoliv algoritmus je možné vyjádřit některým z obecných programovacích jazyků, proto takto může být vytvořen také simulační model. Podle Dlouhého (2007) je tato varianta v současné době využívána jen velmi ojediněle. Důvodem pro to je, že programování složitějších forem simulačních modelů by touto cestou bylo velmi náročné. Výhodou, na níž se uvádění autoři shodují, je naprostá volnost při tvorbě struktur modelu.

Díky specifickým nárokům na programování simulačních modelů byly vytvořeny speciální jazyky přímo pro potřeby simulace. Simulační jazyky umožňují uživateli poměrně snadno a rychle vytvářet modely, které by jinak musely být vždy znovu složitě programovány.

V některých případech pak může být vhodné využít jiné programovací jazyky, které bývají specializované na konkrétní problémy, jedná se například o matematické a technické výpočetní systémy.

### **3.2.2.9 Aplikace simulačních modelů**

Uvádění autoři Dlouhý (2005) a Walter (1975) zahrnují do svých publikací také kapitolu o možnostech využití simulačních modelů v operačním výzkumu, který byl již definován v kapitole 3.2 *Operační výzkum*. Jedná se o případy v oblastech

- řízení zásob,
- teorie hromadné obsluhy,
- řízení projektů, finančního plánování a řízení rizik v podniku,
- modelování finančních trhů,
- oligopolních trhů,
- hospodářské politiky,
- rozvrhování výroby,
- aplikace Markovových řetězců.

### 3.2.2.10 Širší pojetí simulace

Walter (1975) v závěru své publikace uvádí, že na simulaci je možno pohlížet z širšího hlediska. Je možno ji použít v rozmanitých oblastech a jednou z nich je také výcvik lidí v jistých znalostech a dovednostech. Při výcviku jsou využívány simulátory, které napodobují stavy, které by ve skutečnosti byly nebezpečné nebo nákladné. Mildeová a Vojtko (2006) tyto simulátory označují pojmem manažerské hry a zcela je odlišují od simulačních modelů.

## 3.3 Python 3

Jazyk Python je moderním programovacím jazykem, který byl vyvinut Guidem Rossumem a který je po celém světě využíván stovkami tisíc programátorů, jejichž počet se stále rozrůstá. Podle Harmse a McDonalda (2008) láká Python nové uživatele především širokou škálou možností, kterou jim nabízí. Tvorba aplikací s využitím Pythonu je mnohem rychlejší, než s pomocí tradičních programovacích jazyků jako je C, C++ nebo Java. Jazyk Python není závislý na žádné platformě a můžeme s ním stejně dobře vytvářet malé aplikace jako velké softwarové projekty. Uživatel Pythonu má možnost pracovat ve velmi výkonném a uživatelsky jednoduchém prostředí a v neposlední řadě je zdarma a jeho vývoj je otevřený.

### 3.3.1 Porovnání Pythonu s jinými programovacími jazyky

Každý programovací jazyk má své výhody a nevýhody. Aby bylo možné zvolit si pro své potřeby ten nejlepší jazyk, je nezbytné pochopit jejich silné a slabé stránky. Jazyky C, C++ a Java jsou zástupci skupiny tzv. tradičních jazyků, které mají společné charakteristiky a tím také podobný vzhled. Pro programátory zvyklé s touto skupinou jazyků pracovat, je velmi snadné naučit se programovat také v Pythonu, protože obsahuje všechny již známé konstrukce, které jsou navíc v Pythonu často snazší.

Jako výrazný rozdíl oproti ostatním jazykům Harms a McDonald (2008) uvádějí vymezení blokové struktury v Pythonu. Ve většině programovacích jazyků je struktura kódu vymezena pomocí různých typů závorek, Python však pro tyto potřeby využívá odsazování textu od levého okraje.

V jazyce Python je možné velmi rychle vytvářet různé aplikace, Harms a McDonald (2008) tvrdí, že programování stejné úlohy v Pythonu zabere pouhou pětinu času oproti programování v jazyce C. Na druhou stranu jistou nevýhodu Pythonu můžeme spatřovat v rychlosti provádění samotného programu. Avšak moderní počítače v současné době mají

tak vysoký výpočetní výkon, že rychlost jazyka je zanedbatelná. Lze obecně říci, že pro tvorbu výpočetně náročných programů jsou vhodné jazyky C a C++ a pro řešení téměř všech ostatních problémů je vhodné použít Python.

### 3.3.2 Proměnné

Příkaz, který je v jazyce Python podle Harmse a McDonalda (2008) nejčastěji používán, je přiřazení. Příkazem přiřazení v Pythonu vznikají proměnné, a to jejich prvním přiřazením ve zdrojovém kódu. Oproti některým programovacím jazykům mohou být proměnné v Pythonu přiřazeny k jakémukoliv objektu, což znamená, že Python má dynamicky typované proměnné.

### 3.3.3 Datové typy

Jakákoliv hodnota v jazyce Python je určitým datovým typem. Jazyk Python využívá mnoho interních datových typů a mezi hlavní Pilgrim (2011) řadí boolean (booleovský typ), čísla, řetězce, bajty a pole bajtů, seznamy, n-tice, množiny a slovníky, existují ale i jiné.

#### Booleovský typ

Objekt booleovského typu může nabývat pouze dvou hodnot, hodnoty True (pravda) a hodnoty False (nepravda). Booleovské hodnoty může uživatel přiřazovat sám, Python pro potřeby přímého přiřazení booleovských hodnot definuje konstanty True a False. Někdy se ale předpokládá, že jazyk přiřadí pravdivostní hodnotu sám, což je označováno jako booleovský kontext. V takovém případě je možno použít jakýkoliv výraz a Python se jej sám pokusí ohodnotit.

#### Čísla

Pilgrim (2011) uvádí, že v jazyce Python jsou definována jak čísla celá, tak čísla reálná. Rozeznávána jsou od sebe přítomností či nepřítomností desetinné tečky. Pro práci s čísly obsahuje jazyk mnoho interních funkcí. Čísla mohou být definována také v booleovském kontextu, kde je nulová hodnota interpretována jako False a nenulová jako True.

## Seznamy

Nejčastěji využívanými datovými typy jsou podle Pilgrima (2011) seznamy, kterých Python podle Harmse a McDonalda (2008) obsahuje početnou skupinu. Seznam může být tvořen různými datovými typy. Podobá se poli, ale nabízí uživateli více možností použití. V booleovském kontextu jsou prázdné seznamy vyhodnoceny jako False a ostatní jako True.

Velmi důležité při práci v Pythonu je pochopení mechanismu indexování v seznamu. Stejně jako v jiných jazycích také v Pythonu jsou položky seznamu číslovány od nuly. Python ale také dává možnost využívat záporné indexy, které slouží uživateli pro usnadnění práce s rozsáhlými seznamy. Indexem  $-1$  je proto označena poslední položka v seznamu, indexem  $-2$  předposlední atd.

## Množiny

Neuspořádaný soubor specifických hodnot je Pilgrimem (2011) označován jako množina. Obsahem jedné množiny mohou být hodnoty jakéhokoliv neměnitelného datového typu. V případě existence dvou množin s nimi mohou být prováděny klasické operace, tedy průnik, sjednocení a rozdíl množin. V booleovském kontextu je prázdná množina chápána jako False.

## Slovníky

Datovým typem slovník je chápána vyhledávací tabulka, která je podle Pilgrima (2011) tvořena neuspořádaným souborem dvojic klíč-hodnota. Pakliže je do slovníku přidán nový klíč, je současně nutné připsat ke klíči hodnotu, která k němu patří. Prázdné slovníky jsou v booleovském kontextu vyhodnoceny jako False a ostatní jako True.

## None

None je speciálním datovým typem Pythonu. Představuje žádnou hodnotu, avšak není to nula, ani prázdný řetězec, ani False. Všechny proměnné s hodnotou None jsou si rovny.

## Řetězce

Řetězec je datovým typem představujícím posloupnost nezaměnitelných znaků. Jak píše Harms a McDonald (2008), jednou ze silných stránek jazyka Python je práce s řetězci.

### 3.3.4 Podmínky

V jazyce Python, stejně tak jako v jiných programovacích jazycích, je možno vytvářet podmínky. Jedná se o takový výraz, jehož pravdivost či nepravdivost je vyhodnocována. Je-li podmínka vyhodnocena jako nepravda, je provedena část kódu označená jako jeho pokračování.

V Pythonu je podle Harmse a McDonalda (2008) jako podmínka používán příkaz *if-elif-else*. Pokud je část kódu napsaná za výrazem *if* pravdivá s pravdivostní hodnotou *True*, bude provedena. Pakliže pravdivá není, její pravdivostní hodnota je *False*, bude proveden kód následující za klauzulí *elif*, popřípadě za klauzulí *else*. Výrazy *elif* a *else* nemusí být v kódu obsaženy a klauzulí *elif* může být libovolné množství.

### 3.3.5 Cykly

Programovací jazyk Python obsahuje dva typy cyklů, které může programátor pro práci využít. Jak píše Harms a McDonald (2008), jedná se o cyklus *for* a cyklus *while*.

Cyklus typu *for* je velmi jednoduchým, avšak velmi účinným nástrojem. Důvodem pro to je, že dokáže opakovaně provádět operace pro skupinu položek jakéhokoliv typu, které mohou být součástí seznamu či *n*-tice. Pro každou položku ze skupiny je programem proveden stejný úkon, dokud nenalezne první položku splňující požadavek, pak je ukončen.

Cyklus *while* také provádí opakované iterace. Oproti cyklu *for* jsou však úkony prováděny, dokud platí uvedená podmínka.

### 3.3.6 Funkce

Obdobně jako jiné programovací jazyky taktéž jazyk Python disponuje funkcemi. Práce s nimi je však mírně odlišná. Pokud uživatel potřebuje použít nějakou funkci, jednoduše ji podle Pilgrima (2011) deklaruje. Pro deklarování nových funkcí je využíváno klíčové slovo *def*, za nímž následuje jméno funkce a její argumenty. Zajímavostí Pythonu je, že jeho funkce nedefinují datový typ hodnoty, která má být funkcí navracena, a dokonce neurčují ani to, zda vůbec bude nějaká hodnota funkcí vrácena. Má-li být navracena jedna či více hodnot, funkce provede příkaz *return*.

### 3.3.7 Třídy

Harms a McDonald (2008) uvádějí, že třídy jsou datovým typem definovaným uživatelem. Klíčovým slovem pro jejich definici je slovo *class*, za nímž následuje jméno třídy. V těle třídy se nachází seznam příkazů, zpravidla jde o přiřazení a definice funkcí.

### 3.3.8 Balíčky (knihovny)

Balíček či knihovna, jak může být označován jinými autory, je dle Harmse a McDonalda (2008) adresářem obsahujícím kód programu a popřípadě i další podadresáře. V balíčku je umístěna skupina zpravidla souvisejících souborů s kódem, respektive modulů. Jsou přirozeným rozšířením chápání modulů a byly navrženy pro zvládnutí velkých projektů.

## 3.4 Marketing a management památkově chráněných objektů

Na provoz kulturních organizací, jimiž jsou muzea, zámky či zříceniny hradů, má dle Kesnera (2005) vliv jednak prostředí, v němž se objekt nachází, a jednak ekonomicko-sociální vazby a problémy. Nejvýznamnějším typem kulturní destinace a atraktivitou cestovního ruchu jsou v České republice muzea a památky. Památkový fond České republiky je však v poměrně špatném stavu. Zásadní devastace památek proběhla mezi lety 1948 a 1989, kdy byly některé památky nezákonně vyškrtuty ze seznamu chráněných památek, jiné v této době zanikly a další byly natolik zanedbány, že je již nelze zachránit. Proto by v současné době měla být tomuto problému věnována větší pozornost. Výrazný problém je však v nepoměru mezi finančními prostředky, jež je společnost ochotna vynaložit na opravy a ochranu památek, a nezbytnými náklady na tyto činnosti.

Česká republika je oblastí bohatou na kulturní dědictví a rozvinuté kulturní a umělecké tradice. Proto má kultura dobrý předpoklad, aby se stala významným přínosem pro ekonomiku státu, jak píše Kesner (2005). Avšak tyto předpoklady naplňovány nejsou.

### 3.4.1 Kulturní kapitál

V kulturně-ekonomické teorii se objevuje pojem kulturní kapitál. Tento pojem je využíván obdobně jako jakákoliv jiná forma kapitálu, například lidský nebo přírodní kapitál. Dle Kesnera (2005) je kulturní kapitál tvořen dvěma typy hodnot. Prvními jsou hodnoty kulturní, tedy hodnoty symbolické, estetické, historické nebo duchovní. Druhou složkou kulturního kapitálu jsou hodnoty ekonomické. Kulturní kapitál může být v hmotné podobě, jedná se například o sochy, nemovité památky, obrazy apod., nebo v podobě nehmotné,

příkladem mohou být hudební díla, jazyk, tradice společenství atd. Také tento druh kapitálu může být spotřebováván, samostatně či s dalšími vstupy, a tím vznikají produkty a služby, které opět mají kulturní a ekonomickou hodnotu. Kulturní kapitál může být spravován stejně tak, jako jiné druhy aktiv, v zájmu individuálních nebo kolektivních potřeb a cílů.

Johnová (2008) uvádí, že z pohledu marketingu může být produktem nazývána jakákoliv nabídka, jíž se podnik snaží zaujmout zákazníka. Proto můžeme jednoznačně říci, že produktem jsou galerie a muzea, památkové objekty, expozice, ale i jednotlivé vystavené exponáty, a dále také různé doplňkové služby, tedy různé akce a programy.

### **3.4.2 Kulturní turismus**

K masivnímu rozvoji zájmu o cestování do České republiky došlo po roce 1989, nedlouho poté však prudký růst počtu zahraničních turistů začal zpomalovat až stagnovat. Cestovní ruch je podle Kesnera (2005) velmi významné, ale na druhou stranu také velmi zranitelné odvětví ekonomiky, jež ovlivňuje globální trendy, jakými jsou vývoj ekonomiky a politická situace ve státu, ale také rizika spojená s klimatem a přírodními jevy.

Rychle se vyvíjející kulturní turismus s sebou přináší pozitivní, ale také negativní dopady pro společnost i památkově chráněné objekty. Mezi přínosy můžeme zařadit podporu zaměstnanosti, zdroj financí pro ochranu, rekonstrukci a rozvoj kulturního a historického dědictví, udržování a obnovu tradičních řemesel a tradic a další. K negativním dopadům patří například poškozování a opotřebení památek a kulturních zdrojů, komercializace a vyprazdňování lokální kultury a tradic apod. Avšak negativní dopad masového turismu není dle Kesnera (2005) pro památky České republiky takovou hrozbou, jakou jsou nenávratné ztráty způsobené zanedbanou údržbou.

### **3.4.3 Trávení volného času**

Trávení volného času ve vyspělých státech je ovlivňováno především dlouhodobými sociodemografickými vývojovými vzorci. Mezi nejvýznamnější determinanty způsobů trávení volného času patří:

- rostoucí úroveň vzdělanosti,
- stagnující množství volného času,
- zvyšující se ekonomická síla žen,
- stárnoucí populace,
- jasnější profilování a segmentace různých sociálních skupin a vrstev (spotřebitelů),
- změny ve vnímání a konzumaci kulturních a zábavných forem.

Uvedené vzorce mají dále vliv na utváření specifitějších trendů trávení volného času, které pružněji reagují a přetvářejí se dle konkrétních místních podmínek. Z toho vyplývá, že průmysl volného času musí reagovat na změny ve struktuře trávení volného času, na zvyšující se výdaje za kvalitní a spíše aktivní trávení dovolené, na překrývání účelů a motivů cest a na narůstající vliv dětí na způsob prožití dovolené a prázdnin.

Na uvedené vzorce a trendy trávení volného času samozřejmě musejí reagovat subjekty turistického průmyslu i kulturní organizace.

#### **3.4.4 Návštěvníci**

Za nejčastější marketingový cíl většiny kulturních organizací považuje Kesner (2005) zvýšení počtu návštěvníků. Jednoznačně lze říci, že masivní zájem o památku prezentovaný vysokou návštěvností je lepším případem nežli zájem nízký. Ideálním stavem je však ten, kdy se management spravovaného objektu aktivně podílí na vytváření a udržování své poptávky. Díky tomu může navázat dlouhodobé vztahy se svým publikem, proto se významným faktorem pro některé kulturní objekty stává spokojenost zákazníka. Marketing orientovaný na zákazníka si klade za cíl získat nového a udržet si stávajícího zákazníka. Podle Johnové (2008) je pětkrát nákladnější získat nového zákazníka než si udržet toho stávajícího, což vede ke snaze firem zajistit stálou spokojenost svých zákazníků.

Návštěvníci kulturních destinací jsou velmi různorodí. Jde o širokou škálu jedinců s různými zájmy od prázdninových návštěvníků, pro něž zpravidla kultura není původním cílem jejich cesty, ale spíše vedlejším produktem, přes školní výpravy až po milovníky umění a znalce, kteří kultura považují za jednu ze svých životních potřeb. Dle Johnové (2008) je nezbytné, aby podniky znaly složení svých zákazníků a také jakým způsobem se pro návštěvu organizace rozhodují. Jedině tak mohou podniky svým návštěvníkům nabídnout takové služby, jež je uspokojí. Kesner (2005) uvádí, že především návštěvu



historických objektů, jakými jsou hrady a zámky, shledává většina návštěvníků jako spíše odpočinkovou aktivitu, než jako uspokojení své kulturní a historické potřeby. Účast každého návštěvníka na kultuře je ovlivňována demografickými faktory, jakými jsou věk, výše příjmu, sociální příslušnost, dosažené vzdělání apod. Vliv mají ale také psychosociální faktory, tedy životní styl jedince a jeho postoje k volnočasovým aktivitám, a také osobní historie jedince, která zahrnuje například dřívější zkušenosti s danou formou kultury.

