



# Dokumentace

## **SHO Model služeb v oblasti sport**

Modelování a simulace

Michal Wagner (xwagne12)

Adam Kala (xkalaa00)

10. prosince 2023

# Obsah

<b>1</b>	<b>Úvod</b>	<b>1</b>
1.1	Autoři a zdroje	1
1.1.1	Autoři	1
1.1.2	Zdroje	1
1.2	Experimentální ověřování validity modelu	1
<b>2</b>	<b>Rozbor tématu a použitých metod/technologií</b>	<b>1</b>
2.1	Použité postupy	2
2.2	Popis původů použitých metod/technologií	2
<b>3</b>	<b>Koncepce modelu</b>	<b>2</b>
3.1	Popis konceptuálního modelu	2
3.2	Generování návštěvníků a pokladna	3
3.3	Chování návštěvníků	4
<b>4</b>	<b>Architektura simulačního modelu</b>	<b>5</b>
4.1	Mapování abstraktního modelu	5
4.2	Spuštění simulačního modelu	6
<b>5</b>	<b>Podstata simulačních experimentů a jejich průběh</b>	<b>6</b>
5.1	Postup experimentování	7
5.2	Dokumentace jednotlivých experimentů	7
5.3	Experiment 1	7
5.4	Experiment 2	8
5.5	Experiment 3	10
5.6	Závěry experimentování	13
<b>6</b>	<b>Shrnutí simulačních experimentů a závěr</b>	<b>13</b>
<b>7</b>	<b>Zdroje</b>	<b>14</b>

# 1 Úvod

Obsahem této práce je sestavování modelu [4, snímek 7], který reprezentuje kapacitní propustnost aquaparku Aqualand Moravia, a jeho následná simulace [4, snímek 33]. Na základě tohoto modelu [4, snímek 7] a simulačních experimentů [4, snímek 9] je ukázána kapacitní propustnost tohoto aquaparku. Smyslem experimentů je demonstrovat, jak počet zákazníků ovlivňuje tvoření front u jednotlivých zařízení v aquaparku. Pro zpracování modelu [4, snímek 7] bylo nutno zpracovat věk návštěvníků.

## 1.1 Autoři a zdroje

### 1.1.1 Autoři

- Michal Wagner (xwagne12)
- Adam Kala (xkalaa00)

### 1.1.2 Zdroje

Obecné:

Opora IMS

Seminář o projektech

IMS-20

K faktům:

Konec léta - hodnocení

Obsazenost areálu

## 1.2 Experimentální ověřování validity modelu

Ověření validity [4, snímek 37] proběhlo porovnáním výstupů s daty, které jsou veřejně dostupné. Tato data byla nastudovaná z materiálů, které poskytuje sám Aqualand Moravia. Zahrnují přibližnou čekací dobu na zařízení aquaparku v různých dnech a časech. Osobně jsme navíc ověřili validitu [4, snímek 37] dat přímo na místě. Na pokladnách Aqualandu jsme dostali potvrzení od zaměstnanců, že tyto výstupy přibližně odpovídají skutečnosti.

# 2 Rozbor tématu a použitých metod/technologií

Aqualand Moravia je sportovní centrum, které návštěvníkům poskytuje více možností v rámci areálu. Ten se skládá z více oblastí, do kterých lidé vstupují za nějakým účelem, jako je jízda na tobogánu, koupání v bazénu, odpočinek v sauně nebo jídlo v restauraci.

Mezi zákazníky patří všechny věkové kategorie, ale každá má jiné preference uvnitř areálu.

Areál je otevřený od pondělí do neděle od 10:00 do 21:00. Poslední možný vstup do areálu je do 19:30. Atrakce, bazén a kavárna se uzavírají pro návštěvníky 20:30 a sauna 20:45. Příchod zákazníků do areálu není rovnoměrný po dobu celé otevírací doby. V ranních hodinách je příchod zákazníků větší a skrze to je i větší čekací doba na pokladnách.

Zákazníci mají možnost zakoupit lístky online nebo přímo u pokladen. Těchto pokladen je při vstupu 10 a otevírají se podle aktuálního náporu zákazníků. Při zakoupení lístku online je odbavení u pokladny rychlejší. V ranních hodinách (10:00-12:00) se počet návštěvníků pohybuje okolo 450. V odpoledních hodinách se počet příchozích návštěvníků pohybuje okolo 150 na hodinu. Tudíž v běžný den je počet zákazníků okolo 1600, O víkendech toto číslo vzroste na 2600. V sezoně se počet zákazníků pohybuje v rozmezí 3000-6000.

Zákazník po průchodu přes pokladny vstoupí do šaten a následně má rozhodnutí z několika oblastí, které může opakovaně navštívit. V našem modelu uvažujeme různá rozhodnutí vzhledem na věk návštěvníka. Navíc počítáme s pravděpodobností, že šance na opakovanou návštěvu kavárny a restaurace klesá s každou návštěvou. Zákazníci v areálu nezůstávají po celou otevírací dobu a mají možnost opustit areál v jakémkoliv čase.

## 2.1 Použité postupy

Model byl vytvořen v programovacím jazyce C++ [2] s použitím simulační knihovny SIMLIB [6]. Byla vytvořena Petriho síť [4, snímek 123] pro snadné a srozumitelné vytvoření modelu.

## 2.2 Popis původů použitých metod/technologií

Při programování byly použity standardní knihovny, třídy a funkce jazyka C++ [2]. Pro překlad zdrojových souborů bylo využito nástroje g++. Knihovna SIMLIB [6] lze nalézt na jejích oficiálních stránkách.

