

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
FAKULTA DOPRAVNÍ

Semestrální práce

Z předmětu Teorie hromadné obsluhy (THRO)

Jan Čáslava

Skupina 1 57

Simulace fiktivní čerpací stanice

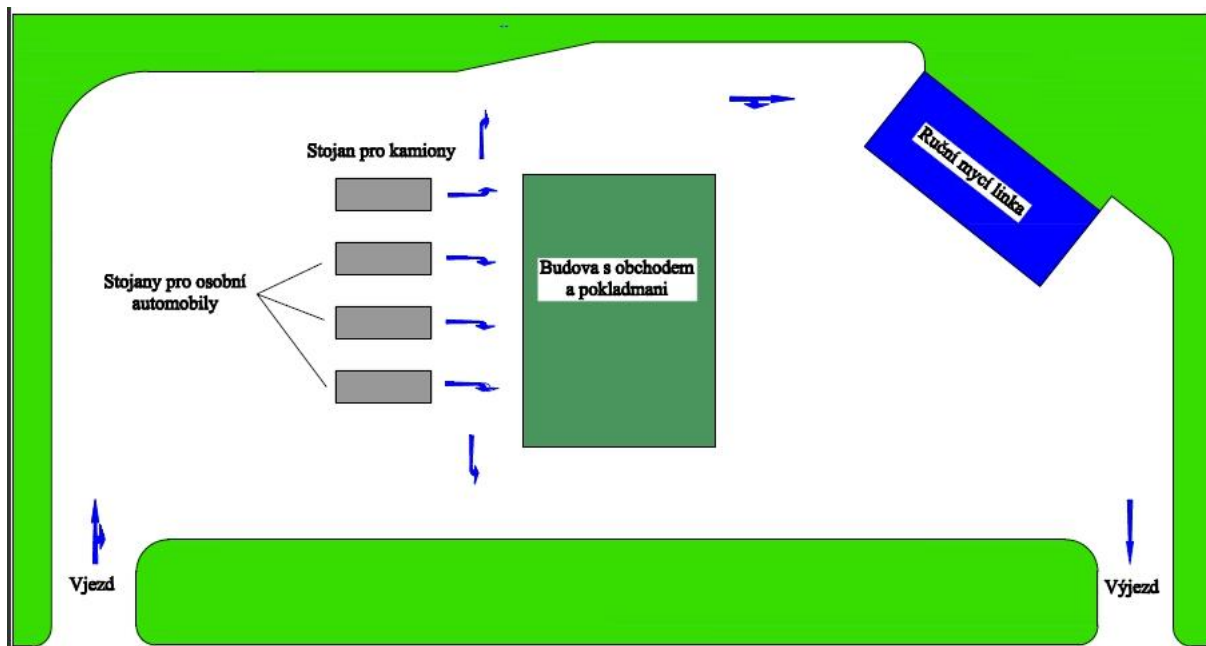
2011

Obsah

1. Popis situace	3
2. Popis simulačního modelu.....	3
3. Definování problému termíny THO	4
3.1. Popis simulace.....	5
3.2. Popis nové simulace a schéma upraveného modelu.....	8
3.3. Interpretace výsledků	10
4. Testy hypotéz	11
4.1. První test.....	12
4.2. Druhý test	12
4.3. Třetí test.....	13
5. Závěr.....	13
Obrázek 1 - Schéma čerpací stanice.....	3
Obrázek 2 - Stojany čerpací stanice	4
Obrázek 3 - Obchod a pokladna	5
Obrázek 4 - Mycí linka.....	5
Obrázek 5 - Simulační model před úpravami.....	6
Obrázek 6 - Simulační model po úpravách	10
Tabulka 1 - Přehled naměřených hodnot simulačního modelu před úpravami	7
Tabulka 2 - Přehled naměřených hodnot simulačního modelu po úpravách.....	9
Graf 1 - Počet obslužených zákazníků simulačního modelu před úpravami.....	7
Graf 2 - Počet odmítnutých zákazníků simulačního modelu před úpravami.....	8
Graf 3 - Počet obslužených zákazníků simulačního modelu po úpravách	9
Graf 4 - Počet odmítnutých zákazníků simulačního modelu po úpravách	9