Z pohledu marketingu je pro kulturní organizace významná identifikace příčin zabraňujících lidem v účasti na kultuře, případně vyšší četnosti návštěv kulturních zařízení. Kesner (2005) tento problém nazývá překonáváním bariér, jedná se například o překážky jako je nedostatek času, nedostatek peněz, nepochopení danému typu umění apod. Tyto bariéry návštěvníkovi různým způsobem brání v návštěvě kulturních destinací, ale na druhou stranu jsou návštěvníci jinými faktory motivováni k účasti na kultuře. Motivace každého jedince může být opět naprosto různá, promítají se do ní potřeby, hodnoty i zájmy jedince a mnohé další faktory. Návštěvník může být zcela vědomě motivován k navštívení kulturní organizace, ale stejně tak může být jeho motivace náhodná.

Návštěva muzea či jiné kulturní památky je výběrem z různých možností trávení volného času jedincem. Konečná volba konkrétní destinace je výsledkem rozhodovacího procesu.

#### **3.4.5 Management kulturních objektů**

V obecné rovině lze dle Kesnera (2005) říci, že se management muzeí a památek neliší od řízení jakékoliv jiné organizace. Strategické řízení kulturních objektů taktéž spočívá v řízení a optimalizaci podmínek a zdrojů tak, aby bylo dosaženo vytyčených cílů. Řízení muzeí či památkových objektů spočívá ve správě a uchování existujících hodnot, architektury a sbírek, souběžně s rozvojem programu konajícím se v objektech. Dobrý správce takového objektu musí umět najít rovnováhu mezi tvorbou vize památky, určující její budoucí směr, a správou svěřených hodnot.

## 4 Vlastní práce

Vlastní práce se zabývá návrhem systému provozu státního zámku Zákupy za dosažení maximální spokojenosti návštěvníků zámku souběžně s ohledem na celkovou ziskovost zámku. Nový systém provozu je navržen na základě simulace provedené s využitím simulačního programu vytvořeného výhradně pro potřeby této práce.

### 4.1 Státní zámek Zákupy

Státní zámek Zákupy se nachází v Libereckém kraji v okrese Česká Lípa necelých 8 km východně od České Lípy. První zmínky o Zákupcích pochází už z konce 14. století, kdy na místě dnešního zámku stával gotický hrad loupeživých rytířů. V polovině 16. století byl hrad přebudován na renesanční zámek, který byl na konci 17. století přestavěn do dnešní raně barokní podoby. Na počátku 19. století získaly zákupské panství Habsburkové a od poloviny 19. století zámek sloužil jako letní rezidence bývalého rakouského císaře a posledního českého korunovaného krále Ferdinanda V. Dobrotivého. Zámek byl v držení Habsburků až do roku 1918, kdy zanikla monarchie a se vznikem Československa se stal zámek státním, jímž je dodnes.

V současné době státní zámek Zákupy spadá pod správu Národního památkového ústavu, územní památkové správy na Sychrově, která spravuje celkem 17 památek v majetku státu na území Libereckého, Královohradeckého a Pardubického kraje.

### 4.2 Služby zámku Zákupy

Návštěvníci přicházejí na zámky s cílem prohlédnout si historickou budovu a její zařízení a dozvědět se informace o její historii. Proto historické objekty nabízejí návštěvníkům různé prohlídkové okruhy a jinak tomu není ani v případě zákupského zámku.

V současné době mají návštěvníci zákupského zámku při návštěvě možnost vybírat ze šesti prohlídkových okruhů. Jedná se o tři okruhy základní, kde probíhá klasická prohlídka interiérů zámku s výkladem průvodce, a tři okruhy speciální. Všechny prohlídkové trasy shrnuje následující *Tabulka 1 - Přehled prohlídkových okruhů*, která uvádí jejich délku trvání v minutách, kapacitu osob a vstupné v Kč.

Tabulka 1 - Přehled prohlídkových okruhů

	Délka (min.)	Kapacita (os.)	Vstupné (Kč)	
			Základní	Snížené
I. okruh	50	25	120	80
II. okruh	50	25	120	80
III. okruh	30	15	120	80
I. + II. okruh	100	25	170	120
Sklepení	30	15	60	40
Dětská trasa	15	15	50	40
			Nad 6 let	Do 6 let
Pro děti do 10 let	30	20	60	40

Zdroj: vlastní zpracování

### **I. okruh – Zámek za císaře Ferdinanda I.**

I. prohlídková trasa patří mezi základní okruhy a je v délce 50 minut. Návštěvník si zde má možnost prohlédnout reprezentační a soukromé pokoje císařského páru, který zákupský zámek využíval od poloviny 19. století jako letní rezidenci. Maximální kapacita okruhu je zde stanovena na 25 osob. Základní vstupné činí 120 Kč na osobu a snížené 80 Kč.

### **II. okruh – Zámek za císaře Františka Josefa I.**

Také II. prohlídková trasa je řazena mezi základní prohlídkové okruhy. Parametry II. okruhu jsou stejné jako u I. okruhu. Časová náročnost okruhu je 50 minut, maximální kapacita 25 osob a stejně je i vstupné – základní ve výši 120 Kč na osobu a snížené 80 Kč. Rozdílné jsou navštívené prostory a výklad. Zatímco I. okruh nás zavede v historii do 3. čtvrtiny 19. století, na druhém okruhu vyprávění pokračuje a návštěvník se zde dozvídá o dalších majitelích zákupského zámku po smrti císaře Ferdinanda Dobrotivého.

I. a II. okruh je možno zakoupit dohromady se zvýhodněným vstupným, sleva při koupi obou okruhů současně činí 30 % oproti zakoupení vstupenek na jednotlivé okruhy zvlášť. Pokud si návštěvník zakoupí obě trasy současně, absolvuje nejprve jednu

prohlídkovou trasu, na níž po desetiminutové přestávce naváže druhá trasa. Celková časová náročnost je tedy 100 minut + 10 minut pauza.

### **III. okruh – Zámek za prezidenta Masaryka**

Posledním ze základních prohlídkových okruhů je III. okruh. Tato prohlídková trasa je pro rok 2019 novinkou, protože otevřena byla 28. 10. 2018 u příležitosti výročí 100 let od vzniku Československé republiky. Návštěvník se zde dozvídá o osudu zámku v době „první republiky“, kdy byl již zámek ve státní správě a starala se o něj Správa státních lesů a statků. Prohlídka se odehrává v prvorepublikovém bytě pana lesního rady, který stál v čele zákupské pobočky, a je v délce 30 minut s kapacitou 15 osob. Přestože jde o kratší prohlídku, je základní vstupné opět ve výši 120 Kč a snížené 80 Kč na osobu, protože se jedná o základní okruh.

#### **Prohlídka zámeckého sklepení**

Dále v roce 2019 nabízí zámek mimořádně po dobu letních prázdnin, tj. od 1. července do 31. srpna, komentovanou prohlídku zámeckého sklepení. Tyto prostory sloužily ve druhé polovině dvacátého století jako depozitáře a takto byly využívány až do nedávna. Veřejnost je mohla spatřit v posledních několika letech pouze výjimečně při mimořádných prohlídkách, což se těšilo velkému zájmu. Proto byla tato mimořádná prohlídka také zařazena v roce 2019 do nabídky hlavní sezóny. Prohlídka trvá 30 minut a základní vstupné je ve výši 60 Kč a snížené pak 40 Kč. Z důvodu bezpečnosti návštěvníků je kapacita maximálně 15 osob.

#### **Prohlídka pro děti do 10 let**

Zámek nezapomíná ani na návštěvníky s malými dětmi. Pro rodiny s dětmi do 10 let má připravenou zkrácenou prohlídku s kostýmovaným průvodcem upravenou pro děti. Děti se v doprovodu rodičů podívají do bytu lesního správce a cestou sbírají plyšové medvídky. Tuto speciální prohlídku je možno navštívit pouze po dobu letních prázdnin každý den vyjma pondělí, kdy je zámek uzavřen. Prohlídka je umístěna na III. okruh a její trvání je v délce 30 minut. Kapacita okruhu je 20 osob a vstupné ve výši 60 Kč pro osoby nad 6 let a 40 Kč pro osoby do 6 let.

#### **IV. okruh – Dětská trasa – Medvědí království**

Další variantou k zabavení malých návštěvníků může být i Dětská trasa, kde se nachází výstava hraček. Dětská trasa není doprovázena výkladem průvodce. Návštěvníci si sami procházejí místnostmi a prohlížejí si vystavené hračky, průvodce skupinu pouze doprovodí na místo, kde se výstava nachází a následně je odvede zpět na nádvoří zámku. Kapacita trasy je 15 osob a vstupné činí v základní podobě 50 Kč na osobu a 40 Kč snížené.

### **4.3 Provoz zámku Zákupy**

#### **4.3.1 Zaměstnanci**

O provoz zákupského zámku se stará správce zámku, kastelán. Ten zajišťuje a zodpovídá za ochranu, provoz a ošetřování zámku a přilehlého zámeckého parku, dále pečuje o svěřené sbírkové fondy a provádí plánované změny expozic. V neposlední řadě má na starost také propagační a popularizační činnost v regionálních a celostátních periodikách a sdělovacích prostředcích k podpoře návštěvnosti zámku, případně jiných objektů ve správě Národního památkového ústavu (Weiss P., osobní komunikace, 6. srpna 2019).

Se správou kastelánovi zámku pomáhá zástupkyně kastelána, která má na starosti méně závažné záležitosti.

Mezi dalšími zaměstnanci zámku Zákupy bychom našli údržbáře či uklízečky, bez nichž by se provoz zámku neobešel. Ti jsou však pro potřeby této práce zanedbatelní.

Velmi podstatnými zaměstnanci zámku z pohledu návštěvníka jsou pokladní a průvodci. S jinými pracovníky se na zámku běžný návštěvník setká pouze výjimečně. V pozici pokladní se návštěvník může setkat se zástupkyní kastelána, nebo s jednou ze dvou stálých zaměstnankyň zámku. Ty pomáhají hlavní pokladní dne ve vytižených časech obsluhovat zákazníky a snaží se tak předejít vzniku front. Mimo hlavní sezónu pak ve všedních dnech provázejí návštěvníky zámkem, mimo jiné také v případě, kdy se objeví potřeba dodatečného průvodce, například pokud přijede početný zájezd.

Průvodci jsou na zámku v Zákupích zaměstnáni formou dohody o provedení práce, jde o studenty a studentky středních nebo vysokých škol a v roce 2019 se jednalo o celkem osm průvodců. Jejich počet na pracovišti se odvíjí od sezóny, ve které se právě nacházíme. V hlavní sezóně v období od 1. května do 30. září, kam patří letní prázdniny a kdy tedy přichází na zámek nejvíce návštěvníků, jsou dle současného rozvrhu zapotřebí každý den 4 průvodci. Mimo hlavní sezónu v měsíci dubnu a září, kdy je zámek návštěvníkům otevřen pouze o víkendech, stačí, aby byli přítomni pouze 3 průvodci.

### 4.3.2 Rozvrh prohlídek

Na zákupském zámku nejsou průvodci nijak specializováni, proto je povinností každého průvodce znát všechny prohlídkové trasy a poskytnout návštěvníkovi vždy kvalitní výklad.

Mimo hlavní sezónu, v takzvaných okrajových měsících, jimiž jsou duben a říjen, jsou do nabídky zařazeny pouze základní prohlídkové okruhy. V této době zámek nenavštěvuje takové množství návštěvníků jako v hlavní sezóně, a tak prohlídky I. a II. okruhu odcházejí pouze v každou v celou hodinu a vzájemně se střídají. V případě zájmu o III. okruh je tato prohlídka vypravena vždy v půl, aby byla zajištěna možnost návaznosti okruhů na sebe v případě zakoupení více prohlídkových okruhů návštěvníkem. V této době je také možno navštívit Dětskou trasu. Zámek je veřejnosti otevřen pouze o víkendech vždy od 10:00 do 15:00, kdy vychází poslední prohlídka. Rozvrh prohlídek zmiňovaného období uvádí *Tabulka 2 - Rozvrh pro průvodce (mimo letní prázdniny)* upravená na zkrácenou otevírací dobu.

Zásadní rozdíl mezi hlavní a vedlejší sezónou na zámku spočívá v tom, že v hlavní sezóně je zámek návštěvníkům otevřen i ve všední dny s výjimkou pondělí, kdy je zámek pro veřejnost uzavřen, a to od 9:00 do 16:00.

V měsících květnu, červnu a září je denní rozvrh prohlídek téměř stejný jako v okrajových měsících, jak můžeme vidět v již zmiňované *Tabulce 2*, rozdíl je pouze v otevírací době zámku. V nabídce jsou tři základní okruhy a Dětská trasa vypravované vždy v celou hodinu (I. a II. okruh), či v půl (III. okruh).

Tabulka 2 - Rozvrh pro průvodce (mimo letní prázdniny)

Průvodce	Trasa	Od	Do
1	III.	9:00	9:30
2	III.	9:30	10:00
3	I.	10:00	10:50
1	III.	10:30	11:00
2	II.	11:00	11:50
3	III.	11:30	12:00
1	I.	12:00	12:50
2	III.	12:30	13:00
3	II.	13:00	13:50
1	III.	13:30	14:00
2	I.	14:00	14:50
3	III.	14:30	15:00
1	II.	15:00	15:50
2	III.	15:30	16:00
3	I.	16:00	16:50

Zdroj: vlastní zpracování

Největší návštěvnost zámek zaznamenává vždy o prázdninách, kdy lidé jezdí na dovolenou a k zábavě patří také návštěva kulturních památek. Z důvodu velké návštěvnosti platí jiný režim než v ostatních měsících a do nabídky jsou také zařazeny i speciální prohlídky, tj. Prohlídka zámeckého sklepení a Prohlídka pro děti do 10 let. Rozvrh prohlídek platící o letních prázdninách je zaznamenán v *Tabulka 3 - Rozvrh pro průvodce (letní prázdniny)*.

Tabulka 3 - Rozvrh pro průvodce (letní prázdniny)

Průvodce	Trasa	Od	Do
1	I.	9:00	9:50
3	III.	9:10	9:40
4	Sklepení	9:25	9:55
2	I.	9:30	10:20
3	II.	10:00	10:50
4	II.	10:30	11:20
1	III. Pro děti do 10 let	10:30	11:00
2	I.	11:00	11:50
1	III.	11:20	11:50
3	I.	11:30	12:20
4	II.	12:00	12:50
1	II.	12:30	13:20
2	Sklepení	12:25	12:55
3	I.	13:00	13:50
2	Sklepení	13:15	13:45
4	I.	13:30	14:20
1	II.	14:00	14:50
2	II.	14:30	15:20
3	III. Pro děti do 10 let	14:30	15:00
4	I.	15:00	15:50
1	I.	15:30	16:20
3	III.	15:20	15:50
2	II.	16:00	16:50
4	Sklepení	16:10	16:40

Zdroj: vlastní zpracování

#### 4.3.3 Pracovní náplň průvodce

Jak bylo uvedeno již výše, průvodci zákupského zámku se nesespecializují na jednotlivé prohlídkové okruhy. Musí tak být schopni odvést jakoukoliv nabízenou prohlídku v daném období.



Ráno se vždy na začátku pracovní doby průvodci nejprve sejdou s hlavní pokladní dne, která jim každému přidělí číslo. Průvodce se pak na základě stanoveného čísla řídí denním rozvrhem a ví tak, kdy a na kterou prohlídku půjde. Čísla průvodců se postupně každý den mění, aby bylo rozdělení spravedlivé.

Průvodci podle stanoveného rozvrhu odvádějí jednotlivé prohlídky. Mezi prohlídkami má průvodce vždy pauzu, která v letním období trvá průměrně 35 minut a v měsících mimo letní prázdniny 52 minut. Volný čas o přestávce průvodci tráví v místnosti jim určené, kde mají možnost se věnovat svým zájmům, či si půjčit některou z knih z tamější knihovny a rozvíjet své znalosti v oblasti historie. O přestávce však může být průvodce také požádán hlavní pokladní, aby provedl některé drobné práce, které jsou právě potřeba. Může se jednat například o zalévání květin nebo očištění posezení připraveného na nádvoří zámku pro návštěvníky. V neposlední řadě pak průvodci v pauze mezi prohlídkami odvádějí skupinky zájemců o Dětskou trasu. Ta bývá vypisována na 15 minut respektive 45 minut po celé hodině právě z důvodu, že v tuto dobu vždy některý z průvodců není zaneprázdněn.

#### **4.4 Návštěvníci zámku**

Na zámek se přicházejí podívat různí návštěvníci a každý z nich má jiné očekávání od návštěvy zámku. Nacházíme mezi nimi jedince, kteří se více či méně zajímají o historii, lidi, které zajímá architektura a přijeli si zámek jednoduše prohlédnout, popřípadě takové návštěvníky, kteří jsou na dovolené a snaží se naplnit svůj volný čas. Všichni se při návštěvě zámku chovají jinak, mají jiné požadavky na nabízené prohlídkové okruhy. Není v silách žádného podniku se zavděčit všem jeho zákazníkům, proto se i zámek musí zamyslet, jací jsou jeho návštěvníci, aby jim mohl nabídnout odpovídající produkt. Z tohoto důvodu zámek v současné době nabízí 6 prohlídkových okruhů, které byly podrobně popsány výše v kapitole 4.2 *Služby zámku Zákupy*, aby si každý návštěvník mohl vybrat, co je pro něj to pravé.

##### **4.4.1 Základní typy návštěvníků zámku a jejich chování**

Jak uvádí předchozí odstavec, návštěvníků zámku je široká škála, proto je nyní na místě uvést základní typy návštěvníků a jejich chování.

