Využití optimalizačních nástrojů v řízení nákladů společnosti XY

Petra Zelinková

Bakalářská práce
2010

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta managementu a ekonomiky

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta managementu a ekonomiky
Ústav statistiky a kvantitativních metod
akademický rok: 2009/2010

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

Jméno a příjmení:	**Petra ZELINKOVÁ**
Osobní číslo:	**M07940**
Studijní program:	**B 6208 Ekonomika a management**
Studijní obor:	**Management a ekonomika**
Téma práce:	**Využití optimalizačních nástrojů v řízení nákladů společnosti XY**

Zásady pro vypracování:

Úvod

I. Teoretická část

- **Na základě kritické literární rešerše popište metody optimalizace nákladů.**

II. Praktická část

- **Analyzujte podnikové procesy ve společnosti XY.**
- **Návrhněte optimalizaci nákladů ve společnosti XY.**

Závěr

Rozsah bakalářské práce: **40 stran**

Rozsah příloh:

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

[1] DOSTÁL, P. Pokročilé metody analýz a modelování v podnikatelství a veřejné správě. 1. vyd. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2008. 340 s. ISBN 978-80-7204-605-8.
[2] GROS, I. Kvantitativní metody v manažerském rozhodování. 1. vyd. Praha: Grada, 2003. 432 s. ISBN 80-247-0421-8.
[3] HNILICA, J. Aplikovaná analýza rizika ve finančním managementu a investičním rozhodování. 1. vyd. Praha: Grada, 2009. 262 s. ISBN 978-80-247-2560-4.
[4] KOLČAVOVÁ, A. Kvantitativní metody v rozhodování. 3. vyd. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2008. 182 s. ISBN 978-80-7318-760-6.
[5] ZIMOLA, B. Operační výzkum. 5. vyd. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2009. 168 s. ISBN 978-80-7318-878-8.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Martin Kovářík**
Ústav statistiky a kvantitativních metod

Datum zadání bakalářské práce: **6. dubna 2010**

Termín odevzdání bakalářské práce: **21. května 2010**

Ve Zlíně dne 6. dubna 2010

UNIVERZITA TOMÁŠE BATI VE ZLÍNĚ
Fakulta managementu a ekonomiky

L.S.

doc. Dr. Ing. Drahomíra Pavelková
děkanka

Ing. Radek Benda, Ph.D.
ředitel ústavu

PROHLÁŠENÍ AUTORA BAKALÁŘSKÉ/DIPLOMOVÉ PRÁCE

Beru na vědomí, že

- odevzdáním diplomové/bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby [1)];
- beru na vědomí, že diplomová/bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k nahlédnutí;
- na moji diplomovou/bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3 [2)];
- podle § 60 [3)] odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- podle § 60 [3)] odst. 2 a 3 mohu užít své dílo – diplomovou/bakalářskou práci - nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- pokud bylo k vypracování diplomové/bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tj. k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové/bakalářské práce využít ke komerčním účelům.

Ve Zlíně 7.5.2010 ... Zelinková

1) zákon č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, § 47b Zveřejňování závěrečných prací:

(1) Vysoká škola nevýdělečně zveřejňuje disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce, u kterých proběhla obhajoba, včetně posudků oponentů a výsledku obhajoby prostřednictvím databáze kvalifikačních prací, kterou spravuje. Způsob zveřejnění stanoví vnitřní předpis vysoké školy.

(2) Disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce odevzdané uchazečem k obhajobě musí být též nejméně pět pracovních dnů před konáním obhajoby zveřejněny k nahlížení veřejnosti v místě určeném vnitřním předpisem vysoké školy nebo není-li tak určeno, v místě pracoviště vysoké školy, kde se má konat obhajoba práce. Každý si může ze zveřejněné práce pořizovat na své náklady výpisy, opisy nebo rozmnoženiny.

(3) Platí, že odevzdáním práce autor souhlasí se zveřejněním své práce podle tohoto zákona, bez ohledu na výsledek obhajoby.

2) zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 35 odst. 3:

(3) Do práva autorského také nezasahuje škola nebo školské či vzdělávací zařízení, užije-li nikoli za účelem přímého nebo nepřímého hospodářského nebo obchodního prospěchu k výuce nebo k vlastní potřebě dílo vytvořené žákem nebo studentem ke splnění školních nebo studijních povinností vyplývajících z jeho právního vztahu ke škole nebo školskému či vzdělávacího zařízení (školní dílo).

3) zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 60 Školní dílo:

(1) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení mají za obvyklých podmínek právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla (§ 35 odst. 3). Odpírá-li autor takového díla udělit svolení bez vážného důvodu, mohou se tyto osoby domáhat nahrazení chybějícího projevu jeho vůle u soudu. Ustanovení § 35 odst. 3 zůstává nedotčeno.

(2) Není-li sjednáno jinak, může autor školního díla své dílo užít či poskytnout jinému licenci, není-li to v rozporu s oprávněnými zájmy školy nebo školského či vzdělávacího zařízení.

(3) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení jsou oprávněny požadovat, aby jim autor školního díla z výdělku jím dosaženého v souvislosti s užitím díla či poskytnutím licence podle odstavce 2 přiměřeně přispěl na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložily, a to podle okolností až do jejich skutečné výše; přitom se přihlédne k výši výdělku dosaženého školou nebo školským či vzdělávacím zařízením z užití školního díla podle odstavce 1.

ABSTRAKT

Ve své bakalářské práci se budu zabývat problematikou optimalizace nákladů ve společnosti XY u vybraných výrobků, tj. tyčinek a čokoládových figurek. Obsahem teoretické části je lineární programovaní, úloha optimalizace výrobního programu, dále předpovědní modely, Taguchiho ztrátová funkce, celkové náklady na jakost a výpočet optimálního kontrolního intervalu a Paretova analýza. V praktické části krátce představím společnost a aplikuji výše popsané analýzy z teoretické části na společnost. Hlavním cílem mé práce je poukázat na tyto vynaložené náklady a navrhnout podniku doporučení, týkající se optimalizace nákladů.

Klíčová slova: optimalizace, lineární programování, předpovědní modely, ztrátová funkce, celkové náklady na jakost, Paretova analýza.

ABSTRACT

In my bachelor thesis I will deal with the problems of cost optimization in XY company on selected products i.e. bars and chocolate pieces. Theoretical part described linear programming, forecasting models, loss function, total cost for quality and Paret´s analysis. In practical part I will introduce company and apply the analysis described in theoretical part to the company. The main aim of my bachelor thesis is refer to expended costs and propose the recommendation to the company.

Keywords: optimization, linear programming, forecasting models, loss function, total costs for quality, Paret´s analyze.

Touto cestou by ráda poděkovala vedoucímu mé bakalářské práce panu Ing. Martinovi Kovaříkovi, který mi poskytl při zpracovávání mé práce odborné vedení, užitečnou pomoc, cenné rady a připomínky.

Prohlašuji, že odevzdaná verze bakalářské práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

OBSAH

ÚVOD

Chce-li společnost v tvrdém konkurenčním prostředí uspět, je zapotřebí neustálé zlepšování. Ceny výrobků a služeb určuje trh a podnikatel s ní v zásadě nic neudělá. Naopak náklady na chod podnikání neustále rostou a mezi těmito veličinami se pohybuje zisk. Aby podnikatel vůbec nějaký zisk vytvořil a udržel si jej, je nutné se zabývat optimalizací nákladů. I když se to na první pohled nezdá, potenciál uspořit má každá firma. Z tohoto důvodu jsem si toto téma vybrala. Někdy stačí se podívat na zaběhnutý řád jiným pohledem.

