

**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE**  
**FAKULTA DOPRAVNÍ**

Fedorova Anna

**ANALÝZA A MODELOVÁNÍ PROCESU ZÁSOBOVÁNÍ**

Bakalářská práce

**ROK ODEVZDÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE 2019**

# Zadání

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta dopravní

děkan

Konviktská 20, 110 00 Praha 1



**K617** ..... Ústav logistiky a managementu dopravy

## **ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE** (PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení studenta (včetně titulů):

**Anna Fedorova**

Kód studijního programu a studijní obor studenta:

**B 3710 – LOG – Logistika a řízení dopravních procesů**

Název tématu (česky): **Analýza a modelování procesu zásobování**

Název tématu (anglicky): Analysis and Modelling of Supplying Process

### **Zásady pro vypracování**

Při zpracování bakalářské práce se řiďte osnovou uvedenou v následujících bodech:

- Charakteristika zadaného zásobovacího procesu ve vybrané společnosti
- Analýza časového průběhu odběru zásob ze skladu
- Teoretická východiska řešení - charakteristika vhodných metod k modelování zásobovacího procesu, porovnání výhod a nevýhod jednotlivých přístupů, výběr vhodného přístupu
- Aplikace vybraného přístupu na zadaný zásobovací proces
- Zhodnocení dosažených řešení, porovnání se současným stavem



Rozsah grafických prací: podle pokynů vedoucího bakalářské práce

Rozsah průvodní zprávy: minimálně 35 stran textu (včetně obrázků, grafů a tabulek, které jsou součástí průvodní zprávy)

Seznam odborné literatury: Jablonský, J. Operační výzkum. Praha: Professional Publishing, 2007  
Unčovský, J. Stochastické modely operačnej analýzy. Bratislava: ALFA, 1980

Vedoucí bakalářské práce: **doc. Ing. Dušan Teichmann, Ph.D.**

Datum zadání bakalářské práce: **30. června 2017**  
(datum prvního zadání této práce, které musí být nejpozději 10 měsíců před datem prvního předpokládaného odevzdání této práce vyplývajícího ze standardní doby studia)

Datum odevzdání bakalářské práce: **26. srpna 2019**  
a) datum prvního předpokládaného odevzdání práce vyplývající ze standardní doby studia a z doporučeného časového plánu studia  
b) v případě odkladu odevzdání práce následující datum odevzdání práce vyplývající z doporučeného časového plánu studia

doc. Ing. Tomáš Horák, Ph.D.  
vedoucí  
Ústavu logistiky a managementu dopravy



doc. Ing. Pavel Hrubeš, Ph.D.  
děkan fakulty

Potvrzuji převzetí zadání bakalářské práce.

Anna Fedorova  
jméno a podpis studenta

V Praze dne ..... 12. prosince 2018

## **Poděkování**

Na tomto místě bych ráda poděkovala všem svým kolegům, kteří mi poskytli podklady pro vypracování bakalářské práce. Také bych ráda poděkovala vedoucímu bakalářské práce za její vedení a konzultace.

## **Prohlášení**

Předkládám tímto k posouzení a obhajobě bakalářskou práci, zpracovanou na závěr studia na ČVUT v Praze Fakultě dopravní.

Nemám závazný důvod proti užití tohoto školního díla ve smyslu § 60 Zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon).

V Praze dne: 26. 09. 2019

Podpis:

# Prohlášení

Prohlašuji, že jsem předloženou práci vypracovala samostatně, a že jsem uvedla veškeré použité informační zdroje v souladu s Metodickým pokynem o etické přípravě vysokoškolských závěrečných prací

V Praze dne: 26. 09. 2019

Podpis:

**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE**  
**Fakulta dopravní**

**ANALÝZA A MODELOVÁNÍ PROCESU ZÁSOBOVÁNÍ**

bakalářská práce

srpen 2019

Fedorova Anna

**ABSTRAKT**

Předmětem bakalářské práce „Analýza a modelování procesu zásobování“ je optimalizace řízení zásob tabákových výrobků. Teoretická část práce zahrnuje seznámení s logistickými procesy, statistickou analýzu časového průběhu poptávky a popis metodiky řízení zásob. Praktická část práce obsahuje použití statistické analýzy a metodu optimalizace řízení zásob popsanou v teoretické části. Praktická část dále obsahuje porovnání dosažených řešení s reálným stavem

**KLÍČOVÁ SLOVA**

Zásoba, model zásobování, Chí-kvadrát test, reálná poptávka, spotřeba, dodávka, dodací lhůta, nákladová funkce, optimální velikost dodávky.

**ABSTRACT**

The subject of the bachelor thesis "Analysis and Modeling of Supplying Process" is to optimize the inventory management of tobacco products. The theoretical part includes an introduction to logistics processes, a statistical analysis of the time course of demand and a description of inventory management methodologies. The practical part includes the use of statistical analysis and the method of inventory management optimization described earlier in the theoretical part. The practical part also contains a comparison of the achieved solutions with the real state.

**KEYWORDS**

Supply, supplying model, Chi-square test, real demand, consumption, delivery, delivery time, cost function, optimum delivery size.

## Obsah

Seznam použitých zkratk	5
Úvod	6
1 Logistika a její význam pro podnik	7-12
1.1 Stručný vývoj logistiky	7
1.2 Zavedení pojmů logistika a logistický řetězec	8
1.3 Členění logistiky	9
1.4 Současný význam zásobovací logistiky	9-10
1.5 Distribuce v logistice	10
1.6 Skladování v logistice	11-12
2 Zásobování	13-18
2.1 Definice zásobování	13-14
2.2 Role nabídky a poptávky v zásobovací logistice	14-15
2.3 Role skladů v zásobovací logistice	15
2.4 Náklady zásobovacího procesu	16
2.5 Metody klasifikace zásob – ABC a XYZ analýzy	17
2.6 Modely zásobování	18
3 Deterministický model zásobování	19-24
3.1 Charakteristika deterministického modelu	19-20
3.2 Model optimální velikosti dodávky	20-23
3.3 Model s přechodným neuspokojením poptávky	23-24
4 Stochastický model zásobování	25-28
4.1 Charakteristika stochastického modelu	25
4.2 Model se stochastickou spojitou poptávkou	26-28
5 Metody sloužící k analýze typu poptávky	29-30
5.1 Chí-kvadrát test	29-30
6 Charakteristické vlastností zásobovacího procesu	31-32
6.1 Popis zásobovacího procesu	31
6.2 Popis skladovaného zboží	31
6.3 Analýza poptávky zadaného zásobovacího procesu.	32
7 Aplikace modelu EOQ na zásobovací systém	33-36
8 Porovnání výsledků modelu EOQ se stávajícím způsobem zásobování	37

Závěr	38-39
Zdroje	40
Seznam příloh	41
Příloha 1	42-50



## Seznam použitých zkratk

ČNB	Česká národní banka
DDU	Delivered Duty Unpaid
EOQ	Economic order quantity
HDP	Hrubý domácí produkt
JIT	Just in Time

# Úvod

Téma bakalářské práce „Analýza a modelování procesu zásobování“ nebylo vybráno náhodně. Problém zásobování je totiž stále aktuální i v současnosti, protože současný svět obchodních vztahů je zaměřen na získání maximálního zisku z prodeje zboží, přičemž jednou z cest, která k tomu vede, je minimalizace podnikových nákladů, zejména u firem nezabývajících se výrobou, ale distribucí zboží a jejich prodejem.

Efektivita zásobovacího procesu je zároveň jednou z cest jak zvýšit efektivitu vnitropodnikové ekonomiky. Podrobnější rozbor a posouzení charakteristik zásobovacího procesu logistiky daného podniku může umožnit nalezení rezerv a jejich postupnou eliminaci.

K největším problémům zásobovacího procesu patří nevhodně naplánovaná strategie dodávek, což znamená, že dodávky nemají vhodnou výši, případně mezi dvěma sousedními dodávkami v čase je nevhodně stanovený časový interval.

Aby bylo možno posoudit, zda je strategie zásobovacího procesu vhodná, je nutné pečlivě prozkoumat existující data o poptávce na trhu. Zjištěnému vývoji poptávky na trhu je nutno přizpůsobit také postup řešení, na základě kterého bude možno posoudit optimalitu současné strategie dodávek. V závislosti na dosažených výsledcích mohou být doporučeny případné úpravy ve strategii zásobovacího procesu tak, aby došlo k žádoucímu posunu ve zvyšování jeho efektivity.

Práce si klade zároveň také další cíle, např. demonstrovat využitelnost teoretických modelů na reálný zásobovací proces, a s jeho využitím zároveň prokázat jejich reálný přínos pro logistickou praxi.

# 1 Logistika a její význam pro podnik

## 1.1 Stručný vývoj logistiky

Logistika od pradávna hrála důležitou roli v životě společnosti. Člověk však začal vnímat podstatu logistických procesů, které jeho život zjednodušovaly, až po dlouhém čase. Díky provedené analýze každodenních činností bylo možné pochopit a později začít navrhovat a aktivně využívat i první logistické systémy.

Poprvé byla důležitost logistických procesů zmíněna v traktátech o vojenském umění byzantským císařem Leem VI (Leontos VI) v 9. století našeho letopočtu. Tehdy císař poprvé začal přikládat význam včasnému plánování munice, hodnocení času a dostupnosti míst válečných konfliktů a plánování vojenských hnutí. [1] Mnohem později, již v 19. století, francouzský generál Antoine-Henri Jomini zavedl definici slova „logistika“.[2] Byl povzbuzen podrobnější studií vojenských záležitostí plynoucích z jeho účasti v Napoleonově ruském tažení.

Z armádního prostředí logistika postupně pronikala i do civilního prostředí, jedním z oborů, které začaly nejdříve logistiku využívat, byla doprava a podnikání. Mezi nejvýznamnější milníky v zavádění logistiky ve 20. století patří:

1926 — japonská společnost „Toyota“ zavedla princip „Just In Time“ (JIT);

1956 — Malcom McLean navrhnul první univerzální kontejner;

1959 — v japonské společnosti „Toyota“ byl zaveden systém „Kanban“ organizující proces výroby a zásobování ve smyslu principu „JIT“;

1981 — vznikla nová čtvrtá generace počítačů, byly to první osobní počítače využívající mikroprocesory;

1987 — byla spuštěna síť Internet, do sítě bylo připojeno 27 000 uživatelů.

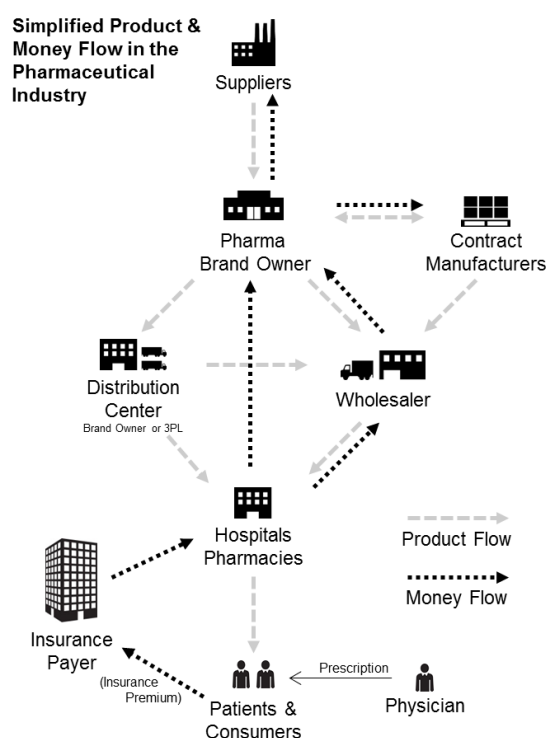
Počátkem 90. – tých let 20. století nastala doba, ve které začalo docházet k postupnému propojování výrobních, přepravních a informačních technologií za účelem uspokojení poptávky zákazníků bez jakýchkoli překážek. Aby však takové uspokojování bylo možné, je k tomu však třeba znát informace o poptávce získané v dostatečném časovém předstihu.

V poslední době je vývoj logistiky ovlivňován i tzv. Internetem věcí.