1. Popis situace

Jako téma mé semestrální práce z předmětu Teorie hromadné obsluhy jsem si vybral fiktivní situaci obsluhy čerpací stanice. Jako příklad mi poslouží typická čerpací stanice u sinice II třídy, kde je vysoká intenzita osobních automobilů a vyšší intenzita těžké nákladní dopravy. Čerpací stanice je vybavena třemi stojany sloužícími k čerpání pohonných hmot osobních automobilů a jedním stojanem pro kamiony, samoobslužnou ruční mycí linkou (automat na mince) (i pro nákladní dopravu), obchodem sloužícím k placení s možností drobného nákupu (jedna pokladna). U každého z těchto míst se mohou tvořit fronty a vznikají tak situace obsahující zdržení. Těmto frontám se dá předcházet vhodným přeuspořádáním čerpací stanice tj. optimalizací počtu jednotlivých stanovišť resp. bodů systému. Nejprve bude zkonstruován model pro zadané hodnoty a následně bude daný model optimalizován, pro navýšení kapacity v místech, kde se tvoří maximální fronta a dochází tak neobsloužení zákazníků. Což je hlavní úkol této práce.



Obrázek 1 - Schéma čerpací stanice

2. Popis simulačního modelu

Čerpací stanice má dva vstupní proudy, jeden pro osobní automobily a druhý pro kamionovou dopravu. Předpokládá se příjezd jednoho osobního automobilu za dvě minuty a jednoho kamionu za deset minut. Tj. 30 aut za hodinu a 6 kamionu za hodinu.

Jak bylo řečeno čerpací stanice má tři čerpací stojany pro OA a u každého z nich je možnost vyčkávání tří automobilů. Stojan pro kamiony má vzhledem k délce těchto vozidel

možnost vyčkávání pouze jednoho kamionu. V případě naplnění front pro OA nebo kamiony se řidiči rozhodují se s 100% pravděpodobností čerpací stanici nevyužít.

10% příjezdějících řidičů osobních automobilů odjíždí rovnou k samoobslužné mycí lince.

Po načerpání pohonných hmot přecházejí všichni řidiči k obchodu, kde mohou rovnou zaplatit nebo nakoupit v obchodě a poté zaplatit. Možnost nákupu využije zpravidla 2/3 zákazníků tj. 66%. Kapacita prodejny je cca 15 lidí a kapacita fronty u pokladny je 10 lidí. Překročení těchto hodnot se nepředpokládá (jak se později ukáže, jedná se o chybný předpoklad). Poté řidiči odjíždění z čerpací stanice nebo mohou využít služeb samoobslužné mycí linky (10%) a rovněž odjíždějí. Kapacita čekání u myčky jsou stři stání, v případě naplnění této fronty odjíždí zákazník neuspokojený. Pro jednoduchost předpokládejme, že kamiony myčku nevyužívají bez natankování (vyjádřit např: 5% či méně využití myčky před nákupem pohonných hmot by bylo velmi neobratné vzhledem k možnostem programu HPSim) a že objekt myčky je jakýsi „blackbox“, kde je prostor pro čištění OA nebo kamionů, ale vždy jen jednoho vozidla a prostor pro vyčkávání před myčkou je společný.

Doba simulace je volena na 2 hodiny. Sledované hodnoty budou počet obslužených zákazníků, počet neobslužených osobních automobilů, počet neobslužených kamionů a počet neobslužených zákazníků na mycí lince.

3. Definování problému termíny THO

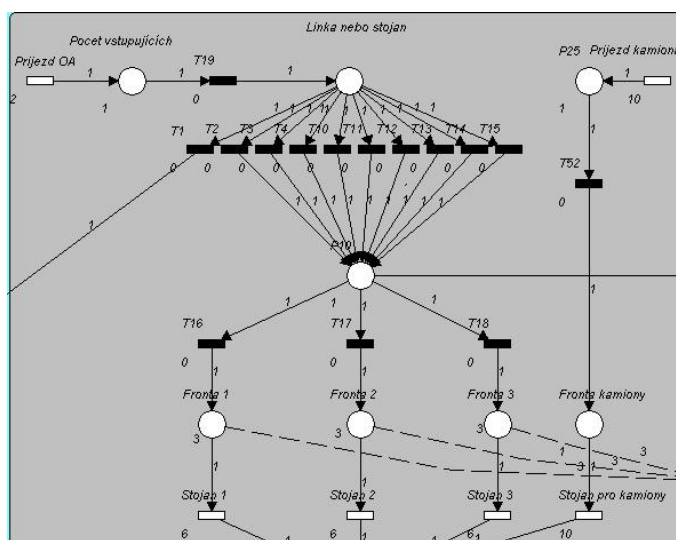
Pro popis využijeme rozšířené kendallový klasifikace, kde známe vstupní tok, frontový režim a organizaci obsluhy: A/B/X/Y/Z, kde A je typ pravděpodobnostního rozdělení popisující intervaly mezi příchody požadavku do systému, B je typ pravděpodobnostního rozdělení popisující dobu trvání obsluhy, X je počet kanálů obsluhy, Y je kapacita systému hromadné obsluhy a případné Z je režim fronty. Zde se předpokládá u všech případů režim FCFS – first come first served.

