

Česká zemědělská univerzita v Praze

Provozně ekonomická fakulta

Katedra systémového inženýrství



Bakalářská práce

Praktické využití teorie front

Zdeněk Urban

© 2014 ČZU v Praze

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Katedra systémového inženýrství

Provozně ekonomická fakulta

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Urban Zdeněk

Provoz a ekonomika

Název práce

Praktické uplatnění teorie front

Anglický název

Practical Application of the Queuing Theory

Cíle práce

Cílem je ukázat široké praktické využití teorie front v maloobchodě, využití na pokladnách pro optimalizaci času pokladních a ve skladovém hospodářství s důrazem na rychle se kazící potraviny. Modely budou aplikovány na praktickém příkladu. Budou demonstrovány možnosti pro úsporu nákladů, mzdových i provozních.

Metodika

Představení vybraných metod bude provedeno podle studia doporučené literatury. Na základě pozorování a analýzy skutečných situací bude ukázáno několik možností aplikace modelů teorie front a následný rozbor zjištěných výsledků. Cílem modelových výpočtů bude snížení nákladů jak na zaměstnance tak i na odpisy zboží z důvodu končícího datumu spotřeby a celková optimalizace provozu.

Harmonogram zpracování

prosinec 2012 - březen 2013	Zadaní práce, cíl a metodika
duben 2013 - červen 2013	Literární rešerše
červenec 2013 - září 2013	Sběr reálných dat
říjen 2013 - prosinec 2013	Rozbor sebraných dat, výpočty
leden 2014 - únor 2014	Interpretace výsledků, formulace doporučení
březen 2014	Finální úprava práce odevzdání

Rozsah textové části

25- 35 stran

Klíčová slova

teorie hromadné obsluhy, teorie front, FIFO, LIFO, MM1

Doporučené zdroje informací

ZÍŠKAL, J. Metody optimálního rozhodování. Praha. Provozně ekonomická fakulta. 1997. ISBN 80-2130341-7

JABLONSKÝ, J. Operační výzkum Kvantitativní modely pro ekonomické rozhodování. Praha. Professional Publishing 2002. ISBN 80-86419-23-1

ŠUBRT, T., BROŽOVÁ, H., DŮMEOVÁ, L., KUČERA, P. Ekonomicko matematické metody II. Provozně-ekonomická fakulta, 2005 ISBN 80-213-0721-8

Ing. KOLČAVOVÁ, A., Kvantitativní metody v rozhodování Studijní pomůcka pro distanční studium, Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2004, ISBN 80-7318-205-X

ZÍTEK, F. Ztracený čas, Academia, 1969,

Vedoucí práce

Důmeová Ludmila, doc. Ing., CSc.

Termín odevzdání

březen 2014



doc. Ing. Tomáš Šubrt, Ph.D.

Vedoucí katedry



prof. Ing. Jan Hron, DrSc., dr. h. c.

Děkan fakulty

V Praze dne 9.10.2013

Prohlašuji, že jsem svou bakalářskou práci na téma „Praktické využití teorie front“ pod vedením doc. Ing. Ludmily Dömeové CSc. zpracoval samostatně s využitím zdrojů, které jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

V Praze dne 17.3.2014

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval paní doc. Ing. Ludmile Dömeové CSc. za odborné vedení a konzultace při zpracování práce.

Praktické uplatnění teorie front

Practical Application of the Queuing Theory

Souhrn

Tato práce je zaměřena na teorii front, základní pojmy a jejich vazby, charakteristiky modelů a jejich typy. Záměrem práce je analyzovat současný stav v maloobchodní jednotce a modelovat rozdílné situace, které nastanou při změně prodejní ceny.

Práce je rozdělena na dvě části. V teoretické části práce jsou charakteristiky modelů teorie front, základní pojmy a modely. Ve druhé části je aplikace teoretických poznatků. Reálná situace byla modelována při současných i změněných cenových hladinách.

V závěru jsou uvedeny výsledky provedeného zkoumání modelových situací a doporučení pro aplikaci v praxi.

Summary

This task is focused on the queueing theory, basic terms and their relations, the characteristics of models and their types. The target of the task is to analyze the status of retail unit and to model different situations which happen when the sale price changes.

The task is divided into two parts. There are characteristics of models of queueing theory, basic terms and models in the theoretical part. The second part is the application of theoretical knowledge. The real situation was modeled at present and changed price level.

The conclusion contains the results of research, model situation and the recommendation for application in practice.

Klíčová slova: Teorie hromadné obsluhy, FIFO, LIFO, MM1, Kendallova klasifikace, intenzita provozu, režim fronty

Keywords: Queueing theory, FIFO, LIFO, MM1, Kendall's station, Traffic intensity, service discipline

Obsah

1	Úvod	10
2	Cíl práce a metodika.....	11
2.1	Cíl práce.....	11
2.2	Metodika práce	11
3	Literární řešerše	12
4	Teorie front	12
4.1	Rozdělení systému hromadné obsluhy	13
4.1.1	Základní dělení	14
4.1.2	Dělení dle typu vstupního toku	15
4.1.3	Dělení dle uspořádání kanálů.....	16
4.2	Základní pojmy	17
4.2.1	Priorita požadavků na režim fronty.....	20
4.3	Kendalova klasifikace	21
4.3.1	Kendalova klasifikace systému hromadné obsluhy: A/B/n	21
4.3.2	Následující rozšíření Kendalova klasifikace hromadné obsluhy A/B/N/K/S/X	22
4.4	Mechanismus obsluhy.....	22
4.4.1	Trvání doby obsluhy	22
4.4.2	Kapacita obsluhy	23
4.4.3	Dostupnost obsluhy	23
4.4.4	Příchod požadavků do systému.....	23
4.5	Analýza SHO	24
4.6	Obecný model SHO	24
4.7	Ukazatele efektivity práce SHO	25
4.8	Základní proměnné teorie front.....	25
5	Praktická část	26
5.1	Získání vstupních dat.....	26
5.2	Obecné zobrazení situace	27
5.3	Modelová situace	27
5.3.1	Vepřová panenka	28

5.3.2	Fix čerstvý salát 200 g	32
5.3.3	Chléb kmínový 800 g	35
5.3.3	Shrnutí finančních výsledků	38
6	Závěr.....	39
7	Použité zdroje.....	40
7.1	Seznam literatury	40
7.2	Internetové zdroje.....	40
8	Seznam obrázků a tabulek	41
8.1	Seznam obrázků	41
8.2	Seznam tabulek.....	41

1 Úvod

S teorií front se člověk setkává denně, ať si to uvědomuje nebo ne. Chování podle základních modelů je důležité nejen pro uspokojení potřeb, ale i nepřímo pro zachování klidu a řádu ve společnosti.

Systémy hromadné obsluhy, resp. teorii hromadné obsluhy, můžeme charakterizovat jako disciplínu, která analyzuje a řeší procesy, ve kterých se vyskytují přicházející požadavky s respektováním stochastických vlivů. Ty procházejí zařízeními, od kterých vyžadují obsluhu. Typickým rysem systému hromadné obsluhy (dále jen SHO) je vytvoření fronty a čekání požadavků na obsluhu, která závisí právě na těchto náhodných vlivech. (PLEVNÝ a ŽIŽKA, 2005)

Teorie front je založena na teorii pravděpodobnosti a zkoumání stochastických procesů (Markovské řetězce). SHO může být modelován matematickými modely (přesné, ale omezené použití) nebo počítačovými simulacemi (nepřesné, ale široké využití).

S požadavky, které čekají ve frontě, se setkáváme každý den, na úřadě, na autobusové stanici, v mycí lince, u lékaře. V průmyslu můžeme najít systém hromadné obsluhy u všech výrobních linek. Nejčastějším požadavkem je stroj čekající na opravu a kanálem obsluhy je údržbář.

V maloobchodě se vyskytují požadavky na obsluhu, které člověk zná a při nedodržování (předbíhání ve frontě) může vzniknout i mezilidský konflikt, ale také existují situace, které si zákazník neuvědomí. Řazení zboží s danou dobou trvanlivosti na pozici a průběžné doplňování do kapacity regálu při dodržení režimů fronty.

2 Cíl práce a metodika

2.1 Cíl práce

Cílem této práce je ukázka praktického využití teorie front v maloobchodě. Hlavní uplatnění SHO bude ukázáno na ekonomických parametrech, konkrétně zisku, ztráty a celkového hospodářského výsledku. Bude využíván režim fronty FIFO pro analýzy skutečností i modelování přesného dodržení režimu FIFO u vybraných výrobků. Vstupní data u vybraných výrobků byla nasbírána v září roku 2013 na maloobchodní prodejně ve Středočeském kraji. Sběr dat proběhl pomocí vlastního pozorování.

2.2 Metodika práce

Práce je rozdělena na dvě části. V první části je teoreticky rozebrána teorie front včetně rozdělení, vysvětlení hlavních pojmů a modelů.

Druhá část je zaměřena na zkoumání praktického využití teorie front v maloobchodě, které je podrobně rozebráno v teoretické části. Nejdříve je zmapováno několik výrobků a vypočítány základní parametry SHO. Dále je provedena denní analýza skutečnosti a modelu dodržování režimu FIFO. Následuje porovnání výsledků získaných z denních rozborů skutečné a modelové situace. Výsledky jsou vyjádřeny v korunách, pro hospodářské ukazatele jako jsou tržby, ztráta a zisk. Nakonec budou výsledky shrnuty v absolutním vyjádření pro vybrané výrobky dohromady.

V závěru budou získané výsledky porovnány, s cílem rozhodnout, zda a v jaké míře může přesné řazení výrobků dle režimu fronty FIFO vést k co nejlepšímu hospodářskému výsledku.

3 Literární rešerše

Roku 1908 se dánský matematik Agner Krarup Erlang (1.1.1878 – 3.2.1928) zaměřil na zkracování doby odbavení telefonních hovorů pro firmu Copenhagen Telephone. Následující rok aplikuje své vědomosti do díla *The theory of probabilisty and telephone conversations* a roku 1917 dokázal sestrojít matematické výpočty dob čekání hovorů a počet odmítnutí bez spojení. Tato práce byla základem pro optimální rozvržení telefonních ústředen a sítí v poměru s hustotou sítě. Další vědci, kteří se zabývali teorií front F. Poloczeh, Kolmogorov, Khinchin, Palme. Postupně se hromadná obsluha rozšiřuje do společenských a ekonomických oblastí a do dopravy. Od roku 1953 je zavedena Kendellova klasifikace $X / Y / n$.