## 1.2 Zavedení pojmů logistika a logistický řetězec.

Logistika je vědní disciplína, která se zabývá rozmístěním, označením, balením, zásobováním, dopravou a mnohými jinými procesy, které doprovázejí produkci výrobků a služeb a jsou spojeny s optimalizací hmotných a informačních toků, a zároveň se snaží dosáhnout synergického efektu díky systémovému přístupu. Bohužel, v současnosti neexistuje žádná jednotná definice termínu logistika. Protože pojem závisí na zvláštnostech jeho použití, ať už je to vnímání slova, jako vědy, nebo jako nástroje pro racionální organizaci procesů, nebo jako praktické aplikace logistiky pro recyklaci atd. Základem pojmu logistika je myšlení, analýza, počítání, analytické závěry. Koncept logistiky ve všech jejích smyslech však může spojit jedno tvrzení: „Logistika zajišťuje, aby její správný objekt byl ve správném kvantitativním a kvalitním stavu k dispozici na správném místě, ve správný čas a za správnou cenu.[3]“

Jedním z nejdůležitějších pojmů v logistice je logistický řetězec, který reprezentuje soubor činností dovolujících pohyb hmotných a informačních toků z míst trhu surovin do míst prodeje konečného produktu nebo služby koncovému zákazníkovi. Jednotlivé hmotné a informační toky mohou probíhat sériově i paralelně, přičemž informační tok může protékat jak ve stejném směru jako tok materiálu, tak také ve směru opačném k toku materiálu. Pro vizuální reprezentaci logistického řetězce je na **Obrázku\_1** uveden princip pohybu materiálových (hmotných) proudů farmaceutické společnosti.



**Obrázek\_1.** Materiálový a peněžní tok farmaceutické společnosti. Zdroj: <https://blogs.sap.com>

### 1.3 Členění logistiky

Základní členění logistiky navrhnul ve své publikaci např. Christof Schulte, který rozlišuje logistiku[4]:

- zásobovací;
- výrobní;
- distribuční.

Zásobovací logistika se zabývá analýzou trhu nákupu, trhu dodavatelů a trhu skladování. Kromě toho zásobovací logistika stanoví termíny a jiné podmínky pro přemístění zásob, uzavírá smlouvy mezi účastníky výše uvedených procesů a sleduje dodržování smluvních podmínek.

Výrobní logistika je zaměřena na vytvoření koncepce výrobního cyklu, na sledování plnění všech výrobních podmínek, na odstranění výrobních problémů.

Distribuční logistika se zapojuje do dialogu mezi koncovým zákazníkem a účastníky výrobního procesu, aby uspokojila poptávku zákazníků. Kromě toho se zabývá tvorbou cen, vytvářením požadovaného počtu skladů pro celý dodavatelský řetězec a optimalizací pohybu hmotných toků v rámci celé distribuční sítě.

Obecně platí zásada, že ke komplexnímu vyhodnocení efektivity logistického řetězce je nutno hledat úspory ve všech třech oblastech logistiky.

Vzhledem k řešenému tématu bakalářské práce bude v dalším textu věnována pozornost pouze logistice zásobovací.

### 1.4 Současný význam zásobovací logistiky

Podle statistiky organizací "The World Bank" v roce 2018 zůstává USA po mnoho let lídrem v HDP. Největší růst HDP byl však zaznamenán v Číně, která rychle stoupá ve světovém ekonomickém žebříčku. Podle nejaktuálnějších údajů činí HDP na světovém trhu přibližně 80,74 bilionů dolarů, což představuje cca 1 813,90 bilionů korun (kurz dolaru ČNB 31. 12. 2018).

Přibližně 7 % HDP je tvořeno díky logistickému sektoru globální ekonomiky. Získáváme tedy údaje, že díky logistickému sektoru bylo v roce 2018 vytvořeno asi 126,97 bilionů dolarů HDP. Statistická data německé výzkumné organizace Fraunhofer Center for Applied Research on Supply Chain Services, říkají, že v roce 2016 celkové výdaje EU na logistiku byly 1,05 bilionu EUR, což je cca 28,37 bilionů Kč (kurz euro ČNB 31. 12. 2018).

Přibližně polovinu výdajů na logistiku tvoří outsourcing. Největší podíl outsourcingu připadá na služby navázané na námořní nákladní přepravu, největší podíl insourcingu připadá na služby v oblasti zásobovací logistiky.

## **1.5 Distribuce v logistice**

Distribucí nazýváme soubor všech podniků, které budou vlastnit nějaké výrobky v intervalech mezi ukončením výroby a prodejem výrobků koncovým zákazníkům. Tzn. že distributor provádí funkci zprostředkování výrobce se zákazníkem. Cílem distribuce je nalezení optimálního řešení dodání výrobku zákazníkovi.

Existují dva druhy distribučních prodejů (kanálů):

- přímý,
- nepřímý.

Přímý distribuční prodej je přímý prodej výrobku koncovému zákazníkovi. Může se jevit jako nejjednodušší, ale tento kanál je efektivně použitelný pouze za podmínek, že výrobce dobře zná, na čem závisí poptávka zákazníka a má se zákazníkem dobré spojení (tzn. zabezpečuje zákaznický servis). Obvykle přímý distribuční prodej vyžaduje vysoké náklady.

Nepřímý distribuční kanál znamená prodej pomocí prodejní sítě obsahující velkoobchod nebo maloobchod.

Distribuce pro zásobování označuje náklady, spojené s fyzickým pohybem zboží.

## 1.6 Skladování v logistice.

Sklad je prostor používaný pro dočasné ukládání a uchovávání materiálů, polotovarů i výrobků pro pozdější potřebu. Ve skladu dochází nejen k ukládání zásob, ale i k další manipulaci se zásobami.

Sklad je určen pro příjem zásob, umístění zásob do skladu, přípravu objednávky, balení a expedici. S využitím moderních technologií a způsobu řízení skladu je nutné optimalizovat provádění těchto operací tak, aby byly skladové služby poskytovány zákazníkům v plném rozsahu.

Systém řízení skladu kombinuje přijímání objednávek, operace skladu, dopravu, finanční kontrolu. Velké skladovací prostory mají být vybaveny vhodným skladovacím a manipulačním zařízením, jak pro nakládku zásob, tak i pro balení a další možné manipulace se zásobami. Za tímto účelem jsou sklady vybaveny nakládacími a vykládacími rampami, které usnadňují a urychlují vykládku a nakládku zásob z/do vozidel nebo kontejnerů.

Při plánování velikosti skladu je třeba vzít v úvahu mnoho faktorů, jako jsou velikost poptávky zákazníků, předpokládané množství skladovaných zásob, technologie manipulace s produktem, úroveň obsluhy zákazníků a další podmínky související s vhodným a efektivním uskladňováním zásob.

Současné sklady musí umožňovat splnění tří základních funkcí:

- volný manipulační pohyb skladových zásob (hmotných toků);
- uskladnění zásob;
- volný pohyb informačních toků.

Protože potřeba skladovat se může vyskytnout v průběhu celého dodavatelského řetězce, rozlišují se také sklady, které se vyskytují v jeho jednotlivých částech. Jedná se o:

- sklady materiálu a suroviny – sklad, který je určen pro první fázi logistického řetězce;
- sklady polotovarů – sklad pro součásti nedokončených výrobků;
- sklady nedokončené výroby – sklady určené pro skladování mezi jednotlivými fázemi výroby;

- sklady hotových výrobků společnosti – jsou to sklady určené k uložení hotových výrobků pro další odbírání s cílem prodeje konečnému klientovi;
- sklady obchodní – sklady pro odběr zásob konečným klientem;
- sklady expediční – sklady výrobků připravených k expedici;
- sklady tranzitní – sklady umístěné v místech překládky zásob;
- sklady náhradních dílů;
- konsignační sklad – je fyzický sklad vlastněný dodavatelem.

Úkolem úspěšného řízení zásob je eliminovat veškerá neefektivní opatření, která mohou nastat při přemísťování produktů, ukládání produktů nebo přenosu informací do skladu. Otázka dobrého řízení a skladování zásob patří k jedné z nejdůležitějších otázek, které je nutno průběžně řešit.



## 2 Zásobování

### 2.1 Definice zásobování

Autor Slovenské knihy „Stochastické modely operačnej analýzy“ Ladislav Unčovský definuje zásoby následujícím způsobem: „V procesu rozšíření reprodukce ve výrobě i v oběhu jsou předměty, které se uchovávají na pozdější spotřebu. Těmto předmětům říkáme zásoby.“[5] Existují různé typy zásob, z nichž každá je určena pro jiný způsob použití v logistickém řetězci. Zásoby se z hlediska podniku třídí na:

- suroviny – zásoba je v počáteční fázi všeho logistického řetězce.
- polotovary – zásoba je ve výrobní fázi;
- hotové výrobky – zásoba dokončila výrobní fáze;
- zboží – zásoba je ve fázi prodeje konečnému spotřebiteli;

Zásoby obecně plní několik základních funkcí:

- obratová funkce – zásoby na pokrytí poptávky v dodávkovém cyklu;
- pojistná funkce – zásoby pro pojištění proti kolísání (výkyvů) poptávky;
- funkce předzásobování – zásoby pro předsezonní přípravu;
- strategická funkce – zásoby jsou tvořené pro zvýšení jistoty v případě nepředvídaných událostí;
- spekulativní funkce – zásoby pro využití při očekávaném zvýšení cen zásob;
- technologická funkce – zásoby tvořené pro nutnost technologického postupu výroby.

V bakalářské práci se především věnuje pozornost zásobám tvořícím obratovou funkci.

Zásobování je zajištění organizace požadovaných produktů nebo služeb, které zahrnují všechny vzájemně související činnosti pro řízení nákupu a dodavatelů, nezbytné pro to, aby organizace implementovala firemní strategii s optimálními náklady na zdroje.[6]

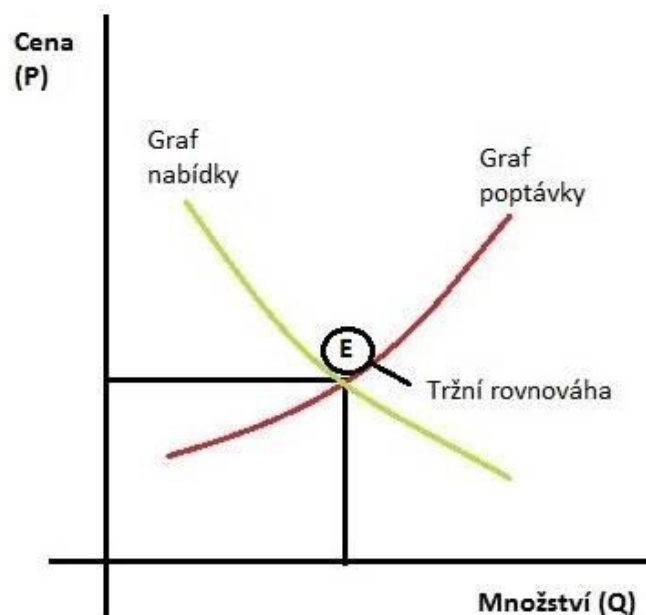
Zásobování je ovlivněno širokou škálou logistických služeb. Douglas M. Lambert v roce 2004 oznámil klíčové procesy dodavatelského řetězce, kterými jsou:[7]

- řízení vztahů se zákazníky (Customer Relationship Management);
- řízení vztahů s dodavateli (Supplier Relationship Management);

- řízení výrobních toků (Manufacturing Flow Management);
- vývoj a komercializace produktů (Product Development and Commercialization);
- řízení zákaznických služeb (Customer Service Management);
- styl řízení poptávky (Demand Management Style);
- splnění objednávky (Order Fulfillment);
- řízení reklamací (Returns Management).

## 2.2 Role nabídky a poptávky v zásobovací logistice.

V případě, že se zabýváme stanovením počtu výrobků / rozsahu služeb, které zákazníci nakupují a změn podmínek ovlivňujících poptávané množství, zkoumáme trh poptávky. V ekonomice se vlastnost poptávky, která poukazuje na citlivost zákazníků na změny tržních cen, jako klíčového faktoru při nákupu, se nazývá cenová elasticita poptávky. V případě, že se zabýváme tím, jaké množství výrobků/služeb budou firmy za určitých podmínek nabízet, a jak se toto množství změní při změně těchto podmínek, zkoumáme nabídku. Vlastnost (jev, charakteristika) nabídky, která vyjadřuje citlivost reagování výrobce na změnu tržní ceny, se



**Obrázek\_2.** Tržní rovnováha. Zdroj: <http://www.nasprtej.cz>

nazývá cenová elasticita nabídky.

Poptávka vytváří nabídku. Na základě poznatků o elasticitě nabídky a poptávky je možné dosáhnout úrovně tržní rovnováhy. Ze základů mikroekonomie je známo, že tržní rovnováha nastává v ceně a množství, když jsou nabídka a poptávka vyrovnané. Pro lepší pochopení tržní rovnováhy je zobrazená na **Obrázku\_2**.