Podle tohle model tohoto systému lze rozdělit na několik podskupin:

Stojany čerpací stanice

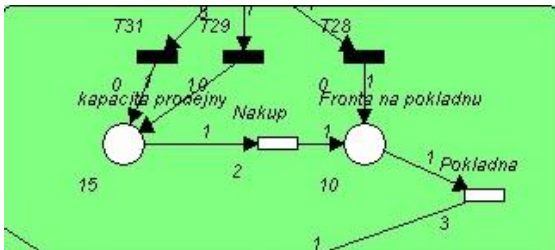
Příjezd jednotlivých osobních automobilů je dán intervalem $1/\lambda$ s počáteční hodnotou $1/\lambda = 3$. Příjezd nákladní dopravy je dán intervalem $1/\lambda$ s počáteční hodnotou $1/\lambda = 10$. Část čerpací stanice určená pro OA je obsazena maximálně

4



Obrázek 2 - Stojany čerpací stanice

3 automobily, při vyčkávání celkem 9 automobilů. Část určená pro nákladní automobily pojme jeden kamion u stojanu a jeden vyčkávající ve frontě. Příjezd i obsluha je řízena exponenciálním rozdělením náhodné veličiny. Obsluha je se zpožděním průměrně 6 minut pro OA a 10 minut pro kamiony. Kendallova klasifikace je pro OA: M/M/3/9, pro kamiony je M/M/1/1.



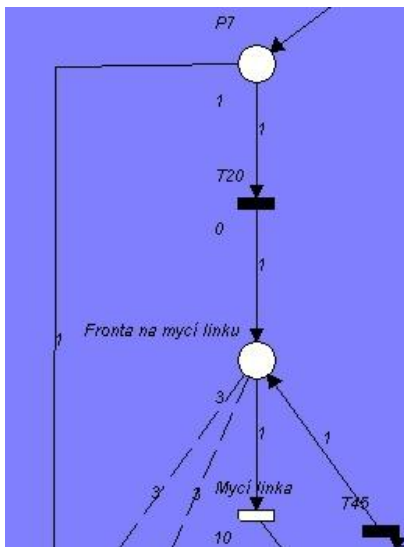
Obrázek 3 - Obchod a pokladna

Obchod a pokladna

Po načerpání pohonných hmot jde řidič zaplatit na pokladnu nebo může nakoupit a zaplatit pohonné hmoty a nákup na pokladně. Doba nakupování je exponenciálně rozdělena s počátečním zdržením 2 minuty a doba na pokladně je také exponenciální s počátečním zdržením 3 minuty. Kendallova

klasifikace je pro tento případ placení M/M/1/10 a pro případ nákupu M/M/1/15.

Myčka



Obrázek 4 - Mycí linka

Příjezd do myčky je určen rovnou nebo po průchodu pokladnou. Kapacita je pouze 1. Zdržení na lince je s exponenciálním rozdělením s počáteční hodnotou zdržením 10 minut. Kendallova klasifikace je M/M/1/3.