4 Teorie front

Teorie front neboli systém hromadné obsluhy se zaměřuje na analýzu a řešení problému toků přes zařízení, které potřebuje obsluhu. V důsledku omezené možnosti obsluhy může docházet k čekání až odmítnutí obsluhy. Pro definici hromadné obsluhy je důležité mít kanály a požadavky.

Cíle SHO jsou analýza současného stavu systému nebo optimalizace a návrh systému teorie front. Obě možnosti lze zachytit pomocí matematických modelů nebo počítačových simulací.

Základní informace potřebné o SHO jsou:

Vstupní tok: informace o vstupu požadavků do systému

Frontový režim: informace o požadavcích, které vstoupily a nebyly ihned obslouženy.

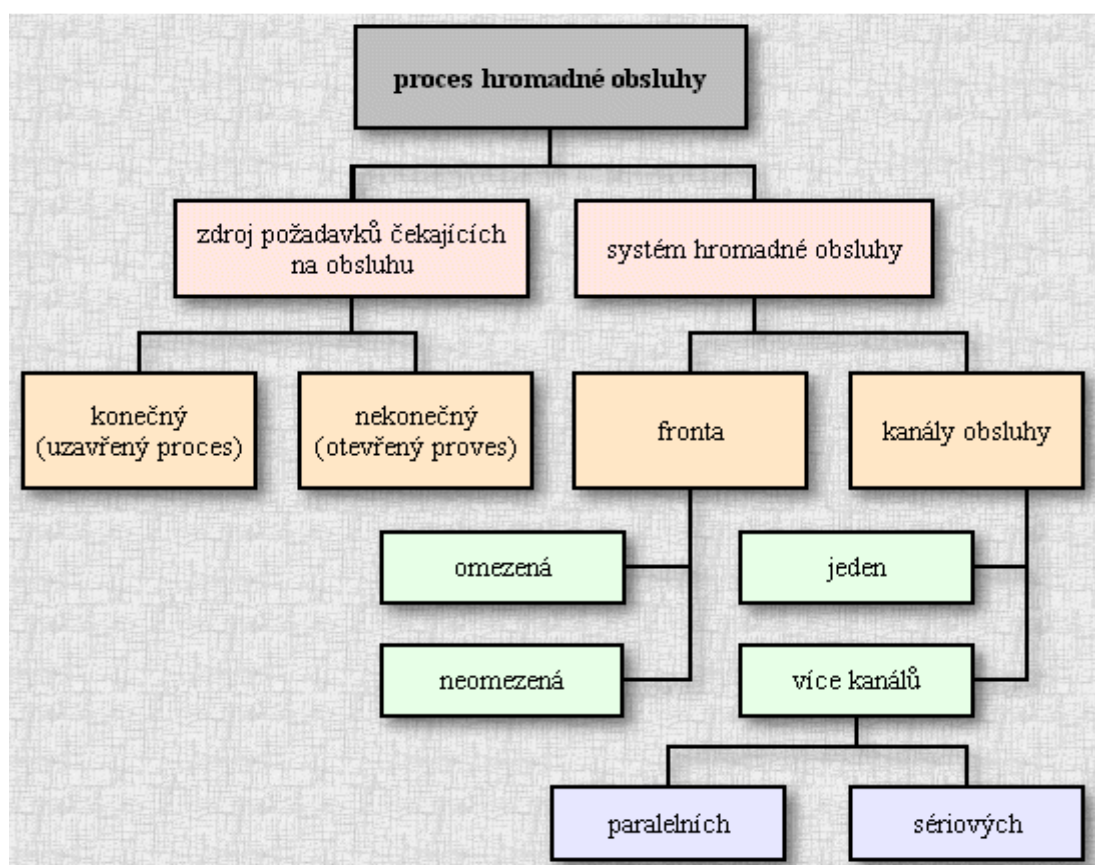
Organizace obsluhy: informace o průběhu obsluhy a počtu obslužných kanálů.

S teorií front se setkáváme v běžném životě, aniž si to člověk uvědomuje např. v obchodě při spojování hovorů, v myčce aut atd. (viz tabulka).

system	obslužné linky	požadavky
nemocný	lékař	vyšetření
automobil	semafor	průjezd křižovatkou
metro	nádraží	řazení vagonů
myčka	mycí linka	automobil
úřad	pracovníci	klienti
stroj	oprava	opravář

obr. 1 Systémy v reálném životě (zdroj vlastní)

4.1 Rozdělení systému hromadné obsluhy

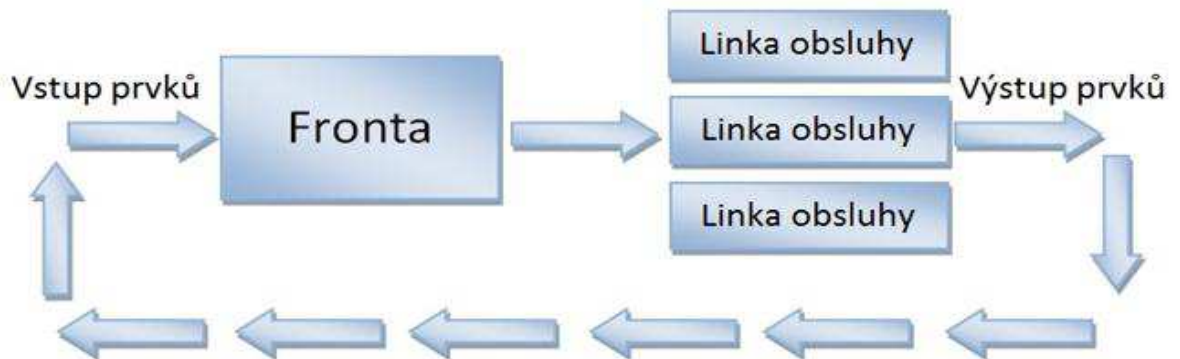


obr. 2 Schéma SHO (zdroj <http://www.mti.tul.cz>)

4.1.1 Základní dělení

Uzavřené - po obslužení se prvky vrátí do zdroje

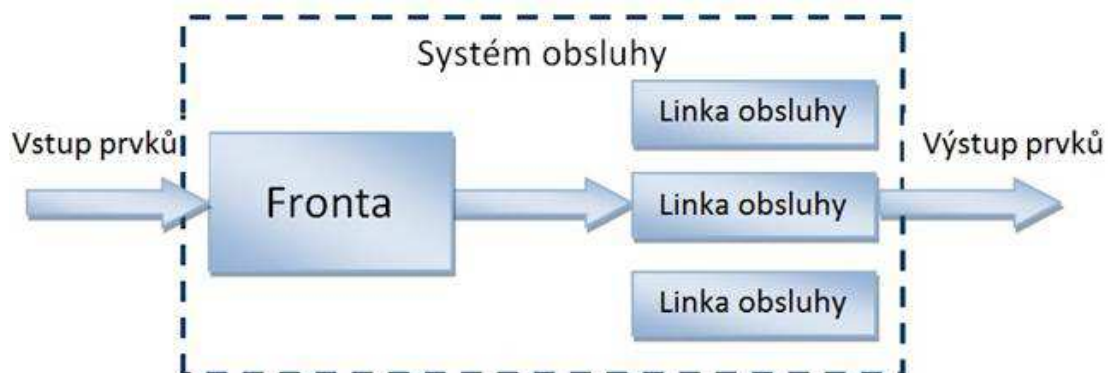
- v systému existuje daný počet požadavků



obr. 3 Uzavřený systém (zdroj <http://www.celysvet.cz>)

Otevřené - prvky se po obsluze nevracejí do zdroje

- systém obsahuje velmi vysoký počet (stovky až tisíce) nebo nekonečno požadavků



obr. 4 Otevřený systém (zdroj <http://www.celysvet.cz>)

Bez ztrát, zde se vytvářejí fronty a požadavky čekají, dokud nejsou obslouženy.

Se ztrátami, zde se nevytváří fronta (tzv. systémy s odmítnutím) se podrobněji rozdělují:

- s omezenou délkou fronty (systém odmítá požadavky, které jsou nad kapacitu systému). Délka fronty může být dána počtem požadavků nebo časovým intervalem.

- s netrpělivými požadavky (po určitém časovém intervalu požadavky sami odcházejí).

4.1.2 Dělení dle typu vstupního toku

Vstupní tok je časová posloupnost požadavků v systému SHO

Jednotlivý: každý požadavek vstupuje do systému samostatně. V běžném životě to může být člověk, který dochází na autobusovou zastávku a čeká na autobus.

Skupinový: jedná se o jev, kdy nejméně dva požadavky najednou vstupují do systému. V praxi se jedná například o příchod studentů na oběd do menzy po skončení přednášky.

Deterministický: tento vstupní tok nastane, pokud požadavky vstupují do systému v přesně daných časových okamžicích. Jako příklad poslouží příchod zákazníků v okamžiku otevření obchodu.

Regulární: se označuje vstupní tok, při kterém je dán přesně interval mezi příchody dvou po sobě jdoucích požadavků. Typickým příkladem jsou intervaly mezi příjezdy autobusů.

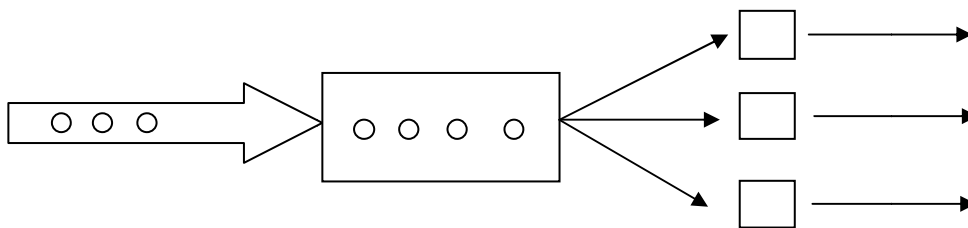
Stochastický: neboli náhodný vstupní tok. Takto se označuje jev, který nemá přesně daný časový údaj (interval ani diskrétní časový okamžik). Popis těchto událostí zachycujeme pomocí Erlangova nebo Poissonova vstupního toku. S tímto jevem se setkáváme v běžném životě nejčastěji. Například příchod lidí do banky či pošty.

