

Česká zemědělská univerzita v Praze

Provozně ekonomická fakulta

Katedra systémového inženýrství



Diplomová práce

**Analýza vybraných procesů ve společnosti Drůbežářský
závod Klatovy s.r.o.**

Bc. Tomáš Řezáč

© 2018 ČZU v Praze

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Provozně ekonomická fakulta

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Bc. Tomáš Řezáč

Veřejná správa a regionální rozvoj

Název práce

Analýza vybraných procesů ve společnosti Drůbežářský závod Klatovy s.r.o.

Název anglicky

Analysis of selected processes in Drůbežářský závod Klatovy s.r.o.

Cíle práce

Cílem této diplomové práce je zhodnocení výkonnosti vybraných procesů společnosti Drůbežářský závod Klatovy s.r.o. a jejich případné narovnání.

Metodika

Teoretická část diplomové práce vychází ze studia odborných publikací a internetových zdrojů a popisuje podstatné atributy spojené s analýzou procesů. V praktické části diplomové práce je vypracováno modelové řešení pro zlepšení a zkvalitnění výrobního procesu a následné vyčíslení úspor při aplikaci modelového řešení.

Doporučený rozsah práce

60-80 stran

Klíčová slova

proces, procesní řízení, procesní analýza, metodiky procesní analýzy

Doporučené zdroje informací

ČESKÁ SPOLEČNOST PRO SYSTÉMOVOU INTEGRACI, – ŘEPA, V. *Podnikové procesy : procesní řízení a modelování*. Praha: Grada, 2006. ISBN 80-247-1281-4.

ČESKÁ SPOLEČNOST PRO SYSTÉMOVOU INTEGRACI, – ŠMÍDA, F. *Zavádění a rozvoj procesního řízení ve firmě*. Praha: Grada, 2007. ISBN 978-80-247-1679-4.

ŘEZNÍČEK, B. – DRAHOTSKÝ, I. *Logistika : procesy a jejich řízení*. Brno: Computer Press, 2003. ISBN 80-7226-521-0.

SVOZILOVÁ, A. *Projektový management*. Praha: Grada, 2011. ISBN 978-80-247-3611-2.

TŮMA, M. – GLASL, V. – BASL, J. *Modelování a optimalizace podnikových procesů*. Plzeň: Západočeská univerzita, Strojní fakulta, 2002. ISBN 80-7082-936-2.

Předběžný termín obhajoby

2017/18 ZS – PEF (únor 2018)

Vedoucí práce

doc. Ing. Milan Houška, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra systémového inženýrství

Elektronicky schváleno dne 18. 10. 2016

doc. Ing. Tomáš Šubrt, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 24. 10. 2016

Ing. Martin Pelikán, Ph.D.

Děkan

V Praze dne 11. 03. 2018

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci "Analýza vybraných procesů ve společnosti Drůbežářský závod Klatovy s.r.o." jsem vypracoval 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 autor uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 15.3.2018

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval panu doc. Ing. Milanovi Houškovi, Ph.D. za cenné připomínky a odborné rady, kterými přispěl nejen k vypracování, ale i ke zlepšení úrovně této diplomové práce. Dále bych chtěl poděkovat Ing. Jiřímu Královi ze společnosti DZ Klatovy za jeho poskytnuté podklady a připomínky k této diplomové práci. V neposlední řadě bych chtěl poděkovat své rodině, která mě podporovala nejen při psaní této práce, ale i po celou dobu mého studia.

Analýza vybraných procesů ve společnosti Drůbežářský závod Klatovy s.r.o.

Souhrn

Tato diplomová práce je zaměřena na analýzu vybraných procesů ve společnosti Drůbežářský závod Klatovy s.r.o.. Konkrétně se jedná o plánování výroby.

Cílem diplomové práce je zhodnocení současného systému plánování výroby za pomoci vhodně vybraných metod z teorie hromadné obsluhy a na základě výsledků navrhnout zlepšení v podobě nového systému plánování. Navržený systém by měl vyřešit současný problém, kterým je nedodržování časů expedice zboží.

Diplomová práce je rozdělena na dvě části, na část teoretickou a na část praktickou. V teoretické části jsou zpracovány základní poznatky a termíny z teorie hromadné obsluhy. Jsou zde uvedeny základní charakteristiky systému hromadné obsluhy, jeho členění, klasifikace a metody výpočtů.

V úvodu praktické části je představena společnost Drůbežářský závod Klatovy, jeho výrobní činnost a celý postup zpracování zakázek. Dále je v této kapitole provedena analýza výroby za využití současného způsobu plánování. Na základě této analýzy je navržen nový postup plánování výroby. V matematickém modelu jsou provedeny kalkulace jednotlivých způsobů.

V závěru práce je zhodnocení výsledků, na jejichž základě je poskytnuto doporučení vedení společnosti Drůbežářský závod Klatovy na případnou změnu v plánování výroby.

Klíčová slova: systém hromadné obsluhy, teorie front, zdroj požadavků, obslužná linka, intenzita výroby, procesní analýza

Analysis of selected processes in Drůbežářský závod Klatovy s.r.o.

Summary

This dissertation covers the analysis of selected processes in the company Drůbežářský závod Klatovy s.r.o., It is focused on production planning.

The aim of the diploma thesis is to evaluate the current system of production planning with the help of suitably chosen methods from the mass service theory and to propose improvements in the way of new planning system. The proposed system should solve the current problem of non-compliance with shipping times of produced merchandise.

The thesis is divided into two parts, the theoretical part and the practical part. In the theoretical portion are processed basic knowledge and terms from the theory of mass operation. The basic characteristics of the mass-serving system, its classification, and evaluation and calculation methods are also covered in this part as well.

The practical portion presents the company Drůbežářský závod Klatovy s.r.o. in respect to manufacturing processes and the procedure of contract processing. The analysis of production by using of the current planning process is also covered in this part. A new procedure of the production planning which is based on the analysis results is proposed for potential use. Mathematical model of both ways of planning are compared.

The recommendations for the Drůbežářský závod Klatovy s.r.o. management to make a potential change in production planning are also presented at the conclusion of this dissertation.

Keywords: mass service theory, front theory, source of requests, service line, intensity of production, process analysis

Obsah

1 Úvod.....	10
2 Cíl práce a metodika.....	12
2.1 Cíl práce.....	12
2.2 Metodika.....	12
3 Literární přehled.....	14
3.1 Operační a systémová analýza.....	14
3.1.1 Historie.....	14
3.1.2 Klasifikace matematických modelů.....	14
3.1.3 Metody operačního výzkumu.....	15
3.2 Teorie hromadné obsluhy.....	17
3.2.1 Význam teorie hromadné obsluhy.....	17
3.2.2 Charakteristika a struktura systému hromadné obsluhy.....	19
3.2.3 Klasifikace modelů hromadné obsluhy.....	24
3.2.4 Analýza systému hromadné obsluhy	26
3.2.5 Jednoduchý exponenciální model hromadné obsluhy – M/M/1.....	27
3.2.6 Exponenciální model s paralelně uspořádanými linkami - M/M/C.....	28
4 Vlastní práce.....	31
4.1 DZ Klatovy.....	31
4.1.1 Profil, historie a činnost společnosti.....	31
4.1.2 Zpracování kuřat a kuřecího masa.....	31
4.2 Problémový proces.....	34
4.2.1 Popsání problému.....	34
4.2.2 Popis problémového procesu.....	37
4.3 Modelování systému hromadné obsluhy.....	39
4.3.1 Analýza plánování výroby pomocí původního systému.....	40
4.3.2 Plánování výroby podle nových kritérií.....	47
4.3.3 Porovnání intenzity výroby stávajícího a nového systému plánování výroby.....	53
4.3.4 Srovnání základních charakteristik SHO jedné výrobní linky.....	54
4.3.5 Srovnání základních charakteristik SHO paralelně uspořádaných výrobních linek	58

5 Shrnutí výsledků a doporučení společnosti.....	61
6 Závěr.....	63
Literatura a prameny.....	65
Seznam zkratk.....	67
Seznam tabulek.....	68
Seznam obrázků.....	68
Seznam grafů.....	68
Přílohy.....	69

1 Úvod

Společnost DZ Klatovy patří mezi jednoho z největších producentů kuřecího masa v České republice. Podnik byl založen před více než 50 lety a během té doby si vybudoval dobré jméno u svých zákazníků nejen v České republice, ale i v zahraničí.

V posledních letech DZ Klatovy řeší problém s dodržování včasného vykrytí zakázek a jejich včasnou expedici. Vyřešení tohoto problému je pro společnost velice podstatné, protože tento problém narušuje celkový logistický proces, který je ve společnosti nastaven. Nevykrytí části zakázky nebo její pozdní výroba může být zákazníkem sankcionována, tomuto stavu se společnost snaží předcházet. Řešení tohoto problému se stává stále více aktuálním, protože udržení dobrého jména dává společnosti výhodu před svými konkurenty, kterých je v dnešní době mezistátního transportu potravin velké množství.

Na základě definování problému byla provedena analýza procesů, které v podniku probíhají a které souvisí s realizací konkrétní zakázky. Byl analyzován celý systém od příjmu objednávky od zákazníka, přes výrobu a expedici zboží, až po dopravu k zákazníkovi. Přitom byly hledány příčiny, které předcházejí samotnému zpoždění vyexpedování zboží.

Při analýze byla nalezena souvislost s plánováním výroby pro jednotlivé balicí linky a jejich intenzitou výroby. Bylo zjištěno, že na výrobní linky jsou kladeny přílišné nároky, které nemohou být v reálném provozu splněny. Z tohoto důvodu docházelo ke zpoždování. Po nalezení příčiny byl zhotoven matematický model, na kterém byl vyzkoušen nový přístup k plánování. Tento přístup byl zpětně výpočty odzkoušen na starších objednávkách a vyšel jako vyhovující.

Problematikou výrobních linek se zabývá teorie hromadné obsluhy a právě využití této teorie vedlo k nalezení původu zkoumaného problému. V teoretické části této práce jsou proto popsány základní charakteristiky a využití systémů hromadné obsluhy. Praktická část práce se věnuje popisu současného způsobu plánování výroby a sestavení matematického modelu, na kterém byly provedeny výpočty pro nový přístup plánování výroby.

Hlavním motivem sepsání této diplomové práce byla několikaletá pracovní zkušenost a praxe v této společnosti. V práci je využito teoretických poznatků získaných během studia, které byly aplikovány na praktickém - pracovním problému. Ambice této diplomové práce spočívá zejména v tom, že by se mohla stát teoretickým návodem pro pracovníky, kteří se v problematice plánování výroby zcela neorientují.

2 Cíl práce a metodika

2.1 Cíl práce

Cílem diplomové práce je zhodnocení současného systému plánování výroby za pomoci vhodně vybraných metod z teorie hromadné obsluhy a na základě výsledků navrhnout zlepšení v podobě nového systému plánování. Navržený systém by měl vyřešit současný problém, kterým je nedodržování časů expedice zboží. Dále by měl tento nový systém přispět ke zvýšení výkonnosti výroby a měl by také umožnit jeho průběžné měření.

Hlavními cíli této diplomové práce tedy jsou:

- Zhodnocení současného systému plánování výroby.
- Navržení nového systému plánování výroby podloženého výpočty na základě matematického modelu.
- Porovnat výsledky z těchto analýz a navrhnout opatření, které by společnost mohla realizovat.

2.2 Metodika

Diplomová práce na téma Analýza vybraných procesů ve společnosti Drůbežářský závod Klatovy se skládá ze dvou částí:

- Literární přehled

Teoretická část diplomové práce vychází ze studia odborných publikací a internetových zdrojů, seznamuje se základy operační analýzy a teorií hromadné obsluhy. Teorie hromadné obsluhy je dále rozepsána, aby se čtenář seznámil se základními pojmy, metodami, charakteristikami modelů a jejich klasifikací. Teoretické poznatky z této části jsou následně využity k dosažení cílů této práce.

- Vlastní část

Tato část začíná popisem a analýzou procesu, který probíhá od příjmu objednávky od zákazníka až po naložení zboží do nákladního automobilu. Je zde popsán aktuální způsob plánování výroby. Dále byla provedena analýza současného způsobu, na jejímž základě byly nalezeny nedostatky, které způsobují problém pozdní výroby zboží. Na základě získané praxe a konzultaci s pracovníky zodpovědnými za plánování výroby, byly nastaveny nové podmínky, které by měl nový způsob splňovat. Tyto podmínky byly začleněny do výpočtů, potřebných k získání hodnot pro intenzitu vstupů, obsluhy a výroby jak pro stávající způsob tak i pro nový způsob plánování obsluhy. Poté už je možné namodelovat oba scénáře a číselně je porovnat. Z porovnání lze vyhodnotit zjištěné výsledky a doporučit opatření, která povedou k vyřešení nebo aspoň k zmírnění problému pozdní výroby a následné pozdní expedice.