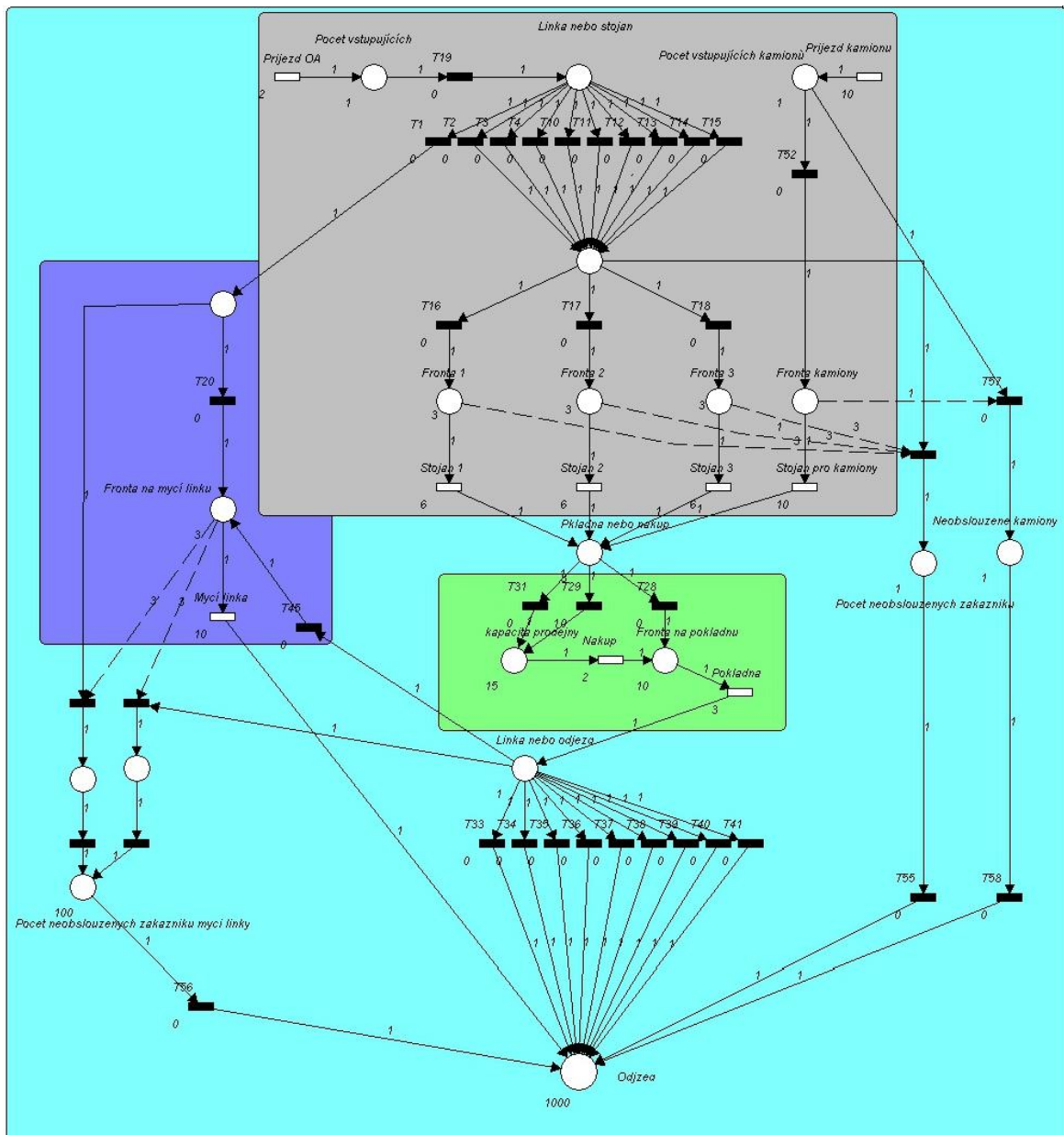
3.1. Popis simulace

Jelikož se všechny hodnoty zdržení do programu HPSim zadávají v milisekundách, zvolil jsem krok 1 ms reprezentující 1 minutu. Každý test trval 120 ms tj. 2 hodiny. Pro tento model jsem nejprve provedl zkušební simulaci. Z vyexportovaných dat jsem vyčetl následné důležité údaje, které potenciálně povedou ke změně modelu:

- Po 105 minutách se naplnila fronta u pokladen =>částečný kolaps systému=> přidávám jednu pokladnu.

- Fronta na mycí lince se naplnila v 95 minutě (jeden neobsloužený zákazník)=> ekonomicky by nebylo vhodné přidávat další linku. Zvýším počet čekacích míst z 3 na 4.
- Počet neobsloužených zákazníků vzhledem k OA je 4 => přidáním jednoho stojanu pro OA obecně poklesne počet aut čekajících a zároveň budou pravděpodobně všechna obsloužena
- Počet neobsloužených kamiónů je 2 => vybuduje se plocha pro vyčkávání dvou kamiónů.

Následně jsem provedl celkem 20 simulací. Výsledky naměřených hodnot potvrdily tyto navrhované změny (viz. tabulka 1 a graf 1).