Mezi optimalizační nástroje patří mimo jiné i lineární programování, které je první části mé práce. Je to jedna z nejužívanějších metod v aplikované matematice a ekonomických oborech umožňující řešit různé skupiny optimalizačních úloh. Já se zabývám optimalizací výrobního programu společnosti vyrábějící čokoládové pochutiny tj. optimální skladbou výrobního portfolia, při určitých omezujících podmínkách (kapacitní omezení, požadavky trhu).

Prakticky každá obchodně orientovaná společnost řeší otázky spojené s nastavením obchodních procesů a koordinací prodejních kanálů, zvyšování efektivity svých prodejců nebo optimalizaci obchodních spojení s vybranými partnery. Předpověď poptávky představuje hodnocení celkového budoucího objemu trhu nebo úrovně prodeje. Pomocí programů XLStatistics a Minitab proložím empirická data lineární přímkou, polynomem 2. stupně, polynomem 3. stupně a exponenciálou a vyberu tak nejvhodnější předpovědní model pro společnost.

Jiný pohled na optimalizaci nákladů může poskytnout Paretova analýza, která je založena na vztahu mezi příčinami a jejich následky. Analýze se také říká pravidlo 80/20. Znamená to, že 80% problémů je způsobeno 20% příčin. Je-li tomu tak, pak nemá smysl se stejně důsledně zabývat všemi činnostmi. Vhodnější je, se zaměřit na ty, co mají největší efekt. Tuto analýzu použiji pro vybrané čokoládové pochutiny.

Taguchiho analýzu použiji pro rozbor zmetkovitosti z hlediska nákladů na kontrolu výrobků a nákladů zapříčiněných výskytem zmetků u sledovaných výrobků. Tato metoda nevyžaduje další zvláštní náklady a výsledky přinášení okamžitý efekt. Umožňuje vypočítat nejen celkové náklady na jakost, ale také nalézt optimální hodnoty některých parametrů, jako je například délka kontrolního intervalu.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 LINEÁRNÍ PROGRAMOVÁNÍ

V matematice řadíme úlohu lineárního programování mezi optimalizační nástroje. Je to jedna z nejpoužívanějších metod v aplikované matematice a v ekonomických oborech, jehož metody umožňují řešit speciální skupiny optimalizačních úloh. Jsou to takové úlohy, ve kterých jsou jak kriteriální funkce, tak i všechny rovnice a nerovnice podmínek výhradně tvořeny lineárními výrazy. To znamená, že všechny proměnné se vyskytují pouze v první mocnině, nesmí se násobit mezi sebou a nejsou argumentem žádné funkce.

Lineární optimalizační model můžeme charakterizovat jako lineární, deterministický a statický, předpokládá lineární závislost parametrů modelu a nezohledňuje vliv náhodných veličin nebo času. Mezi běžné oblasti aplikací LP patří například:

- úlohy optimalizace výrobního programu firmy
- úlohy optimalizace portfolia
- úlohy směšovací
- úlohy rozmisťovací
- řízení lidských zdrojů

Každý model předpokládá určitou idealizaci konkrétního jevu. Problém tedy musíme zjednodušit a zobecnit, ale ne tak, abychom zašli příliš daleko od jeho postaty, protože by se mohlo stát, že model ztratí podstatné rysy modelované skutečnosti a výsledky nebudou odpovídat realitě. Modelování je tedy vytváření kompromisů mezi jednoduchostí a přesností. Cílem je nalézt nejlepší možné řešení problému, při respektování zadaných mezí.

Fáze aplikace lineárního programu lze rozdělit do čtyř etap, které se liší svými nároky na praktické a teoretické znalosti řešitelů, podílem lidské práce v poměru k využití výpočetní techniky. [3,8]

1. Etapa – vytvoření ekonomického modelu. V této fázi musíme definovat podstatu problému. Popisuje procesy (činnosti), činitele (podmínky), cíl optimalizace. Dále musí být v ekonomickém modelu stanoveny všechny kvantitativní vztahy mezi procesy, činiteli a cílem a jednotky, ve kterých je měříme. Určujeme, které stránky zkoumaného procesu jsou podstatné a které jsou zanedbatelné, aniž by se problém příliš zjednodušil a zkreslil problém. Tato etapa je časově náročná a vyžaduje spolupráci odporníků. Výsledkem první etapy je deskriptivní ekonomický model zkoumaného problému.

2. Etapa – formulace matematického modelu. V této fázi se ekonomický model převede do vyjadřovacích prostředků matematiky. Matematický model obsahuje:
   - Proměnné (strukturní): $xj, j = 1,2, \dots n$
   - Omezení vlastní: nerovnice typu =, ≤, ≥
   - Omezení nevlastní (podmínky nezápornosti): $xj \geq 0, j = 1, 2, \dots, n$
   - Účelovou funkci, jejíž maximum a minimum hledáme

3. Etapa – řešení matematického modelu. Spočívá v nalezení nejlepšího řešení podle zvoleného kritéria. Tato fáze má technický charakter, jen malé úlohy se dají řešit ručně. Úloha uživatele se tedy omezuje na výběr vhodného počítačového programu, protože řešení lineárního programování je dostatečně standardizováno a programově pokryto. V současné době je součástí softwarového vybavení všech počítačů např. Řešitel neboli Optimizer v Excelu. Třetí etapa se tedy skládá většinou z vhodného výběru metody a přípravu vstupních dat pro program.
   Univerzální metodou řešení úloh lineárního programování je simplexová metoda.

4. Etapa – analýza výsledného řešení.
   Ekonomická interpretace - výsledkem řešení matematického modelu jsou obvykle nějaká čísla, která musíme převést do termínů ekonomického modelu.
   Verifikace výsledků - numerické výsledky musíme srovnat s požadavky v definici problému. Pokud nesouhlasí nebo řešení nelze aplikovat v praxi, vracíme se zpět k předchozím etapám a kontrolujeme jejich správnost. [1,2]

1.1 Obecný matematický model

Obecný model lineárních programování lze formulovat jako:

1.1.1 Sumační tvar

$$\max(min)z = \sum_{j=1}^{n} c_j x_j \qquad (1)$$

Za podmínek:

$$\sum_{j=1}^{n} a_{ij} x_j \leq b_i \qquad i = 1, 2, \ldots k \qquad (2)$$

$$\sum_{j=1}^{n} a_{ij} x_j = b_i \qquad i = k+1, k+2, \ldots k+p \qquad (3)$$

$$\sum_{j=1}^{n} a_{ij} x_j \geq b_i \qquad i = k+p+1, k+p+2, \ldots k+p+s \qquad (4)$$

$$x_j \geq 0 \qquad j = 1, 2, \ldots n \qquad (5)$$

1.1.2 Popis jednotlivých částí modelu:

Optimalizované proměnné x_j jsou veličiny, jejichž optimální úroveň je podmínkou dosažení cíle řešení rozhodovací situace. Patří k nim např. objemy produkce jednotlivých výrobků, trvání činností optimalizovaného projektu, proměnné určující struktura přepravních tras, rozvrhu výrobních programu, přepravovaná množství zboží. atd.

Technické koeficienty a_{ij} patří mezi parametry modelu, které obvykle při získání jednotlivých řešení neměníme. Jsou to např. měrné spotřeby materiálových a energetických vstupů, výkon strojů, výrobních linek, pracnost produkce, ukazatele kvality zpracovávaných vstupů, jednotkové investiční náklady, úroková míra.

Pravé strany omezení b_i, kterými mohou být kapacitní omezení formulované např. jako maximální dosažitelný objem produkce nebo využitelný časový fond, omezení disponibilním množstvím surovin, paliv, obalů, požadavky na minimální objem produkce, nebo přímo určené množství výronků, ale také požadavky zákazníků dané např. maximálním množstvím, které lze prodat.