*Karel Historik – milovník historie, 42 let*

*Pan Karel je ženatý muž, který se po celý život věnuje ve svém volném čase historii. Velice rád navštěvuje historické objekty, zámky, hrady, zříceniny apod. a vyhledává si o nich informace. Rodina jeho nadšení příliš nesdílí, a tak pan Karel vyráží na výlety většinou sám. Je zvědavý, na prohlídce zámku pečlivě poslouchá výklad průvodce a někdy si dokonce píše poznámky. Neváhá ani vstoupit průvodci do výkladu a položit otázku. Při návštěvě zámku, který ještě nezná, volí pan Karel z nabídky hlavní základní okruhy a zpravidla nevybírá pouze jeden. Rád ale navštěvuje historické objekty opakovaně a uvítá tedy nové či speciální prohlídky.*

*Eva Zájezdová – důchodkyně, 65 let*

*Paní Eva je ovdovělou důchodkyní, žije sama ve svém bytě. Dříve s manželem často jezdili ve volném čase na výlety. Nyní se snaží ve svém životním stylu pokračovat. Má kamarádky ve stejném věku a s nimi chodí na výlety po okolí, aby se však podívali i jinam, využívají možnosti poznávacích zájezdů. Tyto dámy přijíždějí na zámek autobusem a mají předem objednanou prohlídku pro skupinu. Zpravidla volí I. prohlídkový okruh, případně kombinaci I. a II. okruhu.*

*Petra Rodinná – 35 let*

*Petra je matkou 2 dětí, má staršího osmiletého syna Jana a mladší pětiletou dceru Anežku. O letních prázdninách vyráží celá rodina na dovolenou, například do severních Čech. Teplé letní dny tráví především na koupališti, nebo na výletě v přírodě. Když se ale zhorší počasí, musí vymyslet pro děti jinou zábavu, a tak vyráží na zámek v Zákupích, kde mohou navštívit Prohlídku pro děti do 10 let a Dětskou trasu.*

Uvedené typy návštěvníků jsou zástupci různorodé skupiny lidí, kteří na zámek přicházejí. Každý z nich má jiné nákupní chování vyplývající z jeho povahy a zájmu, s jakým na zámek zavítal. Sem můžeme také zařadit trpělivost zákazníka a ochotu čekat ve frontě na pokladně, či později již na samotnou prohlídku. Může se stát, že zákazníci s nižší ochotou čekat na obslužení po jisté době frontu opustí a zámek tak o zákazníka přijde. V zájmu zákupského zámku, ale i jakéhokoli jiného, je proto snažit se takovým situacím předcházet.

Důvodem k opuštění fronty, nebo dokonce nezařazení se do fronty, může být:

- uzavřená pokladna, která se otevře např. 15 minut před zahájením následující prohlídky,
- nedostatečná možnost získání informací o nabízených prohlídkových okruzích, které dnes budou vypravovány,
- dlouhé čekání na prohlídku po zakoupení vstupenky.

Z dlouhodobého pozorování víme, že návštěvníci z fronty na pokladně zákupského zámku odcházejí jen velmi ojediněle, jedná se o pouhé jedince za rok. Důvodem je především dobrá dostupnost informací o nabízených možnostech prohlídek a také to, že pokladna zákupského zámku je otevřena nepřetržitě po celý den.

Již před samotnou návštěvou zámku může návštěvník zavítat na webové stránky zámku Zákupy, kde nalezne informace o aktuálně nabízených prohlídkových okruzích, ale také plánovaných akcích do budoucna. Stejně tak jsou aktuální informace k nalezení mezi pravidelně přidávanými příspěvky na facebookový profil zámku.

Pokud se návštěvník neinformoval před příchodem na zámek, po vstupu na první nádvoří nalezne velikou informační tabuli, která podrobně a přehledně shrnuje informace o nabízených okruzích a plánovaných akcích v budoucnu.

Následně návštěvník pokračuje do první místnosti pokladny, kde se nachází informační obrazovka, tzv. screenbox. Na ní je uveden přehled všech prohlídkových tras, které budou v daný den vypraveny. Obrazovka také uvádí přesný čas odchodu prohlídky a aktuální počet volných míst.

Při samotné koupi vstupenek může také pokladní návštěvníkům poskytnout ještě podrobnější vysvětlení, co na kterém okruhu mohou vidět, a navíc jsou za pokladním pultem na stěně opět vyvěšeny tabule s názvy jednotlivých prohlídkových tras, kde jsou k vidění dokonce fotografie některých místností z dané prohlídky.

#### **4.5 Současné problémy provozu**

Jak bylo popsáno v kapitole 4.3.2 *Rozvrh prohlídek*, provoz zámku Zákupy se v průběhu roku řídí nastavenými pravidly. Ta byla stanovena pozorováním, jak se systém za daných podmínek chová, zda nabídka zámku odpovídá poptávce návštěvníků. V praxi to probíhá tak, že při otevření nové prohlídkové trasy se tato trasa zařadí do rozvrhu dne v takové četnosti podle předpokládaného zájmu návštěvníků. Následně jsou prohlídky

vypravovány podle nového harmonogramu a pozoruje se, jak se systém chová. Toto pozorování probíhá přibližně týden. Pakliže poptávka neodpovídá nabídce, denní rozvrh prohlídek se dle potřeby upraví.

Pravidla jsou však nastavena tak, aby byla obecně platná. Mohou ale nastat případy, kdy systém dle daných pravidel bude pracovat neefektivně.

Taková situace se může objevit například ve chvíli, kdy na zámek v krátkém časovém intervalu přijede vysoký počet návštěvníků, kteří budou mít zájem o stejný prohlídkový okruh. Po naplnění kapacity první nejbližší prohlídky by ostatní zájemci, kteří se nevešli, museli čekat na následující nejbližší prohlídku daného okruhu, případně zvolit okruh jiný. Mohlo by se tak stát, že někteří návštěvníci nebudou ochotni čekat a zámek opustí.

Může nastat i opačný případ, kdy v daný den naopak přijde na zámek návštěvníků velmi málo. Prohlídky odcházejí s minimálním počtem návštěvníků a pokud žádný zájemce nepřijde, nebo není splněna podmínka minimálního počtu osob, prohlídka není vůbec vypravena a průvodce, který měl tuto prohlídku vést, má volno.

Tyto situace lze předvídat pouze částečně, záleží vždy na velkém množství faktorů, které mají na rozhodování jednotlivých návštěvníků vliv, jako je například počasí, roční období, ale i konkrétní měsíc apod. Aby se alespoň částečně nečekaným výkyvům předcházelo, doporučuje správa zámku na svých webových stránkách velkým skupinám nad 10 osob rezervovat si místo na prohlídce. V případě velkých zájezdů čítajících 30 a více osob je zde také možnost zajistit průvodce navíc oproti klasickému rozpisu. Díky tomuto opatření se nemůže stát, že by běžní návštěvníci byli odmítnuti z důvodu kapacity prohlídky.

Oproti tomu nízké návštěvnosti se lze vyvarovat poměrně těžko. Zámek se snaží návštěvníky nalákat různou formou propagace, k čemuž využívá například facebookovou stránku, či profil na Instagramu, kam pravidelně přidává příspěvky. Přesto však vždy záleží na konkrétním návštěvníkovi, jak se rozhodne strávit svůj volný čas. Návštěvní řád zámku udává, že prohlídky jsou vypravovány minimálně se třemi návštěvníky. K tomuto opatření se však přistupuje pouze výjimečně a prohlídky jsou vypraveny i s menším počtem osob. Důvodem je kladení důrazu na spokojenost návštěvníků, kteří by nemuseli být ochotni počkat, než přijdou další zájemci, a mohli by zámek opustit.

## 4.6 Návrh optimalizace provozu

V této části práce se již dostáváme k samotnému návrhu optimalizace provozu. Ten si klade za cíl stanovit, podle jakého klíče by měly být vypravovány prohlídky v průběhu dne s důrazem kladeným na spokojenost návštěvníků zámku.

Vzhledem k tomu, že návštěvníci přicházejí na pokladnu zámku v nestejných intervalech, bude optimální systém provozu navržen s využitím simulace. Simulace bude provedena celkem dvakrát. Nejprve budou použita skutečná data o příchozech návštěvníků do pokladny zámku, respektive zakoupení vstupenky, viz *Příloha 1 – Data z pokladního systému zámku (vzorový den z července 2019)*. Nevýhoda použití reálných dat spočívá v tom, že návštěvníci, kteří přišli na pokladnu, se při koupi vstupenky rozhodovali podle nabízených okruhů v danou chvíli. Pokud se tedy stalo, že přišel návštěvník, který by si rád prohlédl okruh III, který ovšem vycházel až za 2 hodiny, s velkou pravděpodobností si návštěvník zvolil jiný okruh, který vycházel dříve. Z uvedeného vyplývá, že ne vždy jsou reálná data o zakoupených vstupenkách odrazem skutečného přání zákazníka.

Proto bude simulace provedena podruhé a v tomto případě budou data o příchozech zákazníků na pokladnu generovány s využitím vypočtených pravděpodobností příchoďů návštěvníků na pokladnu v konkrétních časových intervalech a pravděpodobností zakoupení vstupenky na konkrétní prohlídkový okruh.

V obou případech bude simulace provedena s využitím programu, který byl vytvořen výhradně pro potřeby této práce za pomoci Bc. Ondřeje Pletichy, který je absolventem Fakulty informačních technologií ČVUT, a poskytl potřebné znalosti v oblasti IT pro napsání programu. Využitý program je napsán v programovacím jazyce Python 3 a je obsažen v *Příloze 2 – Simulační program*.

## 4.7 Program pro simulaci provozu

Při tvorbě programu, s jehož pomocí bude simulován provoz zámku Zákupy, byly brány ohledy především na dvě kritéria.

Prvním je spokojenost návštěvníka s cílem uspokojit jeho přání při návštěvě zámku. To znamená, že naším cílem je, aby si návštěvník mohl zvolit jakýkoliv z nabízených prohlídkových okruhů a aby na svou prohlídku musel čekat co nejkratší dobu. Proto při simulaci jsou sledovány hodnoty následujících ukazatelů:

- Celkový počet odbavených návštěvníků za den (počet osob),
- Celkový počet neobsloužených návštěvníků za den (počet osob),
- Průměrná velikost prohlídek (počet osob),
- Průměrná doba čekání (minuty),
- Maximální doba čekání (minuty).

Druhým kritériem je pak omezení ze strany zámku na lidské zdroje. Pokud bychom se řídili pouze prvním kritériem, znamenalo by to mít neomezené množství průvodců na pracovišti, kteří by byli připraveni okamžitě obsloužit zákazníka. To v praxi samozřejmě není možné. Navíc by vyšší počet průvodců znamenal vyšší náklady na mzdy, které by musely být vyplaceny i v případě, že by průvodce nebyl plně využit. Tak, jako jakýkoliv jiný podnik, je potřebné, aby i zámek generoval zisk z poskytovaných služeb, který pak pokrývá náklady na provoz zámku. Z tohoto důvodu byl pro potřeby druhého kritéria zvolen ukazatel „Tržba za den“ v Kč.

Základem simulačního programu jsou dvě aktivity, zařazování zákazníka do front a vypravování prohlídek. Celkově tak program provádí čtyři podstatné kroky. Jsou to:

1. Zařazení návštěvníka do fronty,
2. Kontrola dostupnosti průvodců,
3. Výpočet skóre front,
4. Vypravení prohlídky.

První krok provádí program při příchodu nového návštěvníka do pokladny a zbývající tři kroky pak vždy, když nastane čas vyslat další prohlídku.

Doba, kdy má být vypravena prohlídka, je jedním z parametrů, který je možno nastavit před spuštěním simulace dle potřeby. Respektive si uživatel programu nastavuje časový interval mezi odchody prohlídek. Tato funkce programu je pro práci zásadní, protože cílem simulace bude právě nalezení optimálního intervalu mezi prohlídkami.

Data z pokladního systému za měsíc červenec 2019 obsahují přesný čas zakoupení vstupenky. Proto simulační program kontroluje celý den stav zakoupených vstupenek na jednotlivé okruhy po minutách od 8:00 do 16:15. Důvodem pro takový časový interval je skutečnost, že otevírací doba v hlavní sezóně je od 9:00, kdy vychází první prohlídka, do

16:10, kdy naopak odchází prohlídka poslední. Proto je program nastaven tak, že kontrola nových zákazníků je zahájena již v 8:00, návštěvníci si mohou vstupenku zakoupit již před devátou hodinou, ale první prohlídka může být vypravena nejdříve v 9:00. Naopak poslední kontrola probíhá v 16:15, kdy by při mimořádných okolnostech mohla být vypravena poslední prohlídka dne.

Celkem zámek Zákupy nabízí 6 prohlídkových okruhů, proto je také 6 front, do kterých se přichází návštěvníci řadí. Vždy, když přijde nový návštěvník a zakoupí si v pokladně zámku vstupenku na vybraný okruh, je na základě čísla vstupenky programem zařazen do konkrétní fronty dle zvoleného prohlídkového okruhu. Některé okruhy jsou návštěvníky preferovány před ostatními, především I. okruh a II. okruh. Mohla by tak nastat situace, kdy při velkém zájmu o trasy I. a II. bude program vysílat pouze tyto prohlídky a jiné nemusí být vůbec do denního rozpisu zařazeny, i přes to, že si někdo zakoupil vstupenku. Proto je zapotřebí zajistit, aby i méně preferované okruhy byly vypravovány. Z toho důvodu program vždy počítá dobu od zakoupení první vstupenky na daný okruh a tato doba čekání se následně promítne ve výpočtu skóre dané fronty, díky němuž je zvolena následující vypravovaná prohlídka.

Níže uvedený *Obrázek 1 - Diagram aktivit simulačního programu* znázorňuje posloupnost klíčových aktivit, které simulační program provádí vždy pro každý den zvlášť.





#### 4.7.1 Zařazení návštěvníka do fronty

Přijde-li nový návštěvník do pokladny a zakoupí si vstupenku na vybranou prohlídkovou trasu, na základě čísla vstupenky je pak přiřazen do fronty na konkrétní prohlídku, kde čeká, než bude prohlídka vypravena. Není nutné, aby si každý návštěvník vždy zakoupil vlastní vstupenku, vstupenky jsou hromadné, a tak jedna vstupenka může posloužit i pro skupinu návštěvníků.

#### 4.7.2 Kontrola dostupnosti průvodců

V kapitole 4.3.3 *Pracovní náplň průvodce* byla podrobně popsána pracovní náplň průvodce. Po odvedení jakékoliv prohlídky má průvodce nárok na odpočinek, není tedy možné, aby průvodce po dokončení prohlídky byl ihned vyslán na další prohlídku. Tato skutečnost je v simulačním programu ošetřena tím, že k délce prohlídky je přičten čas pro odpočinek. Celková doba trvání prohlídky je tak navýšena o dobu odpočinku. Například prohlídka I. okruhu trvá 50 minut a nim přičteme 30 minut pauzy. Průvodce je tedy zaneprázdněn celkem 80 minut a nemůže být v tuto dobu vyslán na další prohlídku. Ve skutečnosti však může být průvodce v době pauzy vyslán k odvedení 15minutové Dětské trasy, což pro případy naší simulace bude zanedbáno.

Nastane-li čas, kdy má být vypravena prohlídka, program provede kontrolu, za je, či není, alespoň jeden průvodce k dispozici. Pakliže jsou všichni průvodci zaneprázdněni, program nebude provádět žádné další kroky až do chvíle, kdy nastane čas vypravení další prohlídky. Pokud je ale některý z průvodců připraven, program přistoupí k dalšímu kroku.

#### 4.7.3 Výpočet skóre front

Program zjistil, že je na čase, aby byla vypravena prohlídka. V tuto chvíli je proto nutné stanovit, jaká fronta má přednost před ostatními a bude proto vypravena na prohlídku.

Rozhodnutí o preferenci bude provedeno na základě výpočtu skóre každé fronty v tomto kroku. Fronta, která bude mít skóre nejvyšší, bude preferována před ostatními.

Skóre front je vypočteno s využitím jednoduché rovnice (4.1) o dvou proměnných  $x_i$  a  $y_i$ . Proměnná  $x_i$  představuje počet lidí, kteří čekají ve frontě na  $i$ -tý prohlídkový okruh, a druhá proměnná  $y_i$  zachycuje čas v minutách, který uplynul od zakoupení první vstupenky na tento okruh.

Abychom dokázali správně stanovit hodnotu skóre  $i$ -té fronty je na místě zamyslet se nad tím, která z proměnných má pro nás větší význam a které proto přiřadíme vyšší

parametr v rovnici, aby byla při výpočtu skóre zdůrazněna. Rovnice pro výpočet skóre je funkcí s lineárním průběhem, jde o součet hodnot proměnných  $x_i$  a  $y_i$  s parametry  $a$  a  $b$ .