3 Literární přehled

3.1 Operační a systémová analýza

Současný světový trend nutí podniky, aby byly marketingově zaměřené. Z toho vyplývá, že podnik musí být pružný, pohotový a musí reagovat na požadavky trhu. Hlavním bodem je spokojenost zákazníka. To má za následek, že podniky musí neustále zdokonalovat svůj způsob rozhodování a formy řízení. [8]

Operační analýza má za cíl podat managementu informace, které slouží k rozhodování při řízení zkoumaných procesů a operací. Dále se snaží o stanovení optimálních podmínek pro správný chod procesů. [7]

3.1.1 Historie

Rozmachem výroby během průmyslové revoluce byl způsoben vznik nových pracovních pozic jako vedoucí výroby, obchodu, financí a další, protože jeden člověk už nebyl schopen vše řídit sám. Mechanizace továren a následná automatizace přispěla k rozvoji průmyslu, který kladl požadavky na potřebu operačního výzkumu. [10]

První práce, které se zabývaly operačním výzkumem, spadají do období počátku 20. století. Původně se zabývaly teorií hromadné obsluhy, následně teorií zásob. Velkého rozmachu a využívání se systémová analýza dočkala v průběhu druhé světové války. [7]

3.1.2 Klasifikace matematických modelů

Za základní nástroj systémové analýzy je označováno *matematické modelování*. Matematické modelování využívá k popisu systému matematický model, který je zjednodušeným obrazem skutečného systému. Toto zjednodušení má několik výhod:

- matematický model umožňuje strukturalizaci systému a specifikaci všech možných variant stavu systému,
- umožňuje analýzu systému v kratším čase,
- u modelů lze jednoduše provádět změny parametrů,

- náklady na pořízení modelu jsou menší než náklady spojené s experimentálním zásahem do reálného systému. [4]

Matematické modely můžeme dělit podle těchto kritérií:

- podle charakteru závislosti mezi modelovanými vztahy:
 - ◆ *lineární modely* předpokládá se pouze lineární vztah mezi modelovanými prvky,
 - ◆ *nelineární modely* existuje i jiný charakter vztahu než jen lineární.
- podle toho, zda řeší vliv času
 - ◆ *statické modely* neuvažují faktor času,
 - ◆ *dynamické modely* zahrnují i faktor času.
- podle toho, jak zohledňují vliv náhodných faktorů
 - ◆ *deterministické modely* nepředpokládá působení náhodných veličin,
 - ◆ *stochastické modely* uvažují působení náhodných vlivů. [6]

3.1.3 Metody operačního výzkumu

Díky široké škále problémů zkoumaných a řešených v rámci operačního výzkumu a díky značné rozmanitosti použitých matematických metod tvoří operační výzkum jednodlitou skupinu metod. Nejčastěji se člení na tyto disciplíny:

- *matematické programování* je disciplína operačního výzkumu, pro kterou je typický matematický model, který je tvořený soustavou rovnic nebo nerovnic. Na množině řešení těchto omezení hledáme extrém, proto hovoříme o *optimalizačních modelech*. Pokud je kritériální funkce i všechny rovnice či nerovnice lineární, pak se jedná o *lineární programování*. Je-li alespoň jedna funkce nelineární, je to *nelineární programování*. Má-li úloha vícekritériálních funkcí, pak se jedná o *vícekritériální programování*. [6]

Někteří autoři do matematického programování zařazují i stochastické a dynamické programování.

- ◆ Přitom se *stochastické programování* zabývá řešením problémů, ve kterých nemáme k dispozici úplné informace o vstupních údajích. Stochastický charakter těchto údajů je způsoben například chybami a nepřesnostmi, které vznikají již při jejich získávání, zpracování, nejistotou o tom, zda v době řešení problému budou platit stále stejné podmínky, vlivy nepředvídaných událostí a dalších faktorů.
- ◆ Zatímco *dynamické programování* reprezentuje řešení problémů, ve kterých optimální řešení vzniká jako výsledek několika stupňového rozhodování, které na sebe časově navazuje. Výsledek z předešlého rozhodování se stává podkladem pro navazující rozhodování. Tento přístup rozhodování představuje spíše techniku postupu řešení problému než hotové algoritmy. [2]
- *vícekritériální rozhodování* řeší úlohy, které připouští varianty, na rozdíl od matematického modelování, které jsou dány jejich výčtem, takže tvoří konečnou - diskrétní množinu. Jejich vhodnost je posuzována nikoliv podle jednoho, ale podle několika hodnotících kritérií zároveň, přičemž hodnotící kritéria nemusí být vždy v souladu. Cílem analýzy v úlohách vícekritériálního rozhodování je tedy v konfliktu mezi navzájem protikladnými kritérii a nalezení řešení, které je nejlepším kompromisem. [6]
- *síťová analýza* je odvětví operačního výzkumu, které se za využití poznatků z teorie grafů snaží analyzovat průběh složitých procesů, které se dají znázornit pomocí sítí. Na sítích je pak řešitelná řada úloh, v nichž se snažíme najít optimální cestu, optimální tok nebo kritickou cestu. Metody ze síťové analýzy jsou využitelné v řídicí činnosti jako je plánování, operativní řízení i při kontrole dějů, které se skládají z množství dílčích činností, které probíhají souběžně a/nebo následně.
- *strukturální analýza* je také označována jako *analýza meziodvětvových vztahů*, protože je orientovaná na sledování kvantitativní stránky výrobního procesu., který probíhá uvnitř jistého hospodářského celku a také mezi tímto celkem a jeho okolím.

Strukturální analýza zkoumá také proces z hlediska poměru mezi velikostí vstupů do výroby a množstvím získané produkce. Modely nehledají optimální, ale rovnovážné řešení struktury zkoumaného hospodářského celku.

- *teorie zásob* se snaží stanovit takový způsob pořizování zásob, který zaručí co nejnižší náklady na pořízení, skladování a výdej zásob.
- *modely obnovy* řeší problémy spojené s postupnou ztrátou funkčnosti jednotlivých částí složitějšího celku. Poruchy či úplné poškození jednotlivých prvků v systému nastávají nahodile a pro správné fungování prvků je potřeba buď oprava či výměna nefunkčního prvku.
- *teorie her* je metoda operačního výzkumu, která hledá optimální řešení problému, který vzniká mezi několika účastníky konfliktní situace, sledující svoje vlastní cíle a zájmy. Zájmy každého hráče mohou být zcela nebo částečně protichůdné zájmům ostatních hráčů. Předpokládá se, že alespoň jeden hráč je schopen své chování cílevědomě upravovat na základě chování ostatních hráčů. [2]
- *teorie hromadné obsluhy* zkoumá systémy, ve kterých dochází vlivem náhodných požadavků na obsluhu ke vzniku různě dlouhých front. Analýza systému popisuje jeho charakteristické vlastnosti (průměrný počet čekajících jednotek, průměrná doba čekání, průměrné využití systému apod.) Cílem analýzy je zefektivnit činnost celého systému. [6]

Protože teorie hromadné obsluhy nejlépe popisuje a analyzuje činnost systému jakým je výrobní linka, bude jí věnován následující prostor v diplomové práci.

3.2 Teorie hromadné obsluhy

3.2.1 Význam teorie hromadné obsluhy

Teorie front, známá také jako teorie hromadné obsluhy, se jako matematická disciplína začala rozvíjet na počátku 20. století. První významnou knihou, která se

zabývala touto tematikou byla kniha *The Theory of Probabilities and Telephone Conversation – Teorie pravděpodobnosti a telefonní konverzace* od dánského matematika Agnera Kraupa Erlanga (1878 – 1929). Erlang v knize řešil problém, jak zkrátit doby odbavování telefonních hovorů v centrálách. [10]

V reálném životě i v ekonomické sféře se se systémy hromadné obsluhy setkáváme každý den. Jedná se o systémy, ve kterých dochází k realizaci obsluhy požadavků. [4]

Jako příklad systému hromadné obsluhy můžeme uvést prodejnu, kde zákazníci, kteří zde nakupují, tvoří proud požadavků a obslužným zařízením zde můžeme chápat prodavače na pokladnách. Velké počet úloh hromadné obsluhy se nachází také ve výrobě. Složitý systém hromadné obsluhy můžeme najít ve výrobním podniku, ve kterém výrobek prochází jednotlivými odděleními a stroji, které zde představují zařízení obsluhy. [5]

Na činnost systému můžeme nahlížet ze dvou pohledů. Z pohledu zákazníka, pro kterého je důležitá doba, kterou stráví čekáním ve frontě než je obsloužen, a rozhoduje se, zda se do dané fronty zařadí a bude čekat na vyřízení svého požadavku nebo zda přejde do jiného systému, který je schopen jeho požadavek také vyřešit. Také je zde hledisko obsluhy, pro kterou je důležité, jak jsou dané kanály obsluhy vytížené, jak je využita jejich pracovní doba, důvody a čas prostojů, při kterých nedochází k odbavování zákazníků. Z ekonomických důvodů je pro obsluhu důležité vědět, jaký zisk z obsloužení zákazníka bude mít, jaká bude případná ztráta, pokud se zákazník rozhodne využít služeb konkurence, jaké náklady přinese navýšení počtu obslužných kanálů či prodloužení pracovní doby.

Hlavní myšlenku teorie hromadné obsluhy můžeme popsat jako definování a pochopení principu fungování daného obslužného systému. Cílem je tedy nalezení nejvýhodnější struktury a procesních postupů pro využití maximálního efektu, aby bylo dosaženo co největšího zisku, při co nejmenších nákladech na obsluhu. [1]

Systémem hromadné obsluhy můžeme pojmenovat vše, co je mezi příchodem požadavku do systému a jeho vystoupením. Jedná se především o frontu či systém front požadavků čekajících na obsloužení a obslužné linky, které obsluhu zabezpečují. [3]

Výše uvedené je shrnuto do následující tabulky.

Tabulka 1: Příklady systémů hromadné obsluhy

Systém	Obslužné linky	Požadavky
Ordinace lékaře	Lékař	Pacienti
Banka	Úředníci u přepážky	Klienti
Samoobsluha	Pokladny	Zákazníci
Výrobní linka	Místa ve výrobní lince	Výrobky
Dopravní systém	Křižovatka se semaforey	Vozidla
Benzínová pumpa	Čerpací stanice	Vozidla
Nádraží	Pokladny	Cestující
Pojišťovna	Úředníci u přepážky	Pojistné případy
Lyžařské středisko	Vleky	Lyžaři

Zdroj: vlastní zpracování (JABLONSKÝ, 2002)

3.2.2 Charakteristika a struktura systému hromadné obsluhy

- Zdroj požadavku SHO

Za zdroj požadavků můžeme považovat zákazníka, jednotku či prvek, který požaduje obsluhu. Podle chování požadavků po jejich obslužení dělíme dále systém na otevřený a uzavřený.

- ◆ *Otevřený systém* - je systém, který má nekonečně mnoho jednotek a tyto jednotky se po obslužení do zdroje dále nevracejí a systém opouštějí.
- ◆ *Uzavřený systém* - je naopak systém jehož zdroj má konečný počet jednotek. Tyto jednotky se po ukončení obsluhy vracejí zpět do zdroje systému. [1]

Tento systém se vyskytuje převážně ve výrobních podnicích, kde je omezený počet výrobních strojů, které vyžadují pravidelnou údržbu a technickou odstávku. [4]

- Vstup požadavků do SHO

Vlastnosti spolu s intenzitou vstupního proudu požadavků mají rozhodující vliv na činnost systému hromadné obsluhy a na jeho základní charakteristiky. [5]

Proto je důležité přesně popsat příchod požadavků do systému. Tyto příchody můžeme popisovat pomocí *intenzity příchodů*, což je počet vstupujících požadavků za jednotku času, nebo pomocí *intervalu mezi příchody*, což je charakteristika, která udává čas mezi dvěma po sobě jdoucími příchody požadavků. Obě uvedené veličiny mají úzkou souvislost, pokud do systému přijde 10 požadavků za hodinu, potom je průměrný interval mezi příchody 1/10 hodiny což je rovno 6 minutám. Intenzita příchodu i intervaly mezi příchody mohou být dvojího druhu:

- *Deterministické* - jestliže jsou intervaly mezi příchody fixní. Tato situace nastává především v automatických výrobních linkách, kde je možné časy mezi příchody požadavků zabezpečit.
- *Stochastické* - v systémech, ve kterých nelze fixní příchody zabezpečit. Tedy všude tam, kde jsou časy příchodu požadavků proměnlivé. [3]
 - V běžných situacích se setkáváme se vstupním proudem požadavků, který lze charakterizovat jako stochastický proces. Empirické údaje získané ze systému obsluhy vyhovují velmi často předpokladu Poissonova rozdělení počtu vstupujících požadavků do systému za určitý časový interval. [5]
- Doba trvání obsluhy

Obdobně jako intervaly mezi příchody požadavků do systému, tak i doba trvání obsluhy na lince, která obsluhuje požadavky, může být deterministická nebo pravděpodobnostní. [4]

Empiricky zjištěná rozdělení dob trvání obsluhy se zpravidla řídí exponenciálním zákonem rozdělení. [5]

Označme parametr tohoto rozdělení v tomto případě symbolem μ . Střední doba trvání obsluhy tedy je $E(X) = \frac{1}{\mu}$.

Parametr μ potom můžeme označit jako intenzitu obsluhy, protože jej může popsat jako průměrný počet vyřízených požadavků ze časovou jednotku. [4]

- Disciplína čekání ve frontě

Na základě trpělivosti požadavků, které vyžadují obsluhu, je možné SHO dělit:

- *Systém bez čekání* - se vyznačuje tím, že všechna zařízení obsluhy jsou obsazena, požadavek do systému nevstoupí a od svého úmyslu na obsluhu upustí.
- *Systém s čekáním* – požadavek, který se rozhodl do SHO vstoupit, buď trpělivě čeká než je obsloužen a systém opouští po ukončení obsluhy, nebo ve frontě čeká určitou dobu, a pokud není během této doby obsloužen, tak systém opouští.