Ocenění proměnných c_j v účelové funkci, ceny výrobků, variabilní náklady na jednotku produkce, kvalitativní požadavky na výrobky, pracnost produkce apod.

Soustava omezujících podmínek může obsahovat omezení typu:

„menší nebo rovno“ (prvních *k* omezení), která se používá zejména při formulace existujících omezení na straně disponibilního množství materiálových, energetických, lidských a finančních zdrojů optimalizovaného systému a omezení vyplývající z kapacity trhu.

„rovnice“ (dalších *p* omezení) využívané v bilančních modelech ve výrobnách se složitou výrobní strukturou, nebo v případech, kdy jsou množství výrobků vázána vzájemným poměrem, který je třeba dodržet.

„větší nebo rovno“ (posledních *s* omezení) používané zejména při formulaci omezení vyplývajících z požadavků trhu. [3,8,9]

Maticový tvar

$$max\, z = cx \tag{6}$$

$$Ax \leq b \tag{7}$$

$$x \geq 0 \tag{8}$$

b je sloupcový vektor pravých stran, matice A obdélníková matice typu (m, n) technických koeficientů, c řádkový vektor ocenění proměnných v účelové funkci a x sloupcový vektor optimalizovaných proměnných. [3]

Při řešení úloh lineárního programování hledáme extrém (minimum nebo maximum). Jakoukoliv maximalizační úlohu jde převést na minimalizační a naopak a to vynásobením celého modelu -1. Pak tedy platí vztah:

$$max\, f(x) = -min(-f(x)) \tag{9}$$

1.2 Řešení matematické modelu

Rozlišujeme:

1.2.1 Přípustné řešení

Je takové řešení, které splňuje všechny vlastní omezení i podmínku nezápornosti. Množina přípustných řešení může být prázdná, omezená, neomezená nebo otevřená.

1.2.2 Základní řešení

Je přípustné řešení, které má nejvýše kladných složek, kolik je nezávislých rovnic, která tvoří vlastní omezení.

1.2.3 Optimální řešení

Je základní přípustné řešení s nejlepší hodnotou účelové funkce (v případě minimalizace je to nejnižší hodnota a nejvyšší hodnota v případě maximalizace).

1.3 Simplexová metoda

Simplexová metoda je jedním, ze způsobů, jak řešit úlohy lineárního programování. Simplexová metoda je iterační výpočetní postup, kde se postupuje po krocích. Výchozím bodem algoritmu je nalezení výchozího základního řešení úlohy lineárního programování a umožňuje buď nalézt optimální řešení, nebo zjistit, že optimální řešení neexistuje.

1.3.1 Postup výpočtu

Nejprve převedeme matematický model do kanonického tvaru pomocí základních a nezákladních proměnných. V nejjednodušším případě, kdy vlastní omezení tvoří pouze nerovnosti typu ≤, provedeme pouze „vyrovnání“ nerovností na rovnice.

Jakmile je matematický model v kanonickém tvaru, lze nalézt výchozí základní řešení. Dalším krokem je testování optimality u tohoto řešení. Tento test je založený na vlastnostech sdruženého řešení a odpoví na otázku, jestli je výchozí základní řešení optimální řešení. Pokud není, tak nalezne další základní řešení takové, aby se hodnota účelové funkce co nejvíce zvýšila (snížila), tedy která dvojice základní a nezákladní proměnné si v novém základním řešení vymění svá místa.

Pokud není řešení dosud optimální, hledá se nové základní řešení. Soustava rovnic se přemění tak, že jedna nezákladní proměnná, kterou vybral test optimality, se stane základní v novém řešení. Tato proměnná se označuje jako vstupující proměnná.

Opět se testem optimality zjistí, zda je již nové základní řešení optimální. Pokud je výsledek kladný, výpočet končí, v opačném případě se pokračuje uvedeným postupem v hledání nového základního řešení. [2]

2 PROGNOSTICKÉ MODELY

Prakticky každá obchodně orientovaná společnost řeší otázky spojené s nastavením obchodních procesů a koordinací prodejních kanálů, zvyšování efektivity svých prodejců nebo optimalizaci obchodních spojení s vybranými partnery. Předpověď poptávky a prodej představuje hodnocení celkového budoucího objemu trhu nebo úrovně prodeje nejčastěji ve fyzických jednotkách za očekávaných vnějších podmínek a při určité úrovni marketingových výdajů. Předpověď prodeje se vytváří na základě posuzovaní externích ekonomických a tržních podmínek a interních podnikových priorit, programů a hodnocení zdrojů.[6] Existují i extrémní názory, že předpovědi poptávky ztrácejí v současné turbulentní době význam, že budoucnost je třeba vytvořit. Naopak podle jiných zkušeností je hlavně předpovědi v kratším časovém horizontu nepostradatelné pro úspěšné řízení.

Dobrá předpověď je kombinací kvantitativní analýzy minulosti, intuice a zkušenosti odborníků. [4]

Metody používané pro odhad budoucího vývoje můžeme rozdělit do dvou skupin:

1. Kvantitativní metody
2. Kvalitativní metody

Výběr metody závisí na několika faktorech:

- délce předpovídaného období
- zdroji a dostupnosti údajů o vývoji prodeje v minulosti
- stupni požadované přesnosti

2.1 Kvalitativní metody

Charakteristikou této skupiny je skutečnost, že se primárně opírají o zkušenosti, názory, intuici určitých skupin lidí (například experty v oboru, pracovníci prodeje, top management podniku). Tyto metody se tedy užívají v případech, kdy nemáme k dispozici kvantifikovatelná data o minulosti, nebo máme historická data, ale nedá se předpokládat, že dosavadní vývoj potrvá dále. [6]

2.2 Kvantitativní metody

Dají se využít v případech, kdy mám k dispozici dostatečné množství informací o dosavadním vývoji sledovaných veličin, a můžeme předpokládat, že tento vývoj bude stejným způsobem pokračovat. Prodloužení dosavadního trendu do budoucna je výsledná předpověď. Tyto metody jsou označovány jako extrapolační. Jejich výstupem jsou numerické údaje.

Každá předpověď je vždycky zatížena nějakou chybou. Vliv kvality předpovědi na úroveň podnikání je velmi významný. Přesnost předpovědi můžeme měřit:

- absolutní chybou e. Ta je rozdílem mezi skutečnou spotřebou (S) a její předpovědí (P). Tedy $e = |S - P|$
- relativní absolutní chybou $e_{\mathrm{r}} = |S - P|/S$
- kvadratickou chybou $e^2 = (S - P)^2$

Východiskem pro konstrukci exaktních, extrapolačních modelů jsou časové řady. Ty jsou záznamem série pozorování vývoje sledované veličiny v časových úsecích stejné délky po určité období. Dříve bylo složité tyto informace získávat, ale dnes již existují rozsáhlé firemní databáze o minulých prodejích a jiných ukazatelích. Je vhodné používat spojnicové grafy nebo bodové, které umožňují zobrazit více řad na jednom grafu.[7]

2.2.1 Metody klouzavých průměrů

Předpovědi opírající se o klouzavé průměry jsou vhodné pro vývoj veličin, které nevykazují nějaký výrazný trend. Pro předpověď následujícího období (T+1) je nutné znát historické data z předchozích období T. Pak bude předpověď rovna

$$P_{\mathrm{T+1,\,T}} = \frac{\sum_{i=0}^{T-1} S_{\mathrm{T\text{-}1}}}{T} = \frac{S_{\mathrm{T}} + S_{\mathrm{T\text{-}1}} + \cdots + S_1}{T} \tag{10}$$

Tato metoda je označována jako exponenciální vyrovnání. Klouzavých průměrů lez využít i v případech, kdy prognózované veličiny podléhají sezónním výkyvům. Především musíme vymezit délku období, která plně zachycuje sledované sezónní výkyvy. Délka se musí volit tak, aby byla sezónnost podchycena. Například spotřeba pohonných hmot na čerpacích stanicích se mění nejen během roku ale také v zimě, kdy je spotřeba nižší a v období dovolených naopak vyšší, ale také v průběhu týdne, kdy v neděli nastává značný pokles. Pro sledování týdenních výkyvů stačí analýza průběhu spotřeby v jednotlivých dnech několika týdnů.