Poptávka je jedním z klíčových faktorů ovlivňujících řízení zásobovacího řetězce.

Z teorie zásob je známo, že okamžitě neuspokojená poptávka totiž může vést k dalším nákladům (penále za včas nedodané zboží). Teorie zásob rovněž může umožnit dokonalejší sladění nabídky a poptávky.

### **2.3 Role skladů v zásobovací logistice.**

V podkapitole 2.1 byly uvedeny základní funkce zásobování. Základním funkcím odpovídá také označení skladů, které dané funkce poskytují.

Sklady se třídí podle jejich funkcí na:

- zásobovací;
- mezisklady;
- odbytové.

Zásobovací sklad se zabývá uskladňováním zásob materiálu určeného ke spotřebě ve výrobním procesu. Mezisklady jsou určené pro uskladňování zásob mezi jednotlivými fázemi výroby a polotovarů. Odbytové sklady jsou určeny pro uskladnění hotových výrobků. Odbytový sklad je druh skladu, který se nachází nejbližší ke konečné etapě logistického řetězce.

Moderní sklad musí splňovat tři podmínky:

- zásoby by se měly pohybovat bez omezujících prostorových podmínek a pomoci moderních technologií;
- skladový prostor by měl splňovat všechny možné podmínky pro bezpečné uskladňování zásob;
- informační tok by měl být přenášen nejrychlejším způsobem.

Zvýšení úrovně obsluhy vyžaduje zvětšení skladových prostor, a to z důvodu, že lepší úroveň obsluhy spočívá ve zvětšení objemu zásob, které mohou protéci skladem.

Velký význam pro reagování na poptávku má umístění skladu. Čím blíže jsou skladovací prostory umístěny místům poptávky, tím lépe.

## 2.4 Náklady zásobovacího procesu

Uskladnění zásob na skladě představuje pro podnik určitou finanční zátěž. Finanční zátěž se projevuje tím, že podnik má v těchto zásobách vázány určité finanční prostředky vynaložené na jejich pořízení. Proto jedním z úkolů zásobovací logistiky je snížit počet skladovaných zásob v podniku na minimum.

V praxi se z hlediska ekonomiky zásobování a skladování rozlišují tři kategorie nákladů:

- Skladovací;
- pořizovací;
- z nedostatku zásoby.

Skladovací náklady – osobitý druh nákladů, který je spojen s objemem každé jednotky skladované zásoby. Vypočítává se zpravidla na základě poměru prostoru obsazeného zásobami a nájemného skladovacího prostoru, daní a nákladů spojených s údržbou areálu.

Pořizovací náklady jsou náklady spojené s každou vytvořenou objednávkou a každým doplněním skladu. Zpravidla zohledňují náklady na přepravu zásob a jsou považovány za fixní náklady. Může však nastat situace, kdy pořizovací náklady fixní nejsou a odvíjejí se od výše dodávky (to může nastat zejména v případech, kdy se cena za nakoupenou jednotku snižuje s rostoucím počtem pořizovaných zásob).

Náklady z nedostatku zásoby jsou náklady, které vznikají ve chvíli, kdy sklad není schopen ji uspokojit, protože zásoba na skladě byla vyčerpána. Takovými náklady mohou být například penále spojené s pozdním dodáním zásob nebo penále spojené s nesprávným objemem dodávky.

Pro nalezení optimální velikosti dodávky a optimálního času vystavení objednávky je nutno znát: průběh poptávky náklady, spojené se zásobováním, velikost skladu a všechny další, faktory spojené se skladováním daného druhu zásob (skladovací teplota, vliv přímého slunečního záření atd.), pokud takové existují.

Následující text teoretické části práce bude věnován metodám snižování celkových nákladů, z nichž některé budou využity v předložené bakalářské práci.

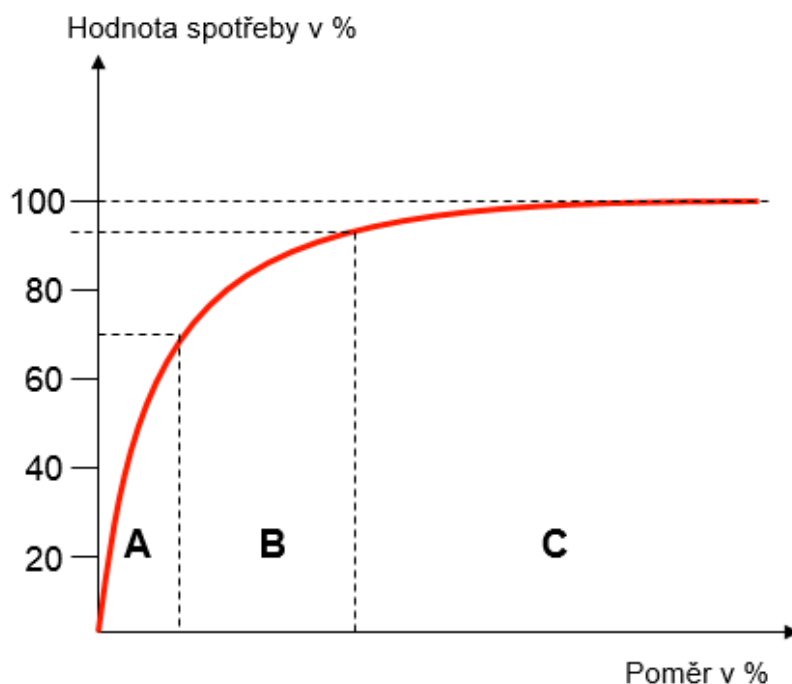
## 2.5 Metody klasifikace zásob – ABC a XYZ analýzy

Řešení pro celý systém řízení zásob v souladu s kritériem optimalizace nákladů lze dosáhnout klasifikací jednotlivých komponent. Nejčastěji používané metody klasifikace zásob jsou založeny na použití analýz ABC a XYZ.

ABC analýza je metoda, která rozděluje zásoby do skupin

- A tvoří 60-80 % hodnoty všech zásob firmy, zastoupeno 5-15 % položek zásob;
- B tvoří 15-25 % hodnoty všech zásob, zastoupeno 15-25 % položek těchto zásob;
- C tvoří 5-15 % hodnoty všech zásob, zastoupeno 60-80 % položek těchto zásob.

Rozdělení zásob je ukázáno na **Obrázku\_3**.



**Obrázek\_3.** Rozdělení zásob dle ABC analýzy. Zdroj: <http://www.lean-fabrika.cz>

Zde se používá tzv. Paretovo pravidlo - 80%/20%.

V praxi je často ABC analýza spojená s analýzou XYZ. Podle této metody jsou zásoby rozděleny rovněž do tří skupin:

- X charakterizuje zásoby, které jsou pravidelně spotřebovávány s minimálními výkyvy, tj. jsou předvídatelné;
- Y se vyznačuje zásoby s mírným kolísáním spotřeby;
- Z charakterizuje zásoby, které jsou spotřebovávány zřídka.

## 2.6 Modely zásobování

K efektivnímu plánování zásobovacího procesu byly v minulosti vytvořeny zásobovací modely, které tvoří základ tzv. teorie zásob. Klíčovým faktorem v logistice zásobování je velikost poptávky po zásobách. V závislosti na tom, zda se tato hodnota mění v čase, se modely zásob v základním dělení třídí na modely:

- deterministické;
- stochastické.

Základní výhodou deterministických modelů jsou poměrně jednoduché výpočty, základní výhodou stochastických modelů je možnost pracovat s náhodnou poptávkou, řídí-li se předem definovaným rozdělením pravděpodobnosti (nejčastěji normálním rozdělením).

Přestože může být poptávka stochastická (a tedy přicházejí v úvahu stochastické modely), nemusí její průběh v čase vykazovat zásadní odchylky a pro zjednodušení se tedy jeví jako vhodnější použití deterministických modelů. V počáteční fázi stanovení zásobovací strategie je tedy vhodné prověřit variabilitu poptávky v čase, k čemuž slouží, metody statistické analýzy.

Modely se mohou lišit nejen v charakteru poptávky, která do nich vstupuje, ale také v úrovni uspokojení poptávky. V souladu s tím existují modely s:

- uspokojenou poptávkou,
- neuspokojenou poptávkou, která je vždy spojená náklady plynoucími z nedostatku zásob.

Při velkém počtu druhů zásob je rovněž třeba analyzovat, zda má smysl soustředit se na zásobování pouze klíčových zásob, které přinášejí většinu zisku. Řízení zásob širokého sortimentu potřebuje předběžné ABC a XYZ analýzy popsané v kapitole 2.5. Provedení takové analýzy nám umožní zjistit efektivitu poptávky po zásobách ve srovnání se zbytkem rozsahu, nakonec dostaneme tři skupiny zásob.

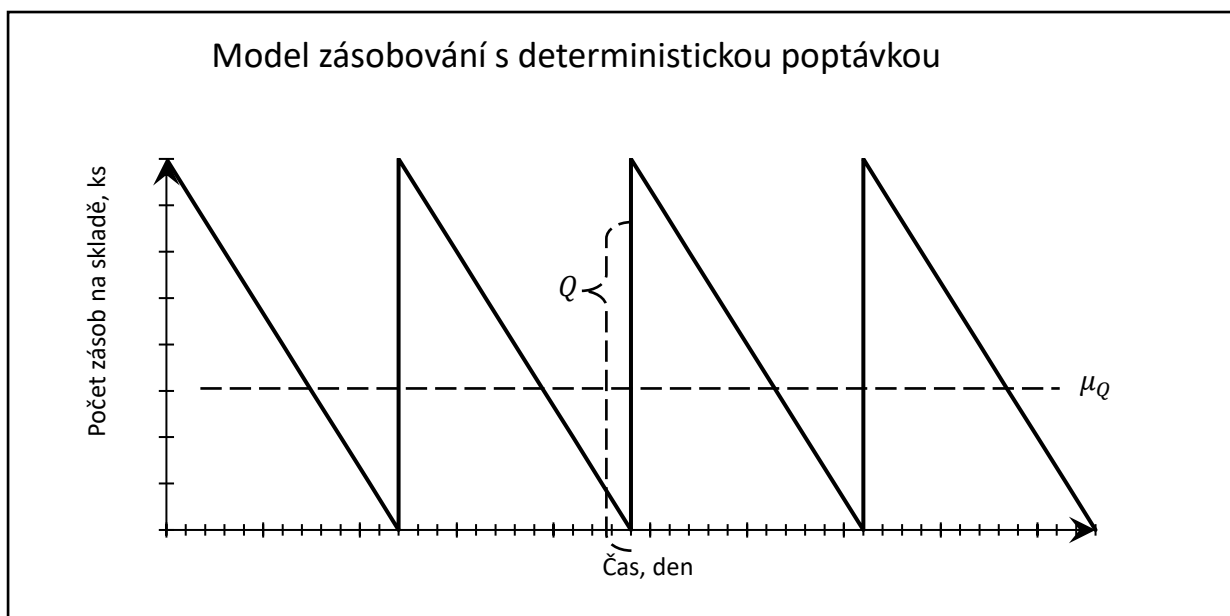
### 3 Deterministický model zásobování

#### 3.1 Charakteristika deterministického modelu

Deterministický model zásobování je takový model, při kterém je poptávka v rámci uvažovaného času pevně stanovená (konstantní) a má v průběhu celého sledovaného období rovnoměrné rozdělení (Např. **Obrázek\_4.**).

Charakteristické vlastností deterministického modelu zásobování:

- spotřeba je známa;
- spotřeba má rovnoměrný průběh po celou dobu zkoumání;
- dodací lhůta je známa.



**Obrázek\_4.** Grafické znázornění deterministického zásobovacího modelu s optimální výškou dodávky. Zdroj: soukromý excelový dokument.

Charakteristickým rysem deterministických modelů zásobování je možnost zbavit se nákladů z nedostatku zásoby.

Stabilní režim objednávání zásob pro doplňování skladu má své výhody z hlediska uzavření smluv mezi provozovatelem skladu a dodavatelem.

Rovnoměrná poptávka v jakémkoliv obchodním modelu pomůže nejen navrhnout optimální řešení z hlediska nákladů na zásobování, ale v některých případech umožní získat finanční výhody (slevy) při uzavírání smluv. Dodavatel totiž neztrácí čas zpracováním zakázek a má k dispozici přesné termíny dodání produktu. Časový interval, v průběhu kterého se vyřizuje objednávka, nazýváme dodací lhůtou.