4.1.3 Dělení dle uspořádání kanálů

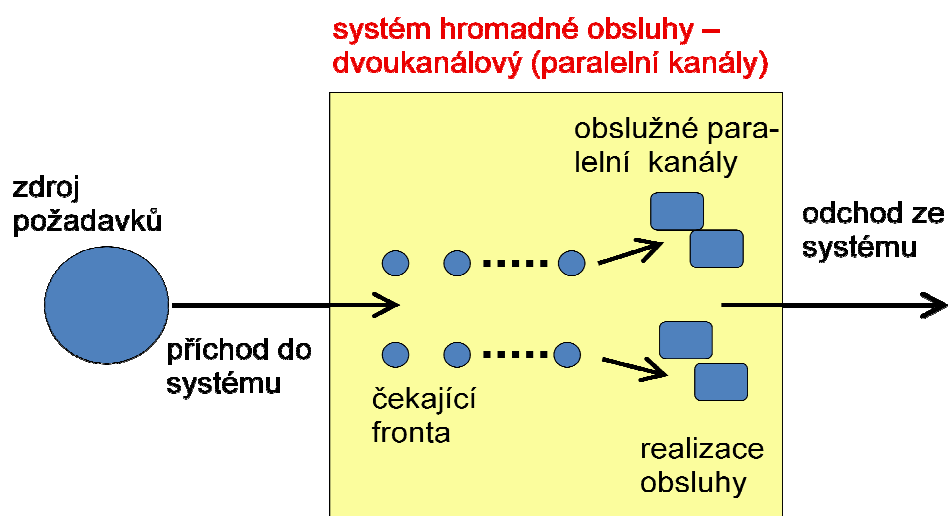
U vícelinkového SHO je nejčastější takový případ, kdy každý požadavek může být obslužen libovolnou linkou, přitom existují tři základní možnosti (Křivý, 2005).

- Požadavky jsou ihned obslouženy, jen musí dodržet určité pravidla.
- Pokud nemohou být obslouženy požadavky, vstupují do fronty ke kanálu, který si vyberou.
- Požadavky, pokud nemohou být obslouženy, tvoří jednu frontu a vstupují do systému v momentě, kdy se uvolní jakýkoliv kanál obsluhy.

Paralelně: prvek může být obslužen jakýmkoliv kanálem



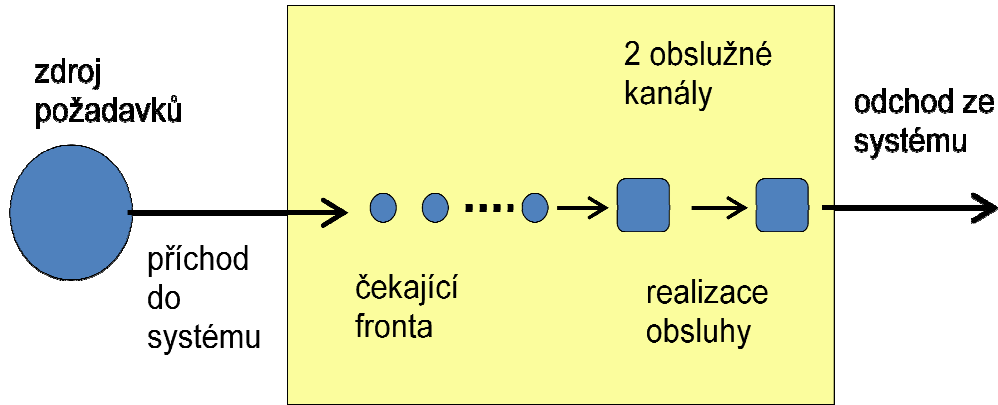
obr. 5 Paralelní tříkanálový systém s jednou frontou (zdroj vlastní)



obr. 6 Paralelní dvoukanálový systém se dvěma frontami (zdroj <http://www.fce.vutbr.cz>)

Sériové: prvek musí být obslužen postupně všemi kanály

system hromadné obsluhy – jednokanálový



obr. 7 Sériové uspořádání (zdroj www.fce.vutbr.cz)

4.2 Základní pojmy

Vstupní proud (vstupní tok) je proces, při kterém vznikají požadavky na obsluhující jednotku.

Typ vstupů:

- Jednoduchý**, všechny prvky mají stejnou disciplínu
- Složený**, prvky mají různé čekající režimy

Základní typy stochastických vstupních toků

- Poissonův vstupní tok** (elementární vstupní tok) je Poissonův proces

$$P(X_t = k) = p_k(t) = \frac{(\lambda t)^k}{k!} e^{-\lambda t} \text{ pro } k = 0, 1, \dots$$

X = počet požadavků při času t , při definici $X_0 = 0 \{ X_t \geq 0 \}$

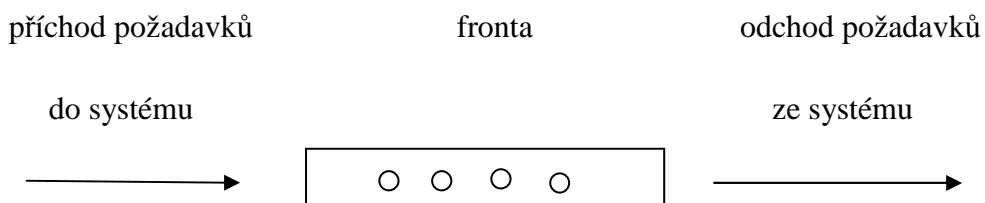
b) **Erlangův vstupní tok** jsou náhodné T_1, T_2, \dots , které udávají časové intervaly mezi následujícími požadavky, mají Erlangovo rozdělení řádu k .

vztah pro hustotu rozdělení: $f_k(t) = \frac{b^k t^{k-1}}{(k-1)!} e^{-bt}$ kde $t \geq 0, k = 1, 2, \dots, b > 0$

Řád (režim) fronty: znamená, jak prvky vstupují z fronty do obsluhy

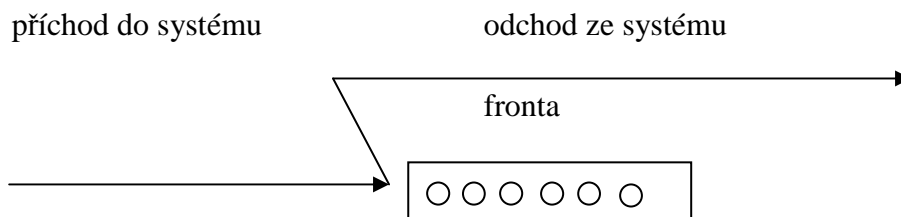
Tento režim určuje především způsob obsazování linek a také respektuje priority jednotlivých požadavků. V SHO s jednou linkou se uvolněná linka obsazuje ihned, vstupem nového požadavku, přičemž tento požadavek může vstupovat buď z okolí systému, nebo z čekací fronty. (Křivý, 2005)

FIFO (first in first out) první je obslužen ten, kdo je první ve frontě někdy označováno jako FCFS (first come first serve). Jedná se o nečastější styl obsluhy SHO.



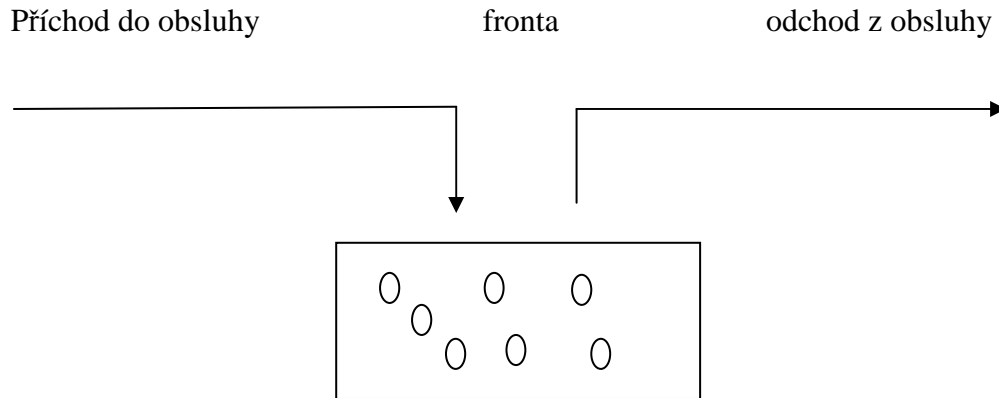
obr. 8 Režim fronty FIFO (zdroj vlastní)

LIFO (last in first out) první je obslužen ten, kdo je poslední ve frontě jinak také označováno jako LCSF (last come first serve).



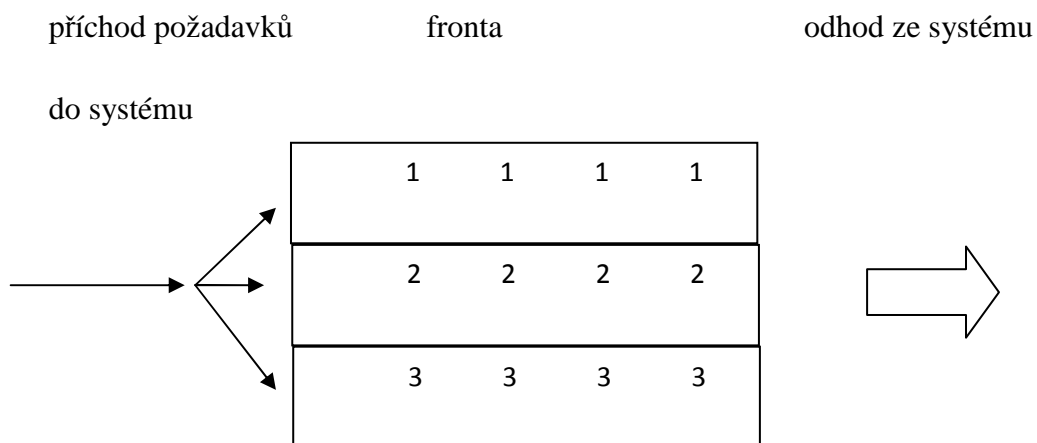
obr. 9 Režim fronty LIFO (zdroj vlastní)

SIRO (select in random out) prvky vstupují k obsluze v náhodném pořadí



obr. 10 Režim fronty SIRO (zdroj vlastní)

PRI (priority) v tomto režimu rozhoduje nastavení priorit požadavků na obsluhu. V případě, že jsou ve frontě požadavky se shodnou prioritou, řídí se systém dle dalšího režimu (LIFO, FIFO...).



obr. 11 Režim fronty PRI (zdroj vlastní)