Druhou nejčastější skupinou předpovědních modelů jsou metody, kdy odhadujeme budoucí vývoj sledovaných veličin na základě předpokladu, že jsou funkcí nějaké další proměnné x, o jejímž vývoji máme dostatek informací. Matematickým nástrojem je regresní analýza.

Používá se zejména v případech, kdy známe dostatečně dlouhé časové řady a potřebujeme znát odhad na delší časový horizont. [3]

2.3 Regresní analýza

Hlavním úkolem regresní analýzy je přispět k poznání příčinných vztahů mezi statistickými znaky. Východiskem k popisu statistických závislostí jsou statistické údaje. Statistický soubor n pozorování sledovaných statistických znaků lez získat několika způsoby:

- pozorováním n jednotek, přičemž základní soubor byl prostorově, časově a věcně vymezen,
- pozorováním určité statistické jednotky v n časových okamžicích či intervalech,
- násobným opakováním určitého pokusu, prováděného za stejných podmínek.

Úkolem regresní analýzy je matematický popis systematických okolností, které provází statistické závislosti. Uvažujeme-li základní statistický soubor, v němž zkoumáme statistické znaky y, x_1, x_2, …, x_k, Mění-li se nějakým způsobem podmíněné rozdělení znaku y při změnách znaku x_1, x_2, …, x_k, mluvíme o statistické závislosti znaku y na znaku x_1, x_2, …, xk. Znak y nazýváme vysvětlovanou nebo závisle proměnnou, znaky x_1, x_2, …, x_k vysvětlujícími nebo nezávisle proměnnými.

Regresní model: $y_i = \eta i + \varepsilon i$ (11)

Vyjadřuje i-tou hodnotu závisle proměnné jako součet podmíněné střední hodnoty η_i závisle proměnné y při kombinaci hodnot nezávisle proměnných x_{1i}, x_2i, …, x_{ki} a náhodné složky εi. Podmíněnou střední hodnotu η jako funkci nezávisle proměnných nazýváme regresní funkcí. [14]

Podle tvaru regresní funkce rozlišujeme různé typy regresních modelů:

a) lineární modely

Přímka $\eta = \beta_0 + \beta_1 x$ (12)

Rovina $\eta = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2$ (13)

Nadrovina $\eta = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \cdots + \beta_k x_k$ (14)

Parabola $\eta = \beta_0 + \beta_1 x + \beta_2 x^2$ (15)

Hyperbola $\eta = \beta_0 + \beta_1 x^{-1}$ (16)

Logaritmická funkce $\eta = \beta_0 + \beta_1 \ln x$ (17)

Polynom $\eta = \beta_0 + \beta_1 x + \beta_2 x^2 + \cdots + \beta_k x^k$ (18)

b) nelineární modely jak v parametrech, tak vzhledem k nezávisle proměnným, které se však transformací dají upravit na lineární tvar z hlediska parametrů.

Mocninná funkce $\eta = \beta_0 x^{\beta 1}$ (19)

Exponenciální funkce $\eta = \beta_0 \beta_1^x$ (20)

[17]

2.3.1 Odhady regresních parametrů

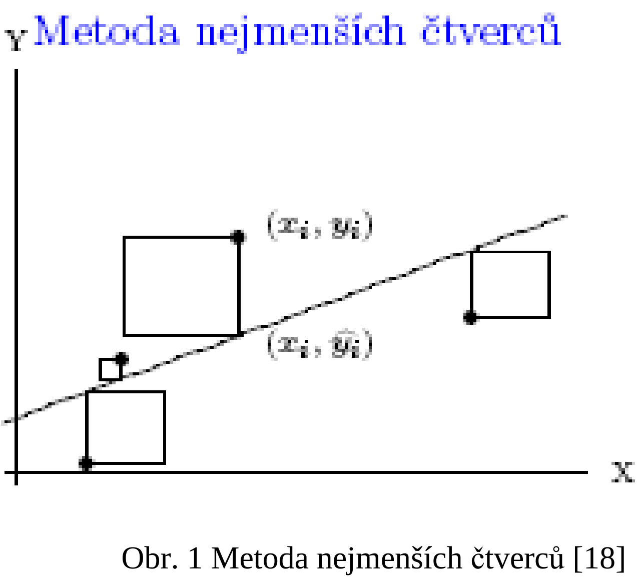
Mějme regresní funkci $\eta = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \cdots + \beta_k x_k$ (21)

funkci $Y = b_0 + b_1 x_1 + b_2 x_2 + \cdots + b_k x_k$ (22)

nazveme výběrovou regresní funkcí,

kde $x_{1i}, x_{2i}, \ldots, x_{ki}$ značí hodnotu i-tého pozorování $x_1, x_2, \ldots, x_k$ jsou bodovými odhady hodnot regresní funkce η.[14]

Odhady regresních parametrů b_0, b_1, b_2, …, b_k určíme metodou nejmenších čtverců. Nejlépe proložíme přímku tak, aby součet čtverců odchylek (součet čtverců reziduí) měl nejmenší hodnotu ze všech možných proložení.



Obr. 1 Metoda nejmenších čtverců [18]

Hledáme minimum sumy:

$$S = \sum_{i=1}^{n} (yi - Yi)^2 \rightarrow min \quad (23)$$

Lineární model lez v maticové formě vyjádřit následovně:

X=$\begin{bmatrix} 1 & x_{11} & x_{21} & \cdots x_{k1} \\ 1 & x_{12} & x_{22} & \cdots x_{k2} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \ \vdots \\ 1 & x_{1n} & x_{2n} & \cdots x_{kn} \end{bmatrix}$, kde x_{ij} značí hodnotu j-tého pozorování nezávisle proměnné x_i (i=1, 2, …, k, j= 1, 2, …,n), je rozšířená matice hodnot k nezávisle proměnným, vektor $y = [y_1 \quad y_2 \quad \cdots \quad y_n]^T$ je vektor nezávisle proměnné y, vektor $\beta = [\beta_0 \quad \beta_1 \quad \cdots \quad \beta_k]^T$ resp. $b = [b_0 \quad b_1 \quad \cdots \quad b_k]^T$ je vektor regresních parametrů resp. vektor jejich odhadů.

Při výpočtu vektorů odhadu **b** metodou nejmenších čtverců obdržíme soustavu lineárních rovnic, které lez maticově zapsat ve tvaru

$$(X^{\mathrm{T}}X)b = X^{\mathrm{T}}y, \tag{24}$$

a z nichž za předpokladu, že existuje matice $(X^T X)^{-1}$, plyne

$$b = (X^T X)^{-1} X^T y \tag{25}$$

Matice $(X^{\mathrm{T}}X)$ se nazývá Fisherova informační matice.