Základní údaje pro každý z modelů dávají možnost nejen kontrolovat správnost fungování zásobovacího procesu, ale i optimalizovat proces zásobování dle aktualizované informace o dodávce. Taková údaje především jsou spotřeba; plánovací období; velikost jedné dodávky; veškeré náklady, spojené se zásobováním.

Prof. Josef Jablonský ve své publikaci „Operační výzkum“ uvádí čtyři deterministické modely zásobování:

- model optimální velikosti objednávky;
- model s přechodným neuspokojením poptávky;
- produkční (výrobně-zásobovací) model;
- model pracující s množstevními rabaty.

Protože firma, v jejíchž podmínkách bude řešena praktická část práce, se nezabývá výrobou a neočekávají se ani zásadní množstevní rabaty při dodávání zboží, bude dále v textu práce pozornost věnována pouze prvním dvěma modelům řízení zásob.

### **3.2 Model optimální velikosti dodávky**

Deterministický model optimální velikostí dodávky v systémech s uspokojenou poptávkou je světově známý pod názvem EOQ (Economic Order Quantity). Spojitá poptávka deterministického modelu je rovnoměrně rozdělená. Princip modelu je založen na pravidelném opakování shodných dodávkových cyklů (intervalů mezi dvěma dodávkami). Každý cyklus má dvě střídavě se opakující fáze: fáze čerpání zásob ze skladu a fáze doplňování zásob na skladu. Okamžik doplnění zásob na skladě nastává ve chvíli, kdy zásoba na skladě klesne na nulu.

Spotřeba celého sledovaného období  $s$  v ideálním modelu se počítá, jako velikost dodávky  $Q$  násobená počtem dodávkových cyklů  $v$ . Potom počet dodávek ve sledovaném období bude



$$v = \frac{s}{Q} = \frac{o}{T}$$

kde  $o$  je délka sledovaného období, a  $T$  je doba dodávkového cyklu (doba mezi dvěma po sobě jdoucími dodávkami).

Vzorec pro počítání průměrné výšky zásob  $\mu_Q$  je odvozen z **Obrázku\_4**, kde je vidět, že aktuální stav zásob na skladě v jednom dodávkovém cyklu se řídí vztahem  $Q - s \cdot t$ , kde  $t$  je čas v průběhu dodávkového cyklu. Z toho plyne, že průměrná výška zásob bude

$$\mu_Q = \int_0^T (Q - s \cdot t) dt = \left[ Q \cdot t - \frac{s \cdot t^2}{2} \right]_0^T = \frac{Q \cdot T}{2}$$

Při stejné velikosti každé dodávky a konstantní velikosti pořizovacích nákladů  $c_2$  (pořizovací náklady jsou nezávislé na velikosti dodávky) se celkové pořizovací náklady (náklady za všechny uskutečněné dodávky) za období  $o$  vypočítají ze vztahu

$$v \cdot c_2 = \frac{s}{Q} c_2$$

Náklady na skladování za plánovací období budou potom

$$v \cdot c_1 \cdot \mu_Q = v \cdot c_1 \cdot \frac{Q \cdot T}{2} = \frac{s}{Q} \cdot c_1 \cdot \frac{Q^2}{2 \cdot s} = \frac{Q \cdot c_1}{2}$$

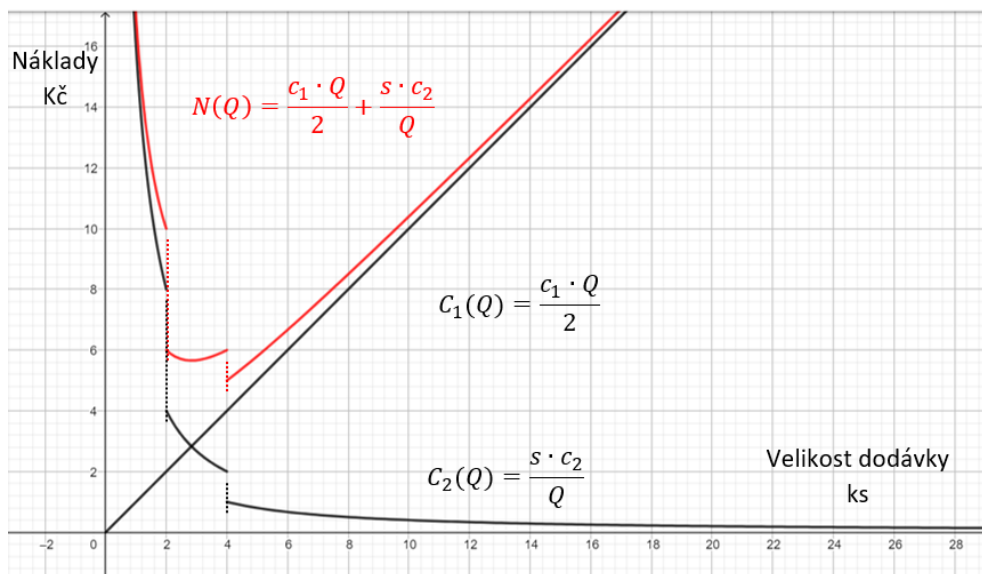
a výsledná nákladová funkce (funkce zahrnující jak celkové pořizovací náklady, tak i celkové skladovací náklady) se bude potom řídit vztahem

$$N(Q) = v \cdot \left( c_2 + c_1 \cdot \frac{Q \cdot T}{2} \right) = \frac{s \cdot c_2}{Q} + \frac{Q \cdot c_1}{2}$$

Chceme-li minimalizovat hodnotu výsledné nákladové funkce, potom postupujeme v souladu s pravidly matematické analýzy vedoucí k vyhledání extrému spojité funkce.

$$N'(Q) = -\frac{s \cdot c_2}{Q^2} + \frac{c_1}{2} = 0 \Rightarrow Q_{opt} = \sqrt{\frac{2 \cdot s \cdot c_2}{c_1}}$$

Dodavatelé materiálů zdrojů často v praxi motivují odběratele ke zvýšení objemu dodávky, poskytováním hromadných slev (např. **Obrázek\_5**).



**Obrázek\_5.** Nákladové funkce zásobovacího procesu s deterministickou poptávkou a hromadnými slevami. Zdroj: <https://www.desmos.com>.

Optimalizační výpočty využívající klasický vzorec pro optimální velikost zakázky jsou pak skoro bezvýznamné, protože celková nákladová křivka bude mít mezery v počátečních bodech nižších cen. V tomto případě rozdělujeme zkoumaný systém do intervalů, přičemž novým intervalem bude počet nakoupených zásob, které odpovídají jiné velikosti pořizovacích nákladů. Vracíme se tedy k klasické funkci celkových nákladů na zásobování a modifikujeme metodiku výpočtu optimálního nákupu.

Z matematické analýzy je známo, že absolutní extrémů funkce mohou být umístěny v inflexních bodech dané funkce nebo v bodech umístěných na konci intervalu, který omezuje definiční obor. Inflexní body budou tedy v místech, kde derivace funkce celkových nákladů bude přesně nula (tzn. bod  $Q_{opt} = \sqrt{\frac{2 \cdot s \cdot c_2}{c_1}}$ ). Dosadíme hodnoty  $Q^*$  v inflexních bodech a bodech na konci intervalů do vzorce výsledné nákladové funkci, a optimálním řešením bude hodnota  $Q_{opt}^*$ , pro kterou platí, že  $N(Q_{opt}^*)$  je minimum ze všech  $N(Q^*)$ .

Při výběru optimální dodávky je třeba vzít v úvahu také individuální podmínky (například možnost odběru objednávky pouze od pondělí do pátku, neschopnost zpracovat objednávku na státní svátky atd.). Po výpočtu optimální velikosti objednávky je možné vypočítat všechny ostatní optimální parametry modelu na základě výše uvedených rovnic. Pro porovnání účinnosti optimálního modelu se skutečným je nutné vypočítat objem celkové spotřeby pro první a druhý případ. Celkové náklady na optimální model řízení zásob budou vždy nižší.

Na krok hledání minima nákladové funkce navazuje stanovení tzv. bodu znovuobjednávky, tzn. stanovení množství zásob, při kterém odchází nová objednávka. U deterministických modelů lze daný bod získat na základě známé dodávky. Bod znovuobjednávky je roven zbytku po dělení spotřeby v průběhu dodací lhůty optimální výší dodávky.

Model EOQ je jedním z nejpoblárnějších nástrojů pro optimalizaci úrovně zásob ve skladu. Optimalizačním kritériem jsou celkové náklady na zásobování obsahující jak náklady skladovací, tak i pořizovací.

V praxi tuzemských a zahraničních firem se používají různé modifikace modelu EOQ, které navíc zohledňují některé z komponent, které jsou v daném konkrétním případě relevantní.

### **3.3 Model s přechodným neuspokojením poptávky**

Je vhodný pro případy v logistické praxi, které umožňují deficit zásob na skladě, přičemž splnění poptávky, která se vyskytne v průběhu období, kdy je na skladě deficit, se odloží a k jejímu splnění dojde v okamžiku příchodu nové dodávky na sklad. Při modelování takových systémů se vyskytují dva dosud nezmíněné charakteristické rysy.

První charakteristický rys je spojen s časovým rozdělením dodávkového cyklu. Každý dodávkový cyklus se totiž bude skládat ze dvou dílčích intervalů. První dílčí interval (následující bezprostředně po okamžiku dodání nejbližší dodávky na sklad po jeho vyprázdnění) bude reprezentovat část dodávkového cyklu, kdy poptávka zákazníků může být okamžitě splněna. Množství zásob na skladě bude kladné a k čerpání zásob dochází průběžně. Druhý dílčí interval (následující bezprostředně po ukončení prvního dílčího intervalu, tj. po vyčerpání zásob na skladě) reprezentuje období, ve kterém není poptávka splněna. Její splnění však zůstává odloženo do okamžiku příchodu nejbližší dodávky.

Druhý charakteristický rys souvisí s prvním charakteristickým rysem a to, že existuje nerealizovaná poptávka. Její maximální velikost označíme  $n$ . Potom je zřejmé, že z každé dodávky o velikosti  $Q$  bude v čase příchodu nové dodávky odčerpáno množství o velikosti  $n$  a tedy maximální výše zásob na skladu bude  $Q - n$ . Se vznikem deficitu zásob se v uvedeném modelu pojí i náklady (náklady deficitu), za každou neuspokojenou jednotku poptávky ve výši  $c_3$ .

Na základě výše uvedených dvou specifik je třeba modifikovat také funkci celkových nákladů, která má nově tvar:

$$N(Q, n) = \frac{c_1 \cdot (Q - n)^2}{2 \cdot Q} + \frac{c_2 \cdot s}{Q} + \frac{c_3 \cdot n^2}{2 \cdot Q}$$

Na základě upraveného vzorce celkových nákladů se vypočítávají nová optima, a to optimální objem jedné nabídky a optimální objem neuspokojené poptávky:

$$Q^* = \sqrt{\frac{2 \cdot s \cdot c_2}{c_1}} \cdot \sqrt{\frac{c_1 + c_3}{c_3}}$$
$$n^* = \frac{Q^* \cdot c_1}{c_1 + c_3}$$

Bod znovuobjednávky modelu vypočítáme analogicky jako v případě modelu EOQ s jednou výjimkou, a to, že bod znovuobjednávky je třeba snížit o optimální objem neuspokojené poptávky.