V systému obsluhy s čekáním existují *systemy s neomezenou délkou fronty*, které umožňují obsloužení všech požadavků, které jsou ochotny čekat. Naproti tomu *systemy s omezenou délkou fronty* jsou schopny obsloužit jen ten počet požadavků, který odpovídá počtu míst ve frontě. [5]

- Režim fronty

Režim fronty je významným faktorem, který ovlivňuje efektivnost a fungování SHO. [5]

Pojem režim fronty můžeme chápat pravidlo, podle kterého jsou požadavky vybírány ke zpracování. [1]

Nejznámější režimy front jsou tyto:

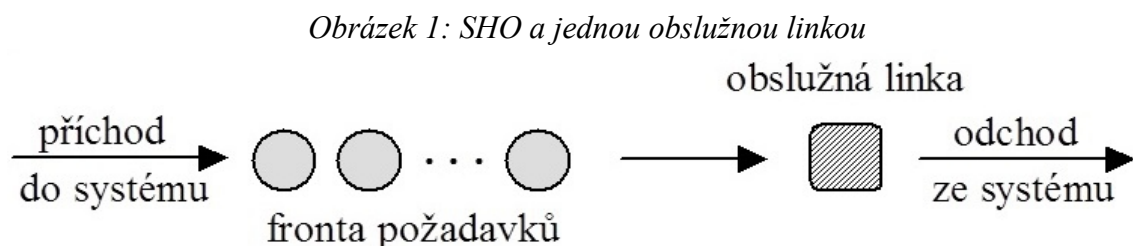
- FIFO (first-in/ first out) – požadavky na obsluhu jsou zpracovávány v takovém pořadí, v jakém se zařadily do fronty. Tento režim se v SHO vyskytuje nejčastěji – banka, pošta, benzinová stanice atd.)
- LIFO - (last-in/ first out) – požadavky jsou zpracovávány v opačném pořadí, než v jakém se do fronty zařadily

- SIRO - (selection in random order) – požadavek je zpracováván v náhodném pořadí
- PRI – Pořadí zpracování požadavku určují nastavené priority pro obsluhu. Při výskytu několika požadavků se shodnými prioritami se využívá režim FIFO. [4] Pokud jsou priority známy před vstupem požadavku do systému, potom se jedná o *apriorní priority*. Přiřadí-li priority samotný systém při čekání požadavku na obslužení, jedná se o *aposteriorní priority*. V režimech front se můžeme setkat s pojmem *relativní prioritita* – ta umožňuje zvýhodnit požadavky s větší prioritou před požadavky s žádnou nebo menší prioritou, jakmile se uvolní místo v obsluze. Požadavek s *absolutní prioritou* je obslužen okamžitě při vstupu do fronty i za cenu ukončení právě probíhající obsluhy požadavku s menší prioritou. [5]
- Síť obslužných linek

Činnost systémů hromadné obsluhy z velké části rovněž závisí na počtu a uspořádání obslužných linek. [3]

SHO si při aplikaci modelů klade jako jeden z cílů optimalizaci počtu obslužných linek. Nalezení kompromisu mezi vytížením obslužných linek a délkou fronty hraje velkou roli právě na počtu obslužných linek. Nejčastěji se vyskytují tyto struktur sítí:

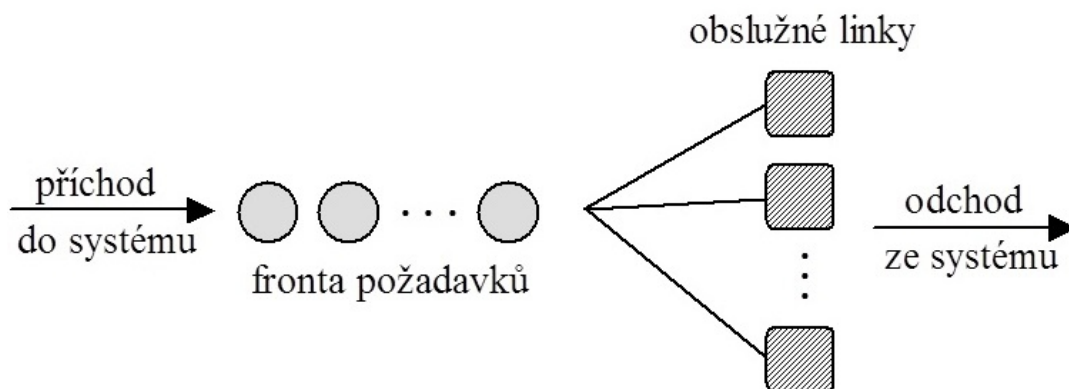
- jedna obslužná linka – nejjednodušší typ s jedinou obslužnou linkou.



Zdroj: vlastní zpracování (JABLONSKÝ, 2002)

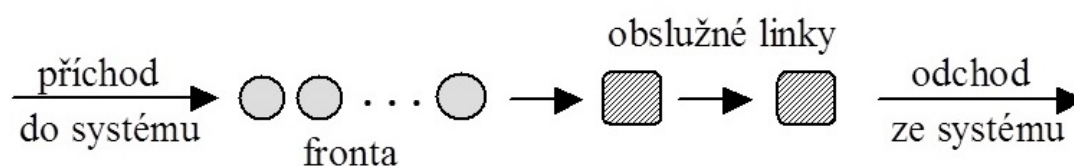
- paralelně uspořádané obslužné linky – paralelní linky jsou takové, které mají vedle sebe několik totožných obslužných linek, které poskytují totožnou službu. Proto je jedno, kterou obslužnou linku si požadavek zvolí. Tento způsob je nejčastější u benzinových pump, pokladen v obchodech apod. U tohoto typu uspořádání záleží, zda se před každou obslužnou linkou tvoří samostatné fronty nebo zda je pouze jedna fronta, ze které přichází do obsluhy první požadavek po zpracování předešlého požadavku u libovolné linky. V závislosti na počtu front potom mluvíme o systémech s jednou frontou nebo o systémech s více frontami.

Obrázek 2: SHO s paralelně uspořádanými obslužnými linkami



- sériově uspořádané obslužné linky – z názvu je patrné, že se jedná o uspořádání obslužných linek za sebou. Pro úspěšné vyřízení požadavku, musí projít všemi obslužnými linkami. Fronty se mohou vyskytovat před každou obslužnou linkou.

Obrázek 3: SHO se sériově uspořádanými obslužnými linkami



Zdroj: vlastní zpracování (JABLONSKÝ, 2002)

V reálných systémech se můžeme setkat s jednotlivými typy i jejich kombinací. [4]

3.2.3 Klasifikace modelů hromadné obsluhy

Podle základních charakteristik jsou modely hromadné obsluhy jednoznačně popsány. Popis modelů zahrnuje popis vstupního toku požadavků, síť obslužných kanálů, dobu obsluhy, řád front a dalších. Tento popis dále rozvinul D.G. Kendall. [3]

Kendall klasifikoval standardní typy modelů pomocí šesti symbolů následujícím způsobem: A/B/C/D/E/F.

Význam symbolů je následující:

A – charakterizuje typ pravděpodobnostního rozdělení, které popisují intervaly mezi příchody požadavků do systému. [4]

Symbols pro konkrétní rozdělení jsou popsány níže:

M – Poissonův proces příchodů, tj. Poissonovo rozdělení pravděpodobnosti rozložení intervalů mezi příchody (s parametry λ)

E_k – Erlangovo rozložení intervalu mezi příchody (s parametry λ a k)

K_n – rozložení χ^2 intervalů mezi příchody (n stupňů volnosti)

D – pravidelné deterministické příchody

G – obecný případ (žádné předpoklady o procesu)

GI – rekurentní proces příchodů [9]

B - charakterizuje typ pravděpodobnostního rozdělení, popisující dobu trvání obsluhy. K popisu se používají stejné symboly jako při popisu intervalů mezi příchody.

C – je počet paralelně uspořádaných linek obsluhy.

D – udává kapacitu systému hromadné obsluhy, pokud není množina vstupu omezená, používá se symbol ∞ .

E – je číslo, udávající početnost zdroje požadavků, pokud není množina požadavků omezená, používá se symbol ∞ .

F – je režim fronty (FIFO, LIFO, SIRO, PRI).

Například označení systému pomocí zápisu M/M/5/20/ ∞ /FIFO znamená že, systém má intervaly mezi příchody požadavků stejně jako doba obsluhy exponenciální rozdělení, že v systému je pět paralelně uspořádaných obslužných linek. Celková kapacita systému je dvacet a potenciální zdroj požadavků je neomezený. [4]

Někteří autoři popisují Kendallovu stupnici za využití pouze tří symbolů. Při tomto druhu popisu se využívá třídění podle těchto hlavních hledisek:

- podle typu stochastického procesu popisující příchod požadavků do systému,
- podle zákona délky doby obsluhy,
- podle počtu obslužných linek.

U tohoto zápisu se předpokládá, že režim fronty se řídí podle FIFO a kapacita současně se zdrojem je nekonečná. [9]

3.2.4 Analýza systému hromadné obsluhy

Důvody pro analýzu

Výsledným řešením matematického modelu v THO rozumíme výpočet hodnot základních charakteristik, které dávají jasnou informaci o kvalitě zkoumaného provozu. Z pohledu uživatele (zákazníka) mezi takové prvky charakteristiky patří např. délka fronty, doba čekání ve frontě, pravděpodobnost, že zákazník bude obsloužen bez čekání. Z druhého pohledu, z hlediska obslužných linek, je důležitou charakteristikou využití jednotlivých zařízení či doba prostojů z důvodu nedostatku práce. [3]

Charakteristiky analýzy systémů hromadné obsluhy

Charakteristiky je možné dělit do několika základních skupin:

- Časové charakteristiky požadavků - jedná se o *průměrnou dobu čekání požadavků ve frontě* (budeme značit symbolem T_f . Jako další je podstatná *průměrná doba strávená v celém systému* (T).
- Charakteristiky týkající počtu požadavků – zde je důležitý údaj *průměrná délka fronty* (N_f) a *průměrný počet požadavků ve v systému* (N).
- Pravděpodobnostní charakteristiky – důležitými otázkami při zkoumání SHO jsou následující:
 - ◆ jaká je pravděpodobnost, že obslužná linka nepracuje, tedy že není využita, nebo naopak, jaká je pravděpodobnost, že linka pracuje,
 - ◆ jaká je pravděpodobnost, že příchozí požadavek bude muset čekat ve frontě,
 - ◆ jaká je pravděpodobnost, že v systému se nachází n požadavků,
- Nákladové charakteristiky – za podmínky, že uživatel je schopen nákladově ohodnotit čekání požadavků, prostoje a naopak provoz obslužných linek, potom je možné systém optimalizovat s ohledem na jeho nákladovou efektivnost. To znamená najít optimální počet obslužných linek, který by vedl k minimálním nákladům.

Po přečtení výše uvedeném textu se mohla objevit otázka: Jak využít teorii hromadné obsluhy? Proč potřebuji vědět pravděpodobnosti a průměrné doby a časy? Je důležité pochopit, že není podstatné jak právě funguje popisovaný systém, ale využití poznatků při aplikaci exponenciálního modelu.

3.2.5 Jednoduchý exponenciální model hromadné obsluhy – M/M/1

Jednoduchý exponenciální model hromadné obsluhy vychází z následujících předpokladů:

- v systému je pouze jedna obslužná linka,
- intervaly mezi příchody požadavků lze popsat exponenciálním rozdělením s parametrem λ ,
- doba trvání obsluhy je náhodná veličina s exponenciálním rozdělením s parametrem μ ,
- neomezená kapacita systému, neomezený zdroj požadavků a režim fronty FIFO.

Charakteristika ρ se označuje jako intenzita provozu v SHO. Hodnota udává pravděpodobnost, že požadavek, který vstoupí do systému, bude muset čekat ve frontě

$$\rho = \frac{\lambda}{\mu} \quad (2)$$

Pravděpodobnost, že v systému není žádný požadavek

$$p_0 = 1 - \frac{\lambda}{\mu} \quad (3)$$

Pravděpodobnost, že v systému je právě n požadavků, tzn. jeden požadavek je obsluhován a $(n-1)$ čeká ve frontě:

$$p_n = p_0 \rho^n = (1 - \rho) \rho^n \quad (4)$$

Průměrný čas, který požadavek stráví v systému (T) a ve frontě (T_f):

$$T = \frac{1}{\mu - \lambda} \quad (5)$$

dále

$$T_f = T - \frac{1}{\mu - \lambda} = \frac{\lambda}{\mu(\mu - \lambda)} \quad (6)$$

Průměrný počet požadavků v systému (N) a ve frontě (N_f)

$$N = \lambda T = \frac{\lambda}{(\mu - \lambda)} \quad (7)$$

potom

$$N_f = \lambda T_f = \frac{\lambda^2}{\mu(\mu - \lambda)} \quad (8)$$

Podmínka stabilizace systému M/M/1 je, že pro jeho intenzitu provozu platí $\rho = \lambda/\mu < 1$.