Je důležité sledovat, jak dlouho již návštěvník, který si na daný okruh zakoupil vstupenku jako první, čeká na svou prohlídku. Je však pouze jeden. Proto předpokládáme, že větší význam pro nás bude mít skutečnost, že na prohlídku jiného okruhu čeká více návštěvníků. Preferovat tedy budeme proměnnou  $x_i$ , proto platí  $a > b$  a rovnice výpočtu skóre front je následující.

$$z_i = ax_i + by_i \quad (4.1)$$

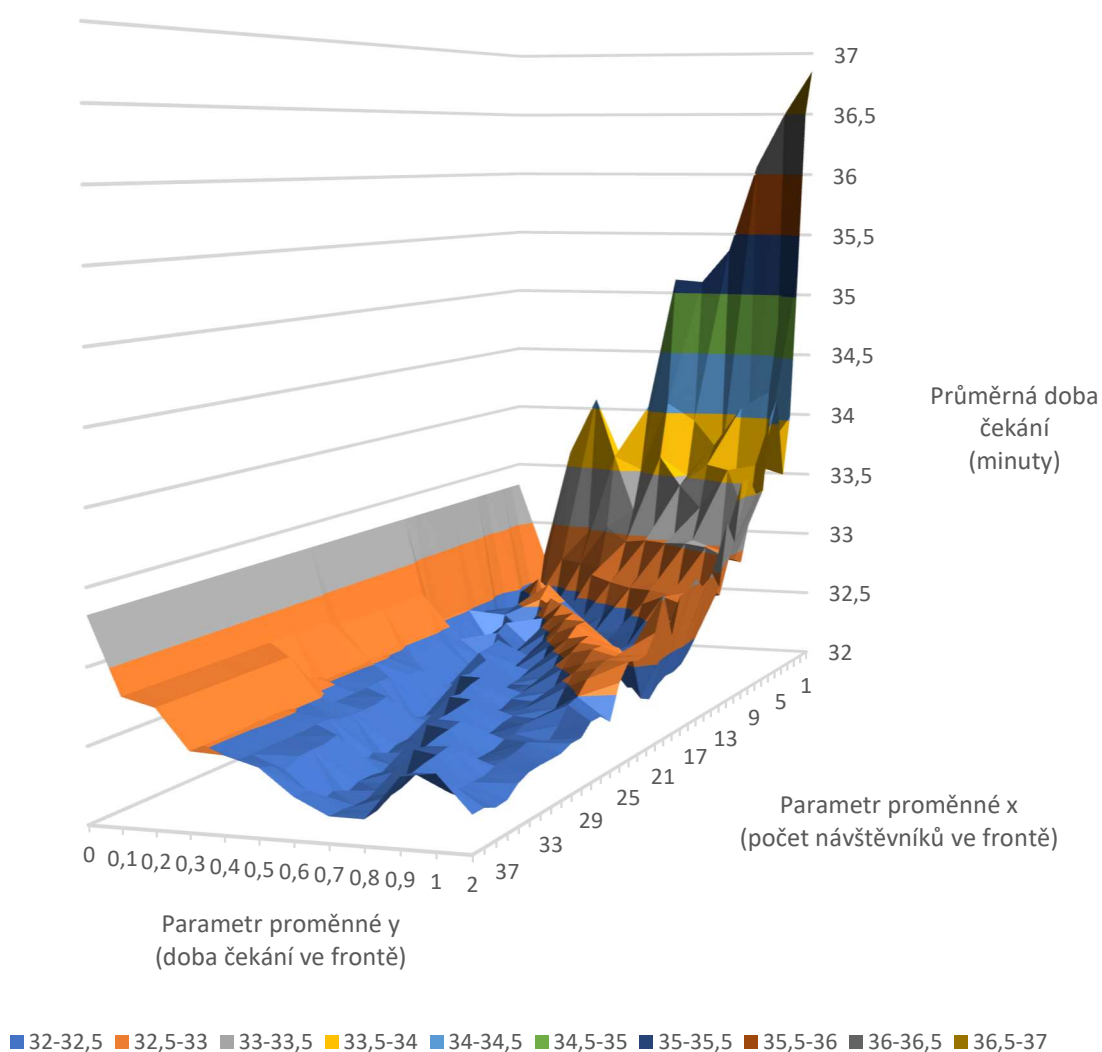
$x_i$  ... počet návštěvníků v  $i$  – té frontě

$y_i$  ... doba, která uplynula od prvního zakoupení vstupenky na  $i$  – tý okruh

Aby mohla být simulace provozu státního zámku Zákupy provedena kvalitně, je zapotřebí dobře sestavit funkci pro výpočet skóre front, respektive vhodně zvolit parametry  $a$  a  $b$ . K nalezení hodnot parametrů byla provedena opakovaná simulace simulačním programem pro každou kombinaci, která může nastat. Proběhla celkem 1080krát. Výsledkem testování je nalezení optimální hodnoty parametru  $a$ , která se nachází v množině  $A = \{1; \dots; 40\}$ , a optimální hodnoty parametru  $b$  z množiny  $B = \{0; 0,1; \dots; 1\} \cup \{1; \dots; 17\}$ . Pro každou kombinaci hodnot z množin  $A$  a  $B$  byla spuštěna simulace s reálnými daty o příchodech návštěvníků na zámek z července 2019 a bylo pozorováno, jak se změni průměrná doba čekání návštěvníka v průběhu celého měsíce při dané kombinaci parametrů. Výsledné hodnoty jsou obsaženy v následujícím *Graf 1 – Průměrná doba čekání návštěvníka*.

Graf znázorňuje, jaká bude průměrná doba čekání návštěvníků na prohlídkové okruhy za celý měsíc červenec od zakoupení vstupenky na pokladně až po odchod na prohlídku při konkrétní kombinaci parametrů rovnice (4.1) pro výpočet skóre front. Z důvodu zpřehlednění je graf v oblasti osy  $y$ , na níž jsou zachyceny hodnoty, které může nabývat parametr  $b$ , omezen pouze na hodnoty  $\{0; 0,1; \dots; 1; 2\}$ . Testování bylo provedeno také pro ostatní hodnoty z množiny  $B$ , jejich výsledky však nabývaly vysokých hodnot a naším cílem bylo nalezení minima funkce, proto graf znázorňuje pouze oblast s nejnižšími dosaženými výsledky, kde se také nachází globální minimum funkce.

Graf 1 – Průměrná doba čekání návštěvníka



Zdroj: vlastní zpracování

Bylo nalezeno globální minimum funkce, jehož hodnota je ve výši 32,1309 minut. Dále však bylo zjištěno, že funkce svého minima nenabývá pouze v jednom bodě, ale

minimum se ve výsledcích opakuje celkem šestkrát, jak znázorňuje *Tabulka 4 - Globální minimum funkce*.

Tabulka 4 - Globální minimum funkce

		$b_k$					
		0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6
$a_j$	6	<b>32,1309</b>	32,274	32,244	32,3393	32,6622	32,7196
	12	32,5117	<b>32,1309</b>	32,479	32,274	32,6548	32,244
	18	32,7692	32,4335	<b>32,1309</b>	32,4452	32,3049	32,2977
	24	32,8273	32,5117	32,4394	<b>32,1309</b>	32,2258	32,479
	30	32,8257	32,7693	32,5003	32,3964	<b>32,1309</b>	32,1669
	36	32,8257	32,7692	32,5117	32,4335	32,4011	<b>32,1309</b>

Zdroj: vlastní zpracování

Je zde patrný jistý trend, a sice, že hodnota minima se opakuje vždy, když parametr  $a$  je právě šedesátinásobkem parametru  $b$ . Proto lze předpokládat, že bychom minimální hodnotu funkce našli i při testování dalších kombinací splňujících uvedenou podmínku. Můžeme tedy říci, že nalezení optimální hodnoty parametrů  $a$  a  $b$  odpovídá rovnici (4.2).

$$a = 60b, \quad \text{kde } a; b > 0 \quad (4.2)$$

Z výše uvedeného vyplývá, že optimální vztah pro výpočet skóre  $i$ -té fronty bude následující.

$$z_i = 60x_i + y_i \quad (4.3)$$

Návštěvní řád zámku dále uvádí, že prohlídky jsou vypravovány v případě, že minimální počet zájemců dosáhl hodnoty alespoň 3 osoby. V opačném případě nemusí být prohlídka vypravena, o čemž rozhodne vždy pokladník. Ve skutečnosti je toto opatření aplikováno jen velmi výjimečně, a proto bude v případě této simulace zanedbáno.

#### 4.7.4 Vypravení prohlídky

Pakliže je vše v pořádku, program přistoupí k poslednímu kroku, jímž je samotné vypravení prohlídky. Tento krok spočívá ve sčítání návštěvníků, kteří si na daný okruh zakoupili vstupenku. Přičítání probíhá až do naplnění kapacity prohlídky. Pokud zbývají například 2 volná místa a přijde skupina 5 lidí, program prohlídku uzavře, protože nově příchozí by již překročili maximální kapacitu, a ponechá je ve frontě. Ačkoliv stále zbývají dvě volná místa, nikdo další si již vstupenku na tuto konkrétní prohlídku nebude moci koupit a prohlídka odchází s nenaplněnou kapacitou. Ve skutečnosti se však může stát, že ve frontě na zakoupení vstupenek bude za pětičlennou skupinou stát jeden či dva návštěvníci, které by pokladní doplnila do zbývajících volných kapacit prohlídky a ta by pak vycházela zcela plná.

### 4.8 Simulace provozu

Následující část diplomové práce se již zabývá samotnou simulací provozu státního zámku Zákupy. Simulace je provedena s využitím výše popsaného programu v kapitole 4.7 *Program pro simulaci provozu*, a to ve dvou variantách.

Nejprve jsou pro potřeby simulace provozu zámku použita skutečná data o příchozech návštěvníků na zámek v červenci 2019. Výsledky této simulace jsou však zkreslené. Důvodem je, že návštěvníci, kteří přicházeli do pokladny zámku, byli při volbě prohlídkového okruhu ovlivněni nabízenými okruhy v danou chvíli. Je proto velmi pravděpodobné, že si návštěvníci často nevybírali prohlídkové okruhy dle svých preferencí, ale spíše dle svých časových možností.

Simulace je proto provedena opakovaně. Nyní jsou však příchody návštěvníků generovány dle vypočítaných pravděpodobností a výsledná data jsou proto přesnější. Výsledky obou simulací jsou porovnány oproti stávajícímu provozu zámku Zákupy.

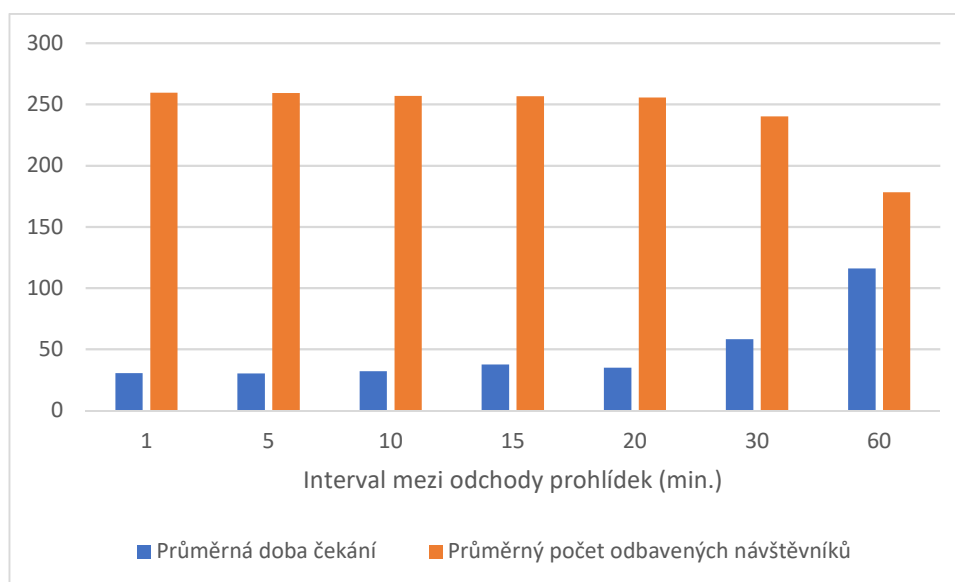
#### 4.8.1 Simulace 1 – reálná data

Jak je uvedeno výše, první varianta simulace provozu zámku je prováděna na základě skutečných dat o příchozech návštěvníků do pokladny a prohlídkových okruzích, které si návštěvníci zakoupili.

Simulační program požaduje před svým spuštěním jisté vstupy. Mezi ně patří již zmiňovaná data o příchozech návštěvníků do pokladny v podobě CSV souboru, dále parametr, který určuje rozestup mezi vypravovanými prohlídkami, a v neposlední řadě také koeficienty  $a$  a  $b$ , které byly popsány v kapitole 4.7.3 *Výpočet skóre front*. Proto bylo

zapotřebí ještě před spuštěním simulačního programu stanovit, v jakých časových intervalech bude program kontrolovat, zda není na čase, aby byla vypravena prohlídka. Pro nalezení vhodné délky intervalu byla několikrát spuštěna simulace a následně byly vzájemně porovnány výsledky pro jednotlivé hodnoty. Testovány byly tyto délky intervalu: 60 minut, 30 minut, 20 minut, 15 minut, 10 minut, 5 minut a 1 minuta. Bylo vyzorováno, že čím je délka intervalu mezi kontrolami kratší, tím lepší jsou výsledky celé simulace. Situace je zachycena na *Graf 2 - Stanovení délky intervalu kontroly*, který zobrazuje výsledek simulace při různých délkách intervalu. Při pozorování byly sledovány hodnoty „Průměrná doba čekání návštěvníka“ v minutách a „Průměrný celkový počet odbavených návštěvníků za den“. Jedná se o průměrné hodnoty za celý měsíc červenec 2019.

Graf 2 - Stanovení délky intervalu kontroly



Zdroj: vlastní zpracování

Z grafu je patrné, že s prodlužováním intervalu mezi kontrolami, respektive minimálního času mezi odchody prohlídek, se zvyšuje průměrná doba čekání návštěvníka, a naopak klesá celkový počet odbavených návštěvníků. Drobné výkyvy jsou způsobeny zkreslením dat, ze kterých vycházíme, vyplývajícím z důvodů objasněných v kapitole *4.8 Simulace provozu*.

Nejlépeších výsledků dosahujeme při délce intervalu 1 minuta, či 5 minut, dosažené hodnoty se zde liší pouze v řádech desetin a setin. V obou případech průměrně lidé na prohlídku čekají 30 minut a celkem je za den obslouženo 259 návštěvníků. Uvažujeme-li

však skutečný provoz zámku je zřejmé, že prohlídky nemohou být vypravovány s pouhým minutovým odstupem, proto je za vhodný rozestup mezi možnými odchody prohlídek zvolena hodnota 5 minut.

Dále bylo potřebné stanovit, co bude považováno za výsledek simulace. Tato práce si klade za cíl navrhnout nový systém obsluhy návštěvníků zámku se zaměřením na spokojenost návštěvníků souběžně s uspokojením ekonomických potřeb zámku Zákupy. Z tohoto důvodu bylo v simulaci rozhodnuto o sledování následujících hodnot.

- Celkový počet odbavených návštěvníků za den (os.)
- Celkový počet neobsloužených návštěvníků za den (os.)
- Průměrná velikost prohlídek (os.)
- Průměrná doba čekání (min.)
- Maximální doba čekání (min.)
- Tržba za den (Kč)

Pro přehlednost zde v textu nejsou uvedeny všechny výsledky získané simulací 1. Podrobné výsledky provedené simulace jsou obsaženy v *Příloze 3 – Výsledky simulace 1 (se zájezdy)*. Pro shrnutí *Tabulka 5 - Průměrné výsledné hodnoty ukazatelů simulace 1* uvádí průměrné hodnoty sledovaných ukazatelů. Průměrně je tedy tímto způsobem v měsíci červenci 2019 obslouženo 260 návštěvníků denně s denní tržbou 19 069 Kč.

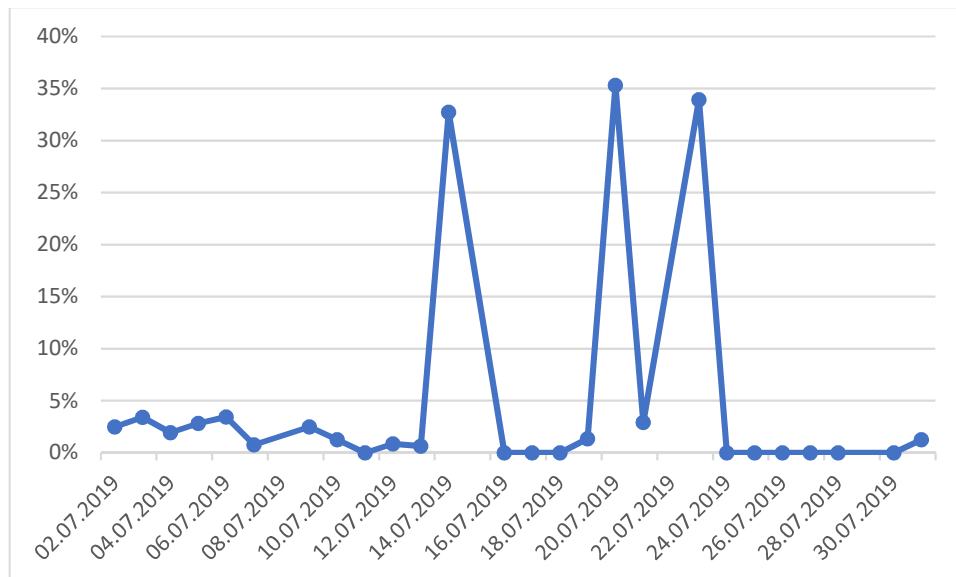
Tabulka 5 - Průměrné výsledné hodnoty ukazatelů simulace 1

Ukazatel	Průměrná hodnota
Celkový počet odbavených návštěvníků za den (os.)	260
Celkový počet neobsloužených návštěvníků za den (os.)	12
Průměrná velikost prohlídek (os.)	10
Průměrná doba čekání (min.)	32
Maximální doba čekání (min.)	198
Tržba za den (Kč)	19 069

Zdroj: vlastní zpracování

Následující *Graf 3 – Procento neobsloužených návštěvníků* znázorňuje v průběhu celého měsíce vývoj procentuálního podílu počtu návštěvníků, které program nedokázal obsloužit, na celkovém počtu příchozích návštěvníků za den.

Graf 3 – Procento neobsloužených návštěvníků



Zdroj: vlastní zpracování

Z grafu vidíme, že v průběhu celého měsíce července se počet návštěvníků zámku, které program nedokázal obsloužit, pohybuje do 5 %. Jsou zde však patrné i jisté výkyvy dosahující hodnot nad 30 %. Po nahlédnutí do základního souboru dat, z nichž vycházíme, bylo zjištěno, že tyto vysoké odchylky jsou způsobeny početnými skupinami návštěvníků,

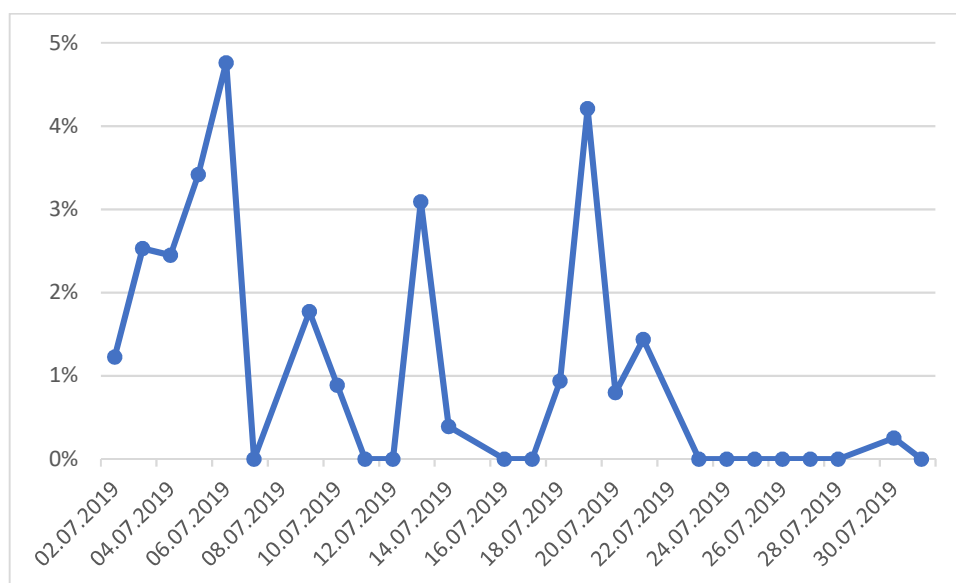


kteří si zakoupili vstupenku na prohlídkový okruh. Jednalo se o poznávací zájezdy, které mají povinnost se před návštěvou zákupského zámku objednat a nahlásit počet osob. Dle návštěvního řádu zámku takto musí učinit všechny skupiny návštěvníků nad 10 osob, aby mohla být případně vypravena mimořádná prohlídka pouze s touto skupinou. Například 14. července, kdy nebylo obslouženo celkem 33 % návštěvníků byl objednán na I. prohlídkovou trasu zájezd o 43 osobách. Takto početný zájezd není možno obsloužit za běžného provozu, a proto pro něj byla vypravena mimořádná prohlídka v 15:15.