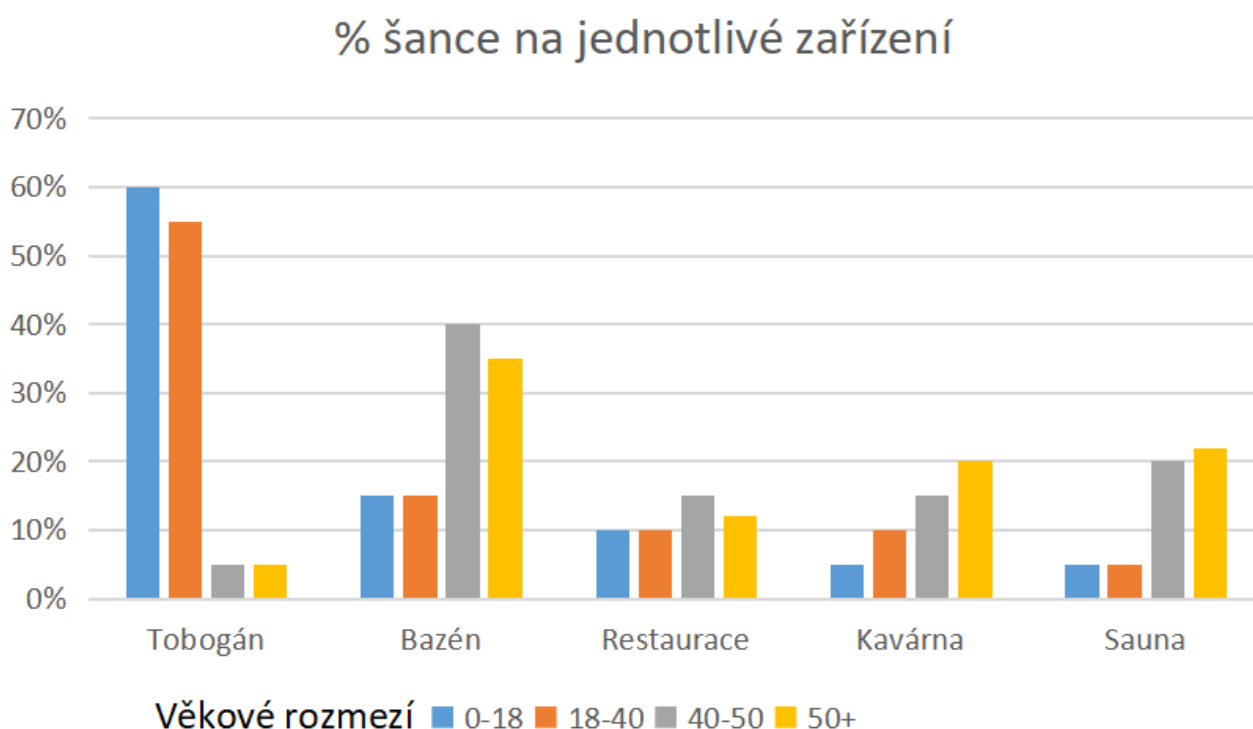
# 3 Koncepce modelu

Konceptuální model [4, snímek 48] slouží pro ulehčení implementace simulačního modelu [4, snímek 44]. Cílem simulace [4, snímek 33] je ukázat vliv počtu návštěvníků a jejich věku na tvoření front u jednotlivých zařízení aqualandu v běžný pracovní den, víkend (jeden den), začátek dne a sezonní týden. V úvahu tedy bereme rozdíly návštěvnosti podle času. Také v úvahu bereme zájem o jiná zařízení aqualandu v závislosti na věku (tobogány, kavárna, bazén, sauna), proto návštěvníci aqualandu mají atribut věk. Počítá se i, že pravděpodobnost na opakovanou návštěvu restaurace a kavárny klesá s každou její návštěvou. Tato pravděpodobnost se dále přenáší do atributu návštěvy tobogánu, který je hlavní atrakcí Aqualandu Moravia. Návštěvníci mohou areál opustit v jakýkoliv moment dne a simulace je konstruována tak, aby se ukončila s uzavřením areálu. Zákazníci nemohou vstoupit do areálu po 19:30, což je poslední možnost vstupu do areálu.

## 3.1 Popis konceptuálního modelu

Vstupem simulace je vstup do areálu, který je možný po zákoupení lístku na pokladně nebo zákoupení lístku online. Celkově je na vstupu 10 pokladen, které se otevírají postupně pokud je ve frontě v průměru více jak 50 zákazníků. Za den v týdnu navštíví areál přibližně 1600 zákazníků a za víkendový den přibližně 2600. Zákoupení lístku online požaduje pouze potvrzení, proto odbavení zákazníka trvá kratší dobu. Šance, že si návštěvník zakoupí lístek online je 40%. Vstup do areálu od pondělí do neděle je možný v čase 10:00 až 19:30. Příchody návštěvníků se liší v čase. V ranních hodinách je tato hodnota nejvyšší. Zákazníci v běžný den přichází v průměru po 22 sekundách, v ranních hodinách v průměru po 13.8 sekundách a o víkendu v průměru po 15 sekundách. Návštěvníci následně postupují do hlavního areálu (čas strávený v šatnách jsme v naší simulaci [4, snímek 33] nezahrnuli). Zákazníci následně mají možnost pokračovat na tobogán, do kavárny, restaurace, sauny nebo bazénu. Návštěva těchto zařízení je možná do 20:30, protože se areál v 21:00 zavírá. Tyto šance byly určeny podle věkové kategorie návštěvníka viz. Obrázek 1. Při volbě tobogánu zákazník vstupuje do fronty tobogánu, který ji má nejmenší. Těchto tobogánů je celkově 5. V případě, že zařízení není právě obsluhované je automaticky využito přicházejícím návštěvníkem, jinak zákazník čeká ve frontě. Jízda na tobogánu zabere přibližně 24 sekund. Při volbě návštěvy bazénu zákazník nečeká a v bazénu stráví náhodně 0 - 120 minut. Počítá se zde i s uzavřením atrakcí a bazénu, tudíž po 20:40 návštěvník musí opustit bazén. Pokud návštěvník zvolí restauraci vstoupí do fronty v případě, že je zařízení právě obsluhováno. Restaurace má otevřené 3 pokladny pro obsluhu návštěvníků. Obsloužení jednoho zákazníka trvá v průměru 45 sekund, protože jídlo většinou bývá připravené na výdej. Počítá se i se snížením pravděpodobnosti opakované návštěvy, tudíž po každé návštěvě restaurace pravděpodobnost na další návštěvu klesá o 2% a tato šance se přičítá k tobogánu. Návštěva kavárny funguje se stejným snížením pravděpodobnosti opakované návštěvy. Obsluha v kavárně trvá průměrně 25 sekund. Kavárna má otevřené 2 pokladny pro obsluhu návštěvníků. Při volbě vstupu do sauny zde návštěvník stráví 2

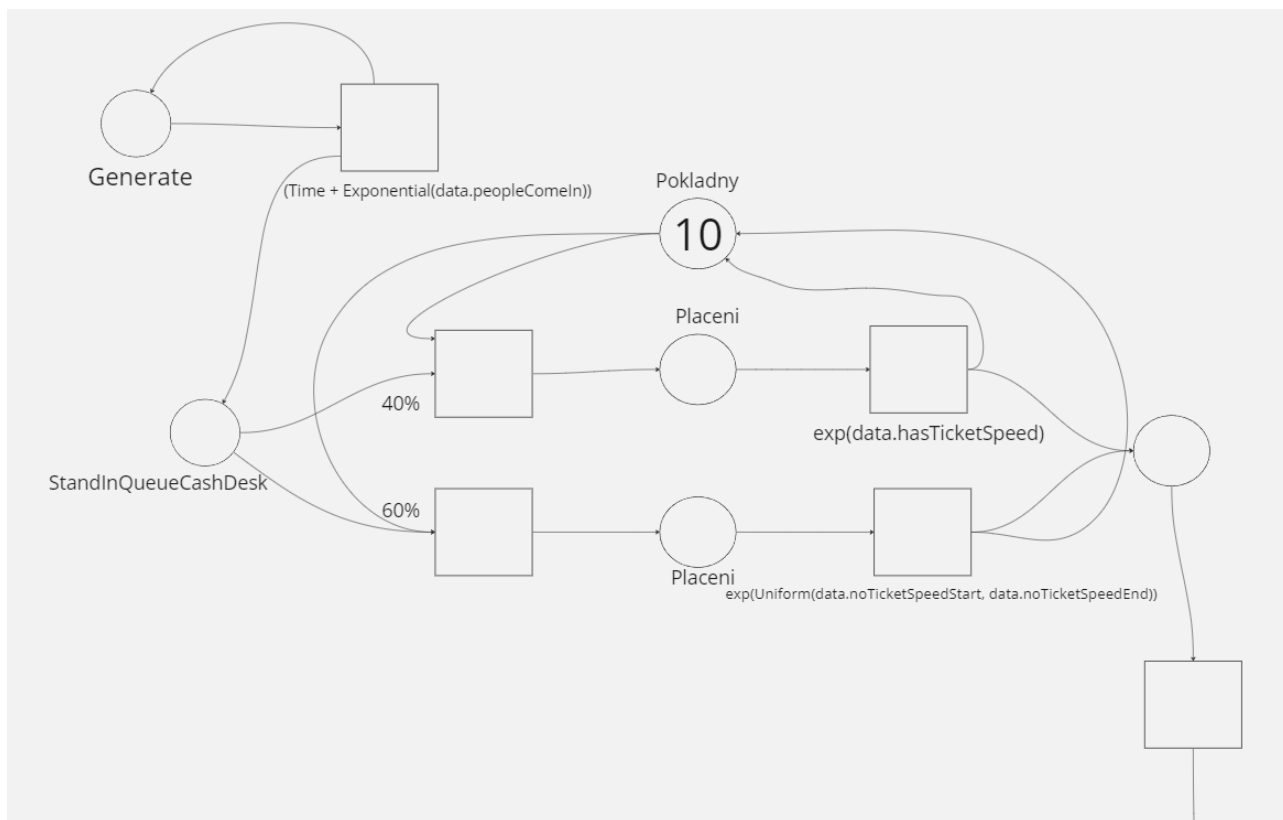
- 20 minut, protože podle předpisů areálu je v průměru ideální návštěva sauny 15 minut. Návštěvník opouští areál v libovolný čas simulace nebo po oficiálním uzavření areálu.