Obrázek 5 - Simulační model před úpravami

Pořadí simulace	Obsloužení zákazníci	Odmítnutí zákazníci - stojany	Odmítnutí zákazníci - kamiony	Odmítnutí zákazníci - linka
1	48	4	2	1
2	48	0	5	1
3	48	3	3	4
4	44	0	2	2
5	47	7	3	3
6	44	7	3	5
7	45	9	1	3
8	47	0	4	2
9	42	5	3	0
10	49	0	4	1
11	44	8	2	1
12	43	1	5	0
13	45	0	4	0
14	48	3	5	0
15	46	0	4	0
16	48	2	5	1
17	48	4	3	1
18	48	3	3	4
19	47	2	2	0
20	48	2	3	1
aritmetický průměr	46,35	3	3,3	1,5

Tabulka 1 - Přehled naměřených hodnot simulačního modelu před úpravami



Graf 1 - Počet obsloužených zákazníků simulačního modelu před úpravami



Graf 2 - Počet odmítnutých zákazníků simulčního modelu před úpravami

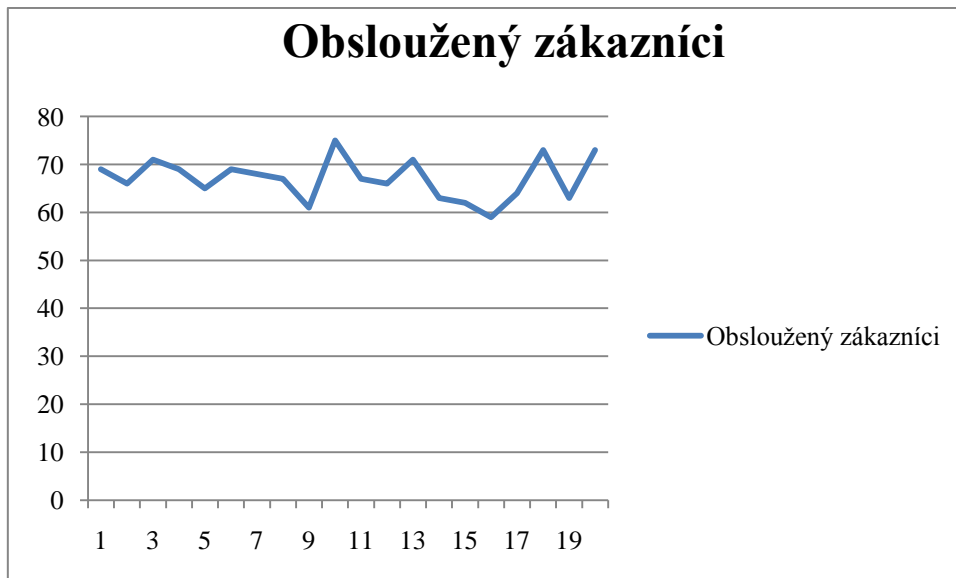
3.2. Popis nové simulace a schéma upraveného modelu

Do tohoto modelu byly implementovány výše uvedené změny. Následně bylo provedeno 20 simulací se stejnými parametry jako v předchozím případě.