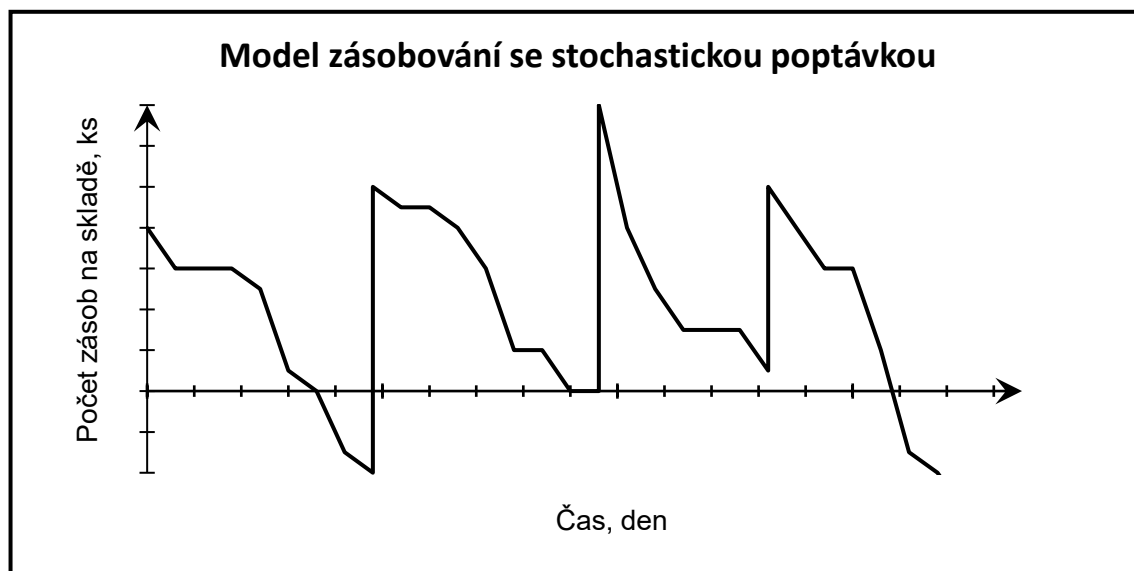
## 4 Stochastický model zásobování

Stochastické modely zásob tvoří druhou významnou skupinu modelů teorie zásob. Příkladem stochastického modelu zásobování je situace znázorněná např. **Obrázek\_6**. Stochastické modely se liší především tím, že spotřeba zásob není pevně stanovená (předem známá). Není tedy zcela jasné, kdy poptávka vznikne a v jaké výši přesně bude.

### 4.1 Charakteristiky stochastického modelu

Protože nemůžeme stoprocentně předpovědět velikost budoucí poptávky, nedá se s plnou jistotou říct, že velikost dodávky pro naplánované období pokryje velikost poptávky v tomto období, a že na konci dodávkového cyklu bude stav zásob na skladě rovný nule. Proto u modelů zásobování se stochastickou spotřebou vzniká nezbytnost počítání pojistné zásoby, což je doplňkové množství zásob určené k pokrytí náhodně se vyskytující zvýšené poptávky v rámci dodávkového cyklu.

Při matematickém popisu stochastických zásobovacích model je nutno využívat teorii pravděpodobnosti a matematickou statistiku.



**Obrázek\_6.** Grafické znázornění neoptimalizovaného stochastického zásobovacího modelu s deficitem. Zdroj: soukromý excelový dokument.

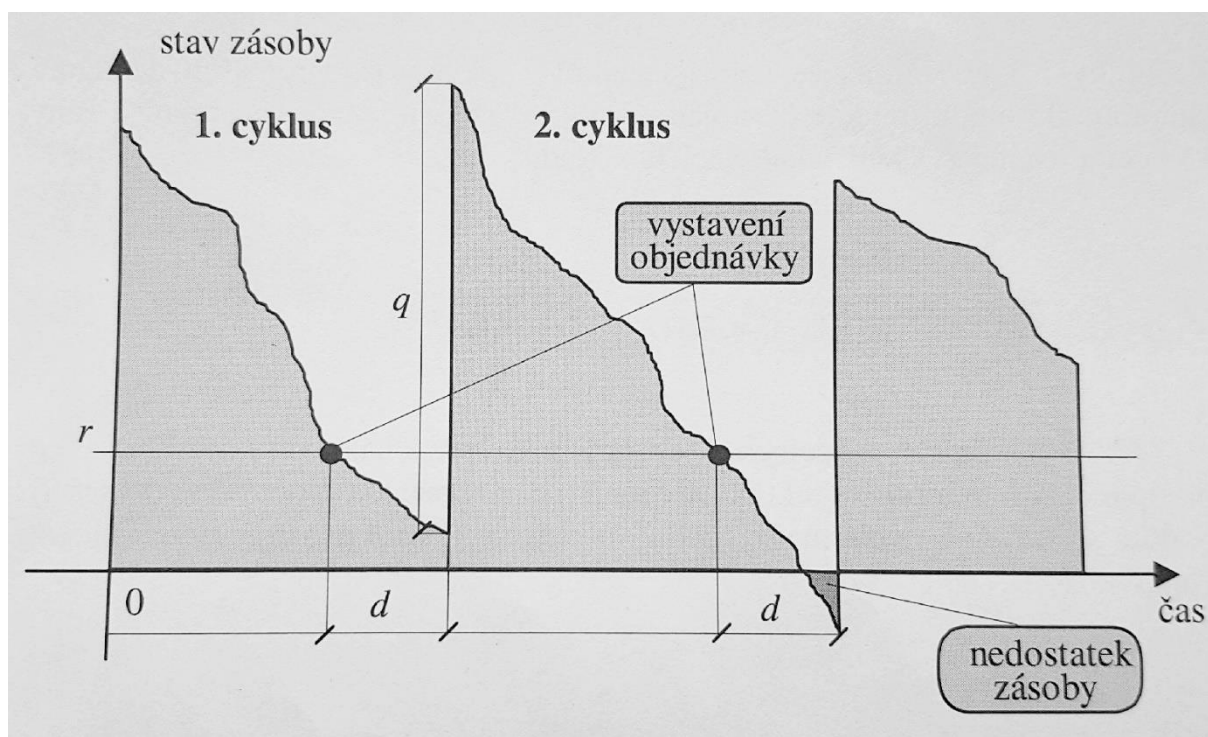
## 4.2 Model se stochastickou spojitou poptávkou

Pro model se stochastickou spojitou poptávkou platí stejné předpoklady, jako pro deterministický s výjimkou toho, že poptávka je stochastická. Pořizovací lhůtu dodávky v daném modelu i nadále uvažujeme za konstantní.

Podle publikace prof. Josefa Jablonského „Operační výzkum“ [9] nastanou v daných podmínkách dva případy:

- poptávka během pořizovací lhůty bude nižší než je stav zásob, při kterém se vystavuje objednávka, potom nedochází k neuspokojení požadavků;
- poptávka během pořizovací lhůty bude vyšší než je stav zásob, při kterém se vystavuje objednávka, potom poptávka bude částečně neuspokojená.

Oba případy jsou ilustrovány na **Obrázku 7.**, kde v prvním cyklu dochází k tomu, že nedojde ke vzniku neuspokojené poptávky a v okamžiku příchodu bude na skladě kladný stav zásob, ve druhém cyklu dojde ke vzniku neuspokojené poptávky.



**Obrázek 7.** Závislost stavu zásob na čase. Zdroj: Jablonský, Josef. Praha: Professional Publishing, 2007 ISBN: 978-80-86946-44-3

V teorii jsou popsány dva způsoby pro kompenzaci výkyvů v poptávce. V prvním případě můžeme měnit frekvenci dodávek v jejich konstantní velikosti, ve druhé můžeme měnit velikost dodávek při jejich konstantní frekvenci.

Při použití modelu se stochastickou spojitou poptávkou se předpokládá, že poptávka během dodací lhůty se řídí normálním rozdělením se střední hodnotou  $\mu_d = d\mu_Q$  a směrodatnou odchylkou  $\sigma_d = d\sigma_Q$ . Bod znovuobjednávky  $r^*$  bude na začátku výpočtu mít hodnotu střední poptávky daného modelu.

V souvislosti se stochastickým spojitým modelem se zavádí pojem *úroveň obsluhy*. Úroveň obsluhy  $\gamma$  definujeme jako pravděpodobnost, že v průběhu dodávkového cyklu nedojde k neuspokojení požadavků zákazníka. Čím vyšší úroveň obsluhy požadujeme, tím vyšší musíme mít nastavenou pojistnou zásobu. Je-li požadována úroveň služeb 0,99, potom to znamená, že průměrně v 99 dodávkových cyklech ze 100 musí být poptávka splněna (nesmí vzniknout deficit zásob). Na druhou stranu však, čím vyšší je pojistná zásoba, tím vyšší budou skladovací náklady.

Označme symbolem  $r_\gamma$  bod znovuobjednávky při požadavku na dodržení úrovně obsluhy  $\gamma$ . Bod znovuobjednávky budeme počítat následujícím způsobem:

$$r_\gamma = r^* + w$$

kde:

$r^*$  bod znovuobjednávky při požadované úrovni služeb 0,5.

$w$  velikost pojistné zásoby.

Pro výši pojistné zásoby bude platit vztah:

$$w \geq z_\gamma \sigma_d$$

$z_\gamma$  je hodnota distribuční funkce normovaného normálního rozdělení  $N(0,1)$ . Hodnoty standardizovaného normálního rozdělení jsou ukázané v **Tabulce\_1**.

Střední hodnota skladovacích a pořizovacích nákladů se potom vypočítá ze vzorce:

$$\mu_N = \sqrt{2 \cdot \mu_Q \cdot c_1 \cdot c_2} + w \cdot c_2$$



**Tabulka\_1.** Hodnoty distribuční funkce standardizovaného normálního rozdělení  $N(0,1)$  pro hodnoty  $z > 0$ . Zdroj: Jablonský, Josef. Praha: Professional Publishing, 2007 ISBN: 978-80-86946-44-3

<b>z</b>	<b>0.00</b>	<b>0.01</b>	<b>0.02</b>	<b>0.03</b>	<b>0.04</b>	<b>0.05</b>	<b>0.06</b>	<b>0.07</b>	<b>0.08</b>	<b>0.09</b>
<b>0.0</b>	0.50000	0.50399	0.50798	0.51197	0.51595	0.51994	0.52392	0.52790	0.53188	0.53586
<b>0.1</b>	0.53983	0.54380	0.54776	0.55172	0.55567	0.55962	0.56356	0.56749	0.57142	0.57535
<b>0.2</b>	0.57926	0.58317	0.58706	0.59095	0.59483	0.59871	0.60257	0.60642	0.61026	0.61409
<b>0.3</b>	0.61791	0.62172	0.62552	0.62930	0.63307	0.63683	0.64058	0.64431	0.64803	0.65173
<b>0.4</b>	0.65542	0.65910	0.66276	0.66640	0.67003	0.67364	0.67724	0.68082	0.68439	0.68793
<b>0.5</b>	0.69146	0.69497	0.69847	0.70194	0.70540	0.70884	0.71226	0.71566	0.71904	0.72240
<b>0.6</b>	0.72575	0.72907	0.73237	0.73565	0.73891	0.74215	0.74537	0.74857	0.75175	0.75490
<b>0.7</b>	0.75804	0.76115	0.76424	0.76730	0.77035	0.77337	0.77637	0.77935	0.78230	0.78524
<b>0.8</b>	0.78814	0.79103	0.79389	0.79673	0.79955	0.80234	0.80511	0.80785	0.81057	0.81327
<b>0.9</b>	0.81594	0.81859	0.82121	0.82381	0.82639	0.82894	0.83147	0.83398	0.83646	0.83891
<b>1.0</b>	0.84134	0.84375	0.84614	0.84849	0.85083	0.85314	0.85543	0.85769	0.85993	0.86214
<b>1.1</b>	0.86433	0.86650	0.86864	0.87076	0.87286	0.87493	0.87698	0.87900	0.88100	0.88298
<b>1.2</b>	0.88493	0.88686	0.88877	0.89065	0.89251	0.89435	0.89617	0.89796	0.89973	0.90147
<b>1.3</b>	0.90320	0.90490	0.90658	0.90824	0.90988	0.91149	0.91308	0.91466	0.91621	0.91774
<b>1.4</b>	0.91924	0.92073	0.92220	0.92364	0.92507	0.92647	0.92785	0.92922	0.93056	0.93189
<b>1.5</b>	0.93319	0.93448	0.93574	0.93699	0.93822	0.93943	0.94062	0.94179	0.94295	0.94408
<b>1.6</b>	0.94520	0.94630	0.94738	0.94845	0.94950	0.95053	0.95154	0.95254	0.95352	0.95449
<b>1.7</b>	0.95543	0.95637	0.95728	0.95818	0.95907	0.95994	0.96080	0.96164	0.96246	0.96327
<b>1.8</b>	0.96407	0.96485	0.96562	0.96638	0.96712	0.96784	0.96856	0.96926	0.96995	0.97062
<b>1.9</b>	0.97128	0.97193	0.97257	0.97320	0.97381	0.97441	0.97500	0.97558	0.97615	0.97670
<b>2.0</b>	0.97725	0.97778	0.97831	0.97882	0.97932	0.97982	0.98030	0.98077	0.98124	0.98169
<b>2.1</b>	0.98214	0.98257	0.98300	0.98341	0.98382	0.98422	0.98461	0.98500	0.98537	0.98574
<b>2.2</b>	0.98610	0.98645	0.98679	0.98713	0.98745	0.98778	0.98809	0.98840	0.98870	0.98899
<b>2.3</b>	0.98928	0.98956	0.98983	0.99010	0.99036	0.99061	0.99086	0.99111	0.99134	0.99158
<b>2.4</b>	0.99180	0.99202	0.99224	0.99245	0.99266	0.99286	0.99305	0.99324	0.99343	0.99361
<b>2.5</b>	0.99379	0.99396	0.99413	0.99430	0.99446	0.99461	0.99477	0.99492	0.99506	0.99520
<b>2.6</b>	0.99534	0.99547	0.99560	0.99573	0.99585	0.99598	0.99609	0.99621	0.99632	0.99643
<b>2.7</b>	0.99653	0.99664	0.99674	0.99683	0.99693	0.99702	0.99711	0.99720	0.99728	0.99736
<b>2.8</b>	0.99744	0.99752	0.99760	0.99767	0.99774	0.99781	0.99788	0.99795	0.99801	0.99807
<b>2.9</b>	0.99813	0.99819	0.99825	0.99831	0.99836	0.99841	0.99846	0.99851	0.99856	0.99861
<b>3.0</b>	0.99865	0.99869	0.99874	0.99878	0.99882	0.99886	0.99889	0.99893	0.99896	0.99900
<b>3.1</b>	0.99903	0.99906	0.99910	0.99913	0.99916	0.99918	0.99921	0.99924	0.99926	0.99929
<b>3.2</b>	0.99931	0.99934	0.99936	0.99938	0.99940	0.99942	0.99944	0.99946	0.99948	0.99950
<b>3.3</b>	0.99952	0.99953	0.99955	0.99957	0.99958	0.99960	0.99961	0.99962	0.99964	0.99965
<b>3.4</b>	0.99966	0.99968	0.99969	0.99970	0.99971	0.99972	0.99973	0.99974	0.99975	0.99976
<b>3.5</b>	0.99977	0.99978	0.99978	0.99979	0.99980	0.99981	0.99981	0.99982	0.99983	0.99983