Obrázek 1: Procentuální šance ke vstupu na zařízení dle věku

### 3.2 Generování návštěvníků a pokladna

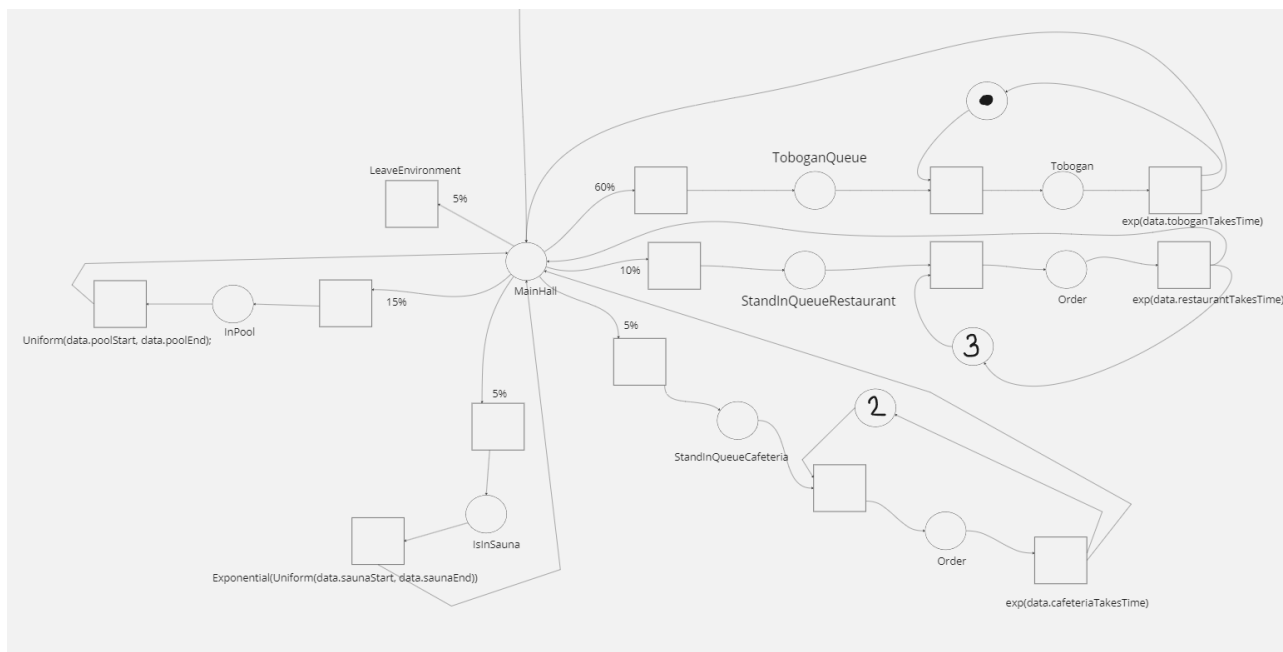
Tato část modeluje generování návštěvníka, kde je mu také přiřazen čas příchodu. Navíc jsou v této části určena data podle aktuálního času simulace [4, snímek 33]. Zda pracujeme v ranních hodinách nebo pozdějších. Toto generování popisuje Petriho síť viz Obrázek 2.



Obrázek 2: Petriho síť - část generátor a návštěvníci na pokladnách

### 3.3 Chování návštěvníků

Tato část modeluje chování návštěvníka a jeho rozhodnutí v rámci areálu. Návštěvník má několik možností a procentuální šance na tyto možnosti jsou určeny v závislosti na věk návštěvníka.