2.3.2 Míra variability v regresi

Celkovou variabilitu závisle proměnné y charakterizuje celkový počet čtverců odchylek naměřených hodnot y_i od průměru

$$S_y = \sum (y_i - \bar{y})^2 \tag{26}$$

Část celkové variability vysvětlenou regresním modelem charakterizuje teoretický součet čtverců rozdílů predikovaných hodnot Y_i od průměru

$$S_T = \sum (y_i - \bar{y})^2 \tag{27}$$

Nevysvětlenou část celkové variability představuje reziduální součet čtverců

$$S_R = \sum (y_i - Y_i)^2 \tag{28}$$

Platí:

$$S_y = S_T + S_R \tag{29}$$

Můžeme stanovit index determinace. Je dán vztahem

$$I^2 = \frac{S_T}{S_Y} \tag{30}$$

a nabývá hodnot z intervalu <0,1>. Určuje, jakou část celkové variability pozorovaných (naměřených) hodnot lze vysvětlit daným modelem. V případě lineární regresní funkce se používá název koeficient determinace R^2.

2.3.3 Klasický lineární model:

V odborné literatuře klasickým lineárním modelem se rozumí model splňující tyto podmínky:

a) Hodnoty nezávisle proměnných jsou nenáhodné veličiny, jsou voleny (plánovány) experimentátorem.
b) Regresní funkce je lineární funkcí „v parametrech"
c) Matice „X" má hodnost p=k+1 (k = je počet regresorů), žádné slupce matice X nejsou lineárně závislé.
d) Rozdělení náhodných složek ε_i je normální se středí hodnotou 0 a se stejným rozptylem σ^2
e) Náhodné složky jsou nekorelované

2.3.4 Konfidenční intervaly (intervaly spolehlivosti):

Jsou splněny podmínky a) až e) shora uvedené, platí pro rozdělení odhadů regresních pa

kde $\sigma^2(b_j) = \sigma^2 h_{jj}$,

h_{jj} je j-tý diagonální prvek matice $\mathbf{H} = (\mathbf{X}^T\mathbf{X})^{-1}$.

Neznámý rozptyl σ^2 se odhadne jako

$$s_r^{\,2} = S_R/(n-p)$$

kde S_R je reziduální součet čtverců a p=k+1 je počet regresních koeficientů.

Meze 100 (1-α) %-ních konfidencích intervalů pro regresní parametry $\beta_,$ jsou dány vztahy [14]

$$b_j \pm tj - \alpha/2(n-p)s(b_j) \tag{31}$$

kde

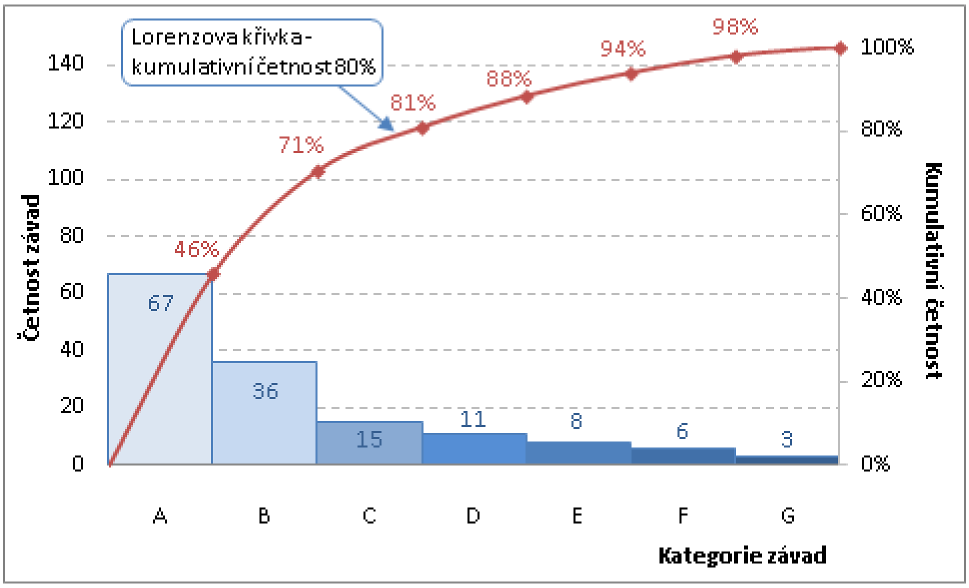
$$s(b_j) = \sqrt{\frac{S_R}{n-p}h_{jj}} \tag{32}$$

3 PARETOVA ANALÝZA

Dalším pohled na optimalizaci nákladů může poskytnout Paretova analýza, kterou definoval italský ekonom Vilfredo Pareto. V roce 1897 přišel na to, že 80% bohatství země je v rukou 20% lidí.

Většina lidí předpokládala, že 50% úsilí vede k 50 % výsledkům. To však Pareto vyvrátil. Paretova analýza vychází z principu, který říká, že

20% všech našich činností přináší 80% zisku. [15]



Obr. 2 Paretův diagram a Lorenzova křivka [16]

Paretovu analýzu můžeme rozdělit do několika kroků:

- Definování místa analýzy – výběr procesu, činností, kde chceme zvýšit zisk, snížit náklady.
- Sběr dat – je třeba získat relevantní dat o fungování, data se uspořádají, zapíší do tabulky, vypočítáme procentní podíly výskytu.
- Lorenzova kumulativní křivka – křivka vznikne kumulativním součtem hodnot jednotlivých příčin.
- Identifikování hlavních příčin – z levé strany grafu vzniklého z dat zapsaných do tabulky, z hodnoty 80% vyneseme čáru na kumulativní Lorenzovu křivku, která oddělí ty příčiny, kterými se máme zabývat. Ty, které mají největší vliv na následky. [15]

4 TAGUCHIHO ZTRÁTOVÁ FUNKCE

Japonský ingenýr Genichi Taguchi rozvinul zejména praktické používání metod navrhování experimentů a otevřel nové pohledy na vztah mezi úrovní jakosti a ekonomickými ztrátami ze špatné jakosti.

Tradiční pohled, že výrobky jsou jakostní, jsou-li parametry ve specifikované toleranci. Tato tolerance je dáno dolním specifikačním limitem DSL a horním specifikačním limitem HSL. Pokud se výrobky nachází v toleranci, tak jsou jakostní. Nemluví se o tom, zda je jeden jakostnější více a druhý méně. Prostě jsou jakostní. Pokud se výrobky nevejdou do tolerancí, tak jsou nejakostní. Tradiční pohled tedy rozeznává jen dva typy výrobků a to jakostní a nejakostní. [12]

Standardně se způsobilost technologického procesu testuje pomocí koeficientů způsobilosti. Jiná cesta je využití Taguchiho ztrátové funkce. Ta nevyžaduje normalitu dat, a představuje úplně jiné pojetí kvality. Tento model se zabývá minimalizací nákladů vztahujících se k jakosti.

U každého výrobku se sleduje parametr, (nějaká vlastnost) podle kterého se posuzuje kvalita, např. hmotnost, rozměr, obsah suroviny, atd. Ta má jasně stanovou hodnotu, Target Value. Jakákoliv odchylka od cílové hodnoty – nekvalita představuje ztrátu u odběratele – náklady na údržbu, opravy, čištění, přerušení výroby, likvidace, odpady, nespokojenost zákazníka, ztráty trhu a vyjadřuje se v peněžních jednotkách.