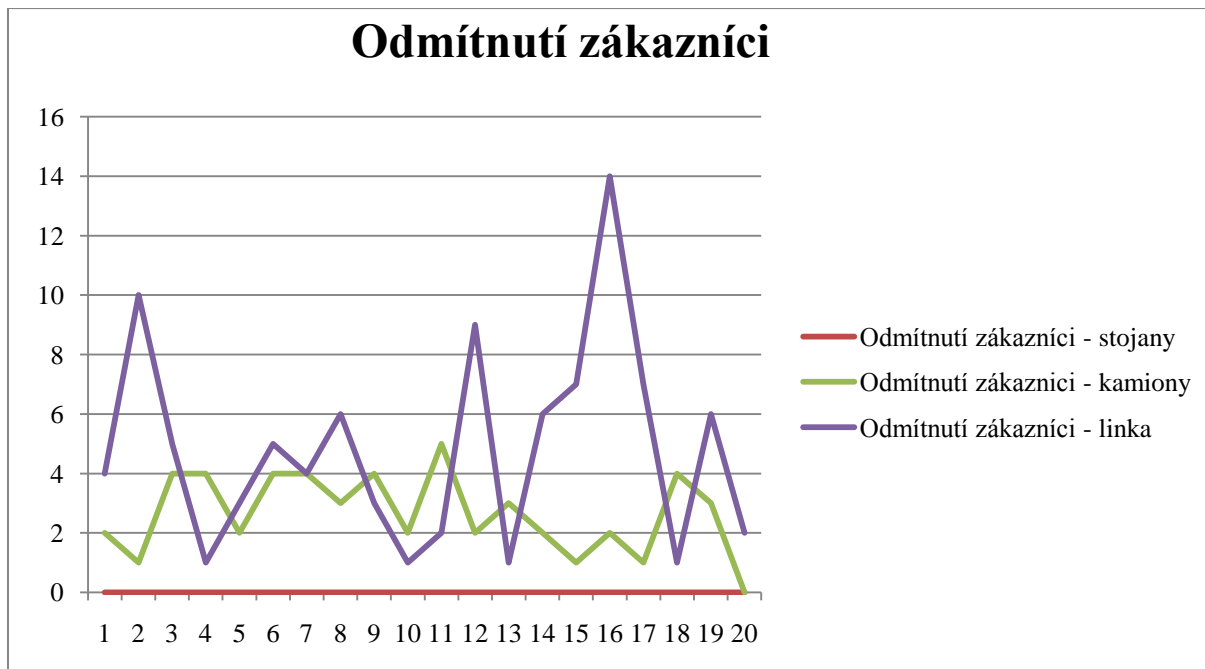
Pořadí simulace	Obsloužený zákazníci	Odmítnutí zákazníci - stojany	Odmítnutí zákazníci - kamiony	Odmítnutí zákazníci - linka
1	69	0	2	4
2	66	0	1	10
3	71	0	4	5
4	69	0	4	1
5	65	0	2	3
6	69	0	4	5
7	68	0	4	4
8	67	0	3	6
9	61	0	4	3
10	75	0	2	1
11	67	0	5	2
12	66	0	2	9
13	71	0	3	1
14	63	0	2	6
15	62	0	1	7
16	59	0	2	14
17	64	0	1	7
18	73	0	4	1

19	63	0	3	6
20	73	0	0	2
aritmetický průměr	67,05	0	2,65	4,85

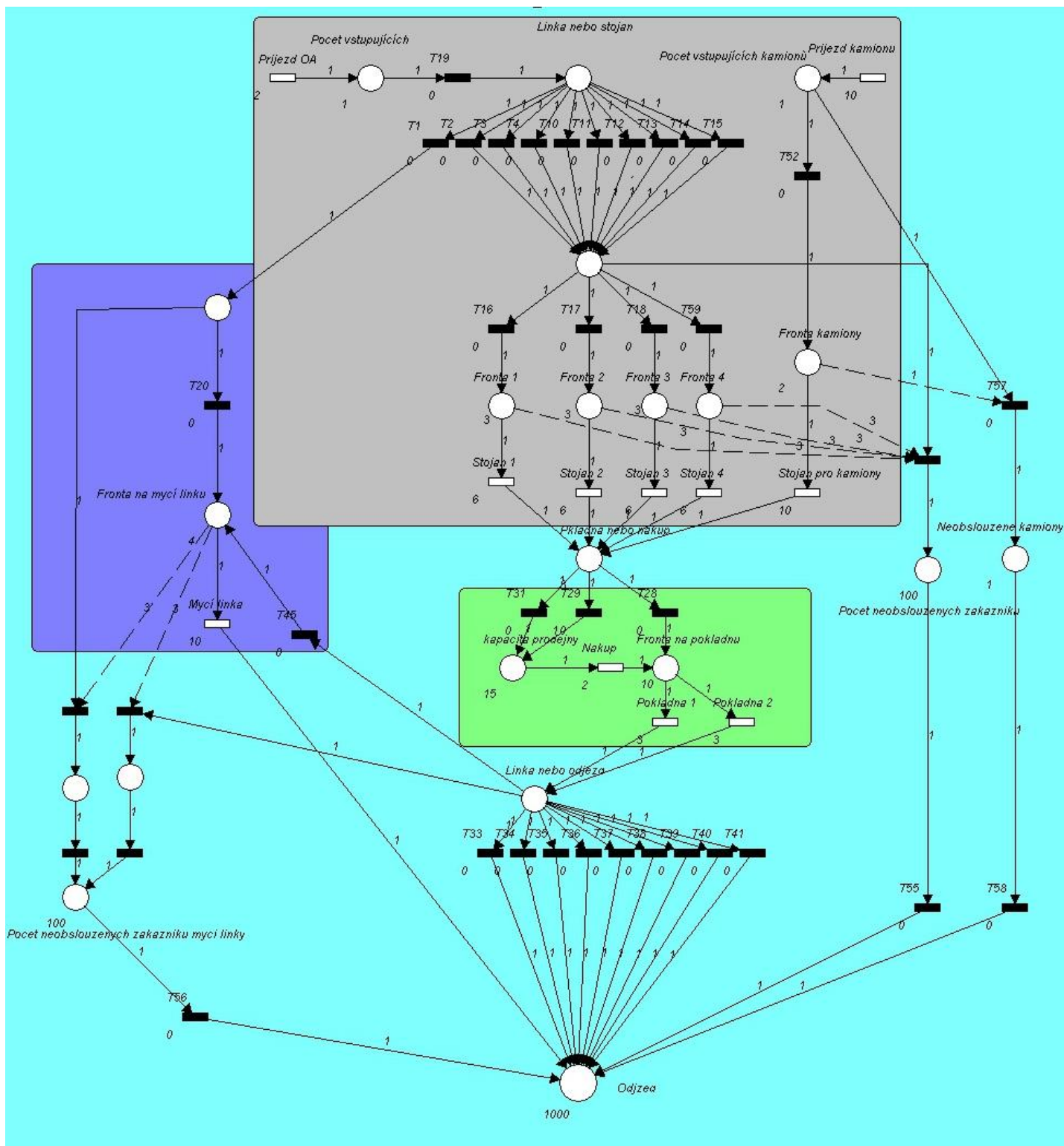
Tabulka 2 - Přehled naměřených hodnot simulačního modelu po úpravách