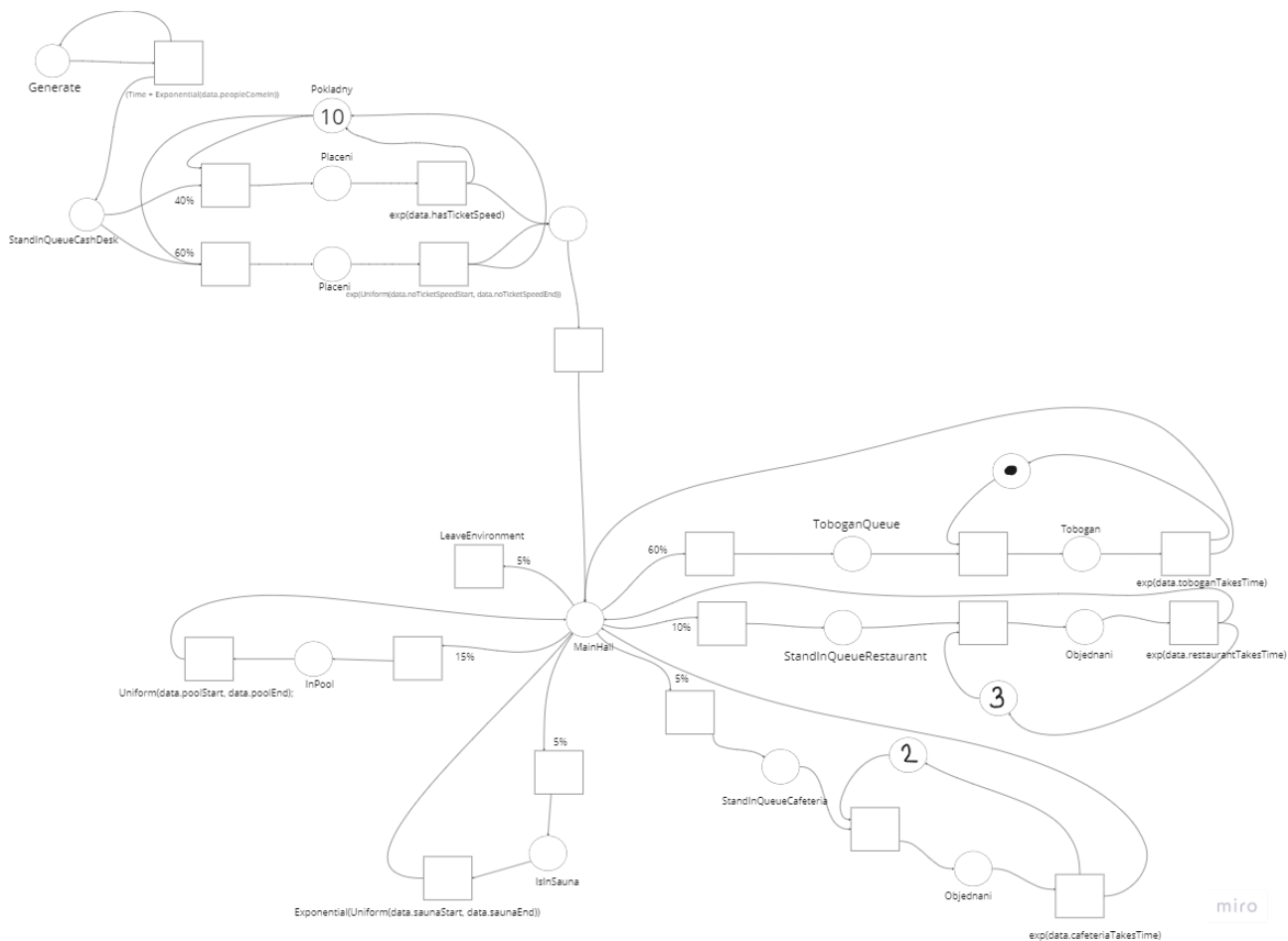
Obrázek 3: Petriho síť - popisující chování návštěvníka v aquaparku

## 4 Architektura simulačního modelu

Simulační model využívá funkcionalitu pro diskretní simulace [4, snímek 119] z knihovny SIMLIB [6]. V modelu se pohybují procesy [4, snímek 121], které reprezentují návštěvníky areálu. Tyto procesy přechází do obslužných linek [4, snímek 146] a simulují průběh. Simulace jde provést v různých případech (ranní hodiny, běžný den, vrcholová sezóna, víkendový den). Objekty sbírají v průběhu simulace [4, snímek 33] statistické informace a po ukončení simulace jsou zobrazeny.

### 4.1 Mapování abstraktního modelu

Simulační model je založen na Petriho síti z Obrázku 4. Obsahuje dvě obslužné linky typu sklad [4, snímek 146] reprezentující bazén a saunu. A čtyři zařízení [4, snímek 146] reprezentující tobogány, pokladny, restauraci a kavárnu. Tyto obslužné linky zabírají procesy, které reprezentují návštěvníky Aqualandu Moravia.



Obrázek 4: Petriho síť - kompletní

## 4.2 Spuštění simulačního modelu

Program je nutné přeložit pomocí příkazu `make`. Pomocí `make run` lze spustit simulaci klasického víkendového dne.

Spuštění simulace:

```
./ims [-h] [-p] [-c] [-o] [-e]
```

- -h nápověda
- -p Vrcholová sezóna simulace (celý týden)
- -c Klasická sezóna simulace (jeden den)
- -o Otevírací hodiny simulace (první dvě hodiny otevírací doby)
- -e Zavírací hodiny simulace (poslední hodina a půl otevírací doby)
- -w Víkend simulace (jeden den)

## 5 Podstata simulačních experimentů a jejich průběh

Cílem experimentů bylo ověření validity modelu [4, snímek 37] a hodnoty vstupních data tak, aby se výsledek simulace [4, snímek 33] blížil skutečnosti. Po provedení jsme se o tom přesvědčili, protože výstupní hodnoty



odpovídaly dostupným datům.

## 5.1 Postup experimentování

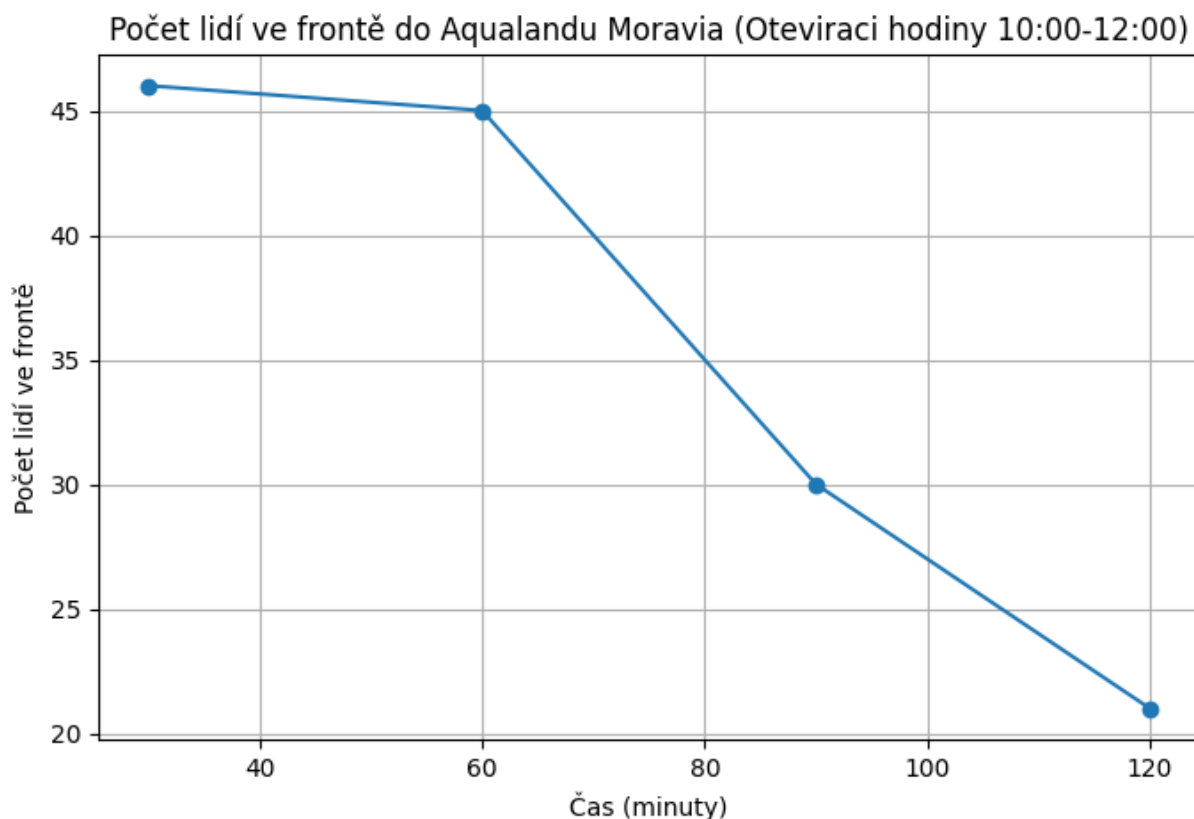
Simulace [4, snímek 33] byla spuštěna na třech různých experimentech. V otevírací době areálu se provedla simulace na počet lidí ve frontě pokladen. V běžný pracovní den proběhla simulace počtu lidí ve frontě pokladen, průměrný čas strávený ve frontě na pokladnu a ve frontě na tobogán. Ve víkendový den proběhla simulace počtu lidí ve frontě pokladen, průměrný čas strávený ve frontě na pokladnu, ve frontě na tobogán, ve frontě do restaurace a do kavárny. Experimenty byly spuštěny v rozmezí otevírací doby areálu a ranní špičky v areálu. Tyto výsledky následně byly porovnány s odhady poskytnutými Aqualandu Moravia.