3.2.6 Exponenciální model s paralelně uspořádanými linkami - M/M/C

Základní předpoklady exponenciálního modelu s paralelně uspořádanými linkami jsou následující:

- v systému je c identických obslužných linek,
- intervaly mezi příchody požadavky lze popsat exponenciálním rozdělením s parametrem λ ,
- doba trvání obsluhy na každé z c obslužných linek je náhodná veličina s exponenciálním rozdělením s parametrem μ ,
- neomezená kapacita systému, neomezený zdroj požadavků a režim fronty FIFO

Pravděpodobnost, že v systému není žádný požadavek

$$p_0 = \left[\sum_{k=0}^{c-1} \frac{r^k}{k!} + \frac{c r^c}{(c-r)c!} \right]^{-1} \quad (9)$$

Pravděpodobnost, že v systému je n požadavků, kde n je menší než nebo rovno počtu obslužných linek. Pokud jsou všechny přítomné požadavky obsluhovány – fronta je prázdná:

$$p_n = \frac{r^n}{n!} p_0 \quad (10)$$

Pravděpodobnost, že v systému je n požadavků, kde n je větší nebo větší než počet obslužných linek, tj. $n > c$. Jedná se o situaci, kdy jsou všechny obslužné linky v provozu a obsluhují c požadavků a zbývajících $(n-c)$ požadavků čeká na obsloužení ve frontě:

$$p_n = \frac{r^n}{c! c^{n-c}} p_0 \quad (11)$$

Průměrný čas, který požadavek stráví v systému (T) a ve frontě (T_f):

$$T_f = \frac{r^c \mu}{(c-1)!(c\mu - \lambda)^2} p_0 \quad (12)$$

následně

$$T = T_f + \frac{1}{\mu} \quad (13)$$

Průměrný počet požadavků v systému (N) a ve frontě (N_f)

$$N = \lambda T \quad (14)$$

a

$$N_f = \lambda T_f \quad (14)$$

Podmínka stabilizace systému M/M/c je, že pro jeho intenzitu provozu platí $\rho = \lambda / (c\mu) < 1$.

Optimalizace výrobních procesů

Finální výrobek, který je určený k uspokojení určitých potřeb zákazníka (trhu), vzniká z materiálu při výrobní činnosti, proto výrobní činnost patří mezi základní kameny podnikových činností.

Každá výrobní činnost má nejen technickou a technologickou stránku výroby, ale má i svoji ekonomickou stránku. Mezi touto technickou stránkou a ekonomickou stránkou je velice úzký a vzájemný vztah, který má své specifické podmínky. Výrobní činnost je vázaná na určité technologie a technologické postupy, které do značné míry ovlivňují rozhodovací a řídicí procesy, výrobní náklady, jakost i obsah pracovních činností

dělníků. Stejné podmínky platí i opačně, ekonomické požadavky ovlivňují výběr technologie i technologické postupy.

Prioritou každého podniku je využít výrobní potenciál na maximum při co možná nejnižších možných nákladech. [7]

Poissonův proces

Poissonův proces se velmi často vyskytuje v teorii hromadné obsluhy, kde slouží jako sčítací proces. Střední počet výskytů události za jednotku času se značí symbolem λ a lze ho v systému hromadné obsluhy interpretovat jako střední počet požadavků nebo jako střední dobu obsluhy za jednotku jednotku času v závislosti na zkoumaném procesu.

Poissonův proces má tyto důležité vlastnosti:

- to, že jev v daném intervalu nastane, nezávisí na tom co se stalo,
- pro každý časový okamžik je pravděpodobnost jevu v malém časovém intervalu stejná,
- neexistuje případ, že by nastaly dva jevy přesně v jednom časovém okamžiku.

Na základě Poissonova procesu a výpočtů, které obsahuje Příloha 1 této práce, potvrdíme, že pro popis výrobní linky můžeme použít model hromadné obsluhy M/M/1 a M/M/c.

4 Vlastní práce

V předešlých kapitolách této diplomové práce byla charakterizována teorie hromadné obsluhy. Tato kapitola se věnuje samotnému vyřešení popisovanému problému.

4.1 DZ Klatovy

4.1.1 Profil, historie a činnost společnosti

DZ Klatovy je společnost s více jak 50 letou historií. Začátek činnosti DZ Klatovy se datuje do roku 1966. Roční produkce zpracovaného masa v té době dosahovala 20 000 tun drůbeže. V průběhu 90. let došlo k transformaci majetkové podstaty podniku a změně majitelů. V roce 1997 se produkce zpracovaného masa rozšířila o výrobu uzenin a polotovarů. Od roku 2001 dochází k neustálé modernizaci jak struktury tak technologií ve výrobním procesu.

V současné době se denní porážka pohybuje okolo 85 000 kusů kuřat. Toto množství představuje 170 tun živé váhy kuřat, což je 128 tun zpracovaného kuřecího masa. Roční produkce chlazeného či mraženého masa dosahuje objemu 24 000 tun. Produkce masných výrobků dosahuje 7 800 tun. Tato produkce dělá z DZ Klatovy druhého největšího producenta kuřecího masa v České republice. [13][14]

4.1.2 Zpracování kuřat a kuřecího masa

Na výkrmných farmách dochází k naložení živých kuřat do speciálně upravených nákladních automobilů, které je následně sváží z celé České republiky do areálu podniku v Klatovech. Zde se nejprve automobil váží a zaeviduje, následně zajede do prostoru *Navěšování*, kde se provádí k samotné vykládání kuřat.

Pracovníci *Navěšování* zavěšují kuřata za běháky na háky dopravníku. Kuřata jsou následně dle legislativy omráčena, podříznuta a vykřvena. Kuřata pokračují do napařovacích van na které navazují speciální škubače, které odstraňují peří. Takto upravená kuřata jsou poté zbavena běháků a hlavy, opouští prostor škubací linky a jsou převěšena na PVC háky *Kuchací linky*. Tento krok zabezpečuje oddělení špinavé části *Navěšování* od čisté části *Kuchací linky*. Kuchací stroje zbaví kuře vnitřností, které jsou současně s kuřetem kontrolovány veterinární správou. Dojde na oddělení nejdých

vnitřností od jedlých. Srdce, játra, žaludky se dále zpracovávají. Zkontrolovaným a upraveným kuřatům jsou důkladně vymyté břišní dutiny, opět dojde ke kontrole a jsou následně převěšeny na další dopravník. Ten kuřata dopraví do *Chladicího tunelu*, kde jsou po dobu nejméně 2 hodin ochlazovány na teplotu 2 °C až 4 °C ve svalovině. Teplota závisí na velikosti kuřete, ale toto rozmezí teplot musí být dodrženo a je několikrát kontrolováno.

Za *Chladícím tunelem* dochází pomocí speciálního softwaru ke třídění jednotlivých kuřat do kvalitativních kategorií A, B, C. Kuřata jsou také současně vážena a dle váhových požadavků výroby jsou jednotlivá kuřata převěšena, buď na dopravník pro výrobní úsek *Balení* nebo pro úsek *Porcovna*.

Na úseku *Balení* se zpracovávají neporcovaná kuřata. Balí se zde chlazená kuřata na tácek s folií, část kuřat se zpracovává do mrazu. Dále se třídí kuřata dle váhových kategorií k dalšímu zpracování.

V provozu *Porcovny* dochází k porcování kuřat na požadované části. Linka obsahuje několik modulů, které slouží k oddělení požadovaných kuřecích dílů. Dochází zde k oddělení křídel, kuřecích prsou, čtvrtek, stehen a hřbetů. V prostoru *Porcovny* je umístěno několik balicích a etiketovacích strojů, které navazují přímo na porcovací moduly. Toto rozmístění zabezpečuje plynulé zásobování baličky čerstvou surovinou.

Po vložení masa do PVC misek dojde k jejich zabalení (balení v ochranné atmosféře) v *baličce*, následuje nalepení etikety s povinnými údaji o výrobku. Obsluha etiketovacího stroje vloží požadovaný počet misek do přepravky a následně přepravku pošle dopravníkem do prostoru *Expedice*.

Obrázek 4: Etiketování zabaleného balíčku



Zdroj: <http://www.dzklatovy.cz/cesky/firma/pro-media/fotogalerie/>

V úseku *Expedice* dochází ke třídění přepravek na požadované rozvozové linky a na konkrétní odběratele. Po kompletaci se připraví potřebné dokumenty ke zboží a zboží může být následně expedováno k zákazníkovi. [13]

Obrázek 5: Nakládání přepravek určených k expedici



Zdroj: <http://www.dzklatovy.cz/cesky/firma/pro-media/fotogalerie/>

4.2 Problémový proces

4.2.1 Popsání problému

V posledních letech se vedení společnosti DZ Klatovy potýká s problémem včasného vykrytí zakázek a jejich včasnou expedicí. Vyřešení tohoto problému je pro společnost velice podstatné, protože tento problém narušuje celkový logistický proces, který je ve společnosti nastaven. Nevykrytí části zakázky nebo její pozdní výroba může být zákazníkem sankcionována, tomuto stavu se společnost snaží předcházet. Výše sankcí závisí na velikosti časové prodlevy. Další sankce nastává, pokud není objednávka vykryta v plné výši. Tyto sankce má každý odběratel nastaveny jinak. Řešení tohoto problému se stává stále více aktuálním, protože udržení dobrého jména dává společnosti výhodu před svými konkurenty, kterých je v dnešní době mezistátního transportu potravin velké množství.

Jelikož zákazník požaduje dodržování tzv. „závozoých oken“, která vycházejí z logistiky daných odběratelů, je nutno tyto časy dodržovat. V tabulkách níže jsou uvedeny časy a četnosti zpoždění za měsíce duben, květen a červen 2017.

Tabulka 2: Četnost zpoždění za měsíc duben 2017

Zpoždění výroby (min)	1 - 10	11 – 20	21 – 30	31 – 40	41 – 50	51 – 60	> 60
Pozorování četností	32	28	20	15	14	10	5

Zdroj: vlastní měření

Z tabulky lze snadno vyčíst, že z celkového počtu 138 zpoždění, bylo 80 případů v rozmezí 1-30 minut.

Tabulka 3: Četnost zpoždění za měsíc květen 2017

Zpoždění výroby (min)	1 - 10	11 – 20	21 – 30	31 – 40	41 – 50	51 – 60	> 60
Pozorování četností	35	39	42	32	29	18	10

Zdroj: vlastní měření

V měsíci květen 2017 bylo celkem 205 zpoždění. V rozmezí 1 -30 minut bylo evidováno 116 zpoždění.

Tabulka 4: Četnost zpoždění za měsíc červen 2017

Zpoždění výroby (min)	1 - 10	11 - 20	21 - 30	31 - 40	41 - 50	51 - 60	> 60
Pozorování četností	82	57	68	40	34	19	13

Zdroj: vlastní měření

V červnu 2017 dosáhlo zpoždění hodnoty 313, z toho bylo 207 zpoždění do 30 minut.

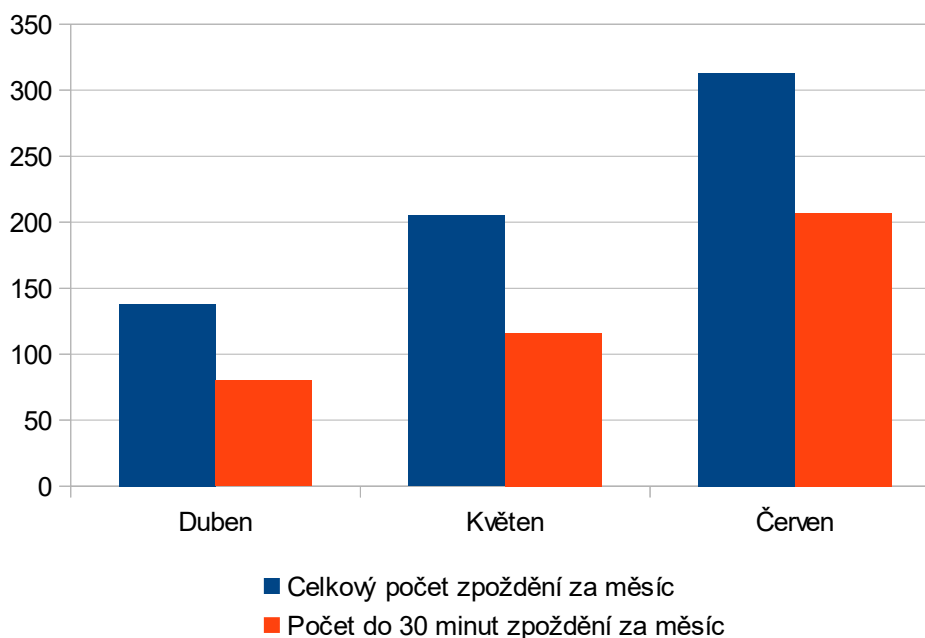
Tabulka 5: Četnost zpoždění za jednotlivé měsíce

Měsíc	Celkový počet zpoždění	Zpoždění do 30 minut
Duben	138	80
Květen	205	116
Červen	313	207

Zdroj: vlastní zpracování

Z uvedených tabulek je zřetelné, že četnosti zdržení měly rostoucí tendenci. Většina zpoždění byla v rozhraní 1-30 minut.

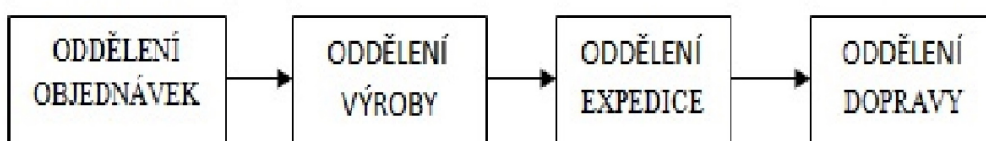
Graf 1: Počet zpoždění v jednotlivých měsících



Zdroj: vlastní zpracování

Na základě těchto údajů byla provedena analýza všech procesů, které souvisí s výrobou zboží. Na procesu přijímání a předávání objednávek do výroby nebyl nalezen žádný rozdíl. Časy expedice zůstaly také zachovány. Z toho bylo jasné, že problém má svůj původ v oddělení výroby.