Graf 3 - Počet obslužených zákazníků simulačního modelu po úpravách



Graf 4 - Počet odmítnutých zákazníků simulačního modelu po úpravách



Obrázek 6 - Simulační model po úpravách

3.3. Interpretace výsledků

Z výše uvedených grafů (Graf 3 a Graf4) je patrné, že přidáním stojanu a pokladny jsme dosáhli úplné obsluhy osobních automobilů (z hodnoty arit. průměru 3 na 0). Přidáním jednoho čekacího místa do fronty pro kamiony jsme dosáhli alespoň částečného zmírnění neobsloužených nákladních automobilů (z hodnoty arit. průměru 3,3 na 2,65). Tyto změny

vedly ke značnému nárůstu obslužených zákazníků (z hodnoty arit. průměru 46,30 na 67,05). Provedené změny celkově zvýšily propustnost této fiktivní čerpací stanice, což se neblaze projevílo na nárůstu neobslužených zákazníků na myčce (z 1,5 na 4,85) vlivem nárůstu obslužených zákazníků na pokladnách. Což vede k závěru, že hodnoty procentuálních hodnot (10% zákazníků rovnou do myčky a 10% zákazníků po nákupu pohonných hmot do myčky) zákazníků mycí linky byly značně nadsazené a neodpovídají realitě. Polehčující okolností této skutečnosti je jednoduchost modelovacího prostředí programu HPSim, kde se nízké hodnoty pravděpodobností modelují velmi neelegantně.

4. Testy hypotéz

Testování hypotéz je provedeno v programu Matlab pomocí statistického balíčku jehož autorem je doc. Ing. Ivan Nagy, CSc. Konkrétně půjde o t testy dvou středních hodnot, když známe výběry obou hodnot.

```
function [pval, t, df] = t_test_2n (x, y, alt)
if nargin==0
disp(' ')
disp('[pval, t, df] = t_test_2n (x, y, alt)')
disp(' Nesdruzeny test dvou strednich hodnot')
disp('-----')
disp(' pval p-hodnota')
disp(' t hodnota statistiky')
disp(' df stupne volnosti')
disp(' x vyber 1')
disp(' y vyber 2')
disp(' alt smer testu: < (levo), > (pravo), <> (obou)')
disp(' ')
else
if nargin<3, alt='<>'; end%if
[n_x, m_x, v_x] = data_mom(x);
[n_y, m_y, v_y] = data_mom(y);
df1 = (v_x / n_x + v_y / n_y)^2 ;
df2 = ((v_x / n_x)^2 / (n_x-1) + (v_y / n_y)^2 / (n_y-1));
df = floor( df1/df2 );
t = (m_x - m_y) / sqrt (v_x / n_x + v_y / n_y);
cdf = t_cdf (t, df);
if (~ isstr (alt))
error ('t_test_2: alt must be a string');
end
if (strcmp (alt, '!=') || strcmp (alt, '<>'))
pval = 2 * min (cdf, 1 - cdf);
elseif strcmp (alt, '>')
pval = 1 - cdf;
elseif strcmp (alt, '<')
pval = cdf;
else
error ('t_test_2: option %s not recognized', alt);
end
if narginout==0
fprintf('\n');
fprintf(' Nesdruzeny test dvou strednich hodnot\n');
fprintf(' *****\n');
```

```

fprintf('\n');
fprintf(' p-hodnota: %8.4g\n',pval);
fprintf(' hodnota statistiky t: %8.4g\n',t);
fprintf(' stupne volnosti: %8.4g\n',df);
fprintf('\n');
end%if
end%if
end%function