4.2.1 Priorita požadavků na režim fronty

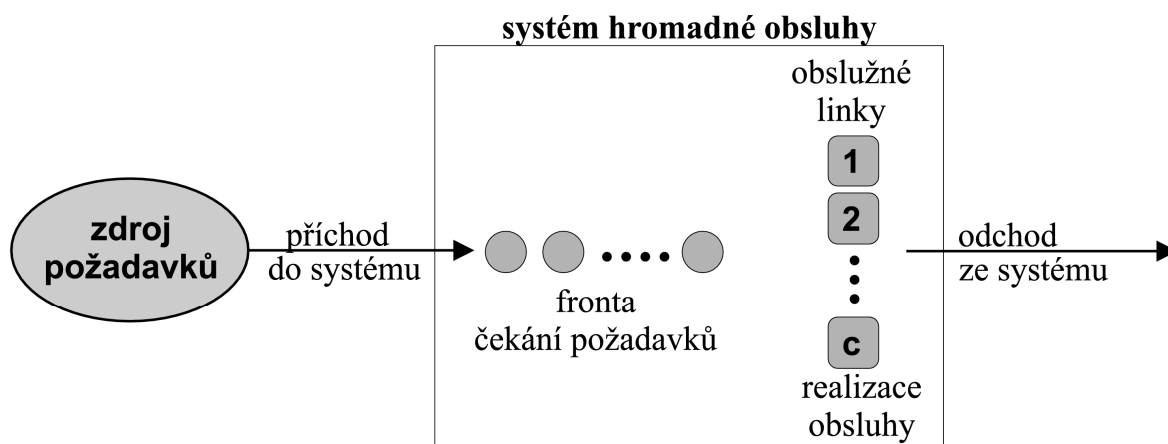
- a) **slabá priorita** – další požadavek vstupuje až po dokončení obsluhy již započaté.
- b) **silná priorita** – obsluha je zde okamžitě přerušena a požadavek s vysokou prioritou vstupuje do obsluhy a po ukončení pokračuje v obsluze požadavku dřívějšího.

Disciplína fronty:

- a) Absolutně netrpělivá – pokud není pro prvek volný obslužný kanál, ten rezignuje a odchází z fronty
- b) Částečně netrpělivá – prvek zůstává ve frontě do obsluhy nebo po určitém čase bez obsluhy odchází
- c) Bez netrpělivosti – prvek čeká ve frontě, dokud není obsloužen

Čekací prostor je místo mezi zdrojem prvků a obsluhou neboli prostor pro požadavky než budou obslouženi

- a) **Nulový** pokud prvek není ihned obsloužen je odmítnut (není to SHO)
- b) **Nenulový**
 - Neomezený čekací systém je nekonečně dlouhý
 - Omezený prvek je přijat, pokud není dosaženo krajní hodnoty časové délky



obr. 12 Schéma teorie front (zdroj <http://www.fce.vutbr.cz>)

4.3 Kendallová klasifikace

4.3.1 Kendallová klasifikace systému hromadné obsluhy: A/B/n

Níže bude vysvětlen přesněji každý symbol:

A – typ (stochastických procesů) vstupních toků

B - popis doby obsluhy (typ rozdělení pravděpodobností)

n – počet paralelních kanálů obsluhy (hodnoty přirozených čísel od 1 do ∞)

A a **B** nabývají symbolů

M - **Markovský** – Poissonovský vstupní tok ~ Exponenciální rozdělení vzájemné nezávislých intervalů příchoď jednotek či doby obsluhy

D - **Deterministické** pravidelné vstupy ~ doby obsluhy

G - Zcela obecný případ (nespecifikované rozdělení)

E_k - **Erlangovo** rozdělení intervalu příchoď nebo doby obsluhy s $k \in \mathbb{N}$ stupni volnosti

K_n - **X²** rozdělení s $n \in \mathbb{N}$ stupni volnosti

4.3.2 Následující rozšíření Kendallova klasifikace hromadné obsluhy A/B/N/K/S/X

K – maximální počet požadavků v systému (počet obsluhových linek a počet míst pro čekající, $K=N+R$) nebo pouze počet míst pro čekající ($K=R$)

S – počet zdrojů požadavků, může být až nekonečný (v tom případě se neuvádí)

X – režim fronty FIFO, LIFO....

4.4 Mechanismus obsluhy

Mechanismus je determinován třemi základními charakteristikami:

4.4.1 Trvání doby obsluhy

Je to časový údaj (interval), který je dán na potřebu obsluhy jednoho požadavku. Pro zjednodušení je možné považovat tento interval jako konstantní.

Označíme-li parametr exponenciálního rozdělení μ pak střední hodnota obsluhy $E(X) = 1/\mu$, kde μ je intenzita obsluhy neboli průměrný počet obsluh za jednotku času.

Nejčastěji se předpokládá, že doba obsluhy je náhodná veličina, jež má exponenciální rozdělení s parametrem $\mu > 0$, tj. náhodná veličina s hustotou pravděpodobností $F(t) = \mu e^{-\mu t}$, $t \geq 0$.

Typickým příkladem je doba obsluhy zákazníka v prodejně. Někdy se také uvažuje Erlangovo rozdělení nebo rozdělení s časově proměnnými parametry (obsluha trpící únavou). (KŘIVÝ, 2005)

Exponenciální rozdělení má značné uplatnění v teorii spolehlivosti a teorii hromadné obsluhy, zejména při výpočtu pravděpodobnosti životnosti výrobků a zařízení. Typickým příkladem spojitě náhodné veličiny mající exponenciální rozdělení, je doba mezi realizacemi dvou po sobě následujících náhodných jevů. (HINDLS a kol., 2005)

4.4.2 Kapacita obsluhy

Kapacita obsluhy je určení počtu paralelně obsluhovaných požadavků. Počet je dán přirozeným číslem n nebo je ∞ , což znamená nekonečně mnoho kanálů nebo jich je takové množství, že nevzniká fronta. Ve specifických případech nelze přesně určit kapacitu obsluhy, z důvodu vystupování či zastavování obsluhy.

4.4.3 Dostupnost obsluhy

U SHO s jedinou obsluhovací linkou se udávají frekvence a délky časových intervalů, kdy obsluha není možná (přestávky v obsluze).

V případě SHO s více linkami je nutno definovat rozdělení kapacity obsluhy v čase.

(KŘIVÝ, 2005)

4.4.4 Příchod požadavků do systému

Příchod požadavků do systému je definován dvěma způsoby:

Intenzita příchodů – počet požadavků do systému za jednotku času

Interval mezi příchody požadavků – časový údaj mezi dvěma příchody do systému

Mezi oběma ukazateli je logická souvislost. Jestliže do systému vstoupí za hodinu 10 požadavků je interval mezi příchody $1/10$ hodiny = 6 minut.

Intervaly mezi příchody a rovněž intenzita příchodů se dělí:

Deterministické intervaly jsou pravidelné (fixní) například automatické dávkování.

Pravděpodobnostní intervaly jsou popisovány pomocí pravděpodobnostních rozdělení a časy jsou proměnlivé.

4.5 Analýza SHO

Zde se zjišťují jejich charakteristiky, které popisují daný systém a dělí do skupin.

- a) charakteristiky počtů požadavků
 - průměrná délka fronty E (N_f)
 - průměrný počet požadavků v systému E (N)
- b) charakteristiky dle času požadavků
 - průměrná doba požadavku ve frontě E (T_f)
 - průměrná doba požadavku v celém systému E (T)
- c) nákladové charakteristiky

využívá se v případech kdy je člověk schopen ohodnotit ve finančních částkách a také je možné optimalizovat tyto částky.

 - minimalizovat náklady na systém
 - maximalizovat příjmy
 - . optimalizovat počet obslužných linek ve vztahu k nákladům
- d) pravděpodobnostní charakteristiky zda:
 - systém obsluhuje
 - požadavek čeká ve frontě
 - požadavek bude obsloužen
 - je v systému n – počet požadavků

4.6 Obecný model SHO

Pro zobecnění jakéhokoliv modelu je důležité vyjádření funkce $p_n(t)$ v čase t a pravděpodobnost výskytu požadavků SHO. Základem je působení μ (obsluha požadavku) a λ (vstup požadavků).

4.7 Ukazatele efektivity práce SHO

Mezi důležité ukazatele efektivity práce použitého systému hromadné obsluhy, se řadí:

- pravděpodobnost, že všechny kanály jsou obsazené (pravděpodobnost čekání); pravděpodobnost, že všechny kanály jsou volné; pravděpodobnost, že je obsazených (volných) právě k kanálů
- průměrný počet požadavků v systému; průměrná délka fronty
- průměrná doba setrvání požadavku v systému; průměrná doba čekání ve frontě
- průměrný počet obsazených (volných) kanálů; koeficient využití (prostoje) kanálů
- pravděpodobnost, že v systému je n požadavků; pravděpodobnost, že počet požadavků v systému je větší (menší) než n
- pravděpodobnost, že doba setrvání požadavku v systému bude menší (větší) než daná hodnota; pravděpodobnost, že doba čekání bude menší (větší) než daná.

4.8 Základní proměnné teorie front

pravděpodobnost, že v systému je právě K požadavků	$P \{ n = k \} p_k = (1 - \rho) \rho^k$
pravděpodobnost, že v systému je alespoň 1 požadavek	$P \{ n > 0 \} = 1 - p_0 = \rho$
pravděpodobnost, že v systému je více než N požadavků	$P \{ n > N \} = \rho^{N+1}$
pravděpodobnost, že požadavek bude hned obslužen	$P \{ n = 0 \} = p_0 = 1 - \rho$
průměrný počet jednotek v systému	$E \{ n \} = n = \rho / (1 - \rho)$
průměrná doba obsluhy	$E \{ t_s \} = t_s = 1 / \mu$
průměrná doba strávená ve frontě	$E \{ t_f \} = t_f = \lambda / (\mu (\mu - \lambda))$
průměrná doba strávená v systému	$E \{ t \} = t = 1 / (\mu - \lambda)$
průměrný počet jednotek ve frontě	$E \{ n_f \} = n - 1 = n_f = \rho^2 / (1 - \rho)$

obr. 13 Základní numerické charakteristiky (zdroj Šubrt a kol. 2005)

5 Praktická část

V této případové studii bylo využito teoretických znalostí získaných studiem literatury. Pro pozorování byla využita maloobchodní jednotka v Kladně. Obchod je již zaběhlý, funguje déle než 4 roky. Do prostoru prodejny vedou dva vchody. První vstup je pro dodavatele zboží a druhý je pro zákazníky, vedoucí přímo na plochu prodejny.