Jak bylo uvedeno, skupiny čítající 10 a více osob mají povinnost si rezervovat svá místa na prohlídkovém okruhu, o něž mají zájem, a velmi často z důvodu vysokého počtu zájemců jsou jejich prohlídky vypravovány mimořádně. Není však předmětem této práce zaměřovat se na mimořádné události, které mohou nastat. Ty zpravidla bývají ve skutečném provozu řešeny operativně například zkrácením pauzy některého z průvodců a úpravou denního rozvrhu, který přiřazuje průvodce na konkrétní prohlídky v daný den. Proto za účelem zvýšení reprezentativnosti výsledků simulace budou nadále z dat odstraněny skupiny čítající více než 10 osob a simulace bude provedena podruhé.

Výsledky simulace po úpravě dat zachycuje *Graf 4 - Procento neobsloužených návštěvníků po úpravě dat* a podrobné výsledky jsou obsaženy v *Příloze 4 - Výsledky simulace 1 (bez zájezdů)*. Také zde si můžeme povšimnout jistých výkyvů, jedná se ale pouze o rozdíly v jednotkách procent a celkově se podíl neobsloužených návštěvníků pohybuje pouze do 5 %.

Graf 4 - Procento neobsloužených návštěvníků po úpravě dat



Zdroj: vlastní zpracování

Následující *Tabulka 6 - Průměrné výsledné hodnoty ukazatelů simulace 1 po úpravě dat* obsahuje shrnutí výsledků v podobě průměrných hodnot ukazatelů, které byly získány simulací.

Tabulka 6 - Průměrné výsledné hodnoty ukazatelů simulace 1 po úpravě dat

Ukazatel	Průměrná hodnota
Celkový počet odbavených návštěvníků za den (os.)	262
Celkový počet neobsloužených návštěvníků za den (os.)	3
Průměrná velikost prohlídek (os.)	11
Průměrná doba čekání (min.)	30
Maximální doba čekání (min.)	198
Tržba za den (Kč)	19 301

Zdroj: vlastní zpracování

V *Tabulce 6* vidíme, že po očištění dat o početné skupiny se výsledné hodnoty zlepšily. Celkový počet obsloužených návštěvníků se zvýšil na 262 osob za den a zvýšila se také denní tržba na 19 301 Kč. Výrazně také klesl počet neobsloužených návštěvníků na pouhé 3 osoby.

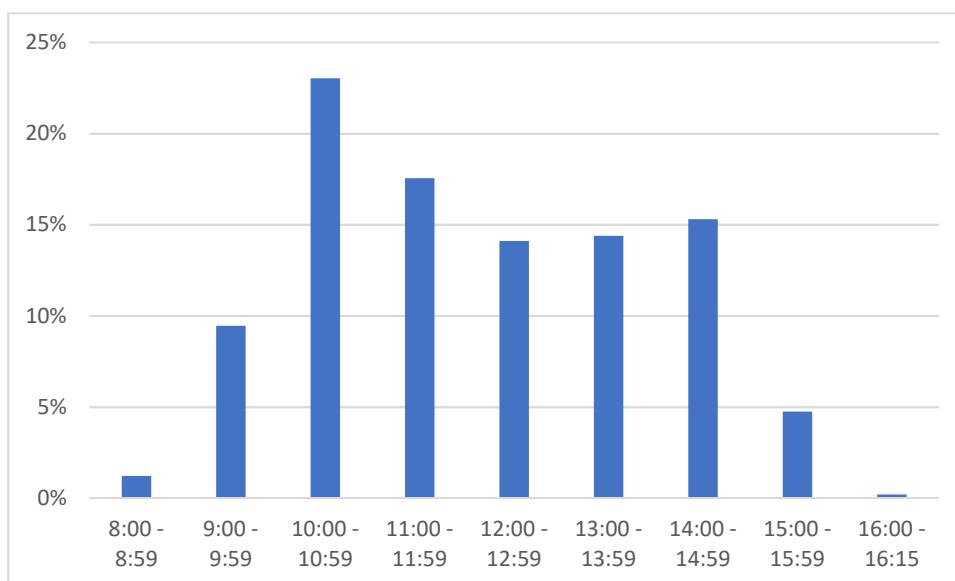
Protože za současné situace jsou v hlavní sezóně na zámku k dispozici každý den 4 průvodci, byla také simulace provedena pro provoz se 4 průvodci. Simulační program však umožňuje nastavit také parametr počet průvodců. Díky němu máme možnost posoudit, zda by systém nepracoval lépe za vyššího stavu průvodců, či zda by z ekonomických důvodů bylo možné stav průvodců snížit za udržení kvality služeb poskytovaných zámkem.

#### **4.8.2 Simulace 2 – data dle pravděpodobností**

Z důvodů již dříve objasněných přistupujeme v této části práce k druhé verzi simulace. Tato simulace je opětovně provedena s využitím simulačního programu popsaného v kapitole 4.7 *Program pro simulaci provozu*, avšak nyní nejsou použita skutečná data o příchodech návštěvníků do pokladny zámku, ale data jsou generována na základě pravděpodobností z reálných dat. Je tak vždy stanoven čas, kdy přišel nový návštěvník do pokladny a zakoupil si vstupenku, a stejně tak je určen i prohlídkový okruh, který si návštěvník zvolil. Následně jsou takto připravená data použita pro simulaci 2, která by díky nezkresleným datům měla poskytnout přesnější výsledky.

Pro určení doby, kdy zákazník přišel do pokladny, byl nejprve ze skutečných dat z července 2019 vypočítán podíl návštěvníků, kteří za celý měsíc přišli v daném časovém intervalu. Takto byly stanoveny pravděpodobnosti příchodu návštěvníka jakožto podíl na celkové návštěvnosti za měsíc červenec, získané hodnoty zachycuje *Graf 5 - Pravděpodobnost příchodu návštěvníka*.

Graf 5 - Pravděpodobnost příchodu návštěvníka v časovém intervalu



Zdroj: vlastní zpracování

Graf jednoznačně ukazuje, že nejvíce návštěvníků přichází do pokladny po desáté hodině dopoledne, pravděpodobnost příchodu zákazníka v tuto dobu je 23 %. Druhá nejvyšší pravděpodobnost nastává v době mezi jedenáctou a dvanáctou hodinou. Naopak nejméně pravděpodobné je, že návštěvník přijde do poklady po šestnácté hodině. Pravděpodobnost je zde téměř nulová a důvodem bude patrně otevírací doba zámku, která udává, že poslední prohlídka dne odchází v 16:00. Druhou nejnižší hodnotu pak nalezneme před devátou hodinou ranní, kdy na zámek přicházejí úplně první návštěvníci dne.

Dále bylo potřebné stanovit také pravděpodobnost zakoupení vstupenky na konkrétní prohlídkový okruh. Opět byla jako základ použita data z července 2019 a pravděpodobnosti byly stanoveny jako podíl zakoupených vstupenek na jednotlivé prohlídkové trasy na celkovém počtu zakoupených vstupenek. Získané hodnoty uvádí *Tabulka 7 - Pravděpodobnost zakoupení vstupenky na prohlídkový okruh.*

Tabulka 7 - Pravděpodobnost zakoupení vstupenky na prohlídkový okruh

Prohlídkový okruh	Pravděpodobnost zakoupení vstupenky
I. okruh	45 %
II. okruh	35 %
III. okruh	4 %
III. okruh pro děti do 10 let	5 %
IV. Dětská trasa	9 %
Sklepení	2 %

Zdroj: vlastní zpracování

Zde vidíme, že největší zájem je mezi návštěvníky o I. prohlídkový okruh – Zámek za císaře Ferdinanda I. Tato skutečnost není žádným překvapením, protože právě na I. okruhu má návštěvník možnost prohlédnout si reprezentativní, ale také soukromé pokoje císařského páru. Stejně tak nás nepřekvapí, že druhým nejnavštěvovanějším okruhem je II. prohlídkový okruh, který jako I. okruh patří mezi okruhy základní, a navíc je ho možno za zvýhodněné vstupné zakoupit společně s I. okruhem. Pravděpodobnost zakoupení vstupenky na ostatní prohlídkové okruhy je téměř vyrovnaná a pohybuje se v řádech jednotek procent. Nejméně populární trasou byla v červenci 2019 prohlídka zámeckého sklepení, která dosáhla na pouhých 2 %. Důvodem bude pravděpodobně skutečnost, že se jednalo o mimořádnou prohlídkovou trasu zařazenou pouze pro rok 2019.

Na základě uvedených pravděpodobností byla sestavena nová tabulka o příchozech návštěvníků do pokladny a jejich volbách prohlídkových okruhů, čímž byla vytvořena data jednoho průměrného červencového dne, viz *Příloha 5 - Generovaná data dle pravděpodobností pro simulaci 2*. Díky těmto datům pak mohla být simulačním programem provedena simulace 2, jejíž výsledky jsou obsaženy v *Tabulce 8 - Výsledky simulace 2* ve sloupci „Simulace“. Pro porovnání pak byl stejnými daty také otestován stávající rozpis prohlídek, jímž se zámek Zákupy v současné době, respektive v roce 2019, řídí a který byl již uveden v *Tabulce 3 - Rozvrh pro průvodce (letní prázdniny)*. Výsledné hodnoty jsou taktéž zaznamenány v *Tabulce 8* ve sloupci „Dle rozvrhu“.

Tabulka 8 - Výsledky simulace 2

Ukazatel	Výsledná hodnota	
	Simulace	Dle rozvrhu
Celkový počet odbavených návštěvníků za den (os.)	239	232
Celkový počet neobsloužených návštěvníků za den (os.)	5	12
Průměrná velikost prohlídek (os.)	10	9
Průměrná doba čekání (min.)	37	54
Maximální doba čekání (min.)	301	227
Tržba za den (Kč)	18 273	17 737

Zdroj: vlastní zpracování

V tabulce vidíme výsledné hodnoty, které byly získány provedením simulace 2. Také v případě simulace 2 jsme se zaměřili na sledování stejných ukazatelů jako v případě simulace 1. Můžeme si zde povšimnout, že navrhovaný systém provozu, jehož výsledky se nachází ve sloupci „Simulace“, dosahuje ve všech sledovaných ukazatelích, vyjma maximální doby čekání, lepších hodnot než při využití stávajícího rozvrhu prohlídek, který zámek v současné době nabízí. Celkově zámek tímto způsobem obslouží v průměru za den 239 osob s denní tržbou 18 273 Kč a neobslouženo zůstává pouze 5 osob.

Tato skutečnost potvrzuje domněnku, že pokud by přicházející návštěvníci byli pevně rozhodnuti o volbě prohlídkového okruhu a nebyli by ochotni ho zaměnit za jiný, který bude vypraven dříve než jimi preferovaný, současně fungující systém zámku by nebyl schopen zákazníky dostatečně uspokojit a ti by díky tomu mohli zámek opustit. Jak uvádí *Tabulka 8*, celkový počet obsloužených návštěvníků by se s využitím současného pevně stanoveného rozvrhu prohlídek snížil na 232 osob, celkový počet neobsloužených návštěvníků by naopak výrazně vzrostl na 12 osob, a především by se značně zvýšila průměrná doba čekání jednoho návštěvníka na 54 minut. Také by klesla celková denní tržba na 17 737 Kč.

#### 4.8.3 Shrnutí výsledků simulace provozu

V předchozích několika kapitolách byla provedena simulačním programem simulace provozu zámku Zákupy v několika verzích. Obdržené hodnoty sledovaných ukazatelů shrnuje *Tabulka 9 - Výsledné hodnoty provedených simulací provozu*. Ve sloupcích „Návrh“ jsou zachyceny výsledky získané ze simulačního programu dle nově navrženého postupu a

sloupce „Dle rozvrhu“ pak představují výsledky, kterých bylo dosaženo využitím denního rozvrhu prohlídek, který zámek v současné době používá. Zásadní rozdíly mezi simulacemi, které také mají vliv na výsledky, jsou v použitých datech. Zatímco pro simulaci 1 byla použita data skutečná, pro simulaci 2 byla data generována dle pravděpodobností získaných z reálných dat o zakoupených vstupenkách na prohlídkové okruhy z července 2019.

Tabulka 9 - Výsledné hodnoty provedených simulací provozu

Ukazatel	Simulace 1		Simulace 2	
	Návrh	Dle rozvrhu	Návrh	Dle rozvrhu
Celkový počet odbavených návštěvníků za den (os.)	262	272	239	232
Celkový počet neobsloužených návštěvníků za den (os.)	3	0	5	12
Průměrná velikost prohlídek (os.)	11	12	10	9
Průměrná doba čekání (min.)	30	37	37	54
Maximální doba čekání (min.)	198	225	301	227
Tržba za den (Kč)	19 301	19 944	18 273	17 737

Zdroj: vlastní zpracování

V případě simulace 1 bylo nově navrženým způsobem nejprve dosaženo poměrně neuspokojivých výsledků v počtu neobsloužených zákazníků za den. Důvodem neuspokojení průměrně celkem 12 návštěvníků denně byly příchody početných skupin návštěvníků majících zájem o prohlídku zámku, jednalo se o poznávací zájezdy. Po očištění dat o uvedené skupiny nad 10 osob byla simulace provedena podruhé a také přinesla uspokojivější výsledky. Tentokrát nebyli obslouženi v průměru pouze 3 zákazníci denně. Předpokládá se, že pro uvedené početné skupiny by byla vypravena speciální prohlídka s mimořádně povolaným průvodcem. Porovnáme-li tyto výsledky s hodnotami získanými použitím rozvrhu zjistíme, že dle rozvrhu je obslouženo více návštěvníků za den a žádný

návštěvník nezůstane neobsloužen. Toto zlepšení je způsobeno tím, že si návštěvníci prohlídkové okruhy vybírají dle nabízených okruhů v danou chvíli a mohou tak dle časových možností měnit své preference ve volbě okruhu. Na druhou stranu si povšimněme, že oproti navrženému způsobu se s užitím rozvrhu zvýšila průměrná i maximální doba čekání, protože simulace nemá pevně stanovené časy odchodů prohlídek, a snížila se celková denní tržba díky nižšímu počtu odbavených osob.

Dále byla provedena simulace 2, která je založena na předpokladu, že návštěvníci do pokladny přicházejí v náhodných časových intervalech a mají zájem navštívit konkrétní prohlídkový okruh. Po zpracování nových vygenerovaných dat pro průměrný červencový den poskytl simulační program u nového návrhu uspokojivé výsledky. Neobslouženo zůstalo pouze 5 návštěvníků. Následně byl těmito daty otestován také stávající pevně stanovený rozvrh prohlídek zámku a počet neobsloužených návštěvníků se oproti simulaci bez pevného rozvrhu zvýšil na 12 osob za den.

Můžeme proto konstatovat, že v obou variantách simulace přináší nový návrh provozu převážně lepší výsledky než při použití denního rozvrhu s pevně stanovenými časy odchodů prohlídek, čímž je dosaženo vyšší spokojenosti návštěvníků.

## **4.9 Analýza mzdových nákladů**

Tato práce se zabývá návrhem nového systému provozu státního zámku Zákupy a důraz je kladen především na spokojenost návštěvníka. Přesto však je nezbytné, aby zámek, tak jako každý jiný podnik, generoval zisk.

Zámek Zákupy je spravován Národním památkovým ústavem, který je odbornou a výzkumnou organizací státní památkové péče České republiky s celostátní působností. Jedná se o příspěvkovou organizaci řízenou Ministerstvem kultury ČR (Národní památkový ústav). Proto také zákupský zámek dostává od státu příspěvek na svůj provoz, z něhož jsou vypláceny mzdy zaměstnanců zámku, poplatky za energie a také části velkých oprav prováděných v zámeckém areálu. Avšak podstatná část výdajů na opravy je hrazena samotným Národním památkovým ústavem z vlastních výnosů hradů a zámků ve správě Národního památkového ústavu (Weiss P., osobní komunikace, 6. srpna 2019).