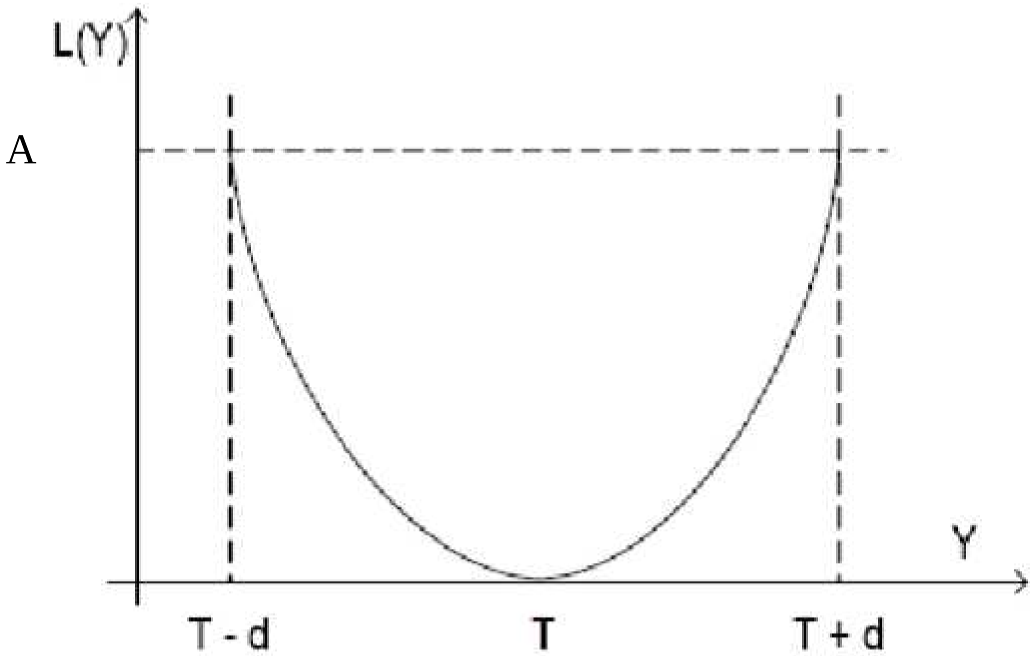
Výrobky, které se ovšem pohybují ve stejném tolerančním pásmu, nejsou v žádném případě stejné – každá odchylka způsobuje ztráty, bezztrátová je pouze odchylka nulová. Čím je odchylka vyšší, tím jsou ztráty vyšší. [13]

4.1 Ztrátová funkce

Taguchiho ztrátová funkce je definována předpisem

$$L(Y) = k.(Y - T)^2 \qquad (33)$$

kde k je konstanta, Y – skutečná úroveň parametru kvality a L(Y) je ztráta způsobená odchylkou od T.



Obr. 3 Ztrátová funkce

d je tolerance, A ztráta, kterou přinese překročení tolerance, T je cílová hodnota

Je-li tedy

$$Y \leq T - d \tag{34}$$

nebo

$$Y \geq T - d \tag{35}$$

pak

$$L(Y) = A \tag{36}$$

Můžeme proto rovnici psát pro krajní hodnoty Y ve tvaru

$$A = k.d^2$$

4.1.1 Vícerozměrná nákladová funkce

Standardizace ztrátové funkce umožňuje její zobecnění pro n-rozměrný příklad, kdy je sledovaných znaků kvality n. Tato vícerozměrná standardizovaná ztrátová funkce, značená TSL (total standardized loss fiction) má rovnici [5]

$$TSL(Y_1 \ldots Y_n) = 4\sum_{i=1}^{n}\left(\frac{Y_i - T_i}{USL_i - LSL_i}\right)^2 \tag{37}$$

4.2 Kontrola po n výrobcích

Pokud se neprovádí 100% kontrola a mezi dvěma kontrolami je vyrobeno n-výrobků, určí se celkové náklady pomocí vzorce

$$L = \frac{B}{n} + \frac{C}{u} + \frac{A}{d^2} . \frac{D^2}{3} + \frac{A}{d^2} (\frac{n+1}{2} + z) \frac{D^2}{u} + \frac{A}{d^2} s_{\mathrm{m}}{}^2 \quad (38)$$

Kde A je ztráta při překročení tolerance d; B je cena kontroly jednoho výrobku; C je cena opravy linky; n kontrolní interval; u je průměrný počet výrobků mezi opravami (poruchami; d je funkční tolerance; D výrobní tolerance; z je počet výrobků zhotovených během kontroly; B/n cena kontroly za kus; C/u cena opravy za kus; (A/d^2) (D^2/3) = ztráty způsobené nepřesností výroby (připadající na kus); (A/d^2) (D^2/u) ((n+1)/2+z) ztráty za zmetky; (A/d^2)$s_m{}^2$ ztráty způsobené nepřesností měřením.

Tento vztah použijeme když:

- Známe n, u a D – kontrolní interval, průměrný počet výrobků mezi opravami a výrobní toleranci a počítáme celkové náklady na jakost.
- Známe odhady optimálních parametrů n* a D* a odhad průměrného počtu výrobků mezi dvěma poruchami a počítáme celkové náklady na jakost

Tento vzorec byl inženýrem Taguchim sestaven, nikoliv exaktně odvozen. Tento vzorec je matematickým vyjádřením dlouhodobých praktických zkušeností G. Taguchiho. Aplikace této metody v praxi se osvědčila. Metoda totiž nevyžaduje další zvláštní náklady a výsledky přinášení okamžitý efekt. Umožňuje vypočítat nejen celkové náklady na jakost, ale také nalézt optimální hodnoty některých parametrů, jako je například délka kontrolního intervalu n. Položíme-li si otázku, pro jaké hodnoty n je L minimální: derivujeme-li L podle n a derivaci položíme nule, dostáváme vzorec pro ekonomicky optimální kontrolní interval: [15]

$$n^* = \sqrt{\frac{2uB}{A} * \frac{d}{D}} \quad (39)$$

II. PRAKTICKÁ ČÁST

5 PŘEDSTAVENÍ SPOLEČNOSTI

Společnost XYZ, spol. s r.o. byla založena v prosinci roku 2003. Její základní kapitál je 200 000 Kč. Společnost má dva společníky. Podnik musel kvůli ekonomické krizi a snížení poptávky snížit počet zaměstnanců z 20 zaměstnanců na 7 stálých a příležitostné brigádníky.

Nosným výrobním programem je výroba máčených čokoládových cukrovinek. Prvním výrobkem, který byl uveden na trh, byla kokosová tyčinka.

V roce 2005 rozšířila svoji činnost také o co-packingové aktivity (máčení výrobků čokoládovou a mléčnou polevou) a výrobu obalů. Speciální zařízení umožňuje výrobu dóz (plášť a vík) z durofolu v rozměrech dle přání zákazníka.