## 5 Metody sloužící k analýze typu poptávky

### 5.1 Chí-kvadrát test

Jak již bylo uvedeno v textu, pro volbu vhodného zásobovacího modelu je rozhodující charakter poptávky. Pro maximální zjednodušení postupu optimalizace je nejvhodnější situace, ve které je poptávka deterministická nebo stochastická s nevýznamnými statistickými odchylkami od deterministického průběhu charakterizovaného rovnoměrným rozdělením. Aby bylo zajištěno, že se získaná data poptávky chovají alespoň přibližně deterministicky, je nutné shromážděná data analyzovat pomocí vhodných metod matematické statistiky. Jednou z takových vhodných metod je například Chí-kvadrát test dobré shody používaný při testování statistických hypotéz o tvaru rozdělení.

Chí-kvadrát test (test dobré shody) pracuje na principu srovnávání reálně získaných počtů (empirických četností) a očekávaných počtů (teoretických četností) vyplývajících ze zvoleného teoretického modelu.

Na začátku testu se stanoví tzv. hladina významnosti, která reprezentuje maximální pravděpodobnost, se kterou připouštíme zamítnutí tzv. nulové hypotézy týkající se vhodnosti teoretického modelu pro reprezentaci naměřených dat. Na hladiny významnosti bude záviset výsledek testu (zamítnutí nebo nezamítnutí nulové hypotézy).

Pro každou hladinu významnosti existuje tabulková kritická hodnota (Kritické hodnoty zaokrouhlené na setiny pro Chí-kvadrát test dobré shody jsou částečně uvedeny v **Tabulce\_2.**).

**Tabulka\_2.** Vybrané kritické hodnoty Chí-kvadrát testu dobré shody

		$\alpha$				
		0,01	0,05	0,50	0,95	0,99
$I - 1$	1	6,63	3,84	0,45	0,04	0,00
	2	9,21	5,99	1,39	0,10	0,02
	3	11,35	7,81	2,37	0,35	0,11
	4	13,28	9,49	3,36	0,71	0,30
	5	15,09	11,07	4,35	1,15	0,55
	5	15,09	11,07	4,35	1,15	0,55

Kritická hodnota  $\chi^2_{(l-1, \alpha)}$  je vybrána podle dvou kritérií. Prvním kritériem je již zmíněná hladina významnosti  $\alpha$ . Druhým kritériem je potom stupeň volnosti. Jestliže bylo rozdělení dáno včetně všech parametrů, je počet stupňů volnosti (počet všech parametrů-1); jestliže byl některý parametr rozdělení neznámý, snižuje se počet stupňů volnosti za každý neznámý parametr. Na základě porovnání skutečných a teoreticky očekávaných hodnot v jednotlivých třídách se vypočítá veličina označená  $\chi_j^2$

$$\chi_j^2 = \sum_i \frac{(\text{realná četnost} - \text{očekávaná četnost})^2}{\text{očekávaná četnost}}$$

když  $\chi_j^2 < \chi^2_{(j, l-1, \alpha)}$ , potom  $H_0$  nezamítáme,

když  $\chi_j^2 \geq \chi^2_{(j, l-1, \alpha)}$ , potom  $H_0$  zamítáme.

Očekávaná četnost v praktické části práce bude mít hodnotu průměrné poptávky. To reprezentuje situaci, že  $H_0$  předpokládá rovnoměrnost poptávky v čase.

Pomocí dané metody matematické statistiky určíme, zda realita má deterministický nebo stochastický charakter poptávky se statisticky nevýznamnými odchylkami. Pokud se ukáže, že odchylky skutečné spotřeby od teoretického rovnoměrného rozdělení nejsou statistické významné, potom budeme předpokládat, že spotřeba je rovnoměrná a pro plánování používáme deterministický model zásobování. To odpovídá situaci, že výsledkem statistického testu bude nezamítnutí hypotézy  $H_0$  a v dalším postupu bude použit model EOQ.

Pro další určení použitého modelu bude zcela logické studovat statistiku spotřeby zboží metodou matematické analýzy.

## **6 Charakteristické vlastnosti zásobovacího procesu**

### **6.1 Popis zásobovacího procesu**

Zkoumaný proces zásobování probíhá na úrovni centrálního skladu s další distribucí produktů do jednotlivých prodejen. Centrální sklad byl vybrán zkoumáním poptávky záměrně, neboť se dá očekávat, že poptávka na této úrovni je blíže k rovnoměrnému rozdělení. Rovnoměrnější poptávku lze s určitým stupněm pravděpodobnosti dále považovat za deterministickou.

Centrální sklad se nachází ve stejné budově jako prodejny, do kterých jsou výrobky distribuovány. Průběh poptávky po produktu v čase se zjišťuje prostřednictvím programu pokladny v jednotlivých obchodech. Program je nainstalován jak v jednotlivých prodejnách, tak i v centrálním skladu. Zaměstnanec skladu obdrží informaci, že prodejna potřebuje doplnění zásob. Po doplnění zásob v prodejně skladník obdrží potvrzení ve formě packing listu podepsaného příjemcem. Dodání z centrálního skladu se provádí jednou nebo dvakrát denně, v závislosti na vývoji poptávky po zboží.

Centrální sklad má však jednu nevýhodu: může přijímat dodávky od pondělí do pátku. Potom tento faktor omezuje výpočet optimálního množství zásob pro dodávkový cyklus.

Dodání zásob na centrální sklad se provádí v souladu s doložkou Incoterms DDU (Delivered Duty Unpaid – s dodáním clo neplaceno). Centrální sklad má smlouvu s dodavateli, ve které jsou popsány všechny podmínky, včetně povinnosti zaplatit fakturu do 14 dní ode dne vystavení faktury. V opačném případě odběratel musí zaplatit penále, které jsou fixně stanoveny za 1 den prostoje.

### **6.2 Popis skladovaného zboží**

Zásoby představují hotové tabákové výrobky – kartony cigaret. Karton cigaret má rozměry: 9,00 cm X 5,00 cm X 28,00 cm. Kartony cigaret se dodávají v krabicích o rozměrech 57,4 cm X 45,40 cm X 25,20 cm, přičemž jedna krabice obsahuje 50 kartonů cigaret. Hrubá hmotnost kartonu činí 0,26 kg; a hrubá hmotnost krabice s kartony činí 13,55 kg.

Skladování tabákových výrobků je doporučeno při teplotě 15 – 23 °C a vlhkosti vzduchu 70%.

U tabákových výrobků je možno zanedbat ztráty spojené s vypršením doby trvanlivosti.

Ostatní parametry (objem a hmotnost) mají přímý vliv na náklady na skladování a na pořizovací náklady.

### 6.3 Analýza poptávky zadaného zásobovacího procesu.

Analýza poptávky provedená v bakalářské práci je založena na údajích o spotřebě tabákových výrobků v průběhu roku. Analýza byla provedena na základě údajů o zásobování prodejen z centrálního skladu. Dílčí období, ve kterém bylo testování prováděno, je plánovací období 364 dnu. Pro dílčí období bude testováno, zda se denní spotřeba řídí rovnoměrným rozdělením.

V plánovacím období má systém 6 dní, kdy byla spotřeba nebyla evidována. Proto by měly být před zahájením analýzy chybějící údaje o spotřebě doplněny. Nahradíme chybějící data zaokrouhlenou průměrnou denní hodnotou spotřeby, která je 42 ks / den.

Dal můžeme analyzovat opravený systém. Očekávaná denní spotřeba pro test bude vypočítaná, jako zaokrouhlený průměr reálných denních spotřeb plánovacího období. Potom kritérium chí-kvadrát pro plánovací období vypočítáme z rovnici:

$$\chi_j^2 = \sum \frac{(\text{reálná denní spotřeba} - \text{očekávaná denní spotřeba})^2}{\text{očekávaná denní spotřeba}}$$

Průměr denní spotřeby je 41, 76. Po zakrouhlení dostaneme očekávanou denní spotřebu 42 ks / den.

Kritická hodnota pro test dobré shody bude  $\chi_{(\text{počet dní plánovacího období}-1,\alpha)}^2$ , kde  $\alpha$  je hladině významnosti 5%. Podrobnější výpočet testu dobré shody je v **Priloze\_1**. Výsledky testu chí-kvadrát jsou uvedené v **Tabulce\_3**.

**Tabulka\_3.** Výsledky testu dobré shody.

$\chi_{(363,\alpha)}^2$	$\chi_j^2$	H <sub>0</sub>
408,43	152,38	nezamítáme

Na základě testu se uznává, že údaje o rovnoměrném rozdělení lze v tomto modelu použít k optimalizaci procesu řízení zásob. Pro další výpočty použijeme očekávanou hodnotu spotřeby. Chybějící data o spotřebě budou doplněná. Reálná celoroční spotřeba bude se počítat, jako celková evidovaná spotřeba + 42 \* počet dní s nulovou poptávkou = 14 950 ks / plánovací období + 42 ks / den \* 6 dní = 15 202 ks / plánovací období.

Nejprve najdeme optimální řešení založené na modelu EOQ. Poté zkontrolujeme, zda je to řešení vhodné pro daný systém. Pokud řešení není vyhovující, pokusíme se tuto metodu přizpůsobit stávajícímu systému.

## 7 Aplikace modelu EOQ na zásobovací systém

Na základě výsledků testu dobré shody byla použita očekávaná hodnota poptávky 42 ks pro další výpočet.

Známa data pro model EOQ tedy mají hodnoty:

plánovací období .....364 dní  $\approx$  12 měsíců = 1 rok;  
 očekávaná denní poptávka .....42 ks / den;  
 očekávaná roční poptávka ..... 42 ks / den \* 364 dní = 15 288 ks / plánovací období;  
 pořizovací náklady na jednu dodávku .....264,59 Kč;  
 skladovací náklady.....39 Kč / ks / plánovací období;  
 pořizovací lhůta.....7 dní.

Systém má pořizovací lhůtu objednávky 7 dní, což znamená, že bod znovuobjednávky systému budeme počítat jako objem odebraných kartonů z centrálního skladu zásob za 7 dní, a to bude 294 kusy. Při 294 kusech kartonů na skladu vystavíme novou objednávku.