Jak je výše uvedeno, platy průvodců a ostatních zaměstnanců zámku, jsou vypláceny ze státní dotace. Přesto však není v pravomoci kastelána zámku volit si dle libosti potřebný počet průvodců. Ten je ovlivněn ekonomickou efektivností zámku, kterou odráží počet návštěvníků, kteří zámek v daném roce navštívili, a také vygenerovaný zisk zámku

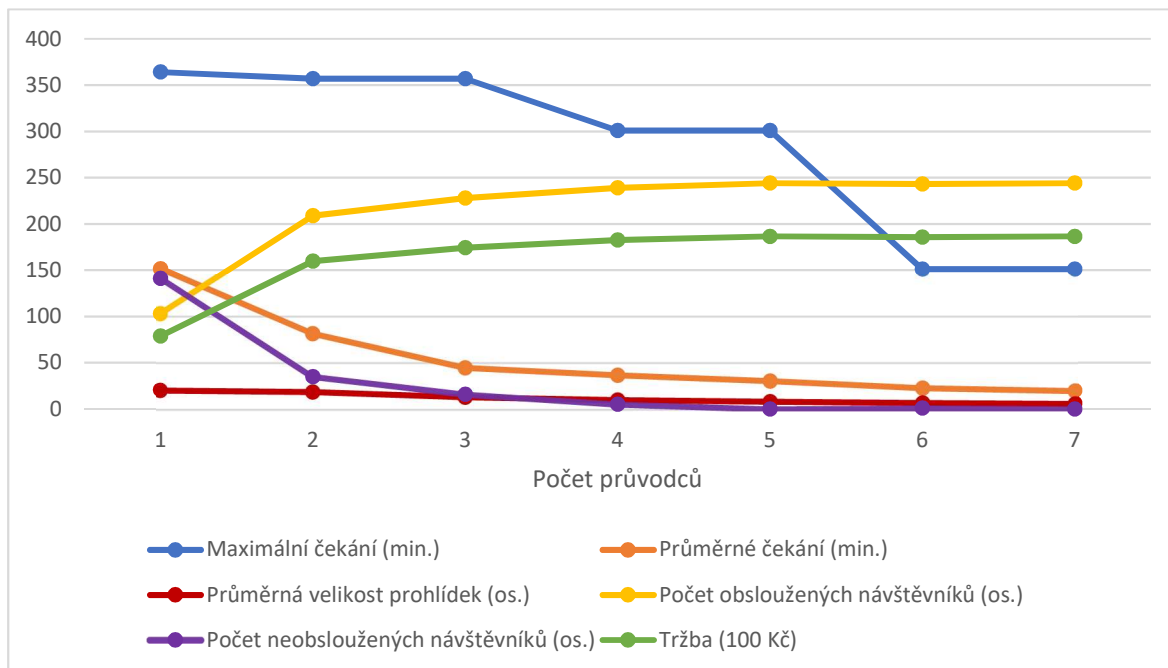


z prodaných vstupenek. Díky tomu se můžeme na platy průvodců dívat jako na výdaje zámku a na tržby pak jako na příjmy.

Průvodci jsou u Národního památkového ústavu zaměstnání formou dohody o provedení práce, případně dohody o pracovní činnosti a pro rok 2019 jim náleží za provedenou práci odměna 95 Kč na hodinu po celý rok. Měsíc červenec v roce 2019 obsahoval pro průvodce celkem 26 pracovních dní, zbývajících 5 dní byly pondělky, kdy je zámek Zákupy veřejnosti nepřístupný. Měsíční náklady na 1 průvodce tak byly při započtení pracovní doby 7,5 hodiny ve výši 18 525 Kč. Protože hrubá mzda zaměstnance v tomto případě překračuje hranici 10 000 Kč, musí zaměstnanec i zaměstnavatel odvést poplatky za sociální a zdravotní pojištění zaměstnance (Mladá fronta). Proto jsou celkové náklady na zaměstnance pro zaměstnavatele ve výši 24 800 Kč za měsíc a v přepočtu na 1 den pak 954 Kč. Jedná se o superhrubou mzdu.

Za běžného provozu jsou v letních měsících na zákupském zámku přítomni vždy čtyři průvodci, proto s tímto počtem bylo pracováno ve všech doposud provedených simulacích. Otázkou však zůstává, zda by nebylo pro zámek výhodnější zvýšit stav průvodců, aby mohlo být obslouženo více návštěvníků, či počet průvodců snížit například z ekonomických důvodů. Druhou otázkou pak je, o kolik stav snížit, či navýšit. Proto byla opět provedena simulace, konkrétně simulace s vygenerovanými daty, avšak před jejím spuštěním byl upravován parametr počtu průvodců. Opět byly sledovány výsledné hodnoty stejné jako v případě předchozích simulací a získané výsledky shrnuje *Graf 6 - Porovnání výsledků simulace dle počtu průvodců* a podrobněji také *Příloha 6 - Porovnání výsledků simulace dle počtu průvodců*.

Graf 6 - Porovnání výsledků simulace dle počtu průvodců



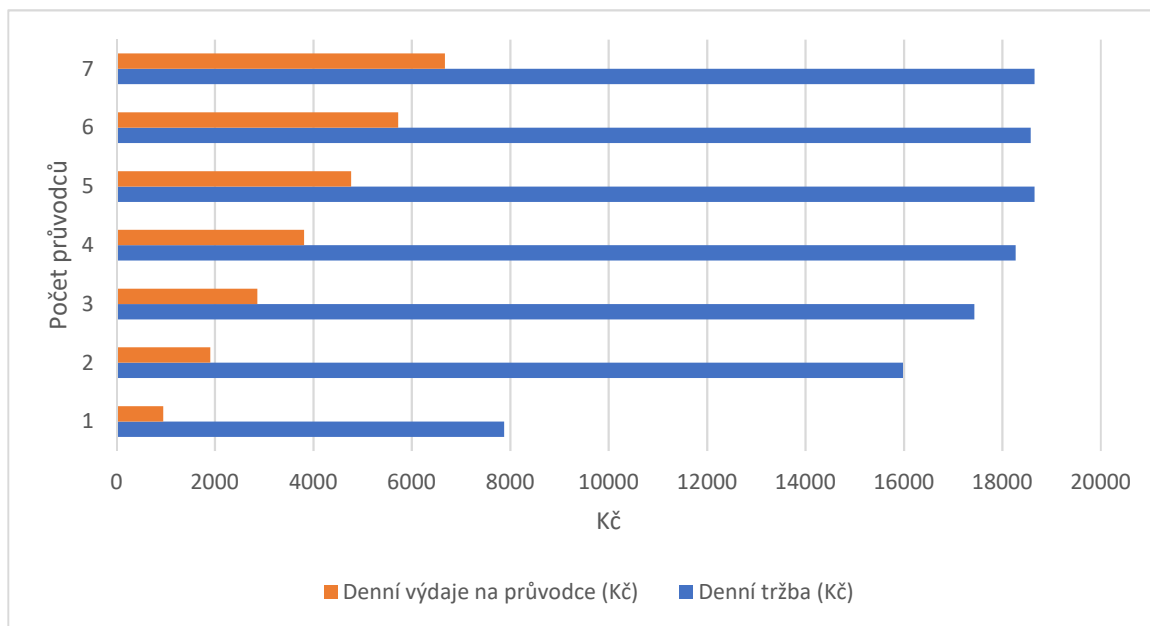
Zdroj: vlastní zpracování

Osa *x* Grafu 6 představuje počet průvodců, kteří jsou k dispozici na pracovišti a křivky pak zachycují vývoj jednotlivých ukazatelů získaných provedenými simulacemi za různého stavu průvodců. Vidíme zde, že počet obslužených návštěvníků a také tržba s vyšším počtem průvodců rostou, největší nárůst je patrný mezi jedním a dvěma průvodci, od čtyř průvodců výše hodnota spíše stagnuje. Podobně je tomu i v případě průměrné doby čekání a počtu neobslužených návštěvníků. Zde hodnoty se zvyšujícím se počtem průvodců klesají, opět největší zvrát nastává mezi jedním a dvěma průvodci a od čtyř průvodců se spád křivky zmírňuje. Zajímavé je, že od pěti průvodců výše je počet neobslužených návštěvníků nulový. Maximální doba čekání s narůstajícím počtem průvodců také klesá a zásadní pokles nastává mezi pěti a šesti průvodci. Klesá pak i průměrná velikost prohlídek. S jedním průvodcem jsou vypravovány skupiny v průměru o 21 osobách, se čtyřmi průvodci o 13 osobách a v případě sedmi průvodců už pouze o 6 osobách.

Z uvedeného vyplývá, že zvýšení počtu přítomných průvodců by provozu zámku nijak výrazně neprospělo. Zámek by tak docílil snížení průměrné i maximální doby čekání, ale celkový počet obslužených návštěvníků za den ani denní tržba by se díky tomuto kroku výrazně nezvýšily. Naopak v případě potřeby snížení stavu průvodců by pro zámek bylo rozumné snížit stav nejméně na 3 průvodce za zachování relativně stejné spokojenosti zákazníků. Zásadním ukazatelem by se v případě rozhodování o snížení či zvýšení stavu

průvodců stala patrně výše výdajů na daný počet průvodců. Níže uvedený *Graf 7 - Porovnání výdajů na průvodce vůči tržbám* znázorňuje, jakou tržbu v Kč by daný počet průvodců mohl v průměru za den utržit a jaký podíl na této tržbě činí výdaje na platy daného počtu průvodců.

Graf 7 - Porovnání výdajů na průvodce vůči tržbám



Zdroj: vlastní zpracování

## 5 Závěr

Diplomová práce si klade za cíl navrhnout nový systém, jakým by mohl být zefektivněn provoz státního zámku Zákupy, přičemž podstatná je zde především spokojenost návštěvníků zámku souběžně s jeho výdělečností. V současné době jsou prohlídky zámeckých prostor vypravovány dle denního rozvrhu a je tak přesně stanoveno, v jakou hodinu vychází jaký prohlídkový okruh. Kvůli tomu jsou návštěvníci v podstatě omezeni při volbě prohlídkového okruhu, protože méně preferované prohlídkové trasy jsou vypravovány jen několikrát denně a může se proto stát, že by návštěvníci na svůj zvolený okruh museli čekat i několik hodin. V takovém případě se tedy často stává, že si návštěvník zvolí jiný prohlídkový okruh, aby nemusel tak dlouho čekat.

Pro zefektivnění provozu zámku byl navržen nový systém, který je založen na myšlence, že prohlídky již nebudou vypravovány dle rozvrhu, ale návštěvníci budou po zakoupení vstupenky zařazováni do front, kde budou čekat na vypravení prohlídky. Vypravena pak bude vždy ta prohlídka, která bude mít nejvyšší hodnotu vypočteného skóre.

Návrh byl následně optimalizován a otestován metodou simulace konkrétně s využitím simulačního programu, který byl vytvořen přímo pro potřeby této práce. Simulace je provedena ve dvou verzích, rozdíl mezi nimi je v použitých datech.

První verze simulace pracuje s reálnými daty z pokladního systému z července 2019 o příchozech návštěvníků do pokladny a zakoupených prohlídkových okruzích. Obdržené výsledky simulace 1 dle návrhu jsou porovnány s hodnotami stejných výsledných ukazatelů, které byly získány přímo ze skutečných dat. Za klasického provozu zámku bylo oproti nově navrženému systému v červenci 2019 průměrně obslouženo více návštěvníků a také žádný zákazník nezůstal neobsloužen. Na druhou stranu se ale s použitím návrhu snížila maximální i průměrná doba čekání, čímž je dosaženo větší spokojenosti návštěvníků. Důvodem vyššího počtu obsloužených zákazníků za klasického provozu je skutečnost, že si návštěvníci vybírali z právě nabízených prohlídkových okruhů. Díky tomu jsou data pravděpodobně mírně zkreslená, protože zákazníci mohli měnit své preference ve volbě okruhů z časových důvodů.

Abychom předešli zkreslení dat byla pro simulaci 2 vygenerována data nová, a to na základě pravděpodobností o časech příchodů zákazníků do pokladny a jimi zvoleného prohlídkového okruhu, na nějž si zakoupili vstupenku. Při stanovení pravděpodobností bylo čerpáno ze zmiňovaných dat pokladního systému zámku. Simulace 2 byla taktéž provedena dvakrát, nejprve dle návrhu a poté byl stejnými daty otestován stávající rozvrh

prohlídkových tras zámku. V tomto případě navržený systém dosáhl ve všech ukazatelích, vyjma maximální doby čekání, lepších hodnot, než jakých bylo dosaženo při použití rozvrhu. Především se výrazně snížila průměrná doba čekání, a to o celých 31 %.

V závěru práce je také provedena ekonomická analýza zaměřující se na možnost případného zvýšení či snížení stavu průvodců například z ekonomických důvodů. Aktuálně jsou v letních měsících při běžném provozu přítomni vždy čtyři průvodci. Jsou zde jednak sledovány ukazatele, které byly používány při simulacích, a dále jsou do porovnání postaveny výdaje, které zámek musí na daný počet průvodců vynaložit v podobě superhrubé mzdy, a průměrná denní tržba zámku, kterou mu daný počet průvodců může přinést. Tato analýza přinesla zjištění, že zvýšení stavu průvodců by se zámku příliš nevyplatilo. S vyšším počtem průvodců se výsledné hodnoty ukazatelů výrazně nezlepšují, pouze rostou výdaje na platy průvodců. Pokud by správce zámku zamýšlel snížit stav průvodců tak, aby relativně udržel spokojenost návštěvníků i ziskovost zámku, bylo by možné počet průvodců upravit na tři osoby. Při nižším počtu se již hodnoty výsledných ukazatelů zásadně zhoršují.

Z výsledků simulací je zřejmé, že nově navržený systém provozu by zákupskému zámku prospěl. Je však nutné si uvědomit, že princip simulačního programu spočívá v tom, že není pevně stanoveno, kdy bude vycházet který prohlídkový okruh. To tedy znamená, že návštěvníci by si v pokladně zámku zakoupili vstupenku na zvolenou prohlídkovou trasu, ale nevěděli by, kdy bude jejich prohlídka vypravena. To by vedlo k nespokojenosti návštěvníků zámku, což by vedlo ke ztrátě zákazníků a špatné pověsti zámku díky špatným referencím nespokojených návštěvníků. Takový systém by proto v praxi pravděpodobně nemohl být aplikován. Řešením by mohla být jistá modifikace systému, například v podobě implementace predikce časového rozmezí, kdy bude daná prohlídka vypravena.

## 6 Seznam použitých zdrojů

DLOUHÝ, Martin; FÁBRY, Jan; KUNCOVÁ, Martina; HLADÍK, Tomáš. *Simulace podnikových procesů*. Brno: Computer Press, 2007. ISBN 978-80-251-1649-4.

DLOUHÝ, M.; FÁBRY J.; KUNCOVÁ M. *Simulace pro ekonomy*. Druhé upravené vydání. Praha: Oeconomica, 2005. ISBN 80-245-0973-3.

FÁBRY, Jan. *Matematické modelování*. Praha: Professional Publishing, 2011. ISBN 978-80-7431-066-9.

FOTR, Jiří; ŠVECOVÁ, Lenka a kol. *Manažerské rozhodování: postupy, metody a nástroje*. Druhé, přepracované vydání. Praha: Ekopress, 2010. ISBN ISBN 978-80-86929-59-0.

GORDON, Goffrey. *System simulation*. Second Edition. New Jersey: Prentice-Hall, 1978. ISBN 0-13-8811797-9.

HARMS, Daryl D.; MCDONALD, Kenneth. *Začínáme programovat v jazyce Python. 2., opr. vyd.* Brno: Computer Press, 2008. ISBN 978-80-251-2161-0.

HUŠEK, R.; MAŇAS, M. *Matematické modely v ekonomii*. Praha: SNTL, 1989. ISBN 80-03-00098-X.

JABLONSKÝ, Josef. *Operační výzkum: Kvantitativní modely pro ekonomické rozhodování*. Praha: Professional Publishing, 2002. ISBN 80-86419-42-8.

JOHNOVÁ, Radka. *Marketing kulturního dědictví a umění: [art marketing v praxi]*. Praha: Grada Publishing, 2008. Manažer. ISBN 978-80-247-2724-0.

KESNER, Ladislav. *Marketing a management muzeí a památek*. Praha: Grada Publishing, 2005. ISBN 80-247-1104-4.

LUKÁŠ, Ladislav. *Pravděpodobnostní modely v managementu: Markovovy řetězce a systémy hromadné obsluhy*. Praha: Academia: ČMT, 2009. ISBN 978-80-200-1704-8.

MILDEOVÁ, Stanislava; VOJTKO, Viktor a kol. *Manažerské simulace dynamických procesů*. Praha: Oeconomica, 2006. ISBN 80-245-1055-3.

MLADÁ FRONTA, *Zdanění přívýdětku z dohody o provedení práce pro rok 2020* [online]. [cit. 2020-01-25]. Dostupné z WWW: [https://www.finance.cz/zpravy/finance/405249-zdaneni-privydelku-z-dohod-o-provedeni-prace/?oldArticle=zpravy%2Ffinance&\\_fid=0812#survey-place](https://www.finance.cz/zpravy/finance/405249-zdaneni-privydelku-z-dohod-o-provedeni-prace/?oldArticle=zpravy%2Ffinance&_fid=0812#survey-place)

NÁRODNÍ PAMÁTKOVÝ ÚSTAV, *Cíle a poslání NPÚ* [online]. [cit. 2020-01-17]. Dostupné z WWW: <https://www.npu.cz/cs/npu-a-pamatkova-pece/npu-jako-institute/cile-a-poslani>

NÁRODNÍ PAMÁTKOVÝ ÚSTAV, *Státní zámek Zákupy* [online]. [cit. 2019-12-15]. Dostupné z WWW: <https://www.zamek-zakupy.cz/cs>

PELÁNEK, Radek. *Modelování a simulace komplexních systémů: Jak lépe porozumět světu*. Brno: Masarykova univerzita, 2011. ISBN 978-80-210-5318-2.

PILGRIM, Mark. *Python 3: Ponořme se do Python(u) 3*. Praha: CZ.NIC, 2011. ISBN 978-80-90-4248-2-1.

ŠUBRT, Tomáš a kol. *Ekonomicko-matematické metody*. Plzeň: Vydavatelství a nakladatelství Aleš Čeněk, 2011. ISBN 978-80-7380-345-2.

WALTER, Jaromír. *Simulační modely ekonomických procesů*. Praha: SNTL, 1975. ISBN L31-C3-IV-41/37942.