Obrázek 6: Průběh zakázky přes jednotlivá oddělení



Zdroj: vlastní zpracování

Při hledání odlišností mezi jednotlivými měsíci byl nalezen rozdíl v počtu zaměstnanců, které má oddělení výroby k dispozici. Každý měsíc ubývalo zkušených zaměstnanců a nových zaměstnanců se nedostávalo. To mělo a má za následek, že vedoucí pracovníci jsou nuceni podřízené dělníky přesouvat mezi jednotlivými balicími linkami. Toto přesouvání je složité jak na plánování, tak i na koordinaci všech činností, které je nutno vykonávat pro úspěšný chod výroby.

Po tomto zjištění se analýza začala věnovat způsobu plánování, na jehož základě vedoucí pracovník rozhoduje, kolik dělníků bude přiřazeno na jednotlivé balicí linky (baličky). Jelikož se v DZ Klatovy nachází velké množství balicích linek, byla analýza zaměřena na baličky, které balí výhradně kuřecí prsní řízky.

Kuřecí prsní řízky tvoří velmi značnou část všech objednávek společnosti DZ Klatovy. Vedení společnosti na průběh balení tohoto artiklu velmi dohlíží a požaduje vysokou efektivitu a kvalitu práce. Na porcovací modul, který odděluje prsní řízky od kuřecích prsou, přímo navazují tři balicí linky. Tím je zajištěn stálý přísun čerstvé suroviny a nedochází tak k časové ztrátě, která by vznikla manuálním přisunem suroviny z chladících skladů, kde je veškeré maso uchováváno. Množství dodávané suroviny

na jednotlivé balicí stroje je možno počítačově regulovat. Tím lze využít nastaveného výkonu každé baličky tak, aby nedocházelo k jejich přesycení surovinou.

Vedení DZ Klatovy má zájem o zlepšení současného stavu plánování výroby za využití optimálních hodnot jednotlivých balíček. Vedení požaduje prověření současného stavu, nalezení nových možností plánování a modelovou situaci navrhovaných zlepšení.

U tohoto konkrétního systému hromadné obsluhy není možné provést ekonomickou optimalizaci a tu následně vyčíslit a ohodnotit náklady na provoz výrobních linek či náklady na související s pobytem požadavků v systému.

Této analýze je kladeno za cíl najít optimální řešení na počet paralelně uspořádaných výrobních linek a nastavení jejich výkonu, aby bylo zaručeno plné a včasné vykrytí objednávků.

4.2.2 Popis problémového procesu

● Zdroj požadavků SHO

Zdroj požadavků je neohrazený a je tvořen objednávkami (zakázkami). Množství objednávek je na každý den jiné. Zákazník nahlásí svou objednávku na *Obchodním oddělení*, kde je zavedena do informačního systému, který DZ Klatovy využívá. V informačním systému jsou veškerá data o objednávce – o jaký jde produkt, množství přepravek, rozvozovou linku a čas expedice. Reálně je požadované množství výrobků větší než je výrobní kapacita, proto je nezbytně nutná komunikace mezi *Obchodním oddělením* a *Porcovnou*, kde se zakázka vyrábí. Tato situace nastává hlavně u velkých odběratelů, jakými jsou nadnárodní obchodní řetězce.

● Příklad požadavků do SHO

Požadavky tvoří tedy objednávky, které jsou zadávány do interního informačního systému. Objednávky jsou do systému zadávány několikrát v průběhu dne. Příklad požadavků můžeme označit za stochastický, protože zákazníci zadávají své objednávky v různých časech. Aby výroba proběhla v pořádku a bez chyb, má každá objednávka své specifické číslo. Pod tímto číslem objednávky vstupuje do systému, v našem případě

na balící linku. Protože objednávky vstupují do systému pod svým jedinečným číslem, lze považovat vstup do systému za ordinální.

- **Režim fronty**

Pro plynulou expedici zakázek je potřeba dodržovat určený čas expedice. Proto v našem případě považujeme systém hromadné obsluhy za režim PRI, kde vyšší prioritu představuje dřívější čas expedice.

- **Chování ve frontě**

Všechny zakázky čekají v systému na zpracování. Žádná zakázka neopouští frontu bez vyřízení požadavku.

- **Časová náročnost – průměrná obsluha**

Počet vyrobených přepravek za jednotku času nemůže v tomto systému považovat za konstantní na rozdíl od výrobních linek ze strojírenského průmyslu. Dříve byl popsán způsob, jak se surovina určená k výrobě dostává k obsluze. Zde je důležité zdůraznit, že žádné porcované kuře není stejné a že porcovací moduly, jsou nastaveny stejným způsobem po celou dobu chodu linky. Proto je potřeba surovinu – kuřecí řízky ještě před zabalením zkontrolovat a případně upravit, aby splňovaly kvalitativní požadavky.

Z kapacitních a ani z výrobních důvodů nebylo možné provést hodinové měření výkonosti u každého dělníka, proto bylo měření provedeno v 5 minutových intervalech a následně přepočteno na hodinový výkon.

V tabulce č. 6 jsou zaznamenány naměřené četnosti počtů přepravek vyrobených jedním zaměstnancem v měřeném období. Sledování probíhalo v průběhu měsíce května 2017 u náhodně vybraných zaměstnanců.

Tabulka 6: Četnost vyrobených přepravek jedním dělníkem

Počet přepravek	0	1	2	3	4	5	6	=>7
Počet četností	0	3	8	14	19	18	8	2

Zdroj: vlastní měření

Pro jednodušší výpočty se předpokládá, že jeden pracovník je schopen zkompletovat 48 přepravek za hodinu. Podrobnější vysvětlení a statistické výpočty jsou uvedeny v příloze této práce.

- **Výstup z obsluhy**

Po zabalení příslušného počtu misek, které se vloží do přepravky, se vytiskne konečná etiketa s číslem zakázky. Touto etiketou se polepí příslušná přepravka, která se pošle po přepravníku na oddělení expedice. Po vytištění konečné etikety dojde k ukončení zakázky v informačním systému a do systému je vpuštěna nová zakázka.

- **Časová náročnost nejčastějších poruch:**

- ◆ Výměna etiket a jejich seřízení – 3 minuty.
- ◆ Seřízení etiket v průběhu výroby – 1 minuta
- ◆ Výměna balicí folie a její seřízení – 5 minut.
- ◆ Kontrola detektoru kovu a jeho zápis – 2 minuty, provádí se každou hodinu nebo při změně sortimentu.
- ◆ Seřízení přetíženého třídíče přepravek na dopravníků – 5 minut.

4.3 Modelování systému hromadné obsluhy

- **Stávající způsob plánování výroby**

Stávající způsob vychází z těchto podmínek:

- ◆ Začátek výroby je v 6:00.
- ◆ Zabezpečit výrobu zakázky včas, dodržení doby expedice.
- ◆ U jednoho balicího stroje musí být minimálně 5 dělníků + 1 obsluha.
- ◆ Pokud je počet přepravek, které se musí vyrobit za jednu hodinu větší než 240 ($5 \cdot 48 = 240$), pak je počet dělníků navýšen na 6, tj. 288 ($6 \cdot 48 = 288$) přepravek na hodinu. Pokud ani to nestačí, je uvedena do provozu další balička, u které je počet dělníků opět 5+1.

- **Objednávky**

Aby nedošlo k vyrazení interních informací, odběratelé jsou označeny písmeny A, B, C a D. Množství přepravek je poměrově upraveno, přesto čísla odpovídají a lze je bez problémů použít k výpočtům.

- **Počet obslužných - výrobních linek**

Při analýze bylo zjištěno, že počet balíčků není vždy konstantní a mění se v závislosti na počtu objednaných přepravek. Proto je potřeba počítat s dvěma modely. První model s jednou obslužnou linkou a druhý model se dvěma obslužnými linkami.

4.3.1 Analýza plánování výroby pomocí původního systému

Analýza plánování spočívá v provedení stejných výpočtů, jakými se řídí vedoucí při plánování. Tento postup je rozšířen o výpočet intenzity vstupu, obsluhy a provozu. Jednotlivé výpočty nejsou příliš sofistikované, ale přesto je u nich komentář, pro lepší orientaci. Analýza plánování je uskutečněna na objednávkách ze dvou běžných výrobních dnů.

Objednávka ze dne 1.12.2017

V následující tabulce jsou uvedeny objednávky kuřecích prsních řízků ze dne 1.12.2017 pro čtyři největší odběratele. Pro naši analýzu postačí základní údaje z objednávky.

Tabulka 7: Objednávka ze dne 1.12.2017

Odběratel	A	B	C	D
Počet přepravek (ks)	2170	805	176	307
Čas expedice	10:00	12:00	19:00	21:00

Zdroj: vlastní zpracování na základě podkladů uvolněných DZ Klatovy

Z předešlé tabulky jsou vypočítány potřebné časy a výkony, které se dále využívají v dalším plánování výroby.

Odběratel A

- **Začátek výroby:** 6:00 h

Začátek výroby je u prvního zákazníka v 6:00. Začátek výroby u dalšího zákazníka je vždy konec výroby u předešlého zákazníka.

- **Čas expedice:** 10:00 h

Čas expedice je určen v objednávce. Tento čas je důležité dodržet.

- **Čas k výrobě:** $10:00 - 6:00 = 4:00 = 4,00$ h

Čas k výrobě se vypočte jako rozdíl mezi časem expedice a časem začátku výroby.

- **Počet přepravek:** 2170 ks

Počet přepravek je samotná objednávka zákazníka daného sortimentu.

- **Počet přepravek na 1 hodinu výroby:** $2170/4,00 = 542,5$ ks/h

Pro přehlednost byla za jednotku času zvolena jedna hodina. Počet přepravek na 1 hodinu výroby se vypočítá jako podíl *Počtu přepravek / Čas k výrobě*.

- **Potřebný počet pracovníků:** $542,5/48 = 11,30 \approx 12$ pracovníka – 2 balicí stroje

Potřebný počet pracovníků se vypočítá jako podíl *Počtu přepravek na 1 hodinu výroby / 48* (hodinový výkon 1 pracovníka). K jednomu balicímu stroji je možno umístit nejvýše 6 pracovníků, pokud je tedy počet větší než 6, je obsazena další balička (obslužná linka).

- **Intenzita vstupu:** $\lambda = 542,5$ ks

Intenzita vstupu je rovna *Počtu přepravek na 1 hodinu výroby*.

- **Intenzita obsluhy:** $\mu = 6 \cdot 48 = 288$ ks

Intenzita obsluhy je součin *Potřebného počtu pracovníků a hodinového výkonu jednoho pracovníka*.

- **Intenzita výroby:** $\rho = \lambda / (c * \mu) = 542,5 / (2 * 288) = 0,942$

Využití vzorce 2. Kde c představuje počet linek.

- **Čas potřebný k výrobě:** $2170 / (12 * 48) = 3,76 = 3:46$ h

Podíl *Počtu přepravek a Času k výrobě.*

- **Ukončení výroby:** $6:00 + 3:46 = 9:46$ h

Ukončení výroby je součet *Začátku výroby a Času potřebného k výrobě.*

Odběratele B

- **Začátek výroby:** 9:46
- **Čas expedice:** 12:00
- **Čas k výrobě:** $2:14 = 2,24$
- **Počet přepravek:** 805
- **Počet přepravek na 1 hodinu výroby:** $805 / 2,24 = 359,38$
- **Potřebný počet pracovníků:** $359,38 / 48 = 7,49 \approx 8 - 2$ balicí stroje po 5 dělnících
= 10
- **Intenzita vstupu:** $\lambda = 359,38$
- **Intenzita obsluhy:** $\mu = 5 * 48 = 240$
- **Intenzita výroby:** $\rho = \lambda / \mu = 359,38 / (2 * 240) = 0,748$
- **Čas potřebný k výrobě:** $805 / (10 * 48) = 1,67 = 1:41$
- **Ukončení výroby:** 11:27

Odběratel C

- **Začátek výroby:** 11:27

- **Čas expedice:** 19:00
- **Čas k výrobě:** $7:33 = 7,55$
- **Počet přepravek:** 176
- **Počet přepravek na 1 hodinu výroby:** $176/7,55 = 23,31$
- **Potřebný počet pracovníků:** $23,31/48 = 0,48 \approx 1$
- **Intenzita vstupu:** $\lambda = 23,31$
- **Intenzita obsluhy:** $\mu = 5 \cdot 48 = 240$
- **Intenzita výroby:** $\rho = \lambda/\mu = 23,31/240 = 0,10$
- **Čas potřebný k výrobě:** $176/(5 \cdot 48) = 0,73 = 0:44$
- **Ukončení výroby:** 12:11

Odběratel D

- **Začátek výroby:** 12:11
- **Čas expedice:** 21:00
- **Čas k výrobě:** $8:49 = 8,82$
- **Počet přepravek:** 307
- **Počet přepravek na 1 hodinu výroby:** $307/8,82 = 34,81$
- **Potřebný počet pracovníků:** $34,80/48 = 0,73 \approx 1$
- **Intenzita vstupu:** $\lambda = 34,81$
- **Intenzita obsluhy:** $\mu = 5 \cdot 48 = 240$
- **Intenzita výroby:** $\rho = \lambda/\mu = 34,81/240 = 0,15$
- **Čas potřebný k výrobě:** $307/(5 \cdot 48) = 1,28 = 1:17$
- **Ukončení výroby:** 13:28

Objednávka ze dne 8.12.2017

V tabulce 3 jsou uvedeny objednávky pro odběratele A, B, C a D. Výpočty jsou stejné jako u předešlé objednávky.