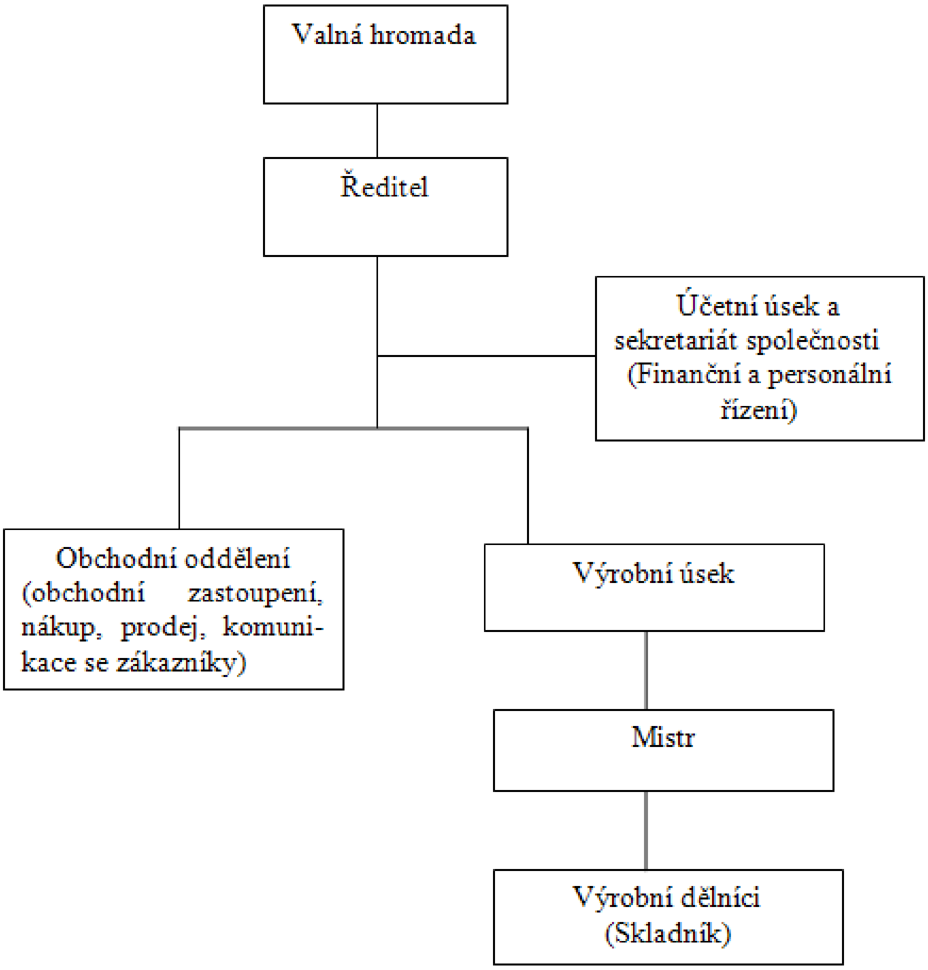
V současné době vyrábí 5 druhů máčených tyčinek a různé druhy cukrovinek v mléčných, kakaových polevách.

Předmět podnikání společnosti:

- Cukrářství
- Koupě zboží za účelem dalšího prodeje

5.1 Organizační schéma společnosti XY, spol. s r.o.

Z organizačního schématu vyplývají odpovědnosti a pravomoci ve společnosti. Rozhodovací pravomoc má majoritní vlastník a jednatel.



Obr. 4 Organizační schéma společnosti

6 LINEÁRNÍ PROGRAMOVÁNÍ

Společnost vyrábí 4 druhy čokoládových pochutin – kokosovou tyčinku, banánovou tyčinku, benátskou směs a desert Mix, které se od sebe liší svou prodejní cenou, ale i technologií výroby. Výrobek prochází čtyřmi zpracovatelskými operacemi na různých strojích.

1. stroj - Míchání surovin

2. stroj - Tvarování

3. stroj - Namočení tyčinky v polevě

4. stroj - Balení

Časová náročnost v min. na 1 kg výrobku, cena v Kč a kapacity jednotlivých strojů jsou uvedeny v níže uvedené tabulce. Cílem je maximalizace zisku.

Tab. 1 Časová náročnost na 1 kg výrobku a výrobní kapacity strojů

	Výrobek				Kapacita stroje [min/týden]
Zpracování	**Desert Mix**	**Banánová tyčinka**	**Benátská směs**	**Kokosová tyčinka**	
Míchání	4	1	3	4	3000
Tvarování	4	1	2	3	2400
Poleva	-	2	-	2	2600
Balení	2	1	2	1	2600
Cena výrobku [Kč/kg]	103	97	90	135	

- Základním procesem je produkce výrobků
- Omezení spočívá v počtu normohodin jednotlivých strojů
- Známe údaje o časové náročnosti zpracování jednotlivých výrobků na jednotlivých strojích (tj. strukturní koeficient)
- Cílem je dosažení maximálních tržeb při respektování zadaných omezení
- Problémem je určení množství t jednotlivých typů výrobků

6.1 Matematický model

Proměnné:

x_i – množství i-tého výrobku v [t]

$x_i \geq 0$, xi ∈ N, i = 1, 2, 3, 4;

Proměnou volíme přirozené číslo (proměnná může nabývat hodnoty 0, 1, 2, …)

Omezení na straně kapacit:

1. Stroj (míchání) $4x_1 + 1x_2 + 3x_3 + 4x_4 \leq 3000$
2. Stroj (tvarování) $3x_1 + 1x_2 + 2x_3 + 3x_4 \leq 2400$
3. Stroj (poleva) $+ 2x_2 \qquad + 2x_4 \leq 3600$
4. Stroj (balení) $2x_1 + 1x_2 + 2x_3 + 1x_4 \leq 3600$

Účelová funkce – hodnota tržeb:

$$z_{\max}[K\check{C}] = 103x_1 + 97x_2 + 90x_3 + 135x_4$$

Řešení:

Decision Variable	Solution Value	Unit Cost or Profit c(j)	Total Contribution	Reduced Cost	Basis Status
Desert Mix[kg]	200,0000	135,0000	27 000,0000	0	basic
Banánová tyčinky [kg]	1 800,0000	97,0000	174 600,0000	0	basic
Benátská směs [kg]	0	90,0000	0	0	at bound
Kokosová tyčinka [kg]	0	103,0000	0	-84,0000	at bound
Objective	Function	(Max.) =	201 600,0000		
Constraint	Left Hand Side	Direction	Right Hand Side	Slack or Surplus	Shadow Price
1.stroj (míchání)	2 600,0000	<=	3 000,0000	400,0000	0
2.stroj (tvarování)	2 400,0000	<=	2 400,0000	0	45,0000
3.stroj (poleva)	3 600,0000	<=	3 600,0000	0	26,0000
4.stroj (balení)	2 200,0000	<=	2 400,0000	200,0000	0

Obr. 5 Řešení výrobní úlohy

Interpretace výsledků:

Za daných omezení je optimální vyrábět Desert Mix v množství 200 kg a Banánové tyčinky v množství 1 800 kg. Produkce těchto výrobků představuje tržby ve výši 201 600 Kč.

Kapacita míchacího stroje č. 1 nebude při této struktuře výroby plně využita. Z celkové kapacity 3 000 hod. zůstane nevyužito 400 hod. Z důvodu existence nadbytečné kapacity je tedy stínová cena (Shadow price) nulová. To samé platí v případě balícího stroje, kde je celková kapacita 2 400 hod. a nevyužito zůstává 200 hod.

V případě tvarovacího stroje je kapacita plně využita. Stínová cena u 2. stroje je tedy 45 Kč a u 3. stroje 26 Kč. Při jednotkové změně kapacity jednoho zdroje dojde ke změně hodnoty účelové funkce o hodnotu příslušné duální proměnné (tzv. **stínové ceny**). Pokud dojde ke zvýšení např. druhého tvarovacího stroje z hodnoty 2400 na hodnotu 2401, potom bude možné zvýšit hodnotu tržeb o 45 Kč,-. Pokud dojde dále ke zvýšení např. třetího tvarovacího stroje z hodnoty 3600 na hodnotu 3601, potom bude možné zvýšit hodnotu tržeb o 26 Kč,-. Je tedy nutné rozhodnout, zda se navýšení kapacity vyplatí nebo jestli náklady s tím spojené by převyšovaly vzniklé tržby a k navýšení kapacity se nepřistoupí.

Navýšení kapacity o jednotku u tvarovacího stroje na 2401 hod.