## 5.2 Dokumentace jednotlivých experimentů

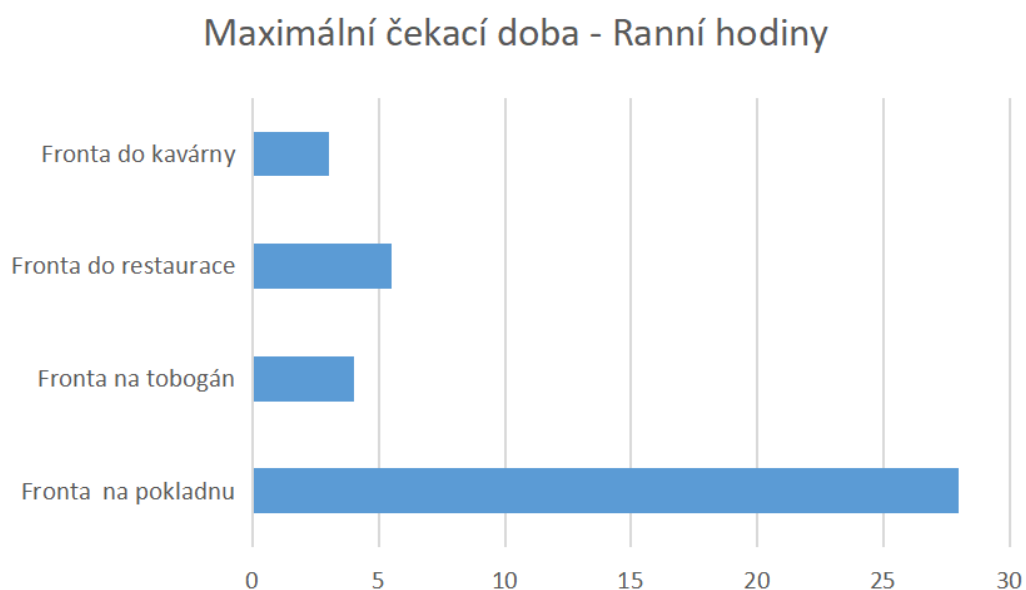
Propustnost Aqualandu Moravia je v otevírací době v klasický den přibližně 1600 zákazníků, víkendový den přibližně 2600 zákazníků. Experimenty dodržují předpoklad, že v různých časech je nápor návštěvníků vyšší.

## 5.3 Experiment 1

První experiment probíhá v otevíracích hodinách Aqualandu Moravia v běžný pracovní den. Tento experiment potvrzuje vyšší fronty a čekací dobu pro vstup v ranních hodinách.



Obrázek 5: Počet lidí ve frontě na pokladně v otevíracích hodinách

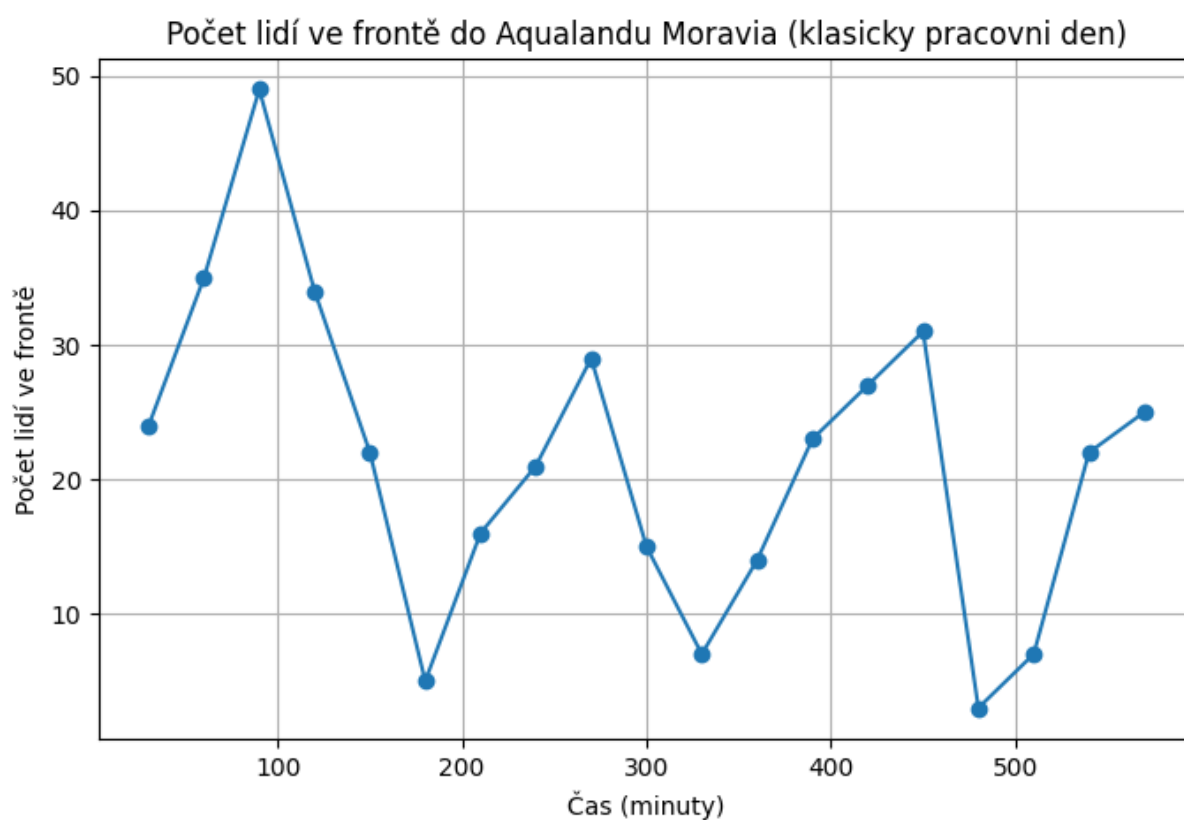
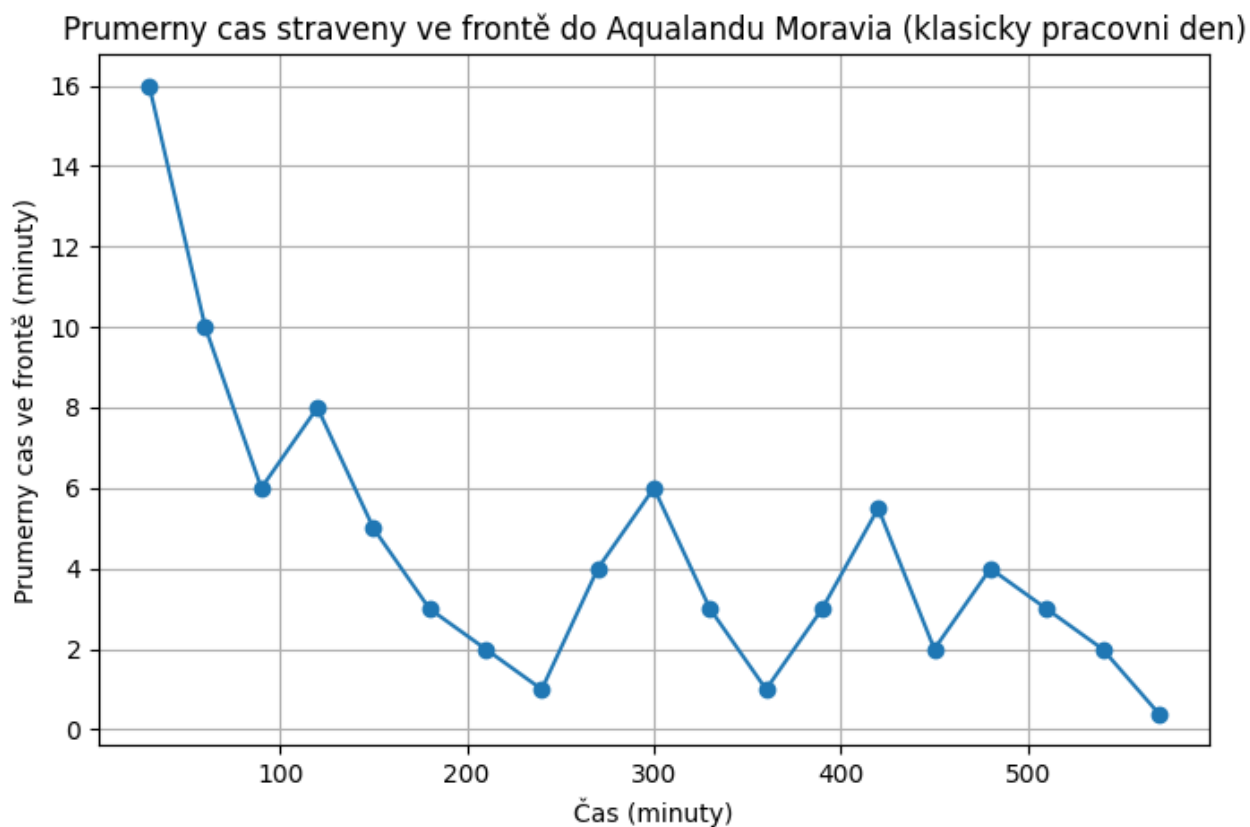