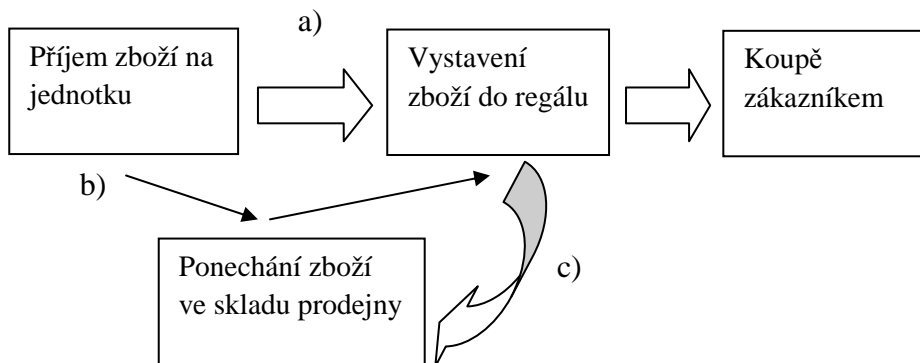
V maloobchodě je možné ukázat teorii front v praxi. Tato práce je zaměřena na výrobky určené k prodeji, jejich řazení na pozicích a podrobně se věnuje ekonomické stránce. Náhodný jev je zde odprodej kusů zboží z regálových pozic. Důležité pro ekonomickou stránku jednotky je správné obsazování kanálů obsluhy.

Cílem praktické části je dosáhnout nejefektivnějšího rozvržení sortimentu s ohledem na datum spotřeby a množství zboží na prodejní ploše (potencionálně ke koupi). Jelikož i v pozdějších dodávkách se vyskytují výrobky, s kratší dobou trvanlivosti, je důležité porovnat data spotřeby na výrobcích vystavených na prodejní ploše s výrobky z nové dodávky.

5.1 Získání vstupních dat

První část dat byla získána osobním pozorováním na prodejně a jejich převedením na matematický model. Druhá část dat byla získána změnou hodnot (cen, množství dodávky) u výrobků a dosazením do již známých výpočtů.

Obsahem vstupních dat byla prodejní cena, množství v dodávce, celková zásoba daného zboží, prodané množství a délka trvanlivosti ve dnech.



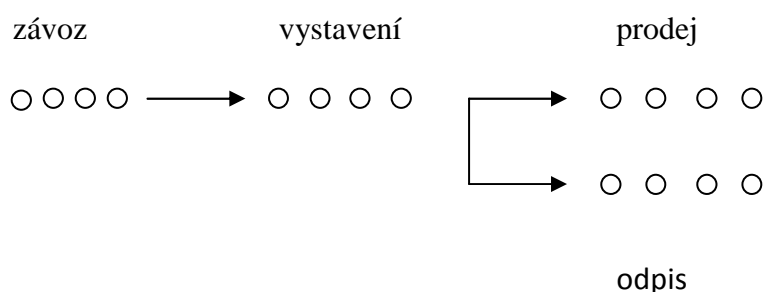
obr. 14 Schéma pohybu zboží (zdroj vlastní)

Na obr. 12 jsou znázorněny:

- a) vystavení přijatého zboží rovnou na pozici do regálu na prodejní ploše,
- b) ponechání zboží ve skladu, pokud na prodejní ploše je zboží s kratší dobou trvanlivosti a počet vystavení splňuje standardy provozovny (alespoň 3 řady na pozici) a zboží je vystaveno později,
- c) situace, kdy nově přichozí zboží má kratší dobu do konce trvanlivosti (nedodržené FIFO na centrálním skladě) musí doplňovač vyměnit zboží na prodejní ploše za nově přichozí.

5.2 Obecné zobrazení situace

Skutečnost doplňování zboží jde převést do modelu systému hromadné obsluhy. Je to režim obsluhy FIFO a požadavky jsou zboží, a disciplína fronty je částečně netrpělivá, protože pokud není požadavek obsloužen do konce doby trvanlivosti, musí opustit frontu bez obsluhy. Vstup je udávám intenzitou příchodu (průměrné množství dovezeného zboží na den). Jelikož intervaly ani množství není pravidelné, jedná se o stochastické chování požadavku na vstupu.



obr. 15 Zobrazení skutečnosti (zdroj vlastní)

5.3 Modelová situace

Pro posouzení modelové situace bylo nutné každodenní pozorování v délce jednoho měsíce, konkrétně září roku 2013. Zákazníci docházeli nepravidelně a zboží si brali v různém množství. Proto je možné brát počet prodaného zboží jako nekonečný.

Pro zjednodušení modelu rozložíme data v modelu po jednotlivých dnech a počet doplňování na jednu denně a to vždy v noci nebo ráno před otvírací dobou. Závozní dny jsou pondělí, středa, čtvrtek, pátek a sobota. Z této informace vyplývá, že zboží je vždy vystaveno následující den před otvírací dobou.

V dalších podkapitolách bude následovat přesný rozbor několika zástupců zboží s kratší dobou trvanlivosti než je pozorovaný měsíc, září. Samozřejmě to neznamená, že pokud je doba spotřeby delší, není důležité dodržovat režim fronty FIFO. Při svém pozorování jsem zjistil, že nejdůležitější je množství, které se za den prodá a kapacita regálu, které může být na den doplněna. Během průběhu pozorování jsem dokázal určit desítku výrobků, u kterých pro nedodržení správného vystavení hrozí finanční ztráta (prodeje ve slevě či dokonce odepsání z důvodu skončení doby trvanlivosti).

Pro zachování srovnatelnosti mezi skutečností a modelem dodržení režimu FIFO je uchována stejná zásoba a dodávky zboží. Výsledkem porovnání bude rozdíl mezi tržbami a ztrátami skutečnými a teoretickým modelem.

Podmínka stabilizace systému M/M/1 : intenzita provozu $\rho < 1$, tj. intenzita příchoďů λ je nižší než intenzita obsluhy μ . Pokud intenzita příchoďů λ nebude nižší než intenzita obsluhy μ , dojde k zahlcení systému a fronta bude narůstat bez omezení.

V následující části práce jsou nejdříve uvedeny výpočty SHO pro jednotlivé zboží. Po prozkoumání těchto vypočítaných parametrů dojdeme k poznání, že pro náš případ jsou nedostatečně vypovídající. Pro nás je důležité dodržování principu FIFO, (aby bylo odebráno vždy zboží s nejkratší dobou trvanlivosti). Musíme tedy udělat rozbor po dnech, kde bude vidět přesné odebrání zboží s konkrétním datem spotřeby.

5.3.1 Vepřová panenka

Zástupcem baleného masa byla vybrána vepřová panenka. Pro jednoduchost výpočtu byla volena váha jednoho balení, 500 g. Zvolený časový údaj je jeden měsíc, při dodávkách v závozních dnech, za podmínky objednání vedoucím pracovníkem nebo zaslání z centrálního skladu.

veličina	vzorec	hodnota	jednotka
součet dodávek		52	ks
počet dní		30	dní
intenzita vstupu	λ	1,733333333	ks / den
intenzita výstupu	μ	12	ks / den
intenzita provozu	$\rho = \lambda/\mu$	0,144444444	ks / den
pravděpodobnost že linka není využita	$p_0 = 1 - \lambda / \mu$	0,855555556	XX
pravděpodobnost že v lince je minim. 1 pož.	$\rho = \lambda/\mu$	0,144444444	XX
pravděpodobnost že v lince jsou 2 požadavky	$p_n = p_0 * \rho^n = (1 - \rho) * \rho^n$	0,01785048	XX
průměrný čas požadavku v systému	$T = 1 / \mu - \lambda$	0,097402597	dní
průměrný čas požadavku ve frontě	$T_f = T - (1 / \mu) = \lambda / (\mu * (\mu - \lambda))$	0,014069264	dní
průměrný počet požadavků v systému	$N = \lambda * T = \lambda / (\mu - \lambda)$	0,168831169	ks
průměrný počet požadavků ve frontě	$N_f = \lambda * T_f = \lambda^2 / (\mu * (\mu - \lambda))$	0,024386724	ks

tab. 1 Charakteristika systému prodeje vepřové panenky (zdroj vlastní)

Interní pravidla prodejny, která jsou zasazena do výpočtů:

- v den, kdy končí datum spotřeby je maso zlevněno o 30 % z aktuální ceny
- pokud je maso prodáno za zlevněnou cenu, patří do ztrát pouze rozdíl mezi cenou a cenou po slevě
- pokud maso není prodáno vůbec a datum spotřeby projde, jde do ztrát celá částka

Jelikož doba v systému není tak dlouhá a přesto zde existují velké finanční ztráty, musíme v následující tabulce rozebrat stávající situaci a možný model s přesným dodržением režimu FIFO. Porovnáním následujících dvou tabulek dostaneme možný prostor pro zlepšení.

datum	zásoba		před otvárací dobou	datумы spotřeby	prodej	prodej ve slevě	odpis	tržby	ztráty
	dodávka	datum spotřeby							
1.IX	4	6.IX	4	4 * VI.	1			112,5	
2.IX			3	3 * VI.	0			0	
3.IX	0		3	3 * VI.	2			225	
4.IX			1	1 * VI.	1			112,5	
5.IX	4	10.IX	4	4 * X.	0			0	
6.IX	0		4	4 * X.	1			112,5	
7.IX	0		3	3 * X.	0			0	
8.IX	0		3	3 * X.	1			112,5	
9.IX			2	2 * X	1			112,5	
10.IX	12	15.IX	13	1 * X., 12 * XV.	0		1	0	112,5
11.IX			12	11 * XV.	5			472,5	
12.IX	8	17.IX	15	7 * XV., 8 * XVII.	6			567	
13.IX	8	18.IX	17	5 * XV., 4 * XVII., 8 * XVIII.	4			378	
14.IX	4	19.IX	17	3 * XV., 2 * XVII., 8 * XVIII., 4 * XIX.	6			567	
15.IX	4	20.IX	15	1 * XV., 6 * XVIII., 4 * XIX., 4 * XX.	5		1	538,65	94,5
16.IX			9	3 * XVIII., 4 * XIX., 2 * XX.	5			472,5	
17.IX	4	22.IX	8	2 * XVIII., 2 * XIX., 4 * XXII.	3			283,5	
18.IX			5	1 * XVIII., 1 * XIX., 3 * XXII.	0		1	0	112,5
19.IX	0		4	1 * XIX., 3 * XXII.	0		1	78,75	112,5
20.IX	0		3	3 * XXII.	0			0	
21.IX	0		3	3 * XXII.	0			0	
22.IX	4	27.IX	7	3 * XXII., 4 * XXVII.	2	1	2	191,25	258,75
23.IX			3	3 * XXVII.	0			0	
24.IX	0		3	3 * XXVII.	1			112,5	
25.IX			2	2 * XXVII.	0			0	
26.IX	0		2	2 * XXVII.	1			112,5	
27.IX	0		1	1 * XXVII:	1	1		78,75	33,75
28.IX	0		0		0			0	
29.IX	0		0		0			0	
30.IX			0		0			0	

tab. 2 Skutečné pozorování pohybu vepřové panenky za měsíc září (zdroj vlastní)

Po prozkoumání denního rozboru prodeje zjišťujeme problémové dny (modře). Zde se musí dle interních pravidel zboží zlevnit a rozdíl jde do nákladů jednotky. Následuje model situace při přesném dodržení režimu fronty FIFO.