Na základě výše uvedených vstupních údajů vypočítáme optimální výši dodávky:

$$Q_{opt} = \sqrt{\frac{2 \cdot s \cdot c_2}{c_1}} = \sqrt{\frac{2 \cdot \left(42 \frac{\text{ks}}{\text{den}} \cdot 364 \text{ dní}\right) \cdot 264,59 \frac{\text{Kč}}{\text{dodávkový cyklus}}}{39 \frac{\text{Kč/ks}}{\text{plánovací období a karton}}}} \approx 456 \text{ ks / dodávkový cyklus.}$$

Z vypočítané optimální hodnoty výše dodávky dále vypočítáme dobu dodávkového cyklu. Lze ji vypočítat jako:

$$T = \frac{Q_{opt}}{s} = \frac{456 \frac{\text{ks}}{\text{dodávkový cyklus}}}{15\,288 \frac{\text{ks}}{\text{rok}}} \approx 0,03 \text{ rok} \approx 10,98 \text{ dní}$$

Protože je vyžadováno, aby dodávky byly uskutečňovány ve stejný den v týdnu, uvažují se dodávkové cykly ohraničující vypočítanou hodnotu – v tomto případě dodávkové cykly o délkách 7 dní a 14 dní.

Při zachování požadavku na pravidelné zásobování centrálního skladu ve stejný den vypočítáme nové výše dodávek pro oba dodávkové cykly.

$$T_1 = 7 \text{ dní} = \frac{7}{364} \text{ rok};$$

$$T_2 = 14 \text{ dní} = \frac{14}{364} \text{ rok.}$$

Dodávkovému cyklu o délce 7 dní odpovídá výše dodávky:

$$Q_{opt}^1 = T_1 \cdot s = \frac{7}{364} \text{rok} \cdot 15\,288 \frac{\text{ks}}{\text{plánovací období}} = 294 \text{ ks}$$

Dodávkovému cyklu o délce 14 dní odpovídá výše dodávky:

$$Q_{opt}^2 = T_2 \cdot s = \frac{14}{364} \text{rok} \cdot 15\,288 \frac{\text{ks}}{\text{plánovací období}} = 588 \text{ ks}$$

Pro výběr optimálního řešení při dodržení pravidelného dne dodání musíme vypočítat náklady na roční zásobování, které v obou případech vzniknou:

$$\begin{aligned} N(Q_{opt}^1) &= \frac{s \cdot c_2}{Q_{opt}^1} + \frac{Q_{opt}^1 \cdot c_1}{2} \\ &= \frac{42 \frac{\text{ks}}{\text{den}} \cdot 364 \text{ dní} \cdot 264,59 \text{ Kč}}{294 \text{ ks}} + \frac{294 \text{ ks} \cdot 39 \frac{\text{Kč}}{\text{ks} \cdot \text{plánovací období}}}{2} = \\ &= 19\,491,68 \text{ Kč} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} N(Q_{opt}^2) &= \frac{s \cdot c_2}{Q_{opt}^2} + \frac{Q_{opt}^2 \cdot c_1}{2} \\ &= \frac{42 \frac{\text{ks}}{\text{den}} \cdot 364 \text{ dní} \cdot 264,59 \text{ Kč}}{588 \text{ ks}} + \frac{588 \text{ ks} \cdot 39 \frac{\text{Kč}}{\text{ks} \cdot \text{plánovací období}}}{2} = \\ &= 18\,345,34 \text{ Kč} \end{aligned}$$

Z výsledků výpočtů je zřejmé, že nižší roční náklady na zásobování vyvolá 14-ti denní dodávkový cyklus. Z toho vyplývá, že pro celý model zásobování existuje pouze jedna optimální velikost a ona je rovna 588 ks.

Rekapitulace výsledků:

velikost jedné dodávky.....588 ks / dodávkový cyklus;  
dodávkový cyklus.....14 dní;  
počet dodávek v plánovacím období..... 26 dodávek / plánovací období;  
celkové náklady na zásobování.....18 342,34 Kč / plánovací období

V dalším textu bude pro úplnost uveden i teoretický výpočet uvažující s průměrnou denní spotřebou ve výši 41,76 ks kartonů za den.

Známa data pro model EOQ tedy mají hodnoty:

plánovací období..... 364 dní  $\approx$  12 měsíců = 1 rok;  
 očekávaná denní poptávka..... 41,76 ks / den;  
 očekávaná roční poptávka ..... 41,76 ks / den \* 364 dní  $\approx$  15 201 ks / plánovací období;  
 pořizovací náklady na jednu dodávku..... 264,59 Kč;  
 skladovací náklady..... 39 Kč / ks / plánovací období;  
 pořizovací lhůta..... 7 dní.

Na základě výše uvedených vstupních údajů vypočítáme optimální výši dodávky:

$$Q_{opt} = \sqrt{\frac{2 \cdot s \cdot c_2}{c_1}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 41,76 \frac{\text{ks}}{\text{den}} \cdot 364 \text{ dní} \cdot 264,59 \frac{\text{Kč}}{\text{dodávkový cyklus}}}{39 \frac{\text{Kč}}{\text{plánovací období}}}} \approx 454 \text{ ks/dodávkový cyklus.}$$

Z vypočítané optimální hodnoty výše dodávky dále vypočítáme dobu dodávkového cyklu. Lze ji vypočítat jako:

$$T = \frac{Q_{opt}}{s} = \frac{454 \frac{\text{ks}}{\text{dodávkový cyklus}}}{15\,201 \frac{\text{ks}}{\text{rok}}} \approx 0,03 \text{ rok} \approx 10,98 \text{ dní}$$

Protože je vyžadováno, aby dodávky byly uskutečňovány ve stejný den v týdnu, uvažují se dodávkové cykly ohraničující vypočítanou hodnotu – v tomto případě dodávkové cykly o délkách 7 dní a 14 dní.

Při zachování požadavku na pravidelné zásobování centrálního skladu ve stejný den vypočítáme nové výše dodávek pro oba dodávkové cykly.

$$T_1 = 7 \text{ dní} = \frac{7}{364} \text{ rok};$$

$$T_2 = 14 \text{ dní} = \frac{14}{364} \text{ rok.}$$

Dodávkovému cyklu o délce 7 dní odpovídá výše dodávky:

$$Q_{opt}^3 = T_3 \cdot s = \frac{7}{364} \text{ rok} \cdot 15\,201 \frac{\text{ks}}{\text{plánovací období}} = 292 \text{ ks}$$

Dodávkovému cyklu o délce 14 dní odpovídá výše dodávky:

$$Q_{opt}^4 = T_4 \cdot s = \frac{14}{364} \text{ rok} \cdot 15\,201 \frac{\text{ks}}{\text{plánovací období}} = 585 \text{ ks}$$

Pro výběr optimálního řešení při dodržení pravidelného dne dodání musíme vypočítat náklady na roční zásobování, které v obou případech vzniknou:

$$\begin{aligned}
 N(Q_{opt}^3) &= \frac{s \cdot c_2}{Q_{opt}^3} + \frac{Q_{opt}^3 \cdot c_1}{2} = \\
 &= \frac{41,76 \frac{\text{ks}}{\text{den}} \cdot 364 \text{ dni} \cdot 264,59 \text{ Kč}}{292 \text{ ks}} + \frac{292 \text{ ks} \cdot 39 \frac{\text{Kč}}{\text{ks} \cdot \text{plánovací období}}}{2} = \\
 &= 19\,467,76 \text{ Kč}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 N(Q_{opt}^4) &= \frac{s \cdot c_2}{Q_{opt}^4} + \frac{Q_{opt}^4 \cdot c_1}{2} = \\
 &= \frac{41,76 \frac{\text{ks}}{\text{den}} \cdot 364 \text{ dni} \cdot 264,59 \text{ Kč}}{585 \text{ ks}} + \frac{585 \text{ ks} \cdot 39 \frac{\text{Kč}}{\text{ks} \cdot \text{plánovací období}}}{2} = \\
 &= 18\,282,61 \text{ Kč}
 \end{aligned}$$

Z výsledků teoretického výpočtu je zřejmé, že nižší roční náklady na zásobování vyvolá 14-ti denní dodávkový cyklus. Z toho vyplývá, že pro zásobovací strategii existuje pouze jedna optimální velikost dodávky rovna 585 ks.

Rekapitulace výsledků:

velikost jedné dodávky .....585 ks / dodávkový cyklus;  
dodávkový cyklus.....14 dní;  
počet dodávek v plánovacím období ..... 26 dodávek / plánovací období;  
celkové náklady na zásobování.....18 282,61 Kč / plánovací období



## 8 Porovnání výsledků modelu EOQ se stávajícím způsobem zásobování

Po dokončení procesu optimalizace řízení zásob je třeba dosažené výsledky porovnat se současným stavem. Porovnání bude provedeno prostřednictvím celkových nákladů na zásobování.

V současném stavu jsou tabákové výrobky dodávány v množstvích 1 150 ks. Náklady na současný způsob zásobování (při nezměněných ostatních vstupních hodnotách) tedy činí:

$$\begin{aligned} N(Q_{realná}) &= N(1150) = N(1150) = \frac{s \cdot c_2}{Q_{opt}^1} + \frac{Q_{opt}^1 \cdot c_1}{2} = \\ &= 13 \cdot 264,59 \text{ Kč} + \frac{1150 \text{ ks} \cdot 39 \frac{\text{Kč}}{\text{plánovací období}}}{2} = 25\,864,67 \text{ Kč} \end{aligned}$$

Pro hodnoty nákladových funkcí pro jednotlivé výše dodávek potom platí:

$$N(1150) > N(588) > N(585)$$

Provedené výpočty ukazují, že s využitím modelu EOQ byla nalezena efektivnější výše zásob pro zásobovací systém. Nová výše zásob má nižší náklady na zásobování, než je současný stav. Použitý model ukazuje, že v důsledku optimalizace procesů řízení zásob v tomto případě existuje možnost ušetřit na nákladech 7 582,06 Kč.

Model EOQ v tomto případě dává korektní výsledky, zejména proto, že s použitím testu dobré shody nebyla zamítnuta hypotéza o statisticky významném rozdílu naměřených dat spotřeby s rovnoměrným rozdělením.

Provozovateli skladu tabákových výrobků je doporučeno, aby postupoval následovně: objednával dodávky ve výši 585 ks  $\Rightarrow$  během celého plánovacího období přijde 26 dodávek, bod znovuobjednávky nastane při stavu zásob 294 ks, celkové náklady na systém zásobování jsou 18 282,61 Kč.

V reálném prostředí je nutno počítat s tím, že se mohou vyskytnout drobné odchylky, protože řešený systém není absolutně deterministický.

## Závěr

Řízení zásob je nedílnou součástí logistického řetězce. Cílem prací bylo na základě analýzy zásobovacího systému vybrané společnosti optimalizovat náklady v existujícím zásobovacím procesu.

Teoretická část seznamuje čtenáře s metodami řízení zásob. Teoretická část práce obsahuje rovněž metodu statistické analýzy, která je vhodná pro určení charakteru spotřeby zásob v čase.

V praktické části práce bylo pomocí matematické statistiky dokázáno, že v průběhu spotřeby nedochází ke statisticky významným změnám ve srovnání s rovnoměrným rozdělením, které by spotřebu modelovalo v ideálním případě, na řešený zásobovací systém se tedy dá aplikovat deterministický zásobovací model EOQ. Data o celoroční spotřebě a nákladech byla použita z praxe. Data byla obdržena ve tabulce formátu Excel. Další výpočty matematické statistiky jsem také prováděla pomocí Excelu.

Na základě teoretických poznatků byla vypočítána optimální výše dodávky. Vzhledem k požadavku na pravidelnost dodávek ze strany centrálního skladu však bylo nutné upravit metody výpočtu a zvolit takovou hodnotu dodávkového cyklu, který by vyhovoval požadavkům skladu. V závěru praktické části bylo prokázáno, že celkové náklady plynoucí z navrhovaných změn jsou nižší než skutečné celkové náklady.

Výpočet optimální objednávky zásob dle modelování EOQ je vhodné použít nejen pouze v kompletně deterministických systémech, ale také, pokud je možné prokázat, že systém je téměř deterministický. Výsledky modelu EOQ se v druhém případě sice mohou částečně odlišovat od reality, ale dokud není potvrzena statistická významnost rozdílu mezi naměřenými a očekávanými hodnotami, je možno výsledky modelu EOQ považovat za věrohodné.

V důsledku psaní bakalářské práce jsem se blíže seznámila s teorií zásob, která hraje velký význam v podmínkách logistiky.

Obecně platí, že modelování řízení zásob je velice složitý problém. V procesu studia konkrétního zásobovacího procesu existuje mnoho provozních specifik, které by měly být zohledněny. Zásobovací proces je ovlivněn umístěním skladu, jeho provozní dobou, omezeními výrobce a distributora.