Obrázek 6: Maximální doba čekání na jednotlivé linky

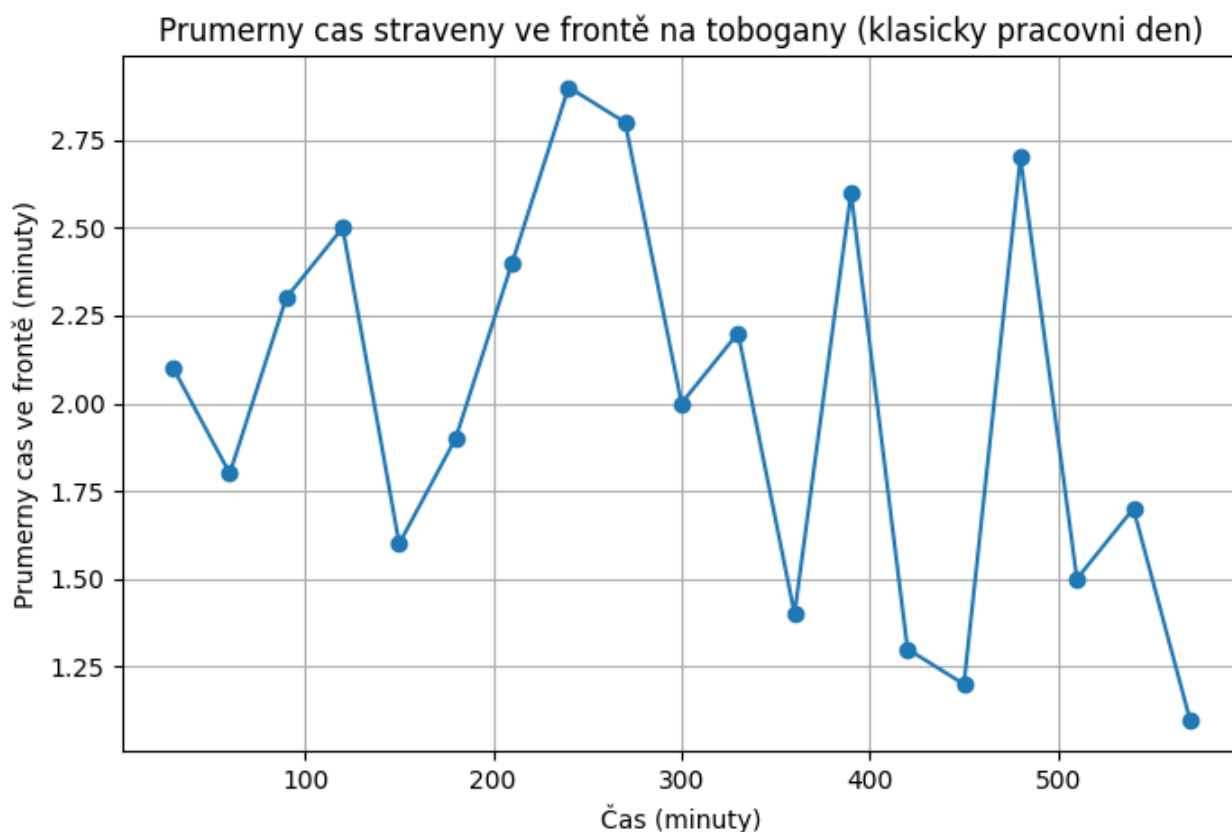
V experimentu je vidět, že fronty postupně po otevření klesají a nápor zákazníků je poměrně vysoký po otevření areálu. Nejvyšší nápor je na vstupní pokladny, což je způsobeno ranním návaem návštěvníků. Pro optimalizaci náporu na vstupních pokladnách by bylo potřeba otevření více pokladen.

## 5.4 Experiment 2

Druhý experiment probíhá v běžný pracovní den (pondělí až čtvrtek). V úvahu se bere, že v ranních hodinách budou fronty na pokladnách vyšší.