## 7 Přílohy

### 7.1 Příloha 1 – Data z pokladního systému zámku (vzorový den z července 2019)

Prohlídka	Okruh	Celkem osob	Plné	Snížené	Ostatní	Rodinná	Vstupenka	Manipulace	Cena okruh	Cena služby	Cena celkem
9:30:00	I. trasa	4	3	1	0	0	96331898	9:31:00	440	0	440
9:30:00	I. trasa	3	0	3	0	0	96331866	9:28:00	240	-60	180
9:30:00	I. trasa	2	2	0	0	0	96331706	9:21:00	240	-70	170
9:30:00	I. trasa	2	1	1	0	0	96331454	9:03:00	200	-55	145
9:45:00	IV. Dětská trasa	5	0	0	5	0	96332254	9:45:00	0	0	0
9:45:00	IV. Dětská trasa	2	1	0	1	0	96331724	9:22:00	50	0	50
9:45:00	IV. Dětská trasa	2	1	0	1	0	96332276	9:46:00	50	0	50
10:00:00	II. trasa	4	0	0	0	1	96332652	9:57:00	310	0	310
10:00:00	II. trasa	2	2	0	0	0	96332687	9:58:00	240	0	240
10:00:00	II. trasa	2	2	0	0	0	96332299	9:47:00	240	-70	170
10:00:00	II. trasa	2	2	0	0	0	96332421	9:51:00	240	-70	170
10:00:00	II. trasa	1	1	0	0	0	96332450	9:52:00	120	-35	85
10:30:00	III. trasa pro děti do 10	6	5	1	0	0	96332590	9:55:00	340	0	340
10:30:00	III. trasa pro děti do 10	5	2	3	0	0	96333414	10:14:00	240	0	240



10:30:00	II. trasa	5	0	0	0	1	96333460	10:15:00	310	-85	225
10:30:00	III. trasa pro děti do 10	4	4	0	0	0	96333016	10:05:00	240	0	240
10:30:00	II. trasa	4	0	0	0	1	96332855	10:01:00	310	-85	225
10:30:00	II. trasa	3	1	2	0	0	96333103	10:07:00	280	0	280
10:30:00	II. trasa	3	0	3	0	0	96331866-2	9:28:00	240	-60	180
10:30:00	III. trasa pro děti do 10	3	1	2	0	0	96333518	10:16:00	140	0	140
10:30:00	II. trasa	2	2	0	0	0	96333132	10:08:00	240	0	240
10:30:00	II. trasa	2	1	1	0	0	96333374	10:13:00	200	0	200
10:30:00	II. trasa	2	2	0	0	0	96331706-2	9:21:00	240	-70	170
10:30:00	II. trasa	2	1	1	0	0	96331454-2	9:03:00	200	-55	145
10:30:00	II. trasa	2	0	2	0	0	96332932	10:03:00	160	-40	120
10:30:00	III. trasa pro děti do 10	2	1	1	0	0	96333315	10:11:00	100	0	100
11:00:00	I. trasa	4	0	0	0	1	96334083	10:29:00	310	0	310
11:00:00	I. trasa	3	0	0	0	1	96334162	10:30:00	310	0	310
11:00:00	I. trasa	3	0	0	0	1	96334463	10:36:00	310	0	310
11:00:00	I. trasa	3	0	0	0	1	96334617	10:39:00	310	-85	225
11:00:00	I. trasa	2	1	1	0	0	96334424	10:35:00	200	0	200

11:00:00	I. trasa	2	2	0	0	0	96332421-2	9:51:00	240	-70	170
11:00:00	I. trasa	2	2	0	0	0	96332299-2	9:47:00	240	-70	170
11:00:00	I. trasa	2	0	2	0	0	96334374	10:35:00	160	0	160
11:00:00	I. trasa	2	0	2	0	0	96333817	10:23:00	160	-40	120
11:00:00	I. trasa	2	0	2	0	0	96333933	10:26:00	160	-40	120
11:00:00	I. trasa	1	1	0	0	0	96334171	10:31:00	120	0	120
11:00:00	I. trasa	1	1	0	0	0	96332450-2	9:52:00	120	-35	85
11:15:00	IV. Dětská trasa	4	0	0	0	1	96336314	11:10:00	130	0	130
11:15:00	IV. Dětská trasa	2	1	0	1	0	96336010	11:04:00	50	0	50
11:20:00	III. trasa	3	1	2	0	0	96336891	11:20:00	280	0	280
11:20:00	III. trasa	2	2	0	0	0	96334763	10:42:00	240	0	240
11:30:00	I. trasa	5	0	0	0	1	96333460-2	10:15:00	310	-85	225
11:30:00	I. trasa	4	0	0	0	1	96335238	10:51:00	310	-85	225
11:30:00	I. trasa	4	0	0	0	1	96332855-2	10:01:00	310	-85	225
11:30:00	I. trasa	3	0	0	0	1	96334720	10:41:00	310	0	310
11:30:00	I. trasa	2	2	0	0	0	96334911	10:45:00	240	0	240
11:30:00	I. trasa	2	2	0	0	0	96335692	10:59:00	240	-70	170
11:30:00	I. trasa	2	2	0	0	0	96336155	11:07:00	240	-70	170
11:30:00	I. trasa	2	0	2	0	0	96332932-2	10:03:00	160	-40	120

11:30:00	I. trasa	2	0	0	2	0	96335332	10:52:00	0	0	0
11:45:00	IV. Dětská trasa	3	0	0	0	1	96334710	10:41:00	130	0	130
11:45:00	IV. Dětská trasa	3	0	0	0	1	96337834	11:38:00	130	0	130
11:45:00	IV. Dětská trasa	2	2	0	0	0	96337061	11:22:00	100	0	100
11:45:00	IV. Dětská trasa	2	2	0	0	0	96337374	11:29:00	100	0	100
11:45:00	IV. Dětská trasa	2	0	1	1	0	96337404	11:29:00	40	0	40
11:45:00	IV. Dětská trasa	1	0	1	0	0	96337848	11:39:00	40	0	40
12:00:00	II. trasa	4	0	0	0	1	96336325	11:10:00	310	0	310
12:00:00	II. trasa	4	0	0	0	1	96336748	11:17:00	310	0	310
12:00:00	II. trasa	4	0	0	0	1	96335870	11:02:00	310	-85	225
12:00:00	II. trasa	3	0	3	0	0	96335751	11:00:00	240	0	240
12:00:00	II. trasa	3	0	0	0	1	96334617-2	10:39:00	310	-85	225
12:00:00	II. trasa	2	2	0	0	0	96337073	11:23:00	240	0	240
12:00:00	II. trasa	2	0	2	0	0	96333933-2	10:26:00	160	-40	120
12:00:00	II. trasa	2	0	2	0	0	96333817-2	10:23:00	160	-40	120
12:00:00	II. trasa	1	0	1	0	0	96336693	11:16:00	80	0	80
12:25:00	X. Sklepení	5	0	0	0	1	96338073	11:43:00	150	0	150
12:30:00	II. trasa	4	0	0	0	1	96335238-2	10:51:00	310	-85	225
12:30:00	II. trasa	3	0	0	0	1	96337227	11:26:00	310	0	310

12:30:00	II. trasa	3	0	0	0	1	96337862	11:39:00	310	0	310
12:30:00	II. trasa	2	1	1	0	0	96337203	11:25:00	200	0	200
12:30:00	II. trasa	2	2	0	0	0	96336155-2	11:07:00	240	-70	170
12:30:00	II. trasa	2	2	0	0	0	96338157	11:45:00	240	-70	170
12:30:00	II. trasa	2	2	0	0	0	96338179	11:46:00	240	-70	170
12:30:00	II. trasa	2	2	0	0	0	96335692-2	10:59:00	240	-70	170
12:30:00	II. trasa	2	0	2	0	0	96337353	11:28:00	160	-40	120
12:30:00	II. trasa	1	1	0	0	0	96338199	11:46:00	120	-35	85
12:30:00	II. trasa	1	0	1	0	0	96337239	11:26:00	80	0	80
12:30:00	II. trasa	1	0	1	0	0	96337869	11:39:00	80	0	80
13:00:00	I. trasa	5	5	0	0	0	96338249	11:47:00	600	0	600
13:00:00	I. trasa	5	0	0	0	1	96338080	11:44:00	310	0	310
13:00:00	I. trasa	4	0	0	0	1	96338003	11:42:00	310	0	310
13:00:00	I. trasa	4	0	0	0	1	96335870-2	11:02:00	310	-85	225
13:00:00	I. trasa	3	0	0	0	1	96337968	11:41:00	310	0	310
13:00:00	I. trasa	3	1	2	0	0	96337275	11:27:00	280	0	280
13:00:00	I. trasa	2	2	0	0	0	96334852	10:44:00	240	0	240
13:15:00	IV. Dětská trasa	6	1	2	3	0	96341641	13:12:00	130	0	130
13:15:00	I. trasa	4	0	0	0	1	96340023	12:31:00	310	0	310

13:15:00	I. trasa	3	0	0	0	1	96340211	12:36:00	310	0	310
13:15:00	I. trasa	3	0	3	0	0	96341368	13:04:00	240	0	240
13:15:00	I. trasa	1	0	1	0	0	96340036	12:32:00	80	0	80
13:30:00	I. trasa	4	0	0	0	1	96338518	11:52:00	310	-85	225
13:30:00	I. trasa	4	2	0	2	0	96340084	12:33:00	240	-70	170
13:30:00	I. trasa	2	1	1	0	0	96341985	13:22:00	200	0	200
13:30:00	I. trasa	2	2	0	0	0	96338179-2	11:46:00	240	-70	170
13:30:00	I. trasa	2	2	0	0	0	96338157-2	11:45:00	240	-70	170
13:30:00	I. trasa	2	2	0	0	0	96342059	13:24:00	240	-70	170
13:30:00	I. trasa	2	0	2	0	0	96337353-2	11:28:00	160	-40	120
13:30:00	I. trasa	1	1	0	0	0	96338199-2	11:46:00	120	-35	85
13:30:00	I. trasa	1	1	0	0	0	96341164	12:58:00	120	-35	85
13:30:00	I. trasa	1	0	1	0	0	96341181	12:58:00	80	-20	60
13:45:00	IV. Dětská trasa	3	2	0	1	0	96342607	13:40:00	100	0	100
13:45:00	IV. Dětská trasa	3	2	0	1	0	96342630	13:41:00	100	0	100
14:00:00	II. trasa	4	0	0	0	1	96338730	11:57:00	310	0	310
14:00:00	II. trasa	3	2	1	0	0	96338771	11:58:00	320	0	320
14:00:00	II. trasa	3	0	0	0	1	96343083	13:53:00	310	0	310
14:00:00	II. trasa	3	1	2	0	0	96342556	13:38:00	280	0	280

14:00:00	II. trasa	2	2	0	0	0	96341581	13:11:00	240	0	240
14:00:00	II. trasa	2	2	0	0	0	96343272	13:58:00	240	0	240
14:00:00	II. trasa	2	0	0	2	0	96335332-2	10:52:00	0	0	0
14:00:00	II. trasa	1	1	0	0	0	96342871	13:47:00	120	0	120
14:00:00	II. trasa	1	1	0	0	0	96343101	13:54:00	120	0	120
14:00:00	II. trasa	1	0	1	0	0	96338737	11:57:00	80	0	80
14:00:00	II. trasa	1	0	1	0	0	96342980	13:50:00	80	-20	60
14:00:00	II. trasa	1	0	1	0	0	96342998	13:50:00	80	-20	60
14:30:00	III. trasa pro děti do 10	9	6	2	1	0	96343391	14:01:00	440	0	440
14:30:00	III. trasa pro děti do 10	5	3	2	0	0	96343050	13:52:00	260	0	260
14:30:00	III. trasa pro děti do 10	4	4	0	0	0	96342932	13:49:00	240	0	240
14:30:00	II. trasa	4	0	0	0	1	96338518-2	11:52:00	310	-85	225
14:30:00	II. trasa	4	2	0	2	0	96340084-2	12:33:00	240	-70	170
14:30:00	II. trasa	3	0	0	0	1	96343514	14:05:00	310	0	310
14:30:00	II. trasa	3	1	2	0	0	96343943	14:13:00	280	0	280
14:30:00	II. trasa	2	2	0	0	0	96343449	14:03:00	240	0	240
14:30:00	II. trasa	2	2	0	0	0	96343806	14:09:00	240	-70	170

14:30:00	II. trasa	2	2	0	0	0	96342059-2	13:24:00	240	-70	170
14:30:00	II. trasa	2	0	2	0	0	96344429	14:27:00	160	0	160
14:30:00	II. trasa	2	2	0	0	0	96343865	14:11:00	0	0	0
14:30:00	II. trasa	1	1	0	0	0	96341164-2	12:58:00	120	-35	85
14:30:00	II. trasa	1	0	1	0	0	96341181-2	12:58:00	80	-20	60
15:00:00	I. trasa	4	0	0	0	1	96343750	14:07:00	310	0	310
15:00:00	I. trasa	3	0	0	0	1	96344509	14:30:00	310	0	310
15:00:00	I. trasa	2	1	1	0	0	96344940	14:43:00	200	0	200
15:00:00	I. trasa	2	2	0	0	0	96344912	14:43:00	240	-70	170
15:00:00	I. trasa	2	2	0	0	0	96345493	15:03:00	240	-70	170
15:00:00	I. trasa	2	1	1	0	0	96344726	14:37:00	200	-55	145
15:00:00	I. trasa	1	1	0	0	0	96343768	14:07:00	120	0	120
15:00:00	I. trasa	1	1	0	0	0	96343776	14:08:00	120	0	120
15:00:00	I. trasa	1	1	0	0	0	96345359	14:58:00	120	0	120
15:00:00	I. trasa	1	0	1	0	0	96345321	14:57:00	80	0	80
15:00:00	I. trasa	1	0	1	0	0	96342980-2	13:50:00	80	-20	60
15:00:00	I. trasa	1	0	1	0	0	96342998-2	13:50:00	80	-20	60
15:20:00	III. trasa	4	0	0	0	1	96338532	11:53:00	310	0	310
15:30:00	I. trasa	4	2	2	0	0	96345628	15:07:00	400	0	400

15:30:00	I. trasa	3	0	0	0	1	96346114	15:27:00	310	0	310
15:30:00	I. trasa	2	2	0	0	0	96343877	14:11:00	240	0	240
15:30:00	I. trasa	2	2	0	0	0	96343806-2	14:09:00	240	-70	170
16:00:00	II. trasa	4	0	0	0	1	96346309	15:35:00	310	0	310
16:00:00	II. trasa	2	2	0	0	0	96345493-2	15:03:00	240	-70	170
16:00:00	II. trasa	2	2	0	0	0	96344912-2	14:43:00	240	-70	170
16:00:00	II. trasa	2	1	1	0	0	96344726-2	14:37:00	200	-55	145
16:00:00	II. trasa	1	0	1	0	0	96346763	15:56:00	80	0	80

Zdroj: vlastní zpracování



## 7.2 Příloha 2 – Simulační program

```
1. import pandas as pd
2. import datetime
3. from datetime import timedelta
4.
5. slovne_prohlidky = ['I.trasa', 'II.trasa', 'III.trasa', 'IV.Dětskátrasa', 'X.Sklepení', 'III.trasaprodětido10']
6.
7.
8. class Zakaznik:
9.
10.     def __init__(self, radek, soucasny_cas):
11.         self.okruh = radek['okruh']
12.         self.celkovy_pocet_osob = radek['celkem_osob']
13.         self.prichod = soucasny_cas
14.         self.trzba = int(radek['cena_celkem'].replace(' ', '').split(',')[0])
15.
16.     def __str__(self):
17.         return f'Okruh: {self.okruh}, Pocet_lidi: {self.celkovy_pocet_osob}, Prichod: {self.prichod}, Trzba: {self.trzba}'
18.
19.     def __repr__(self):
20.         return self.__str__()
21.
22.
23. class Simulace:
24.
25.     def __init__(self, day_data, rozestup_prohlidek, koef_pocet_lidi, koef_doba_cekani):
26.         self.fronty = [[], [], [], [], [], []]
27.         self.cekani = []
28.         self.trzba = 0
29.         self.velikosti_prohlidek = []
30.         self.prichody_prvnich = [None, None, None, None, None, None]
31.         self.soucasny_cas = datetime.datetime.strptime('08:00', '%H:%M')
32.         self.pruvodci = [self.soucasny_cas, self.soucasny_cas + timedelta(minutes=1),
33.                          self.soucasny_cas + timedelta(minutes=2),
34.                          self.soucasny_cas + timedelta(minutes=3)]
35.         self.dalsi_prohlidka = datetime.datetime.strptime('09:00', '%H:%M')
36.         self.denni_data = day_data
37.         self.rozestup_prohlidek = rozestup_prohlidek
```

```

38.         self.koef_pocet_lidi = koef_pocet_lidi
39.         self.koef_doba_cekani = koef_doba_cekani
40.         self.odstran_storna()
41.
42.     def odstran_storna(self):
43.         """
44.         Funkce odstraní záznamy o zákaznících, kteří provedli storno svojí objednávky.
45.         """
46.         storno = set()
47.         for i in range(len(self.denni_data)):
48.             for k in range(len(self.denni_data)):
49.                 if i == k:
50.                     continue
51.                 if self.denni_data[i]['vstupenka'] == self.denni_data[k]['vstupenka']:
52.                     storno.add(self.denni_data[k]['vstupenka'])
53.
54.         for s in list(storno):
55.             self.denni_data = [x for x in self.denni_data if x['vstupenka'] != s]
56.
57.     def vypis_pocty_ve_fronte(self):
58.         for i in range(len(self.fronty)):
59.             print(f'{slovne_prohlidky[i]}: {self.pocet_ve_fronte(i)}')
60.
61.     def pocet_ve_fronte(self, fronta):
62.         """
63.         Pro určenou frontu spočítá celkový počet lidí, kteří v ní jsou.
64.         :param fronta: ID fronty
65.         :return: Počet lidí
66.         """
67.         soucet = 0
68.         for zakaznik in self.fronty[fronta]:
69.             soucet += zakaznik.celkovy_pocet_osob
70.
71.         return soucet
72.
73.     def novy_zakaznik(self, data, soucasny_cas):
74.         """
75.         Funkce pro daný záznam vytvoří zákazníka a přidá ho do jeho fronty.
76.         :param data: Záznam o zákazníkovi
77.         :param soucasny_cas: Současný čas
78.         """