Při pozorování skutečnosti bylo nalezeno několik chyb, které se při správném dodržování režimu fronty FIFO nenastanou.

- doplňování novějšího zboží před starší.
- zbytečné rozšiřování počtu kanálů, při vyšší zásobě zboží než je kapacita 1 kanálu.
- zbytečné doplňování zboží s novými daty spotřeby.

datum	dodávka	datum spotřeby	zásoba před otvírací dobou	datum spotřeby	prodej (ve slevě)	prodej ve slevě	odpis	tržby	ztráty
1.IX	4	6.IX	4	4 * VI.	1			112,5	
2.IX			3	3 * VI.	0			0	
3.IX	0		3	3 * VI.	2			225	
4.IX			1	1 * VI.	1			112,5	
5.IX	4	10.IX	4	4 * X.	0			0	
6.IX	0		4	4 * X.	1			112,5	
7.IX	0		3	3 * X.	0			0	
8.IX	0		3	3 * X.	1			112,5	
9.IX			2	2 * X.	1			112,5	
10.IX	12	15.IX	13	1 * X + 12 XV.	1	1		78,75	33,75
11.IX			12	12 * XV.	5			472,5	
12.IX	8	17.IX	15	7 * XV., 8 * XVII.	6			567	
13.IX	8	18.IX	17	1 * XV., 8 * XVII., 8 * XVIII.	4			378	
14.IX	4	19.IX	17	5 * XVII., 8 * XVIII., 4 * XIX.,	6			567	
15.IX	4	20.IX	15	7 * XVIII., 4 * XIX., 4 * XX.,	6			567	
16.IX			9	1 * XVIII., 4 * XIX., 4 * XX.,	5			472,5	
17.IX	4	22.IX	8	4 * XX., 4 * XXII.,	3			283,5	
18.IX			5	1 * XX., 4 * XXII.,	1			112,5	
19.IX	0		4	4 * XXII.,	1			112,5	
20.IX	0		3	3 * XXII.	0			0	
21.IX	0		3	3 * XXII.	0			0	
22.IX	4	27.IX	7	3 * XXII., 4 * XXVII.	3	2	1	270	180
23.IX			3	3 * XXVII.	0			0	
24.IX	0		3	3 * XXVII.	1			112,5	
25.IX			2	2 * XXVII.	0			0	
26.IX	0		2	2 * XXVII.	1			112,5	
27.IX	0		1	1 * XXVII.	1	1		78,75	33,75
28.IX	0		0	0	0			0	
29.IX	0		0	0	0			0	
30.IX			0	0	0			0	

tab. 3 Model pohybu vepřové panenky za měsíc září při dodržování FIFO (zdroj vlastní)

Na první pohled je zřejmé, že počet dnů, které jsou problémové, se zmenšil na polovinu. Nyní bude ukázán rozdíl mezi skutečností a modelem ve finančním vyjádření. Pro výpočet bude stejný počet 52 ks vepřové panenky. Pro určení ztrát vzniklých prodejem za zlevněnou cenu, je důležité znát hypotetickou výši tržeb. Jedná se o prodej 100 % zboží za plnou cenu.

Rozdíl mezi hypotetickou a modelovou výší celkových tržeb v absolutním vyjádření je 247,5 Kč a poměrově 4,7 %. Firma nemůže brát hypotetické hodnoty jako základ pro porovnání. Proto budou porovnávány hodnoty rozdílů mezi modelem a skutečností.

Rozdíly podstatné pro maloobchodní jednotku jsou mezi hodnotami modelu a skutečností. V absolutní hodnotě se jedná o 332,1 Kč nižší tržby a o 477 Kč vyšší ztráty. Celkový rozdíl v tržbách je 809,1 Kč. V procentuelním vyjádření jsou ve skutečnosti tržby nižší o 6,36 %, ztráty vyšší o 9,14 % a celkový zisk je nižší o 15,5 %.

5.3.2 Fix čerstvý salát 200 g

Jako zástupce čerstvé zeleniny je zařazen míchaný řezaný salát. Zvolený časový údaj pozorování je jeden měsíc, při dodávkách v závozných dnech za podmínky objednání vedoucím pracovníkem nebo zaslání z centrálního skladu.

veličina	vzorec	hodnota	jednotka
součet dodávek		60	ks
počet dní		30	dní
intenzita vstupu	λ	2	ks / den
intenzita výstupu	μ	10	ks / den
intenzita provozu	$\rho = \lambda/\mu$	0,2	ks / den
pravděpodobnost že linka není využita	$p_0 = 1 - \lambda / \mu$	0,8	XX
pravděpodobnost že v lince je minim. 1 pož.	$\rho = \lambda/\mu$	0,2	XX
pravděpodobnost že v lince jsou 2 požadavky	$p_n = p_0 * \rho^n = (1 - \rho) * \rho^n$	0,032	XX
průměrný čas požadavku v systému	$T = 1 / \mu - \lambda$	0,125	dní
průměrný čas požadavku ve frontě	$T_f = T - (1 / \mu) = \lambda / (\mu * (\mu - \lambda))$	0,025	dní
průměrný počet požadavků v systému	$N = \lambda * T = \lambda / (\mu - \lambda)$	0,25	ks
průměrný počet požadavků ve frontě	$N_f = \lambda * T_f = \lambda^2 / (\mu * (\mu - \lambda))$	0,05	ks

tab. 4 Charakteristika systému prodeje Fix čerstvý salát 200 g (zdroj vlastní)

Interní pravidla prodeje, která jsou zasazena do výpočtů:

- v den, kdy končí datum spotřeby, je salát zlevněn o 50 % z aktuální ceny
- pokud je salát prodán za zlevněnou cenu, jde do ztrát pouze rozdíl mezi cenou a cenou po slevě
- pokud salát není prodán vůbec a datum spotřeby projde, jde do ztrát celá částka

Jelikož doba v systému není tak dlouhá a přesto zde existují velké finanční ztráty, musíme v následující tabulce rozebrat stávající situaci a možný model s přesným dodržением režimu FIFO. Porovnáním následujících dvou tabulek dostaneme možný prostor pro zlepšení.

datum	zásoba			datumy spotřeby	prodej	prodej ve slevě	odpis	tržby	ztráty
	dodávka	datum spotřeby	před otvírací dobou						
1.IX	5	5.IX	5	5 * V.	2			65,8	
2.IX			3	3 * V.	1			32,9	
3.IX	15	7. IX	17	2 * V., 15 * VII.	1			32,9	
4.IX			16	2 * V., 14 * VII.	7			174,3	
5.IX	0		9	9 * VII.	4			99,6	
6.IX	0		5	5 * VII.	5			124,5	
7.IX	10	11.IX	10	10 * XI.	4			99,6	
8.IX	5	12.IX	11	6 * XI., 5 * XII	3			74,7	
9.IX			8	5 * XI., 3 * XII.	3			74,7	
10.IX	0		5	2 * XI., 3 * XII.	2			49,8	
11.IX			3	1 * XI., 2 * XII,	0		1	0	32,9
12.IX	0		2	2 * XII,	1	1	1	16,45	49,35
13.IX	5	17.IX	5	5 * XVII.	2			65,8	
14.IX	0		3	3 * XVII.	0			0	
15.IX	0		3	3 * XVII.	1			32,9	
16.IX			2	2 * XVII.	1			32,9	
17.IX	5	21. IX	6	1 * XVII., 5 * XXI.	0		1	0	32,9
18.IX			5	5 * XXI,	1			32,9	
19.IX	0		4	4 * XXI,	2			65,8	
20.IX	0		2	2 * XXI.	0			0	
21.IX	5	25. IX	7	2 * XXI., 5 * XXV.	1		2	32,9	65,8
22.IX	0		4	4 * XXV.	2			65,8	
23.IX			2	2 * XXV.	0			0	
24.IX	5	28. IX	7	2 * XXV., 5 * XXVIII.	1			32,9	
25.IX			6	2 * XXV., 4 * XXVIII.	0		2	0	65,8
26.IX	5	30. IX	9	4 * XXVIII., 5 * XXX.	2			65,8	
27.IX	0		7	4 * XXVIII., 3 * XXX.	1			32,9	
28.IX	0		6	3 * XXVIII., 3 * XXX	2	1	1	49,35	49,35
29.IX	0		4	2 * XXX.	1			32,9	
30.IX			3	1 * XXX	1	1		16,45	16,45

tab. 5 Skutečné pozorování pohybu salátu za měsíc září (zdroj vlastní)

Po prozkoumání denního rozboru prodeje zjišťujeme problémové dny (modře). Zde se musí dle interních pravidel zboží zlevnit a rozdíl jde do nákladů jednotky. Následuje model situace při přesném dodržení režimu fronty FIFO.

Při pozorování skutečnosti bylo nalezeno několik chyb, které se při správném dodržování režimu fronty FIFO nenastanou.