Obrázek 8: Průměrný čas ve frontě na pokladně v pracovním dnu

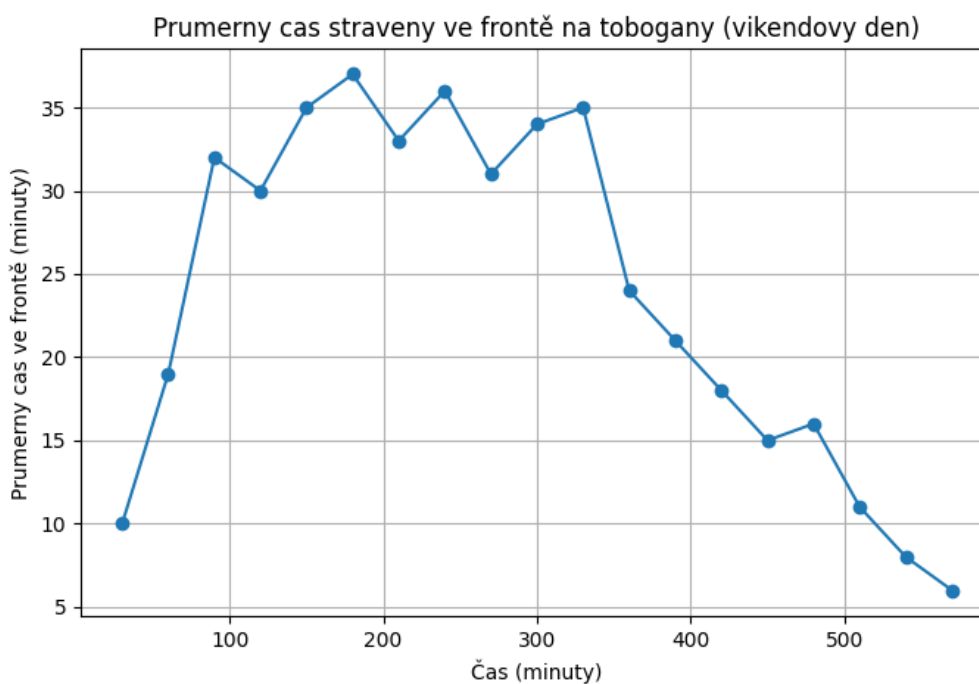
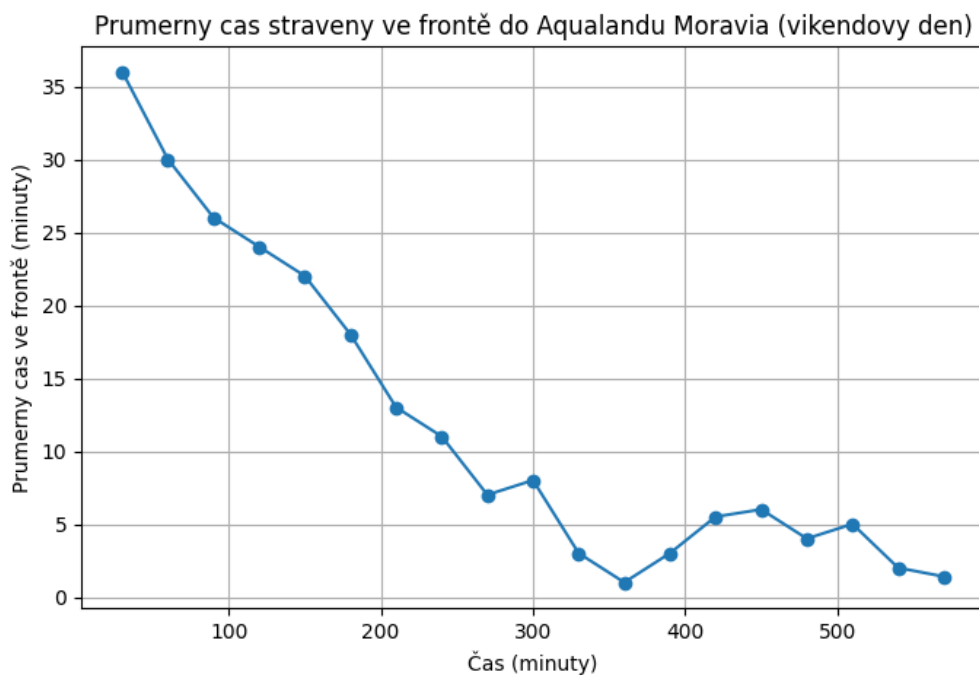


Obrázek 9: Průměrný čas ve frontě na tobogány v pracovním dnu

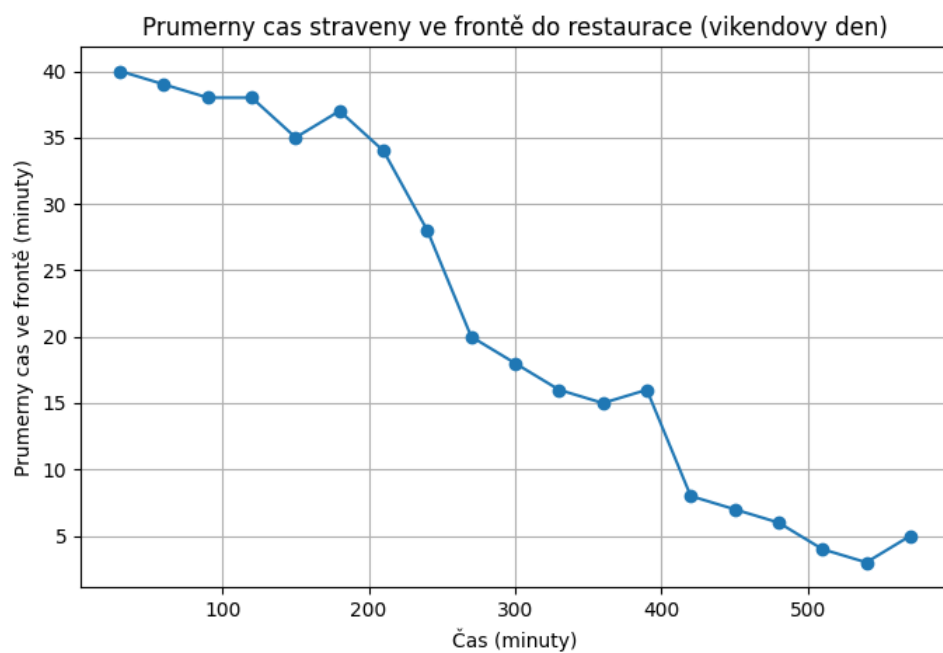
Na experimentech lze pozorovat vysokou čekací dobu a velké fronty v ranních hodinách a postupný pokles náporu v pozdějších hodinách. Lze pozorovat nestálost ve frontách na tobogány způsobenými aktuálním zájmem. Tobogány nezaznamenávají žádné velké čekací doby, tudíž zvládají nápor návštěvníků.