Tabulka 8: Objednávka ze dne 8.12.2017

Odběratel	A	B	C	D
Počet přepravek (ks)	940	931	288	2312
Čas odjezdu	10:00	12:00	19:00	21:00

Zdroj: vlastní zpracování na základě podkladů uvolněných DZ Klatovy

Odběratel A

- **Začátek výroby:** 6:00
- **Čas expedice:** 10:00
- **Čas k výrobě:** 4:00 = 4,00
- **Počet přepravek:** 940
- **Počet přepravek na 1 hodinu výroby:** $940/4,00 = 235$
- **Potřebný počet pracovníků:** $235/48 = 4,89 \approx 5$
- **Intenzita vstupu:** $\lambda = 235$
- **Intenzita obsluhy:** $\mu = 5 \cdot 48 = 240$
- **Intenzita výroby:** $\rho = \lambda/\mu = 235/240 = 0,98$
- **Čas potřebný k výrobě:** $940/(5 \cdot 48) = 3,92 = 3:55$
- **Ukončení výroby:** 9:55

Odběratel B

- **Začátek výroby:** 9:55
- **Čas expedice:** 12:00
- **Čas k výrobě:** 2:05 = 2,08
- **Počet přepravek:** 931
- **Počet přepravek na 1 hodinu výroby:** $931/2,08 = 447,60$
- **Potřebný počet pracovníků:** $447,6/48 = 9,325 \approx 10$
- **Intenzita vstupu:** $\lambda = 447,6$
- **Intenzita obsluhy :** $\mu = 5 \cdot 48 = 240$
- **Intenzita výroby:** $\rho = \lambda / (c \cdot \mu) = 447,6 / (2 \cdot 240) = 0,9325$
- **Čas potřebný k výrobě:** $931 / (10 \cdot 48) = 1,94 = 1:57$
- **Ukončení výroby:** 11:52

Odběratel C

- **Začátek výroby:** 11:52
- **Čas expedice:** 19:00
- **Čas k výrobě:** 7:08 = 7,13
- **Počet přepravek:** 288
- **Počet přepravek na 1 hodinu výroby:** $288/7,13 = 40,40$
- **Potřebný počet pracovníků:** $40,40/48 = 0,85 \approx 1$
- **Intenzita vstupu:** $\lambda = 40,40$
- **Intenzita obsluhy:** $\mu = 5 \cdot 48 = 240$
- **Intenzita výroby:** $\rho = \lambda / \mu = 40,40/240 = 0,17$

- **Čas potřebný k výrobě:** $288/(5*48) = 1,2 = 1:12$
- **Ukončení výroby:** 13:04

Odběratel D

- **Začátek výroby:** 13:04
- **Čas expedice:** 21:00
- **Čas k výrobě:** $7:56 = 7,93$
- **Počet přepravek:** 2312
- **Počet přepravek na 1 hodinu výroby:** $2312/7,93 = 291,55$
- **Potřebný počet pracovníků:** $291,55/48 = 6,07 \approx 7 - 2$ balicí stroje
- **Intenzita vstupu:** $\lambda = 291,55$
- **Intenzita obsluhy:** $\mu = 5*48 = 240$
- **Intenzita výroby:** $\rho = \lambda/(c*\mu) = 291,55/480 = 0,61$
- **Čas potřebný k výrobě:** $2312/(10*48) = 4,82 = 4:49$
- **Ukončení výroby:** 17:53

4.3.2 Plánování výroby podle nových kritérií

Při plánování výroby jsou provedeny obdobné výpočty jako v předchozí podkapitole. Výsledky výpočtů jsou navíc kontrolovány, zda splňují nově zadaná kritéria, která byla vedením společnosti požadována. U výpočtů, které tato kritéria nesplňují, je přidán komentář.

- **Nově stanovené podmínky:**
 - ◆ Začátek výroby je v 6:00.
 - ◆ Zabezpečit výrobu zakázky včas, dodržení doby expedice.
 - ◆ U jednoho balicího stroje budou nejméně 3 zaměstnanci + 1 obsluha.
 - ◆ Intenzita balicího stroje bude nejvíce 90%, aby bylo zaručeno, že nedojde k přesycení nebo zhroucení systému.
 - ◆ K realizaci zakázky je možné využít celý čas určený pro výrobu.

Objednávka ze dne 1.12.2017

Odběratel A

- **Začátek výroby:** 6:00
- **Čas expedice:** 10:00
- **Čas k výrobě:** 4:00 = 4,00
- **Počet přepravek:** 2170
- **Počet přepravek na 1 hodinu výroby:** $2170/4,00 = 542,5$
- **Potřebný počet pracovníků:** $542,5/48 = 11,30 \approx 12$
- **Intenzita vstupu:** $\lambda = 542,5$
- **Intenzita obsluhy:** $\mu = 6 \cdot 48 = 288$

- **Intenzita výroby:** $\rho = \lambda/(c*\mu) = 542,5/(2*288) = 0,942$

Hodnota intenzity výroby je větší než 0,9, proto je potřeba navýšit počet zaměstnanců na 13. Pro snazší výpočet budeme pro každý balicí stroj uvažovat 4,33 zaměstnance. Reálné rozložení dělníků by bylo 4,4,5.

- **Intenzita obsluhy:** $\mu = 4,33*48 = 208$
- **Intenzita výroby:** $\rho = \lambda/(c*\mu) = 542,5/(3*208) = 0,87$
- **Čas potřebný k výrobě:** $2170/(13*48) = 3,47 = 3:29$
- **Ukončení výroby:** 9:29

Odběratel B

- **Začátek výroby:** 9:29
- **Čas expedice:** 12:00
- **Čas k výrobě:** $2:31 = 2,52$
- **Počet přepravek:** 805
- **Počet přepravek na 1 hodinu výroby:** $805/2,52 = 319,44$
- **Potřebný počet pracovníků:** $319,44/48 = 6,65 \approx 7 - 2$ balicí stroje
- **Intenzita vstupu:** $\lambda = 319,44$
- **Intenzita obsluhy:** $\mu = 3,5*48 = 168$
- **Intenzita výroby:** $\rho = \lambda/(c*\mu) = 319,44/(2*168) = 0,94$

Hodnoty intenzity výroby jsou vyšší než 0,9, proto je potřeba navýšit počet zaměstnanců na 8.

- **Intenzita obsluhy μ :** $4*48 = 192$
- **Intenzita výroby:** $\rho = \lambda/(c*\mu) = 319,44/(2*192) = 0,83$
- **Čas potřebný k výrobě:** $805/(8*48) = 2,09 = 2:06$

- **Ukončení výroby:** 11:35

Odběratel C

- **Začátek výroby:** 11:35
- **Čas expedice:** 19:00
- **Čas k výrobě:** $7:25 = 7,42$
- **Počet přepravek:** 176
- **Počet přepravek na 1 hodinu výroby:** $176/7,58 = 23,72$
- **Potřebný počet pracovníků:** $23,72/48 = 0,49 \approx 1$

Z vnitřního doporučení, aby nejnižší počet zaměstnanců u balicího stroje byl 3, navýšíme počet na minimální množství, tj. 3.

- **Intenzita vstupu:** $\lambda = 23,72$
- **Intenzita obsluhy:** $\mu = 3 \cdot 48 = 144$
- **Intenzita výroby:** $\rho = \lambda/\mu = 23,72/144 = 0,16$
- **Čas potřebný k výrobě:** $176/(3 \cdot 48) = 1,22 = 1:13$
- **Ukončení výroby:** 12:48

Odběratel D

- **Začátek výroby:** 12:48
- **Čas expedice:** 21:00
- **Čas k výrobě:** $8:12 = 8,20$
- **Počet přepravek:** 307
- **Počet přepravek na 1 hodinu výroby:** $307/8,2 = 37,44$

- **Potřebný počet pracovníků:** $37,44/48 = 0,78 \approx 1$

Z podmínky, aby nejnižší počet zaměstnanců u balicího stroje byl 3, navýšíme počet na minimální množství, tj. 3.

- **Intenzita vstupu:** $\lambda = 37,44$
- **Intenzita obsluhy:** $\mu = 3 \cdot 48 = 144$
- **Intenzita výroby:** $\rho = \lambda/\mu = 37,44/144 = 0,26$
- **Čas potřebný k výrobě:** $307/(3 \cdot 48) = 2,13 = 2:08$
- **Ukončení výroby:** 14:56

Objednávka ze dne 8.12.2017

Odběratel A

- **Začátek výroby:** 6:00
- **Čas expedice:** 10:00
- **Čas k výrobě:** 4:00 = 4,00
- **Počet přepravek:** 940
- **Počet přepravek na 1 hodinu výroby:** $940/4,00 = 235$
- **Potřebný počet pracovníků:** $235/48 = 4,89 \approx 5$
- **Intenzita vstupu:** $\lambda = 235$
- **Intenzita obsluhy:** $\mu = 5 \cdot 48 = 240$
- **Intenzita výroby:** $\rho = \lambda/\mu = 235/240 = 0,98$

Hodnoty jsou mimo rozsah 0,5 – 0,9, proto je potřeba navýšit počet zaměstnanců na 6.

- **Intenzita obsluhy:** $\mu = 6 \cdot 48 = 288$
- **Intenzita výroby:** $\rho = \lambda / \mu = 235 / 288 = 0,82$
- **Čas potřebný k výrobě:** $940 / (6 \cdot 48) = 3,26 = 3:16$
- **Ukončení výroby:** 9:16

Odběratel B

- **Začátek výroby:** 9:16
- **Čas expedice:** 12:00
- **Čas k výrobě:** $2:44 = 2,73$
- **Počet přepravek:** 931
- **Počet přepravek na 1 hodinu výroby:** $931 / 2,73 = 341,03$
- **Potřebný počet pracovníků:** $341,03 / 48 = 7,11 \approx 8 - 2$ balicí stroje po 4 dělnících
- **Intenzita vstupu:** $\lambda = 341,03$
- **Intenzita obsluhy:** $\mu = 4 \cdot 48 = 192$
- **Intenzita výroby:** $\rho = \lambda / (c \cdot \mu) = 341,02 / (2 \cdot 192) = 0,88$
- **Čas potřebný k výrobě:** $931 / (8 \cdot 48) = 2,42 = 2:26$
- **Ukončení výroby:** 11:42

Odběratel C

- **Začátek výroby:** 11:42
- **Čas expedice:** 19:00
- **Čas k výrobě:** $7:18 = 7,3$
- **Počet přepravek:** 288

- **Počet přepravek na 1 hodinu výroby:** $288/7,3 = 39,45$

- **Potřebný počet pracovníků:** $39,45/48 = 0,82 \approx 1$

Zde není splněna podmínka na minimální počet zaměstnanců, proto musíme navýšit počet na požadované 3 dělníky.

- **Intenzita vstupu:** $\lambda = 39,45$
- **Intenzita obsluhy:** $\mu = 3 \cdot 48 = 144$
- **Intenzita výroby:** $\rho = \lambda/\mu = 39,45/144 = 0,27$
- **Čas potřebný k výrobě:** $288/(3 \cdot 48) = 2,0 = 2:00$
- **Ukončení výroby:** 13:42

Odběratel D

- **Začátek výroby:** 13:42
- **Čas expedice:** 21:00
- **Čas k výrobě:** $7:18 = 7,30$
- **Počet přepravek:** 2312
- **Počet přepravek na 1 hodinu výroby:** $2312/7,3 = 316,72$
- **Potřebný počet pracovníků:** $316,72/48 = 6,59 \approx 7$

Hodnoty pro počet zaměstnanců vychází 7, tj. 2 baličky. Pro snazší výpočet budeme pro každý balicí stroj uvažovat 3,5 zaměstnance.

- **Intenzita vstupu:** $\lambda = 316,72$
- **Intenzita obsluhy:** $\mu = 3,5 \cdot 48 = 168$
- **Intenzita výroby:** $\rho = \lambda/(c \cdot \mu) = 316,72/(2 \cdot 168) = 0,94$

Hodnota vypočítané intenzity výroby přesahuje povolených 0,9, proto je potřeba navýšit počet zaměstnanců na 8.

- **Intenzita obsluhy:** $\mu = 4 \cdot 48 = 192$
- **Intenzita výroby:** $\rho = \lambda / (c \cdot \mu) = 316,72 / (2 \cdot 192) = 0,82$
- **Čas potřebný k výrobě:** $2312 / (8 \cdot 48) = 6,02 = 6:02$
- **Ukončení výroby:** 19:44

4.3.3 Porovnání intenzity výroby stávajícího a nového systému plánování výroby

Z provedených výpočtů, z podkapitol 5.3.1 a 5.3.2, jsou sestaveny tabulky, ve kterých můžeme porovnat data u jednotlivých objednávek a jejich plánování ve výrobě.

Tabulka 9: Porovnání hodnot původního a navrhovaného systému plánování na objednávce ze dne 1.12.2017

Odběratel	Počet přepravek	Původní počet zaměstnanců	Původní intenzita výroby	Upravený počet zaměstnanců	Upravená intenzita výroby
A	940	5	0,98	6	0,82
B	931	10	0,93	8	0,88
C	288	5	0,17	3	0,27
D	2312	10	0,61	8	0,82

Zdroj: vlastní zpracování na základě vlastních výpočtů

Z tabulky je patrné, že hodnoty původních intenzit výroby dosahují jak vysokých, tak nízkých hodnot. Hodnoty 0,98 a 0,93 sice splňují podmínku stabilizace, ale existuje zde riziko, že při výskytu poruchy a po jejím odstranění nebude systém schopen všechny požadavky obsloužit. Hodnota u objednávky pro odběratele C – 0,17 naproti tomu ukazuje, že kapacita výrobní linky není využita z 83%.