- doplňování novějšího zboží před starší zboží.
- zbytečné rozšiřování počtu kanálů, při vyšší zásobě zboží než je kapacita 1 kanálu.
- zbytečné doplňování nových dat spotřeby.

datum spotřeby	zásoba před otvírací dobou	datum spotřeby	prodej (ve slevě)	prodej ve slevě	odpis	tržby	ztráty
5.IX	4	5 * V.	2			65,8	
	2	3 * V.	1			32,9	
7. IX	16	2 * V., 15 * VII.	1			32,9	
	15	1 * V., 15 * VII.	7			230,3	
	8	9 * VII.	4			131,6	
	4	5 * VII.	5			164,5	
11.IX	10	10 * XI.	4			131,6	
12.IX	11	6 * XI., 5 * XII	3			98,7	
	8	3 * XI., 5 * XII.	3			98,7	
	5	5 * XII.	2			32,9	
	3	3. XII	0			0	
	3	3 * XII,	1	1	2	16,45	65,8
17.IX	7	5 * XVII.	2			49,8	
	5	3 * XVII.	0			0	
	5	3 * XVII.	1			24,9	
	4	2 * XVII.	1			24,9	
21. IX	8	1 * XVII., 5 * XXI.	0		1	0	32,9
	8	5 * XXI,	1			32,9	
	7	4 * XXI,	2			65,8	
	5	2 * XXI.	0			0	
25. IX	10	2 * XXI., 5 * XXV.	1	1	1	16,45	49,35
	9	5 * XXV.	2			65,8	
	7	3 * XXV.	0			0	
28. IX	12	3 * XXV., 5 * XXVIII.	1			32,9	
	11	2 * XXV., 5 * XXVIII.	0		2	0	65,8
30. IX	16	5 * XXVIII., 5 * XXX.	2			65,8	
	14	3 * XXVIII., 5 * XXX.	1			16,45	
	13	2 * XXVIII., 3 * XXX	2	1	1	49,35	49,35
	11	2 * XXX.	1			32,9	
	10	1 * XXX	1	1		16,45	16,45

tab. 6 Model pohybu salátu za měsíc září při dodržování FIFO (zdroj vlastní)

V této modelaci už není takový rozdíl mezi počtem dnů, které jsou problémové (modře) je to pouze jeden den. Nyní bude ukázán rozdíl mezi skutečností a modelem ve finančním vyjádření. Pro výpočet bude stejný počet 60 ks Fix čerstvý salát. Pro určení ztrát vzniklých prodejem za zlevněnou cenu je důležité znát hypotetickou výši tržeb. Jedná se prodej 100 % zboží za plnou cenu.

Rozdíl mezi hypotetickou a modelovou výší celkových tržeb v absolutním vyjádření je 219,25 Kč a poměrově 12,53 %. Ale firma nemůže brát hypotetické hodnoty jako základ pro porovnání. Proto budou brány hodnoty rozdílů mezi modelem a skutečností.

Rozdíly podstatné pro maloobchodní jednotku jsou mezi hodnotami modelu a skutečností. V absolutní hodnotě se jedná o 126,2 Kč nižší tržby a o 32,9Kč vyšší ztráty. Celkový rozdíl v tržbách je 159,1 Kč. V procentuelním vyjádření jsou ve skutečnosti tržby nižší o 7,21 %, ztráty vyšší o 1,88 % a celkový zisk je nižší o 9,09 %.

5.3.3 Chléb kmínový 800 g

Jako zástupce baleného pečiva je Chléb kmínový, 800 g. Zvolený časový údaj pozorování je září 2013, při dodávkách od přímého dodavatele, za podmínky objednání vedoucím pracovníkem den předem.

veličina	vzorec	hodnota	jednotka
součet dodávek		116	ks
počet dní		30	dní
intenzita vstupu	λ	3,866666667	ks / den
intenzita výstupu	μ	15	ks / den
intenzita provozu	$\rho = \lambda/\mu$	0,257777778	ks / den
pravděpodobnost že linka není využita	$p_0 = 1 - \lambda / \mu$	0,742222222	XX
pravděpodobnost že v lince je minim. 1 pož.	$\rho = \lambda/\mu$	0,257777778	XX
pravděpodobnost že v lince jsou 2 požadavky	$p_n = p_0 * \rho^n = (1 - \rho) * \rho^n$	0,049320209	XX
průměrný čas požadavku v systému	$T = 1 / \mu - \lambda$	0,089820359	dní
průměrný čas požadavku ve frontě	$T_f = T - (1 / \mu) = \lambda / (\mu * (\mu - \lambda))$	0,023153693	dní
průměrný počet požadavků v systému	$N = \lambda * T = \lambda / (\mu - \lambda)$	0,347305389	ks
průměrný počet požadavků ve frontě	$N_f = \lambda * T_f = \lambda^2 / (\mu * (\mu - \lambda))$	0,089527611	ks

tab. 7 Charakteristika systému prodeje baleného chleba (zdroj vlastní)

Interní pravidla prodejny, která jsou zasazeny do výpočtů:

- v den, kdy končí datum spotřeby, je chléb zlevněn o 30 % z aktuální ceny
- pokud je zboží prodáno za zlevněnou cenu, jde do ztrát pouze rozdíl mezi cenou a cenou po slevě
- pokud chléb není prodán vůbec a datum spotřeby projde, jde do ztrát celá částka

Jelikož doba v systému není tak dlouhá a přesto zde existují velké finanční ztráty, musíme v následující tabulce rozebrat stávající situaci a možný model s přesným dodržením režimu FIFO. Porovnáním následujících dvou tabulek dostaneme možný prostor pro zlepšení.

datum	dodávka	datum spotřeby	otvírací dg	datumy spotřeby	prodej	odej ve sle	odpis	tržby	ztráty
1.IX	4	4. IX	4	4 * IV.	3			83,7	0
2.IX	4	5.IX	5	1 * IV., 4 * V.	2			55,8	0
3.IX	4	6.IX	7	3 * V., 4 * VI.	2			55,8	0
4.IX	4	7.IX	9	2 * V., 3 * VI., 4 * VII.	3			83,7	0
5.IX	0		6	1 * V., 3 * VI., 2 * VII.	2	1		47,43	8,37
6.IX	8	9.IX	12	2 * VI., 2 * VII., 8 * IX.	5	1	1	131,13	36,27
7.IX	4	10.IX	10	2 * VII., 4 * IX., 4 * X.	3			83,7	0
8.IX	0		7	3 * IX., 4 * X.	2			55,8	0
9.IX	4	12.IX	9	2 * IX., 3 * X., 4 * XII.	5	2		122,76	16,74
10.IX	4	13.IX	8	1 * X., 3 * XII., 4 * XIII.	2	1		47,43	8,37
11.IX	0		6	2 * XII., 4 * XIII.	3			83,7	0
12.IX	0		3	3 * XIII.	3			83,7	0
13.IX	8	16.IX	8	8 * XVI.	6			167,4	0
14.IX	4	17.IX	6	2 * XVI., 4 * XVII.	3			83,7	0
15.IX	0		3	1 * XVI., 2 * XVII.	2			55,8	0
16.IX	4	19.IX	5	1 * XVII., 4 * XIX.	1			27,9	0
17.IX	4	20.IX	8	1 * XVII., 3 * XIX., 4 * XX.	2		1	55,8	27,9
18.IX	4	21.IX	9	1 * XIX., 4 * XX., 4 * XXI.	7			156,8	0
19.IX	4	22.IX	6	1 * XX., 1 * XXI., 4 * XXII.	6			134,4	0
20.IX	12	23.IX	12	12 * XXIII.	10			224	0
21.IX	8	24.IX	10	2 * XXIII., 8 * XXIV.	4			89,6	0
22.IX	4	25.IX	10	6 * XXIV., 4 * XXV.	4			89,6	0
23.IX	4	26.IX	10	4 * XXIV., 2 * XXV., 4 * XXVI.	7			156,8	0
24.IX	4	27.IX	7	1 * XXIV., 2 * XXVI., 4 * XXVII.	6	1		127,68	6,72
25.IX	4	28.IX	5	1 * XXVI., 4 * XXVIII.	3			83,7	0
26.IX	0		2	2 * XXVIII.	2			55,8	0
27.IX	8	30.IX	8	8 * XXX.	5			139,5	0
28.IX	4	1.X	7	3 * XXX., 4 * I.	2			55,8	0
29.IX	0		5	2 * XXX., 3 * I.	1			27,9	0
30.IX	4	3.X	8	1 * XXX., 3 * I., 4 * III.	3			83,7	0

tab. 8 Skutečné pozorování prodeje baleného chleba za měsíc září (zdroj vlastní)

Po prozkoumání denního rozboru prodeje zjišťujeme problémové dny (modře). Zde se musí dle interních pravidel zboží zlevnit a rozdíl jde do nákladů jednotky. Následuje model situace při přesném dodržení režimu fronty FIFO.

Při pozorování skutečnosti bylo nalezeno několik chyb, které se při správném dodržování režimu fronty FIFO nenastanou.

- doplňování novějšího zboží před starší zboží.
- zbytečné rozšiřování počtu kanálů, při vyšší zásobě zboží než je kapacita 1 kanálu.
- zbytečné doplňování nových dat spotřeby.

datum	dodávka	datum spotřeby	před otvírací dobou	spotřeby	prodej (ve slevě)	prodej ve slevě	odpis	tržby	ztráty
1.IX	4	4.IX	4	4 * IV.	3			83,7	0
2.IX	4	5.IX	5	1 * IV., 4 * V.	2			55,8	0
3.IX	4	6.IX	7	3 * V., 4 * VI.	2			55,8	0
4.IX	4	7.IX	9	1 * V., 4 * VI., 4 * VII.	3			83,7	0
5.IX	0		6	2 * VI., 4 * VII.	2			55,8	0
6.IX	8	9.IX	12	4 * VII., 8 * IX.	5			139,5	0
7.IX	4	10.IX	11	7 * IX., 4 * X.	3			83,7	0
8.IX	0		8	4 * IX., 4 * X.	2			55,8	0
9.IX	4	12.IX	10	2 * IX., 4 * X., 4 * XII.	5	2		122,76	16,74
10.IX	4	13.IX	9	1 * X., 4 * XII., 4 * XIII.	2	1		47,43	8,37
11.IX	0		7	3 * XII., 4 * XIII.	3			83,7	0
12.IX	0		4	4 * XIII.	3			83,7	0
13.IX	8	16.IX	9	1 * XII., 8 * XVI.	6	1		159,03	8,37
14.IX	4	17.IX	7	3 * XVI., 4 * XVII.	3			83,7	0
15.IX	0		4	4 * XVII.	2			55,8	0
16.IX	4	19.IX	6	2 * XVII., 4 * XIX.	1			27,9	0
17.IX	4	20.IX	9	1 * XVII., 4 * XIX., 4 * XX.	2	1		47,43	8,37
18.IX	4	21.IX	11	3 * XIX., 4 * XX., 4 * XXI.	7			156,8	0
19.IX	4	22.IX	8	4 * XXI., 4 * XXII.	8			179,2	0
20.IX	12	23.IX	12	12 * XXIII.	10			224	0
21.IX	8	24.IX	10	2 * XXIII., 8 * XXIV.	4			89,6	0
22.IX	4	25.IX	10	6 * XXIV., 4 * XXV.	4			89,6	0
23.IX	4	26.IX	10	2 * XXIV., 4 * XXV., 4 * XXVI.	7			156,8	0
24.IX	4	27.IX	7	3 * XXVI., 4 * XXVII.	6			134,4	0
25.IX	4	28.IX	5	1 * XXVII., 4 * XXVIII.	3			83,7	0
26.IX	0		2	2 * XXVIII.	2			55,8	0
27.IX	8	30.IX	8	8 * XXX.	5			139,5	0
28.IX	4	1.X	7	3 * XXX., 4 * I.	2			55,8	0
29.IX	0		5	1 * XXX., 4 * I.	1			27,9	0
30.IX	4	3.X	8	4 * I.	3			83,7	0

tab. 9 Model pohybu baleného chleba za měsíc září při dodržování FIFO (zdroj vlastní)

Na první pohled je zřejmé, že počet dnů, které jsou problémové, se zmenšil na polovinu. Nyní bude ukázán rozdíl mezi skutečností a modelem ve finančním vyjádření. Pro výpočet bude stejný počet 116 ks baleného chleba. Pro určení ztrát vzniklých prodejem za zlevněnou cenu je důležité znát hypotetickou výši tržeb. Jedná se o prodej 100 % zboží za plnou cenu.