```

```

79.     zakaznik = Zakaznik(data, soucasny_cas)
80.
81.     if zakaznik.okruh == 'I.trasa':
82.         if len(self.fronty[0]) == 0:
83.             self.prichody_prvnich[0] = soucasny_cas
84.             self.fronty[0].append(zakaznik)
85.
86.     elif zakaznik.okruh == 'II.trasa':
87.         if len(self.fronty[1]) == 0:
88.             self.prichody_prvnich[1] = soucasny_cas
89.             self.fronty[1].append(zakaznik)
90.
91.     elif zakaznik.okruh == 'III.trasa':
92.         if len(self.fronty[2]) == 0:
93.             self.prichody_prvnich[2] = soucasny_cas
94.             self.fronty[2].append(zakaznik)
95.
96.     elif zakaznik.okruh == 'IV.Dětskátrasa':
97.         if len(self.fronty[3]) == 0:
98.             self.prichody_prvnich[3] = soucasny_cas
99.             self.fronty[3].append(zakaznik)
100.
101.         elif zakaznik.okruh == 'X.Sklepení':
102.             if len(self.fronty[4]) == 0:
103.                 self.prichody_prvnich[4] = soucasny_cas
104.                 self.fronty[4].append(zakaznik)
105.
106.         elif zakaznik.okruh == 'III.trasaprodětido10':
107.             if len(self.fronty[5]) == 0:
108.                 self.prichody_prvnich[5] = soucasny_cas
109.                 self.fronty[5].append(zakaznik)
110.
111.     def vyprazdni_frontu(self, prohlidka):
112.         """
113.         Pro zvolenou prohlídku určí maximální počet lidí a odebere je z fronty.
114.         :param prohlidka: ID prohlídky
115.         """
116.         if prohlidka == 0:
117.             self.odeber_lidi(prohlidka, 25)
118.         elif prohlidka == 1:
119.             self.odeber_lidi(prohlidka, 25)

```

```

120.         elif prohlidka == 2:
121.             self.odeber_lidi(prohlidka, 15)
122.         elif prohlidka == 3:
123.             self.odeber_lidi(prohlidka, 15)
124.         elif prohlidka == 4:
125.             self.odeber_lidi(prohlidka, 15)
126.         elif prohlidka == 5:
127.             self.odeber_lidi(prohlidka, 20)
128.
129.     def odeber_lidi(self, fronta, max_kapacita):
130.         """
131.         Dle kapacity prohlídky funkce odebere maximální možný počet lidí z dané fronty.
132.         :param fronta: ID fronty
133.         :param max_kapacita: Maximální kapacita dané prohlídky
134.         """
135.         odebrano = 0
136.         while True:
137.             if len(self.fronty[fronta]) == 0:
138.                 self.velikosti_prohlidek.append(odebrano)
139.                 return
140.             zakaznik = self.fronty[fronta][0]
141.             if odebrano + zakaznik.celkovy_pocet_osob > max_kapacita:
142.                 self.velikosti_prohlidek.append(odebrano)
143.                 return
144.             odebrano += zakaznik.celkovy_pocet_osob
145.             self.fronty[fronta].pop(0)
146.             self.doba_cekani(zakaznik)
147.             self.trzba += zakaznik.trzba
148.
149.     def doba_cekani(self, zakaznik):
150.         """
151.         Pro daného zakazníka vypočítá jeho dobu čekání ve frontě. Pro každou osobu na vstupce je doba čekání zaznamenána zvl
152.         ášť.
153.         """
154.         cekani = self.soucasny_cas - zakaznik.prichod
155.         cekani = cekani.seconds / 60
156.         for i in range(zakaznik.celkovy_pocet_osob):
157.             self.cekani.append(cekani)
158.
159.     def zbytek_po_konci(self):

```

```

160.         soucet = 0
161.         for i in range(len(self.fronty)):
162.             pocet = self.pocet_ve_fronte(i)
163.             soucet += pocet
164.         return soucet
165.
166.     def cekani_na_konci(self):
167.         for fronta in range(len(self.fronty)):
168.             for zakaznik in self.fronty[fronta]:
169.                 self.doba_cekani(zakaznik)
170.
171.     def vysli_prohlidku(self, pruvodce, prohlidka):
172.         """
173.         Pro danou prohlídku funkce nejprve odebere maximální počet lidí z fronty dle kapacity a průvodce nastaví jako
174.         zaneprázdněného na dobu trvání prohlídky a doby odpočinku.
175.         :param pruvodce: ID průvodce
176.         :param prohlidka: ID prohlídky
177.         """
178.         if prohlidka == 0:
179.             self.vyprazdni_frontu(0)
180.             self.pruvodci[pruvodce] = self.soucasny_cas + timedelta(minutes=80)
181.         elif prohlidka == 1:
182.             self.vyprazdni_frontu(1)
183.             self.pruvodci[pruvodce] = self.soucasny_cas + timedelta(minutes=80)
184.         elif prohlidka == 2:
185.             self.vyprazdni_frontu(2)
186.             self.pruvodci[pruvodce] = self.soucasny_cas + timedelta(minutes=60)
187.         elif prohlidka == 3:
188.             self.vyprazdni_frontu(3)
189.             self.pruvodci[pruvodce] = self.soucasny_cas + timedelta(minutes=25)
190.         elif prohlidka == 4:
191.             self.vyprazdni_frontu(4)
192.             self.pruvodci[pruvodce] = self.soucasny_cas + timedelta(minutes=60)
193.         elif prohlidka == 5:
194.             self.vyprazdni_frontu(5)
195.             self.pruvodci[pruvodce] = self.soucasny_cas + timedelta(minutes=60)
196.         else:
197.             print('Error!')
198.
199.     def kontrola_front(self):
200.         """

```

```

201.         Funkce zkontroluje, zda je nějaký volný průvodce a pokud je, tak najde frontu s nejvyšším skóre a vyšle prohlídku.
202.         """
203.         aktivni_pruvodce = 0
204.         for i in range(len(self.pruvodci)):
205.             if self.pruvodci[i].time() <= self.pruvodci[aktivni_pruvodce].time():
206.                 aktivni_pruvodce = i
207.         if self.pruvodci[aktivni_pruvodce].time() > self.soucasny_cas.time():
208.             # Všichni pruvodci jsou zaneprázdnění
209.             return
210.
211.         aktivni_fronta = 0
212.         nejvyssi_skore_fronty = 0
213.         for i in range(len(self.fronty)):
214.             if self.pocet_ve_fronte(i) == 0:
215.                 continue
216.             skore = self.vypocti_skore_fronty(self.pocet_ve_fronte(i), self.prichody_prvnich[i], self.soucasny_cas)
217.
218.             if skore > nejvyssi_skore_fronty:
219.                 aktivni_fronta = i
220.                 nejvyssi_skore_fronty = skore
221.
222.         if self.pocet_ve_fronte(aktivni_fronta) == 0:
223.             # Prázdné fronty
224.             return
225.
226.         self.vysli_prohlidku(aktivni_pruvodce, aktivni_fronta)
227.
228.         def vypocti_skore_fronty(self, pocet_lidi, doba_prichodu, soucasny_cas):
229.             """
230.             Funkce na základě počtu lidí a doby čekání ve frontě vypočítá skóre dané fronty. Pokud ve frontě nejsou lidé,
231.             vrátí 0.
232.             :param pocet_lidi: Počet lidí ve frontě
233.             :param doba_prichodu: Čas příchodu prvního zákazníka ve frontě
234.             :param soucasny_cas: Současný čas
235.             :return: Skóre fronty
236.             """
237.             if pocet_lidi == 0:
238.                 return 0
239.             doba_cekani = (soucasny_cas - doba_prichodu).total_seconds() / 60.0
240.
241.             return pocet_lidi * self.koef_pocet_lidi + doba_cekani * self.koef_doba_cekani

```

```

242.
243.     def spustit(self):
244.         while not (str(self.soucasny_cas.time()) == '16:16:00'):
245.             # Přidávání času
246.             self.soucasny_cas = self.soucasny_cas + timedelta(minutes=1)
247.
248.             if len(self.denni_data) == 0 and self.soucasny_cas.minute % 15 == 0:
249.                 self.kontrola_front()
250.                 continue
251.             elif len(self.denni_data) == 0:
252.                 continue
253.
254.             # Kontrola nového zákazníka a obsluha
255.             cas_prichodu_dalsiho_zakaznika = datetime.datetime.strptime(self.denni_data[0]['manipulace'],
256.                                                                           '%d.%m.%y %H:%M')
257.
258.             while self.soucasny_cas.time() == cas_prichodu_dalsiho_zakaznika.time():
259.                 self.novy_zakaznik(self.denni_data[0], self.soucasny_cas)
260.                 self.denni_data.pop(0)
261.                 if len(self.denni_data) > 0:
262.                     cas_prichodu_dalsiho_zakaznika = datetime.datetime.strptime(self.denni_data[0]['manipulace'],
263.                                                                           '%d.%m.%y %H:%M')
264.                 else:
265.                     break
266.
267.             # Kontrola front
268.             if self.soucasny_cas == self.dalsi_prohlidka:
269.                 self.kontrola_front()
270.                 self.dalsi_prohlidka = self.dalsi_prohlidka + timedelta(minutes=self.rozestup_prohlidek)
271.
272.             self.cekani_na_konci()
273.
274.
275.     def vrat_denni_data(data, zvoleny_den):
276.         """
277.         Pro daný den vrátí funkce všechny záznamy o zákaznících.
278.         :param data: Všechny záznamy
279.         :param zvoleny_den: Zvolený den
280.         :return: Zvolené záznamy
281.         """
282.         denni_data = []

```

```

283.         for radek in data.iterrows():
284.             datum = radek[1]['prohlidka']
285.             datum = datetime.datetime.strptime(datum, '%d.%m.%y %H:%M')
286.             if datum.date() == zvoleny_den.date():
287.                 denni_data.append(radek[1])
288.
289.         denni_data.sort(key=lambda x: x['manipulace'])
290.         return denni_data
291.
292.
293.     def zapis_statistiky(simulace, den):
294.         den = str(den).split()[0]
295.         statistiky['den'].append(den)
296.         max_doba_cekani = max(simulace.cekani)
297.         statistiky['max_cekani'].append(str(max_doba_cekani).replace('.', ','))
298.         prumer_cekani = sum(simulace.cekani) / len(simulace.cekani)
299.         statistiky['prumerne_cekani'].append(str(prumer_cekani).replace('.', ','))
300.         prumerna_velikost_prohlidek = sum(simulace.velikosti_prohlidek) / len(simulace.velikosti_prohlidek)
301.         statistiky['prumerna_velikost_prohlidek'].append(str(prumerna_velikost_prohlidek).replace('.', ','))
302.         statistiky['pocet_lidi'].append(sum(simulace.velikosti_prohlidek))
303.         statistiky['zustatek_lidi'].append(simulace.zbytek_po_konci())
304.         statistiky['trzba'].append(simulace.trzba)
305.
306.
307.         statistiky = {'den': [], 'max_cekani': [], 'prumerne_cekani': [], 'prumerna_velikost_prohlidek': [],
308.                     'pocet_lidi': [],
309.                     'zustatek_lidi': [], 'trzba': []}
310.
311.         zvoleny_den = datetime.datetime.strptime('02.07.19', '%d.%m.%y')
312.         koncovy_den = datetime.datetime.strptime('31.07.19', '%d.%m.%y')
313.
314.         data = pd.read_csv('cervenec.txt', delimiter=';')
315.         rozestup = 5
316.         koef_pocet_lidi = 60
317.         koef_doba_cekani = 1
318.
319.         while zvoleny_den <= koncovy_den:
320.             if zvoleny_den.weekday() == 0:
321.                 zvoleny_den += timedelta(days=1)
322.             continue
323.

```



```
324.         print(zvoleny_den)
325.
326.         denni_data = vrat_denni_data(data, zvoleny_den)
327.
328.         simulace = Simulace(denni_data, rozestup_prohlidek=rozestup, koef_pocet_lidi=koef_pocet_lidi,
329.                             koef_doba_cekani=koef_doba_cekani)
330.         simulace.spustit()
331.
332.         zapis_statistiky(simulace, zvoleny_den)
333.
334.         zvoleny_den += timedelta(days=1)
335.
336.         df = pd.DataFrame.from_dict(statistiky)
337.
338.         df.to_csv(f'cervenec_stat_{str(rozestup)}.csv')
```

Zdroj: Pleticha, O.

### 7.3 Příloha 3 – Výsledky simulace 1 (se zájezdy)

Den	Celkový počet odbavených návštěvníků (os.)	Celkový počet neobsloužených návštěvníků (os.)	Průměrná velikost prohlídek (os.)	Průměrná doba čekání (min.)	Maximální doba čekání (min.)	Tržba (Kč)
02.07.2019	163	2	7	20,53	102	12760
03.07.2019	237	6	9	27,76	204	18430
04.07.2019	204	5	8	25,59	203	14420
05.07.2019	351	12	14	41,95	388	28870
06.07.2019	315	15	13	33,04	319	24370
07.07.2019	261	0	10	31,45	260	21030
09.07.2019	282	5	12	32,40	249	20750
10.07.2019	241	2	9	28,09	192	17020
11.07.2019	151	0	8	27,44	105	10660
12.07.2019	354	0	14	40,50	347	25450
13.07.2019	313	4	13	29,56	133	21930
14.07.2019	228	72	9	41,29	155	15880
16.07.2019	264	0	11	23,85	75	17910
17.07.2019	216	0	9	22,60	168	14710
18.07.2019	235	0	9	29,52	119	16890
19.07.2019	285	12	11	27,82	144	19780
20.07.2019	218	77	8	47,95	231	15730
21.07.2019	348	5	13	34,29	289	25600
23.07.2019	287	92	10	48,84	267	19460
24.07.2019	209	0	9	29,89	201	17250
25.07.2019	156	0	6	20,74	114	9770
26.07.2019	175	0	7	24,22	58	11590
27.07.2019	285	0	11	30,87	236	23180
28.07.2019	262	0	11	23,11	69	21260
30.07.2019	392	1	15	48,66	252	28230
31.07.2019	320	0	13	43,45	273	22850

Zdroj: vlastní zpracování

#### 7.4 Příloha 4 - Výsledky simulace 1 (bez zájezdů)

Den	Celkový počet odbavených návštěvníků (os.)	Celkový počet neobsložených návštěvníků (os.)	Průměrná velikost prohlídek (os.)	Průměrná doba čekání (min.)	Maximální doba čekání (min.)	Tržba (Kč)
02.07.2019	163	2	7	20,53	102	12760
03.07.2019	237	6	9	27,76	204	18430
04.07.2019	204	5	8	25,59	203	14420
05.07.2019	351	12	14	41,95	388	28870
06.07.2019	315	15	13	33,04	319	24370
07.07.2019	261	0	10	31,45	260	21030
09.07.2019	282	5	12	32,40	249	20750
10.07.2019	225	2	8	29,43	192	15660
11.07.2019	151	0	8	27,44	105	10660
12.07.2019	354	0	14	40,50	347	25450
13.07.2019	291	9	12	29,37	128	21310
14.07.2019	256	1	10	25,18	155	18210
16.07.2019	264	0	11	23,85	75	17910
17.07.2019	216	0	9	22,60	168	14710
18.07.2019	213	2	9	25,55	186	15790
19.07.2019	285	12	11	27,82	144	19780
20.07.2019	250	2	10	25,68	180	18850
21.07.2019	348	5	13	34,29	289	25600
23.07.2019	341	0	13	31,89	251	23130
24.07.2019	209	0	9	29,89	201	17250
25.07.2019	156	0	6	20,74	114	9770
26.07.2019	175	0	7	24,22	58	11590
27.07.2019	285	0	11	30,87	236	23180
28.07.2019	262	0	11	23,11	69	21260
30.07.2019	392	1	15	48,66	252	28230
31.07.2019	320	0	13	43,45	273	22850

Zdroj: vlastní zpracování

## 7.5 Příloha 5 - Generovaná data dle pravděpodobností pro simulaci 2

Okruh	Celkem osob	Manipulace	Cena okruh (Kč)
I. trasa	1	8:50	76,72
II. trasa	2	9:10	153,44
I. trasa	2	9:26	153,44
II. trasa	2	9:31	153,44
I. trasa	3	9:37	230,16
IV. Dětská trasa	1	9:55	76,72
I. trasa	2	10:03	153,44
IV. Dětská trasa	2	10:12	153,44
I. trasa	2	10:14	153,44
X. Sklepení	1	10:19	76,72
I. trasa	1	10:21	76,72
III. trasa	1	10:23	76,72
II. trasa	2	10:28	153,44
II. trasa	4	10:34	306,88
I. trasa	1	10:41	76,72
I. trasa	2	10:45	153,44
I. trasa	3	10:47	230,16
II. trasa	1	10:57	76,72
II. trasa	2	10:59	153,44
I. trasa	1	11:01	76,72
III. trasa pro děti do 10 let	3	11:04	230,16
IV. Dětská trasa	2	11:13	153,44
I. trasa	2	11:16	153,44
II. trasa	2	11:20	153,44
I. trasa	3	11:27	230,16
II. trasa	1	11:28	76,72
I. trasa	2	11:36	153,44
II. trasa	1	11:39	76,72
II. trasa	2	11:49	153,44
III. trasa	2	12:06	153,44
X. Sklepení	1	12:12	76,72

II. trasa	5	12:17	383,60
I. trasa	2	12:25	153,44
I. trasa	2	12:32	153,44
I. trasa	1	12:34	76,72
I. trasa	2	12:48	153,44
I. trasa	1	13:05	76,72
II. trasa	2	13:19	153,44
II. trasa	2	13:21	153,44
II. trasa	1	13:24	76,72
I. trasa	1	13:32	76,72
I. trasa	1	13:38	76,72
I. trasa	3	13:45	230,16
II. trasa	2	13:53	153,44
I. trasa	2	13:57	153,44
III. trasa pro děti do 10 let	4	14:07	306,88
II. trasa	3	14:10	230,16
I. trasa	2	14:14	153,44
II. trasa	2	14:24	153,44
I. trasa	1	14:28	76,72
X. Sklepení	1	14:33	76,72
I. trasa	2	14:39	153,44
II. trasa	2	14:56	153,44
II. trasa	1	15:16	76,72
III. trasa	2	15:23	153,44
I. trasa	2	15:38	153,44
I. trasa	1	16:05	76,72

Zdroj: vlastní zpracování

## 7.6 Příloha 6 - Porovnání výsledků simulace dle počtu průvodců

Počet průvodců	Maximální čekání (min.)	Průměrné čekání (min.)	Průměrná velikost prohlídek (os.)	Počet obslužených návštěvníků (os.)	Počet neobslužených návštěvníků (os.)	Tržba (100 Kč)
1	364	152	21	103	141	78,76
2	357	81	19	209	35	159,83
3	357	45	13	228	16	174,36
4	301	37	10	239	5	182,73
5	301	31	9	244	0	186,55
6	151	23	7	243	1	185,79
7	151	20	6	244	0	186,55

Zdroj: vlastní zpracování