Při aplikaci nového způsobu plánování dosahují tři intenzity provozu hodnot od 0,82 do 0,88. Zde je možné předpokládat dodržení času expedice i při neočekávané

poruše. U odběratele C je hodnota intenzity výroby 0,27, tato hodnota je dána požadavkem na minimální počet zaměstnanců u balíčky.

Tabulka 10: Porovnání hodnot původního a navrhovaného systému plánování na objednávce ze dne 1.12.2017

Odběratel	Počet přepravek	Původní počet zaměstnanců	Původní intenzita výroby	Upravený počet zaměstnanců	Upravená intenzita výroby
A	2170	12	0,94	13	0,87
B	805	8	0,94	8	0,83
C	176	5	0,1	3	0,16
D	307	5	0,16	3	0,26

Zdroj: vlastní zpracování na základě vlastních výpočtů

I v tomto srovnání dosahují hodnoty intenzity výroby lepších výsledků při využití nového způsobu.

4.3.4 Srovnání základních charakteristik SHO jedné výrobní linky

Pro srovnání je využit jednoduchý exponenciální model s jednou výrobní linkou. Modely budou srovnány pro objednávku ze dne 1.12.2017 pro odběratele A. V předchozí podkapitole bylo prokázáno, že nový způsob plánování má vliv na intenzitu výroby. V této podkapitole budou porovnány základní charakteristiky SHO pro stávající model a nově navržený model.

Stávající model:

- **Intenzita výroby ρ :**

$$\rho = \frac{\lambda}{\mu} = \frac{235}{240} = 0,98$$

Z výpočtu lze snadno vyčíst, že výrobní linka pracuje na 98% svých možností. Podmínka stabilizace SHO je zde splněna, protože $\rho < 1$. Ovšem tato hodnota je příliš vysoká a hrozí, že v případě delší poruchy (prostoje) dojde ke zhroucení systému.

- **Pravděpodobnost, že v systému není žádný požadavek**

$$p_0 = 1 - \frac{\lambda}{\mu} = 1 - \frac{235}{240} = 0,02$$

Tuto pravděpodobnost se dá také popsat jako pravděpodobnost, že jednotka nebude čekat ve frontě. Výsledek 2% potvrzuje správnost předešlého výpočtu Intenzity provozu.

- **Pravděpodobnost, že v systému jsou právě 2 požadavky, tzn. jeden požadavek je obsluhován a jeden čeká ve frontě:**

$$p_n = p_0 \rho^n = (1 - \rho) \rho^n = (1 - 0,98) * 0,98^2 = 0,019$$

Pravděpodobnost, že v systému budou 2 požadavky, jeden bude vyřizován a druhý bude čekat ve frontě, je 1,9%

- **Průměrný čas, který požadavek stráví v systému (T):**

$$T = \frac{1}{\mu - \lambda} = \frac{1}{240 - 235} = 0,2 \text{ hodiny}$$

Požadavek v průměru stráví v systému 0,2 hodiny, tj. 12 minut.

- **Průměrný čas, který požadavek stráví ve frontě (T_f):**

$$T_f = T - \frac{1}{\mu - \lambda} = \frac{\lambda}{\mu(\mu - \lambda)} = \frac{235}{240(240 - 235)} = 0,1958 \text{ hodiny}$$

Na základě této vypočtené hodnoty a hodnoty pro průměrnou dobu v systému lze konstatovat, že požadavek stráví téměř celou dobu čekáním ve frontě.

- **Průměrný počet požadavků v systému (N):**

$$N = \lambda T = \frac{\lambda}{(\mu - \lambda)} = \frac{235}{(240 - 235)} = 47 \text{ požadavků}$$

V analyzovaném systému je v průměru 47 požadavků.

- **Průměrný počet požadavků ve frontě (N_f):**

$$N_f = \lambda T_f = \frac{\lambda^2}{(\mu - \lambda)} = \frac{235^2}{240 * (240 - 235)} = 46,02 \text{ požadavků}$$

Tento výsledek potvrzuje předešlé výpočty a skutečnost, že výrobní linka pracuje na plný výkon. Z průměrného počtu 47 požadavků v systému čeká ve frontě 46,02 požadavků.

Navržený model:

- **Intenzita výroby ρ :**

$$\rho = \frac{\lambda}{\mu} = \frac{235}{288} = 0,82$$

- **Pravděpodobnost, že v systému není žádný požadavek:**

$$p_0 = 1 - \frac{\lambda}{\mu} = 1 - \frac{235}{288} = 0,184$$

- **Pravděpodobnost, že v systému jsou právě 2 požadavky, tzn. jeden požadavek je obsluhován a jeden čeká ve frontě:**

$$p_n = p_0 \rho^n = (1 - \rho) \rho^n = (1 - 0,816) * 0,816^2 = 0,1225$$

- **Průměrný čas, který požadavek stráví v systému (T):**

$$T = \frac{1}{\mu - \lambda} = \frac{1}{288 - 235} = 0,0189 \text{ hodiny}$$

- **Průměrný čas, který požadavek stráví ve frontě (T_f):**

$$T_f = T - \frac{1}{\mu - \lambda} = \frac{\lambda}{\mu(\mu - \lambda)} = \frac{235}{288(288 - 235)} = 0,0154 \text{ hodiny}$$

- **Průměrný počet požadavků v systému (N):**

$$N = \lambda T = \frac{\lambda}{(\mu - \lambda)} = \frac{235}{(288 - 235)} = 4,43 \text{ požadavků}$$

● **Průměrný počet požadavků ve frontě (N_f):**

$$N_f = \lambda T_f = \frac{\lambda^2}{\mu(\mu - \lambda)} = \frac{235^2}{288 * (288 - 235)} = 3,618 \text{ požadavků}$$

Tabulka 11: Srovnání základních charakteristik SHO pro jednu obslužnou linku

Charakteristiky	Stávající model	Navržený model
Počet dělníků u baličky	5	6
Intenzita provozu	0,980	0,820
Pravděpodobnost, že v systému není žádný požadavek	0,020	0,180
Pravděpodobnost, že v systému jsou 2 požadavky, tzn. jeden je obsluhován a druhý čeká ve frontě	0,019	0,123
Průměrný čas požadavků v systému	0,200	0,019
Průměrný čas požadavků ve frontě	0,196	0,015
Průměrný počet požadavků v systému	47,000	4,430
Průměrný počet požadavků ve frontě	46,020	3,618

Zdroj: vlastní zpracování na základě vlastních výpočtů

Z tabulky 6 je patrné, že navýšení počtu dělníků, v tomto případě navýšení o jednoho dělníka, má za následek snížení intenzity provozu. To je způsobeno zvýšením počtu možných zabalených přepravek, tedy zvýšením výkonu baličky, a to vše má za následek snížení průměrných počtů a časů požadavků jak frontě tak i v systému.

4.3.5 Srovnání základních charakteristik SHO paralelně uspořádaných výrobních linek

Pro srovnání využijeme paralelně uspořádaný exponenciální model. Model obsahuje dvě výrobní linky. Modely budeme srovnávat pro objednávku také ze dne 1.12.2017 pro odběratele B. Opět budou porovnány hodnoty pro současný a nový model.

Stávající model:

- **Intenzita výroby ρ :**

$$\rho = \frac{\lambda}{(c * \mu)} = \frac{447,6}{(2 * 240)} = 0,9325$$

- **Pravděpodobnost, že v systému není žádný požadavek:**

$$p_0 = \left[\sum_{k=0}^{c-1} \frac{r^k}{k!} + \frac{c r^c}{(c-r)c!} \right]^{-1} = \left[2,87 + \frac{2 * 1,87^2}{(2-1,87) * 2} \right]^{-1} = 0,0336$$

- **Pravděpodobnost, že v systému je n požadavků, kde n je menší než nebo rovno počtu obslužných linek. Pokud jsou všechny přítomné požadavky obsluhovány – fronta je prázdná:**

$$p_n = \frac{r^n}{n!} p_0 = \frac{1,87^2}{2} 0,0336 = 0,0587$$

- **Průměrný čas, který požadavek stráví v systému (T):**

$$T_f = \frac{r^c \mu}{(c-1)!(c\mu - \lambda)^2} p_0 = \frac{1,87^2 * 240}{(2-1)!(2 * 240 - 447,6)^2} 0,0336 = 0,0268 \text{ hodiny}$$

Vypočítaný průměrný čas, který stráví požadavek v systému je 0,0268 hodiny, tj. 1,608 minuty.

- **Průměrný čas, který požadavek stráví ve frontě (T_f):**

$$T = T_f + \frac{1}{\mu} = 0,0268 + \frac{1}{240} = 0,0310 \text{ hodiny}$$

Čas, který požadavek stráví čekáním ve frontě je 0,0310 hodiny, tj. 1,86 minuty.

- **Průměrný počet požadavků v systému (N):**

$$N = \lambda T = 447,6 * 0,0310 = 13,8756 \text{ požadavků}$$

Průměrný počet požadavků v analyzovaném systému je 13,8756, z toho jsou dva požadavky obsluhované a zbytek čeká ve frontě.

- **Průměrný počet požadavků ve frontě (N_f):**

$$N_f = \lambda T_f = 447,6 * 0,0268 = 11,9957 \text{ požadavků}$$

Průměrný počet požadavků ve frontě je dle výpočtu 11,9957.

Navržený model:

- **Intenzita výroby ρ:**

$$\rho = \frac{\lambda}{(c * \mu)} = \frac{341,02}{(2 * 192)} = 0,88$$

- **Pravděpodobnost, že v systému není žádný požadavek:**

$$p_0 = \left[\sum_{k=0}^{c-1} \frac{r^k}{k!} + \frac{c r^c}{(c-r)c!} \right]^{-1} = 2,78 + \frac{2 * 1,78^2}{(2-1,78) * 2} = 0,0582$$

- **Pravděpodobnost, že v systému je n požadavků, kde n je menší než nebo rovno počtu obslužných linek. Pokud jsou všechny přítomné požadavky obsluhovány – fronta je prázdná:**

$$p_n = \frac{r^n}{n!} p_0 = \frac{1,78^2}{2} 0,0582 = 0,0922$$

- **Průměrný čas, který požadavek stráví v systému (T):**

$$T_f = \frac{r^c \mu}{(c-1)!(c\mu - \lambda)^2} p_0 = \frac{1,78^2 * 192}{(2-1)!(2 * 192 - 341,03)^2} 0,0582 = 0,0192 \text{ hodiny}$$

- **Průměrný čas, který požadavek stráví ve frontě (T_f):**

$$T = T_f + \frac{1}{\mu} = 0,0192 + \frac{1}{192} = 0,0244 \text{ hodiny}$$

- **Průměrný počet požadavků v systému (N):**

$$N = \lambda T = 341,03 * 0,0244 = 8,321 \text{ požadavků}$$

- **Průměrný počet požadavků ve frontě (N_f):**

$$N_f = \lambda T_f = 341,03 * 0,0192 = 6,5476 \text{ požadavků}$$

Tabulka 12: Srovnání základních charakteristik SHO pro dvě obslužné linky

Charakteristiky	Stávající model	Navržený model
Počet dělníků u baličky	10	8
Intenzita provozu	0,933	0,880
Pravděpodobnost, že v systému není žádný požadavek	0,034	0,06
Pravděpodobnost, že v systému jsou 2 požadavky, tzn. jeden je obsluhován a druhý čeká ve frontě	0,059	0,092
Průměrný čas požadavků v systému	0,027	0,019
Průměrný čas požadavků ve frontě	0,031	0,024
Průměrný počet požadavků v systému	13,876	8,321
Průměrný počet požadavků ve frontě	11,996	6,548

Zdroj: vlastní zpracování na základě vlastních výpočtů

5 Shrnutí výsledků a doporučení společnosti

Na základě provedené analýzy ve výrobním procesu a konzultacemi s vedením společnosti, které je zodpovědné za plánování výroby, byly provedeny výpočty k získání základních charakteristik výrobních linek. Tyto výpočty posloužily k nalezení a konkretizaci problémů.

Bylo zjištěno, že každou fungující balicí linku musí obsluhovat nejméně 5 dělníků. Tento požadavek se po provedených výpočtech ukázal jako limitující prvek. Při malé objednávce a dostatku času k výrobě tímto nařízením dochází ke snížení intenzity výroby jen na hodnotu 0,1. To znamená, že na zakázce pracuje příliš mnoho dělníků, které by bylo možno využít na jiné zakázky.

Toto omezení má za následek, že není možné využít celý čas, který má oddělení výroby k dispozici na realizaci zakázky.

Další problém se objevil při používání jednoduchých výpočtů, které slouží k zjištění, kolik je potřeba dělníků k vykrytí zakázky. Tyto výpočty například potvrdily, že na zakázku stačí 5 dělníků, ale při aplikaci vzorců uvedených v teoretické části diplomové práce (základní charakteristiky SHO) byly vypočítány intenzity provozu 0,94 i 0,98. Tyto hodnoty sice splňují podmínku na stabilizaci systému, ale existuje zde příliš velké riziko, že se systém v důsledku krátkodobé poruchy či prostoje zhroutí.

Nalezením těchto dvou limitujících faktorů, bylo možné sestavit nové podmínky pro plánování výroby. Minimální počet zaměstnanců u balicí linky byl snížen na 3 z původních 5. To mělo za následek lepší využívání času, který byl k dispozici pro výrobu. Zavedení nové podmínky, že vypočítaná intenzita provozu nesmí překročit hodnotu 0,9, dává prostor na řešení nečekaných výpadků balicí linky, tedy systému hromadné obsluhy.