Klíčovým prvkem úspěšnosti každého zásobovacího systému je odhad poptávky. Nejjednodušším způsobem, jak odhadovat poptávku bylo v minulosti zohlednění průměrné spotřeby zásob. To se může jevit účinné i v současnosti, ale je třeba mít na paměti, že hodnota průměru může být značně zkreslující. Vzhledem k pokroku v informačních technologiích se pro tyto účely dá doporučit využití neuronových sítí, které umožňují poptávku modelovat. Čím podrobnější informace o průběhu spotřeby v čase jsou k dispozici, tím efektivnější může být systém řízení zásob.

## **Použité zdroje**

### **Literatura.**

[1] BOWERSOX, Donald J. Logistical management: a systems integration of physical distribution management, material management, and logistical coordination. New York: Macmillan, 1974, xxi, 516 p. ISBN 0023130504.

[2] STEHLÍK, A., KAPOUN, J. Logistika pro manažery. 1. Vyd. Praha: Ekopress, 2008. 256 s. ISBN 978-80-86929-37-8

[4] SCHULTE, Christof. Logistika. Translated by Gustav Tomek - Adolf Baudyš. 1. vyd. Praha: Victoria Publishing, 1994. 301 s. ISBN 80-85605-87-2.

[5] UNČOVSKÝ, L. Stochastické modely operačnej analýzy. 1st ed. Bratislava: ALFA, 1980, 416 p. ISBN 63-557-80

[6] Сергеев, В. И. Логистика снабжения : учебник для бакалавриата и магистратуры / В. И. Сергеев, И. П. Эльяшевич ; под общей редакцией В. И. Сергеева. — 3-е изд., перераб. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2019. — 384 с. — (Бакалавр и магистр. Академический курс). — ISBN 978-5-534-00079-5.

[7] LAMBERT, Douglas M., James R. STOCK a Lisa M. ELLRAM. Logistika. 2. vyd. Praha: Computer Press, 2000. xviii, 589. ISBN 8072262211

[8] Jablonský, Josef. Praha: Professional Publishing, 2007 ISBN: 978-80-86946-44-3

### **Internetové zdroje**

[3] <https://slovar-vocab.com/english/concise-oxford-dictionary/logistics-6762279.html>

## **Seznam příloh**

**Příloha 1** Test dobré shody

# Příloha 1

Reálná p	Očekavaná p						
x(j,i)	p(j,i)	Ek(j)	k(j,i)	k(j)	X2(j,i)	X2(j)	X2(j,k(j)-1,0,05)
42	42	364	1	28	0,00	152,38	408,43
42	42		2		0,00		
43	42		3		0,02		
43	42		4		0,02		
45	42		5		0,21		
42	42		6		0,00		
38	42		7		0,38		
40	42		8		0,10		
45	42		9		0,21		
42	42		10		0,00		
42	42		11		0,00		
44	42		12		0,10		
52	42		13		2,38		
42	42		14		0,00		
42	42		15		0,00		
42	42		16		0,00		
37	42		17		0,60		
42	42		18		0,00		
49	42		19		1,17		
45	42		20		0,21		
43	42		21		0,02		
41	42		22		0,02		
42	42		23		0,00		
42	42		24		0,00		
45	42		25		0,21		
45	42		26		0,21		
33	42		27		1,93		
42	42		28		0,00		
36	42	28	1	0,86			
40	42		2	0,10			
44	42		3	0,10			
42	42		4	0,00			
42	42		5	0,00			
43	42		6	0,02			
35	42		7	1,17			
44	42		8	0,10			
44	42		9	0,10			
42	42		10	0,00			
42	42		11	0,00			
42	42		12	0,00			
35	42		13	1,17			

42	42	14	0,00		
42	42	15	0,00		
42	42	16	0,00		
33	42	17	1,93		
42	42	18	0,00		
42	42	19	0,00		
32	42	20	2,38		
40	42	21	0,10		
42	42	22	0,00		
42	42	23	0,00		
50	42	24	1,52		
42	42	25	0,00		
49	42	26	1,17		
48	42	27	0,86		
31	42	28	2,88		
51	42	1	1,93		
40	42	2	0,10		
42	42	3	0,00		
42	42	4	0,00		
43	42	5	0,02		
43	42	6	0,02		
48	42	7	0,86		
42	42	8	0,00		
38	42	9	0,38		
42	42	10	0,00		
42	42	11	0,00		
49	42	12	1,17		
51	42	13	1,93		
44	42	14	0,10		
42	42	15	0,00	28	
44	42	16	0,10		
44	42	17	0,10		
34	42	18	1,52		
42	42	19	0,00		
42	42	20	0,00		
40	42	21	0,10		
42	42	22	0,00		
42	42	23	0,00		
47	42	24	0,60		
42	42	25	0,00		
44	42	26	0,10		
28	42	27	4,67		
42	42	28	0,00		
39	42	1	0,21	28	
39	42	2	0,21		

42	42	3	0,00		
33	42	4	1,93		
45	42	5	0,21		
42	42	6	0,00		
42	42	7	0,00		
40	42	8	0,10		
40	42	9	0,10		
46	42	10	0,38		
36	42	11	0,86		
49	42	12	1,17		
36	42	13	0,86		
42	42	14	0,00		
42	42	15	0,00		
35	42	16	1,17		
39	42	17	0,21		
42	42	18	0,00		
42	42	19	0,00		
37	42	20	0,60		
39	42	21	0,21		
37	42	22	0,60		
38	42	23	0,38		
39	42	24	0,21		
42	42	25	0,00		
42	42	26	0,00		
45	42	27	0,21		
44	42	28	0,10		
39	42	1	0,21		
38	42	2	0,38		
41	42	3	0,02		
42	42	4	0,00		
43	42	5	0,02		
31	42	6	2,88		
52	42	7	2,38		
42	42	8	0,00		
38	42	9	0,38		
42	42	10	0,00		
40	42	11	0,10	28	
44	42	12	0,10		
44	42	13	0,10		
44	42	14	0,10		
42	42	15	0,00		
44	42	16	0,10		
44	42	17	0,10		
34	42	18	1,52		
42	42	19	0,00		
46	42	20	0,38		



36	42	21	0,86		
49	42	22	1,17		
36	42	23	0,86		
42	42	24	0,00		
42	42	25	0,00		
35	42	26	1,17		
33	42	27	1,93		
33	42	28	1,93		
50	42	1	1,52		
38	42	2	0,38		
39	42	3	0,21		
42	42	4	0,00		
43	42	5	0,02		
42	42	6	0,00		
42	42	7	0,00		
41	42	8	0,02		
41	42	9	0,02		
45	42	10	0,21		
42	42	11	0,00		
42	42	12	0,00		
40	42	13	0,10		
40	42	14	0,10		
46	42	15	0,38	28	
36	42	16	0,86		
42	42	17	0,00		
42	42	18	0,00		
29	42	19	4,02		
42	42	20	0,00		
42	42	21	0,00		
44	42	22	0,10		
34	42	23	1,52		
42	42	24	0,00		
42	42	25	0,00		
48	42	26	0,86		
47	42	27	0,60		
42	42	28	0,00		
44	42	1	0,10		
38	42	2	0,38		
42	42	3	0,00		
41	42	4	0,02		
41	42	5	0,02	28	
38	42	6	0,38		
42	42	7	0,00		
42	42	8	0,00		
42	42	9	0,00		

42	42	10	0,00		
36	42	11	0,86		
42	42	12	0,00		
41	42	13	0,02		
44	42	14	0,10		
42	42	15	0,00		
42	42	16	0,00		
43	42	17	0,02		
45	42	18	0,21		
42	42	19	0,00		
38	42	20	0,38		
42	42	21	0,00		
37	42	22	0,60		
51	42	23	1,93		
44	42	24	0,10		
42	42	25	0,00		
39	42	26	0,21		
40	42	27	0,10		
40	42	28	0,10		
42	42	1	0,00		
42	42	2	0,00		
43	42	3	0,02		
42	42	4	0,00		
44	42	5	0,10		
40	42	6	0,10		
48	42	7	0,86		
45	42	8	0,21		
42	42	9	0,00		
42	42	10	0,00		
43	42	11	0,02		
40	42	12	0,10		
42	42	13	0,00		
42	42	14	0,00	28	
46	42	15	0,38		
49	42	16	1,17		
42	42	17	0,00		
44	42	18	0,10		
44	42	19	0,10		
42	42	20	0,00		
38	42	21	0,38		
40	42	22	0,10		
40	42	23	0,10		
42	42	24	0,00		
39	42	25	0,21		
49	42	26	1,17		

39	42	27	0,21		
42	42	28	0,00		
47	42	1	0,60		
42	42	2	0,00		
45	42	3	0,21		
45	42	4	0,21		
45	42	5	0,21		
42	42	6	0,00		
39	42	7	0,21		
42	42	8	0,00		
37	42	9	0,60		
42	42	10	0,00		
42	42	11	0,00		
42	42	12	0,00		
49	42	13	1,17		
34	42	14	1,52		
37	42	15	0,60	28	
42	42	16	0,00		
42	42	17	0,00		
40	42	18	0,10		
42	42	19	0,00		
42	42	20	0,00		
43	42	21	0,02		
40	42	22	0,10		
46	42	23	0,38		
40	42	24	0,10		
42	42	25	0,00		
41	42	26	0,02		
39	42	27	0,21		
21	42	28	10,50		
44	42	1	0,10		
35	42	2	1,17		
40	42	3	0,10		
40	42	4	0,10		
42	42	5	0,00		
41	42	6	0,02		
42	42	7	0,00		
37	42	8	0,60	28	
36	42	9	0,86		
37	42	10	0,60		
40	42	11	0,10		
42	42	12	0,00		
40	42	13	0,10		
39	42	14	0,21		
39	42	15	0,21		

39	42	16	0,21		
42	42	17	0,00		
44	42	18	0,10		
38	42	19	0,38		
42	42	20	0,00		
39	42	21	0,21		
40	42	22	0,10		
42	42	23	0,00		
42	42	24	0,00		
42	42	25	0,00		
39	42	26	0,21		
41	42	27	0,02		
40	42	28	0,10		
38	42	1	0,38		
41	42	2	0,02		
33	42	3	1,93		
40	42	4	0,10		
44	42	5	0,10		
29	42	6	4,02		
36	42	7	0,86		
38	42	8	0,38		
42	42	9	0,00		
42	42	10	0,00		
40	42	11	0,10		
47	42	12	0,60		
41	42	13	0,02		
41	42	14	0,02		
34	42	15	1,52	28	
38	42	16	0,38		
41	42	17	0,02		
42	42	18	0,00		
42	42	19	0,00		
42	42	20	0,00		
31	42	21	2,88		
41	42	22	0,02		
41	42	23	0,02		
42	42	24	0,00		
55	42	25	4,02		
41	42	26	0,02		
42	42	27	0,00		
42	42	28	0,00		
52	42	1	2,38		
48	42	2	0,86	28	
46	42	3	0,38		
46	42	4	0,38		

42	42	5	0,00		
52	42	6	2,38		
42	42	7	0,00		
47	42	8	0,60		
41	42	9	0,02		
42	42	10	0,00		
48	42	11	0,86		
42	42	12	0,00		
46	42	13	0,38		
48	42	14	0,86		
37	42	15	0,60		
53	42	16	2,88		
40	42	17	0,10		
41	42	18	0,02		
48	42	19	0,86		
50	42	20	1,52		
40	42	21	0,10		
42	42	22	0,00		
42	42	23	0,00		
39	42	24	0,21		
42	42	25	0,00		
46	42	26	0,38		
38	42	27	0,38		
42	42	28	0,00		
48	42	1	0,86		
48	42	2	0,86		
45	42	3	0,21		
42	42	4	0,00		
42	42	5	0,00		
50	42	6	1,52		
40	42	7	0,10		
46	42	8	0,38		
39	42	9	0,21		
42	42	10	0,00		
42	42	11	0,00	28	
42	42	12	0,00		
50	42	13	1,52		
49	42	14	1,17		
49	42	15	1,17		
40	42	16	0,10		
41	42	17	0,02		
42	42	18	0,00		
48	42	19	0,86		
52	42	20	2,38		
40	42	21	0,10		

42	42		22	0,00		
42	42		23	0,00		
39	42		24	0,21		
42	42		25	0,00		
48	42		26	0,86		
42	42		27	0,00		
42	42		28	0,00		