```

4.1. První test

V prvním testu budeme provádět nesdružený test dvou středních hodnot pro počet obslužených. Za nulovou hypotézu položíme předpoklad, že průměrný počet obslužených je v případě upravené varianty větší než u původní neupravené varianty. Testovat budeme na hladině významnosti $\alpha=0,05$. Test bude pravostranný ($>$).

```
>> x1=[48 48 48 44 47 44 45 47 42 49 44 43 45 48 46 48 48 48 47 48];
```

```
>> x2=[69 66 71 69 65 69 68 67 61 75 67 66 71 63 62 59 64 73 63 73];
```

```
>> t_test_2n(x1,x2,'>')
```

Nesdruzeny test dvou srednich hodnot

```
*****
```

p-hodnota: 1

Matlab vypočítal p hodnotu na 1. Dle této hodnoty můžeme říct, že nulová hypotéza platí na 95%, tedy že průměrný počet obslužených zákazníků je větší v upravené variantě simulace (což je vidět i na první pohled).

4.2. Druhý test

V druhém testu budeme provádět také nesdružený test dvou středních hodnot pro počet odmítnutých zákazníků z řad řidičů kamionů. Za nulovou hypotézu položíme předpoklad, že průměrný počet neobslužených je v případě upravené varianty nižší než u původní neupravené varianty. Testovat budeme na hladině významnosti $\alpha=0,05$. Test bude levostranný ($<$).

```
>> y1=[2 5 3 2 3 3 1 4 3 4 2 5 4 5 4 5 3 3 2 3];
```

```
>> y2=[2 1 4 4 2 4 4 3 4 2 5 2 3 2 1 2 1 4 3 0];
```

```
>> t_test_2n(x1,x2,'<')
```

Nesdruzeny test dvou srednich hodnot

p-hodnota: 0.9437

Matlab vypočítal p hodnotu na 0.9437. Dle této hodnoty můžeme říct, že nulová hypotéza platí na 95%, tedy že průměrný počet neobsloužených zákazníků – „kamiónářů“ je menší v upravené variantě simulace.

4.3. Třetí test

Ve třetím testu budeme opět provádět nesdružený test dvou středních hodnot tentokrát pro odmítnuté zákazníky na mycí lince. Za nulovou hypotézu položíme předpoklad, že průměrný počet neobsloužených na mycí lince je v případě upravené varianty větší než u původní neupravené varianty. Testovat budeme na hladině významnosti $\alpha=0,05$. Test bude pravostranný ($>$).

```
>> z1=[1 1 4 2 3 5 3 2 0 1 1 0 0 0 0 1 1 4 0 1];
```

```
>> z2=[4 10 5 1 3 5 4 6 3 1 2 9 1 6 7 14 7 1 6 2];
```

```
>> t_test_2n (x1,x2,'>')
```

Nesdruzeny test dvou strednich hodnot

p-hodnota: 0,9998

Matlab vypočítal p hodnotu na 1. Dle této hodnoty můžeme říct, že nulová hypotéza platí na 95%, tedy že průměr neobsloužených zákazníků na mycí lince je větší v upravené variantě simulace.

5. Závěr

Realizovaná simulace byla vypracována na základě fiktivního modelu čerpací stanice, přesto za snahy o její maximální věrohodnost. Při optimalizaci modelu jsem se snažil o maximální využití této čerpací stanice (maximalizace obsloužených zákazníků) při respektování zvolených zadaných hodnot. Z provedeného měření na základě získaných hodnot z programu HPSim vyplývá, že se toto v zásadních ukazatelích podařilo.