Rozdíl mezi hypotetickou a modelovou výší celkových tržeb v absolutním vyjádření je 181,35 Kč a poměrově 6,08 %. Ale firma nemůže brát hypotetické hodnoty jako základ pro porovnání. Proto budou brány hodnoty rozdílů mezi modelem a skutečností.

Rozdíly podstatné pro maloobchodní jednotku jsou mezi hodnotami modelu a skutečností. V absolutní hodnotě se jedná o 51,52 Kč nižší tržby a o 62,52 Kč vyšší ztráty. Celkový rozdíl v tržbách je 114,04 Kč. V procentuelním vyjádření jsou ve skutečnosti tržby nižší o 1,73 %, ztráty vyšší o 2,1 % a celkový zisk je nižší o 3,8 %.

5.3.3 Shrnutí finančních výsledků

V předchozích oddílech praktické části bakalářské práce byly jednotlivě propočítány charakteristiky SHO a hlavně jsme se zaměřili na analýzu finančního výsledku výrobků ve vztahu k datu trvanlivosti. Následující tabulka nám tyto hodnoty shrne a vyhodnotí.

	tržby	ztráta	zisk	absolutní rozdíl
Vepřová panenka	4640,4	724,5	3915,9	809,1
Fix salát	1404,55	312,55	1092	159,1
Kmínový chléb	2750,53	104,37	2646,16	114,04
				<hr/>
				1082,24

Vepřová panenka	4972,5	247,5	4725
Fix salát	1530,75	279,65	1251,1
Kmínový chléb	2802,05	41,85	2760,2

tab. 10 Celkové finanční shrnutí za září (zdroj vlastní)

Je zřejmé, že porovnání modelu a skutečnosti vychází vývojově stejně. Vždy jsou v modelu vyšší tržby i zisk a naopak ztráty jsou nižší. Již při vzorku pouhých 3 druhů zboží, jedná se cca o 0,1 % z celkového počtu zboží na jednotce. Měsíční rozdíl zisku vyjádřený v korunách činí 1082,24 Kč.

6 Závěr

Cílem této práce bylo ukázat využití teorie front v maloobchodní jednotce, provést pozorování současného stavu, vytvořit model dle přesného dodržení režimu fronty FIFO. Následně byly výsledky mezi skutečností a modelem porovnány a proveden přesný rozbor v peněžním vyjádření.

Byly vybrány tři výrobky, na kterých byly ukázány základní charakteristiky SHO. Dále u každého zboží byl proveden rozbor s přesným datem spotřeby i denních odprodejů. Stejným způsobem byl proveden i rozbor při přesném dodržení režimu fronty FIFO.

Pro porovnání byla data čerpána z analýz skutečnosti a modelu přesného dodržení režimu fronty. Existuje i hodnota hypotetická, které ale při daných prodejích nelze dosáhnout. Z tohoto důvodu jsou pro práci podstatné hodnoty z modelu.

Při porovnání denních rozborů modelu a skutečnosti, bylo vždy nalezeno nedodržení pravidel nebo nepřesné doplňování. Tyto skutečnosti vedou k finančním ztrátám pro maloobchodní jednotku. Několikrát ve skutečnosti nastaly i situace, kdy by bylo lepší doplnit menší množství s jedním, maximálně dvěma nejstaršími daty spotřeby.

Menší problém nastává, při platnosti akční ceny, jelikož velikost prodejů se v tomto období zvyšuje.

Finanční dopady na maloobchodní jednotku jsou značné, i na nepatrném vzorku je dokázáno, že během jednoho měsíce jsou v řádech tisíců korun. Množství kritických dnů, při kterých vznikají ztráty, byly sníženy až o 50 %. Trend je u všech výrobků stejný, dodržení režimu fronty FIFO vždy vede k lepšímu hospodářskému výsledku. Lze to vysvětlit tím, že ztráty jsou vždy u modelu nižší a naopak tržby vždy nižší ve skutečnosti.

Poučení pro skutečnost vyplývajících z této práce je několik. Dodržování správného typu režimu fronty dokáže zlepšit hospodářský výsledek jednotky. Vedoucí pracovníci by měli více dohlížet na správný postup doplňování výrobků podle zvoleného režimu fronty FIFO. Výstupy z interního programu o stavu zásob a prodejích by měli pomoci k lepšímu rozhodování, jaké množství a počet nejstarších datumů doplnit, aby nevznikaly ztráty.

7 Použité zdroje

7.1 Seznam literatury

Pavel Pešek, Systém hromadné obsluhy, KKY ZČU v Plzni 2002

Ivan Křivý, Náhodné procesy, PF Ostravská univerzita 2005

PLEVNÝ, M. - ŽIŽKA, M. Modelování a optimalizace v manažerském rozhodování. Plzeň: ZČU, 2005. ISBN: 80-7043-435-X

HINDLS, R. - HRONOVÁ, S. - SEGER, J. - FISCHER, J. Statistika pro ekonomy. Praha: Professional Publishing, 2006. ISBN: 80-86946-16-9

UNČOVSKÝ, Ladislav. *Stochastické modely operačnej analýzy*. Vyd.1. Bratislava : ALFA vydavateľstvo technickej a ekonomickej literatúry, 1980. Modely hromadnej obsluhy,

Walter, Jaroslav. a kolektiv. Modely hromadné obsluhy. Vyd. 1. Praha: Státní pedagogické nakladatelství, 1973. 17-253-73

ZÍSKAL, J. Metody optimálního rozhodování, Praha, Provozně ekonomická fakulta, 1997, ISBN 80-21-30341-7

JABLONSKÝ, J., Operační výzkum Kvantitativní model pro ekonomické rozhodování, Praha, Profesional Publishing, 2002, ISBN 80-86419-23-1

ŠUBRT, T., BROŽOVÁ, H., DOMEOVÁ, L., KUČERA, P., Ekonomicko matematické metody II, Provozně ekonomická fakulta, 2005, ISBN 80-213-0721-8

Ing. KOLČAVOVÁ, A., Kvantitativní metody v rozhodování Studijní pomůcka pro distanční studium, Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2004, ISBN 80-7318-205-X

ZÍTEK, F., Ztracený čas, Academica, 1969

7.2 Internetové zdroje

<http://www.mti.tul.cz>

<http://www.celysvet.cz>

<http://www.fce.vutbr.cz>

8 Seznam obrázků a tabulek

8.1 Seznam obrázků

<i>obr. 1 Systémy v reálném životě (zdroj vlastní)</i>	13
<i>obr. 2 Schéma SHO (zdroj http://www.mti.tul.cz)</i>	13
<i>obr. 3 Uzavřený systém (zdroj http://www.celysvet.cz)</i>	14
<i>obr. 4 Otevřený systém (zdroj http://www.celysvet.cz)</i>	14
<i>obr. 5 Paralelní tříkrálový systém s jednou frontou (zdroj vlastní)</i>	16
<i>obr. 6 Paralelní dvoukanálový systém se dvěma frontami (zdroj http://www.fce.vutbr.cz)</i>	16
<i>obr. 7 Sériové uspořádání (zdroj www.fce.vutbr.cz)</i>	17
<i>obr. 8 Režim fronty FIFO (zdroj vlastní)</i>	18
<i>obr. 9 Režim fronty LIFO (zdroj vlastní)</i>	18
<i>obr. 10 Režim fronty SIRO (zdroj vlastní)</i>	19
<i>obr. 11 Režim fronty PRI (zdroj vlastní)</i>	19
<i>obr. 12 Schéma teorie front (zdroj http://www.fce.vutbr.cz)</i>	21
<i>obr. 13 Základní numerické charakteristiky (zdroj Šubrt a kol. 2005)</i>	25
<i>obr. 14 Schéma pohybu zboží (zdroj vlastní)</i>	26
<i>obr. 15 Zobrazení skutečnosti (zdroj vlastní)</i>	27

8.2 Seznam tabulek

<i>tab. 1 Charakteristika systému prodeje vepřové panenky (zdroj vlastní)</i>	29
<i>tab. 2 Skutečné pozorování pohybu vepřové panenky za měsíc září (zdroj vlastní)</i>	30
<i>tab. 3 Model pohybu vepřové panenky za měsíc září při dodržování FIFO (zdroj vlastní)</i>	31
<i>tab. 4 Charakteristika systému prodeje Fix čerstvý salát 200 g (zdroj vlastní)</i>	32
<i>tab. 5 Skutečné pozorování pohybu salátu za měsíc září (zdroj vlastní)</i>	33
<i>tab. 6 Model pohybu salátu za měsíc září při dodržování FIFO (zdroj vlastní)</i>	34
<i>tab. 7 Charakteristika systému prodeje baleného chleba (zdroj vlastní)</i>	35
<i>tab. 8 Skutečné pozorování prodeje baleného chleba za měsíc září (zdroj vlastní)</i>	36
<i>tab. 9 Model pohybu baleného chleba za měsíc září při dodržování FIFO (zdroj vlastní)</i>	37
<i>tab. 10 Celkové finanční shrnutí za září (zdroj vlastní)</i>	38