Při modelové objednávce byl použit nový postup pro plánování výroby. Tento postup svými výpočty potvrdil, že je možné efektivněji využívat zaměstnance a přiřazovat je na další objednávky. Efektivnější využívání zaměstnanců bylo jedním ze základních důvodů, proč tato diplomová práce vznikla.

Toto tvrzení potvrzují výpočty u objednávky ze dne 1.12.2017, kde se 3 z 4 hodnot intenzity výroby pohybují v rozmezí 0,82 – 0,88. Poslední hodnota intenzity byla

vypočtena 0,27. Tato nízká hodnota intenzity výroby je způsobena malou objednávkou a velkým časovým rozpětím mezi začátkem výroby a časem expedice.

Jako doporučení je navrženo, aby vedoucí pracovníci prováděli důkladnější analýzu při plánování výroby, tím by bylo zaručeno i lepší přerozdělování zaměstnanců. Je však důležité upozornit na to, že každý den jsou objednávky odlišné, proto je potřeba průběžná revize systému a provádění kontrolních měření skutečných intenzit výroby.

Protože nedošlo k zavedení ani k vyzkoušení nového způsobu plánování ve výrobním procesu, jsou všechna doporučení pouze teoretická a není možné je podložit reálnými hodnotami z praxe.

6 Závěr

Cílem této diplomové práce byla analýza vybraných procesů ve společnosti DZ Klatovy. Konkrétně se jednalo o analýzu fungování systému hromadné obsluhy, který zde představovaly balicí linky. Práce byla zaměřena na analýzu plánování výroby, především se jednalo o to, jak jsou využívány balicí linky.

V teoretické části práce se čtenář mohl seznámit se základními pojmy a metodami, které souvisí s teorií hromadné obsluhy. Byly zde také popsány základní charakteristiky modelů, jejich členění a aplikování v praktickém životě. Poznatky z teoretické části byly využity při následné analýze výrobních procesů, které v podniku DZ Klatovy probíhají.

V praktické části byl analyzován výrobní proces a byly popsány důležité aspekty tohoto procesu. Analýzou byly nalezeny nedostatky při plánování výroby. Především se jednalo o špatné využívání času k realizaci zakázek. Další problém byl nalezen ve špatných výpočtech efektivity balicích linek. Bylo zjištěno, že intenzita výroby dosahovala vysokých hodnot.

Jelikož nebylo možné v daném systému hromadné obsluhy vyčíslit ekonomické náklady související s jeho provozem, doporučení bylo zaměřeno na to, jak efektivněji využívat výrobní linky.

Tato diplomová práce poukázala na nedostatky, které se vyskytují v současném systému plánování výroby. Na základě rozhovorů s vedením společnosti, byly stanoveny nové podmínky a postupy, které by se zavedly při realizaci nového modelu plánování. Matematické výpočty nově navrhovaného postupu při plánování potvrdily, že nový postup dosahuje lepších výsledků, umožňuje lepší využívání dělníků, kteří jsou k dispozici. Tyto modelové výpočty byly provedeny na dvou výrobních dnech, na kterých se charakteristiky těchto modelů následně porovnávaly.

Využití teorie hromadné obsluhy má obrovský význam při plánování a následné kontrole funkčnosti systému. Jelikož obslužné linky jsou reprezentovány například pokladnami v obchodech, stojany u čerpacích stanic, ale i frontou u lékaře, je tedy jasné, že systémy hromadné obsluhy se vyskytují všude kolem nás, tedy v reálném životě, a my se s nimi setkáváme nejen v teoretické rovině v knihách při studiu.

Diplomová práce bude poskytnuta vedoucím pracovníkům společnosti DZ Klatovy a je na jejich zvážení, zda využijí popsané návrhy k zlepšení současného stavu. V případě kladného ohlasu se otvírá prostor na aplikaci teorie hromadné obsluhy na dalších procesech v této společnosti.

Literatura a prameny

- Českojazyčné zdroje:

[1] BROŽOVÁ, Helena, HOUŠKA, Milan. *Základní metody operační analýzy*. 1. vyd. Praha: Česká zemědělská univerzita, Provozně ekonomická fakulta, 2003. ISBN 80-213-0951-2.

[2] HOLOUBEK, Josef. *Ekonomicko-matematické metody*. 2. vyd. Brno: Mendelova univerzita, 2010. ISBN 978-80-7375-411-2.

[3] HUŠEK, Roman, LAUBER, Josef. *Aplikace stochastických procesů:1*. 2. vyd. Praha: Státní pedagogické nakladatelství. 1982. CNB000404505.

[4] JABLONSKÝ, Josef. *Operační výzkum: kvantitativní modely pro ekonomické rozhodování*. 3. vyd. Praha: Professional Publishing, 2007. ISBN 978-80-86946-44-3.

[5] KOŘENÁŘ, Václav. *Stochastické procesy*. 1. vyd. Praha: Vysoká škola ekonomická, Fakulta informatiky a statistiky, 2002. ISBN 80-245-0311-5.

[6] KOŘENÁŘ, Václav, LAGOVÁ, Milada, a kolektiv autorů. *Optimalizační metody*. 1. vyd. Praha: Vysoká škola ekonomická, Fakulta informatiky a statistiky, 2003. ISBN 80-245-0609-2.

[7] LUŇÁČEK, Jiří, HERALECKÝ, Tomáš. *Optimalizace podnikových aktivit*. 1. vyd. Ostrava: Key Publishing, 2009. ISBN 978-80-7418-043-9.

[8] ZÍSKAL, Jan, BROŽOVÁ, Helena. *Ekonomicko-matematické metody. 2: Určeno pro posluchače oboru PaE, Info*. 1. vyd. Praha: Česká zemědělská univerzita, 1996. ISBN 80-213-0278-X.

[9] ZÍTEK, František. *Ztracený čas: (elementy teorie hromadné obsluhy)*. 1. vyd. Praha: Academi, 1969. CNB000424962.

- Cizojazyčné zdroje:

[10] GNEDENKO, Boris Vladimirovič. *Vvedeniye v teoriju massovogo obsluživaniya*. Moskva: Izdatel'stvo Nauka, 1966.

[11] DEMPSTER, Michael Alan Howarth. *The expected value of perfect information in the optimal evolution of stochastic systems*. Laxenburg : International Institute for Applied Systems Analysis, 1983.

[12] HRABLIK-CHOVANOVÁ, Henrieta, SAKÁL, Peter. *Operačná analýza časť I.* 1. vyd. Trnava: AlumniPress, 2011. EC 11/AP/2011.

- Diplomové práce:

[13] POŠAROVÁ, Marie. *Analýza logistického systému v Drubežárském závodě v Klatovech*. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, Provozně ekonomická fakulta, 2016. Vedoucí diplomové práce: Milan Houška.

- Internetové zdroje:

[14] Společnost DZ Klatovy [online]. © 2017 [cit 2017-28_12]. Dostupné z : <http://www.dzklatovy.cz/cesky/>.

Seznam zkratek

DZ – Drúbežářská závod

FIFO – First In First Out

LIFO – Last In First Out

SIRP – Selection In Random Order

PRI – Priorita

SHO – Systém Hromadné Obsluhy

THO – Teorie Hromadné Obsluhy

PVC – PolyVinylChlorid

tzv – takzvaně

tzn – to znamená

ks- kus/kusů

h – hodina

např - například

°C - stupně Celsia

Seznam tabulek

Tabulka 1: Příklady systémů hromadné obsluhy.....	18
Tabulka 2: Četnost zpoždění za měsíc duben 2017.....	34
Tabulka 3: Četnost zpoždění za měsíc květen 2017.....	34
Tabulka 4: Četnost zpoždění za měsíc červen 2017.....	34
Tabulka 5: Četnost zpoždění za jednotlivé měsíce.....	35
Tabulka 6: Četnost vyrobených přepravek jedním dělníkem.....	39
Tabulka 7: Objednávka ze dne 1.12.2017.....	41
Tabulka 8: Objednávka ze dne 8.12.2017.....	45
Tabulka 9: Porovnání hodnot původního a navrhovaného systému plánování na objednávce ze dne 1.12.2017.....	54
Tabulka 10: Porovnání hodnot původního a navrhovaného systému plánování na objednávce ze dne 1.12.2017.....	54
Tabulka 11: Srovnání základních charakteristik SHO pro jednu obslužnou linku	58
Tabulka 12: Srovnání základních charakteristik SHO pro dvě obslužné linky.....	61

Seznam obrázků

Obrázek 1: SHO a jednou obslužnou linkou.....	22
Obrázek 2: SHO s paralelně uspořádanými obslužnými linkami.....	23
Obrázek 3: SHO se sériově uspořádanými obslužnými linkami.....	23
Obrázek 4: Etiketování zabaleného balíčku.....	32
Obrázek 5: Nakládání přepravek určených k expedici.....	33
Obrázek 6: Průběh zakázky přes jednotlivá oddělení.....	36

Seznam grafů

Graf 1: Počet zpoždění v jednotlivých měsících.....	35
---	----

Přílohy

Poissonovo rozdělení pravděpodobnosti

Chceme – li otestovat, zda se námi naměřená data řídí některým teoretickým rozdělením pravděpodobnosti, použijeme testování hypotéz. Postup probíhá v několika krocích:

- Formulace nulové a alternativní hypotézy
- Zvolení přijatelné chyby rozhodování α (hladina významnosti),
- Volba testovacího kritéria,
- Výpočet hodnoty testovacího kritéria,
- Určení kritických hodnot testovacího kritéria,
- Rozhodnutí – zamítnutí či nezamítnutí nulové hypotézy.

χ^2 - test dobré shody – testuje rozdíl mezi empiricky získanými daty a teoretickým průběhem rozdělení, přičemž posuzujeme, zda je tento rozdíl statisticky významný či nikoliv na předem zvolené hladině významnosti α .

Nulová hypotéza H_0 - naměřená data se řídí předpokládaným rozdělením pravděpodobnosti.

Alternativní hypotéza H_1 - naměřená data se neřídí předpokládaným rozdělením pravděpodobnosti.

Testovací kritérium je ve tvaru:

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^k \frac{(m_i - n \cdot p_i)^2}{n \cdot p_i},$$

kde n – rozsah výběru,

m_i - empirické četnosti,

p_i - teoretické pravděpodobnosti.

Rozhodnutí o zamítnutí či nezamítnutí nulové hypotézy je na zvolené hladině významnosti α na základě srovnání:

- $\chi^2 > \chi_{krit}^2$ zamítáme nulovou hypotézu,

- $\chi^2 \leq \chi_{krit}^2$ nezamítáme nulovou hypotézu,

kde χ_{krit}^2 je pro dané α pro počet stupňů volnosti $\nu = r - k - 1$ tabelovaná hodnota kde:

r – počet tříd,

k – počet parametrů teoretického rozdělení pravděpodobnosti.

Tabulka 1: Naměřené četnosti

Počet přepravek	0	1	2	3	4	5	6	=>7
Počet četností	0	3	8	14	19	18	8	2

Zdroj: vlastní zpracování

Pro výpočet potřebujeme nejprve získat parametr teoretického – Poissonova – rozdělení pravděpodobnosti. Toto rozdělení má jeden parametr – λ .

Výpočet střední hodnoty:

$$\begin{aligned}\bar{\lambda} = \bar{X} &= \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i = \frac{1}{80} (0 \cdot 0 + 1 \cdot 3 + 2 \cdot 8 + 3 \cdot 14 + 4 \cdot 19 + 5 \cdot 18 + 6 \cdot 8 + 7 \cdot 2) \\ &= \frac{1}{72} 289 = 4,014 \text{ přepravek / 5 minut}\end{aligned}$$

Pro Poissonovo rozdělení pravděpodobnosti platí:

$$E(X) = \lambda \rightarrow \lambda = 4 \text{ přepravky / 5 minut}$$

Teoretické pravděpodobnosti získáme ze vzorce:

$$p_i = P(X=i) = \frac{\lambda^i}{i!} e^{-\lambda}$$

Dále řešíme tabulkovou metodou. U výrazu $m_i - n \cdot p_i$ musí být hodnota větší než 5, jinak se musí buňky sloučit, aby splňovaly tuto podmínku.

Tabulka 2: Tabulková metoda

i	m_i	p_i	$n \cdot p_i$	$m_i - n \cdot p_i$	$(m_i - n \cdot p_i)^2$	$\frac{(m_i - n \cdot p_i)^2}{n \cdot p_i}$
0	0	0,02	1,3	-3,52	12,41	2,38
1	3	0,07	5,22			
2	8	0,15	10,48	-2,48	6,16	0,59
3	14	0,19	14,02	-0,02	0	0
4	19	0,2	14,07	4,93	24,29	1,73
5	18	0,16	11,3	6,7	44,94	3,98
6	8	0,1	7,56	-1,89	3,57	0,47
7 a více	2	0,06	4,33			
Σ	80					$\chi^2 = 9,141$

Zdroj: vlastní zpracování

Kritickou hodnotu χ^2_{krit} uvažujeme pro hladinu spolehlivosti $\alpha = 0,05$ a pro počet stupňů volnosti $\nu = r - k - 1 = 6 - 1 - 1 = 4$. Tuto hodnotu získáme ze statistických tabulek. Kritická hodnota $\chi^2_{krit} = 9,488$.

Zjistili jsme, že $\chi^2 < \chi^2_{krit} = (9,141 < 9,488)$. Na základě tohoto výsledku nezamítáme nulovou hypotézu o tom, že se počet vyrobených přepravek za 5 minut řídí Poissonovým rozdělením pravděpodobnosti.