### 5.5 Experiment 3

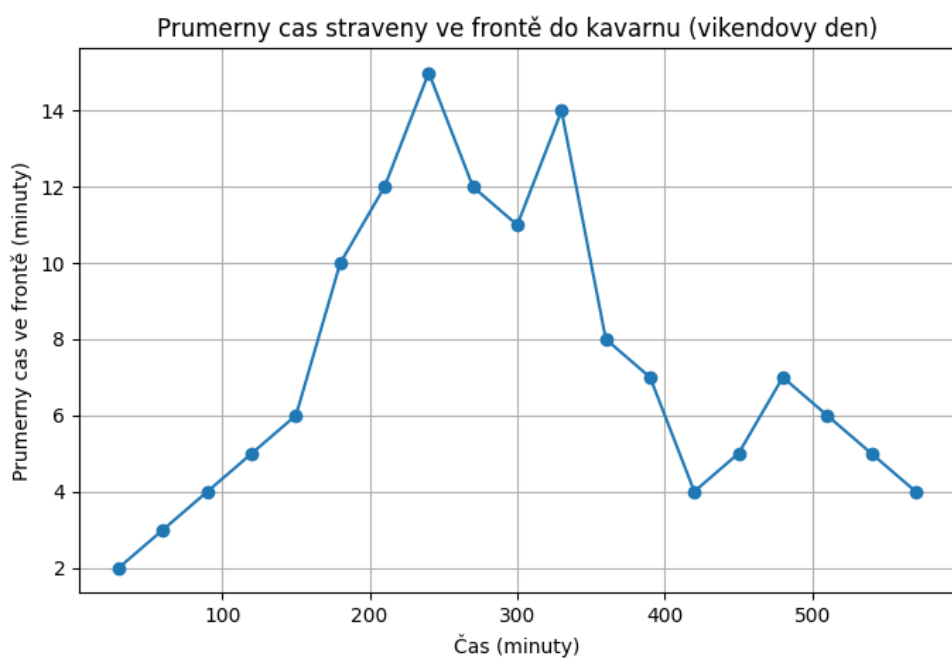
Třetí experiment probíhá o víkendovém dnu. Počet přicházejících zákazníků je vyšší, což se projevuje i na tvoření front v areálu.



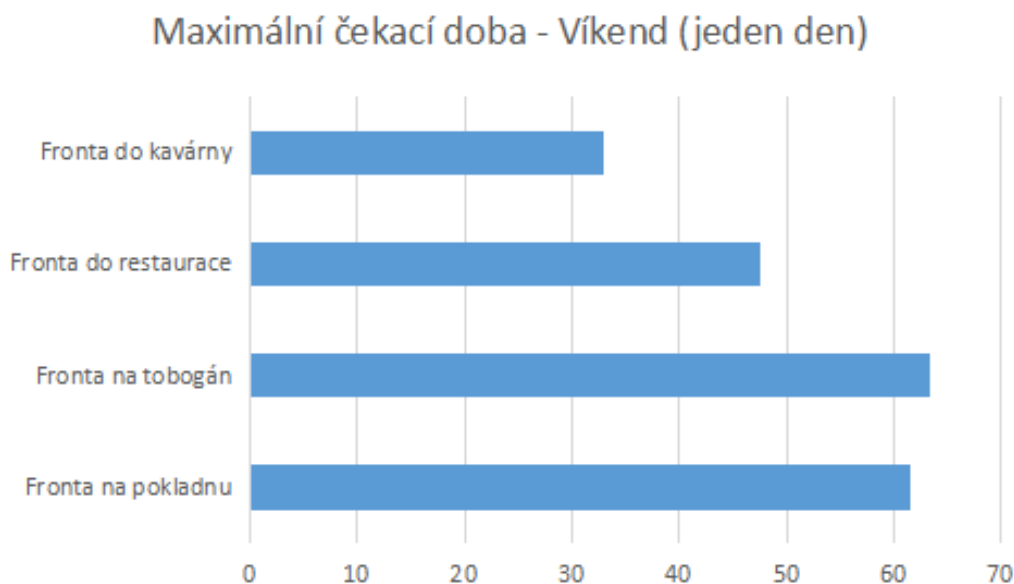
Obrázek 11: Průměrný čas strávený ve frontě na tobogány ve víkendový den



Obrázek 12: Průměrný čas strávený ve frontě do restaurace ve víkendový den



Obrázek 13: Průměrný čas strávený ve frontě do kavárny ve víkendový den



Obrázek 14: Maximální čekací doba za víkend

Na experimentech lze pozorovat vysoké fronty na pokladny v ranních hodinách, které se postupem času zmenšují. Tento problém by se dal optimalizovat otevřením více pokladen. Můžeme také pozorovat vzrůst čekací doby na tobogány v odpoledních hodinách, které klesají s blížícím se uzavřením areálu. V Obrázku 12 si můžeme všimnout vysokého zájmu a čekací doby do restaurace. V tomto případě by optimalizace zahrnovala zvýšení kapacity restaurace. Ke stejnému závěru můžeme dojít i u kavárny. V odpoledních hodinách vzroste nápor na kavárny, který by se dal optimalizovat rozšířením kapacity. V posledním grafu si lze všimnout maximálního náporu na všechny zařízení. Největší nápor lze pozorovat u tobogánů, o který byl největší zájem.

## 5.6 Závěry experimentování

Všechny experimenty, které byly simulovány určují fungování areálu v různých časových bodech. Lze si povšimnout velkého rozdílu v maximální čekací době víkendu a pracovního dne, což je způsobeno nárůstem návštěvníků areálu.

## 6 Shrnutí simulačních experimentů a závěr

Simulační experimenty potvrdily hypotézu propustnosti Aqualandu Moravia. Řešení pro zvýšení propustnosti by bylo například otevření více pokladen naráz, zvýšení průměrného času výdeje jídla v restauraci nebo přidání více tobogánů. Dále by bylo vhodné preferovat online zakoupení lístků, které by vyřešilo velké fronty na vstupních pokladnách.

Avšak obecně Aqualand vyniká dobrou propustností lidí a jeho vysoké zatížení zvládá až bravurně.

## 7 Zdroje

### Odkazy

- [1] Aqualand Moravia. *Obsazenost areálu*. <https://www.aqualand-moravia.cz/obsazenost-arealu>. Webová stránka Aqualand Moravia. 2023.
- [2] C++ Reference. <https://en.cppreference.com/w/cpp>. C++ referenční stránka. 2017.
- [3] Petr Peringer. *IMS 2023: Seminar on Projects*. <http://perchta.fit.vutbr.cz:8000/vyuka-ims/uploads/1/IMS-2023-seminar-o-projektech.pdf>. PDF soubor semináře o projektech pro IMS 2023. rok neuveden.
- [4] Petr Peringer. *IMS-20*. <http://perchta.fit.vutbr.cz:8000/vyuka-ims/uploads/1/IMS-20.pdf>. PDF soubor pro IMS-20. rok neuveden.
- [5] Petr Peringer. *Opora pro předmět IMS*. [https://moodle.vut.cz/pluginfile.php/725909/mod\\_resource/content/1/opora-ims.pdf](https://moodle.vut.cz/pluginfile.php/725909/mod_resource/content/1/opora-ims.pdf). PDF soubor pro předmět IMS. rok neuveden.
- [6] Petr Peringer. *SIMLIB*. <https://www.fit.vutbr.cz/~peringer/SIMLIB/>. Webová stránka SIMLIB. rok neuveden.

Text dokumentu s odkazem na zdroje [1], [2], [3], [4], [5] a [6].