1. Stroj (míchání) $4x_1 + 1x_2 + 3x_3 + 4x_4 \leq 3000$
2. Stroj (tvarování) $3x_1 + 1x_2 + 2x_3 + 3x_4 \leq 2401$
3. Stroj (poleva) $+ 2x_2 + 2x_4 \leq 3600$
4. Stroj (balení) $2x_1 + 1x_2 + 2x_3 + 1x_4 \leq 3600$

Decision Variable	Solution Value	Unit Cost or Profit c(j)	Total Contribution	Reduced Cost	Basis Status
Desert Mix[kg]	199,0000	135,0000	26 865,0000	0	basic
Banánová tyčinky [kg]	1 800,0000	97,0000	174 600,0000	0	basic
Benátská směs [kg]	2,0000	90,0000	180,0000	0	basic
Kokosová tyčinka [kg]	0	103,0000	0	-84,0000	at bound
Objective	Function	(Max.) =	201 645,0000		
Constraint	Left Hand Side	Direction	Right Hand Side	Slack or Surplus	Shadow Price
1.stroj (míchání)	2 602,0000	<=	3 000,0000	398,0000	0
2.stroj (tvarování)	2 401,0000	<=	2 401,0000	0	45,0000
3.stroj (poleva)	3 600,0000	<=	3 600,0000	0	26,0000
4.stroj (balení)	2 202,0000	<=	2 400,0000	198,0000	0

Obr. 6 Změna tržeb po zvýšení kapacity o jednotku

Původní hodnota účelové funkce, tj. tržeb, činila 201 600 Kč. Po navýšení disponibilního množství počtu hodin u 2. stroje na tvarování, vzrostla výše tržeb právě o hodnotu stínové ceny, tedy o 45 Kč. Výše tržeb tedy činí 201 645 Kč.

6.2 Optimalizace výroby při omezení na výstupu

Společnost dostala zakázku na výrobu 200 kg kokosových tyčinek a 1 200 kg banánových tyčinek. Musí tedy vyrobit alespoň 200 kg kokosových tyčinek a alespoň 1 200 kg banánových. Cílem je dosažení maximálních tržeb.

Omezení na výstupu je počet výrobků:

Kokosová tyčinka [kg] $200 \leq x_4$

Banánová tyčinka [kg] $1\,200 \leq x_2$

Decision Variable	Solution Value	Unit Cost or Profit c(j)	Total Contribution	Reduced Cost	Basis Status
Desert Mix[kg]	66,0000	135,0000	8 910,0000	0	basic
Banánová tyčinky [kg]	1 600,0000	97,0000	155 200,0000	0	basic
Benátská směs [kg]	1,0000	90,0000	90,0000	0	basic
Kokosová tyčinka [kg]	200,0000	103,0000	20 600,0000	-84,0000	at bound
Objective	Function	(Max.) =	184 800,0000		
Constraint	Left Hand Side	Direction	Right Hand Side	Slack or Surplus	Shadow Price
1.stroj (míchání)	2 667,0000	<=	3 000,0000	333,0000	0
2.stroj (tvarování)	2 400,0000	<=	2 400,0000	0	45,0000
3.stroj (poleva)	3 600,0000	<=	3 600,0000	0	26,0000
4.stroj (balení)	1 934,0000	<=	2 400,0000	466,0000	0

Obr. 7 Maximalizace tržeb při omezení na vstupu

Při podmínkách výroby alespoň 1 200 kg Banánových tyčinek a 200 kg Kokosových tyčinek je optimální produkovat Desert Mix v množství 66 kg, Banánové tyčinky 1 600 kg, Benátská směs 1 kg a Kokosové tyčinky 200 kg.

Kapacity stroje na tvarování a stroje s polevou budou plně využity. Zvýšení počtu disponibilních hodin u tvarovacího stroje o 1 hod. povede k navýšení hodnoty tržeb o 45 Kč a u stroje s polevou o 26 Kč. Při dané produkci zůstane nevyužito v případě 1. stroje 333 hod. a v případě 4. stroje 466 hod. Produkce těchto výrobků představuje tržby 184 800,-Kč.

Dále společnost uvažuje o zavedení nového výrobku, kávové tyčinky. Cílem je zjistit, zda při stejných omezeních na výstupu i kapacitních omezeních je možno zavedením tyčinky do výroby dosáhnout růstu tržeb.

Omezení na straně kapacit:

1. Stroj (míchání) $4x_1 + 1x_2 + 3x_3 + 4x_4 + 2x_5 \leq 3000$
2. Stroj (tvarování) $3x_1 + 1x_2 + 2x_3 + 3x_4 + 1x_5 \leq 2400$
3. Stroj (poleva) $+ 2x_2 + 2x_4 + 1x_5 \leq 3600$
4. Stroj (balení) $2x_1 + 1x_2 + 2x_3 + 1x_4 + 1x_5 \leq 3600$

Omezení na výstupu:

Kokosová tyčinka [kg] $200 \leq x_4$

Banánová tyčinka [kg] $1\ 200 \leq x_2$

Decision Variable	Solution Value	Unit Cost or Profit c(j)	Total Contribution	Reduced Cost	Basis Status
Desert Mix [kg]	0	103,0000	0	-24,5000	at bound
Banánové tyčinky [kg]	1 300,0000	97,0000	126 100,0000	0	basic
Benátskás směs [kg]	100,0000	90,0000	9 000,0000	0	basic
Kokosová tyčinak [kg]	200,0000	135,0000	27 000,0000	-52,0000	at bound
Kávová tyčinka [kg]	300,0000	112,0000	33 600,0000	0	basic
Objective	Function	(Max.) =	195 700,0000		
Constraint	Left Hand Side	Direction	Right Hand Side	Slack or Surplus	Shadow Price
1.stroj (míchání)	3 000,0000	<=	3 000,0000	0	15,0000
2.stroj (tvarování)	2 400,0000	<=	2 400,0000	0	22,5000
3.stroj (poleva)	3 600,0000	<=	3 600,0000	0	29,7500
4.stroj (balení)	2 000,0000	<=	3 600,0000	1 600,0000	0

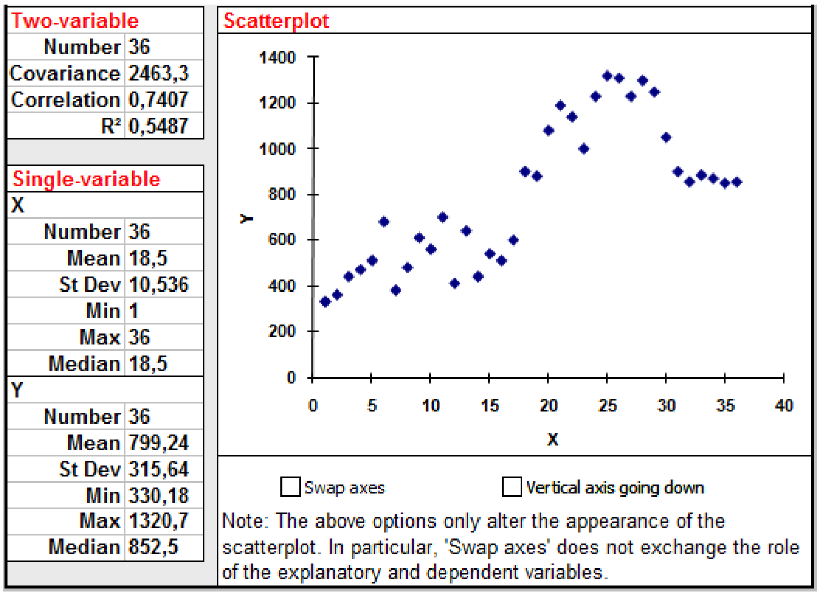
Obr. 8 Maximalizace tržeb po zavedení kávové tyčinky

Po zavedení Kávové tyčinky a výroby alespoň 1 200 kg Banánové tyčinky a 200 kg Kokosové tyčinky tržby vzrostly na 195 700 Kč oproti předchozím tržbám (před zavedením nového výrobku) 184 800 Kč. Optimální je tedy vyrábět 1 300 kg Banánových tyčinek, 100 kg Benátské směsy, 200 kg Kokosových tyčinek a 300 kg Kávových tyčinek.

Nevyužité kapacity jsou u balícího stroje a to 1 600 hod. Při jednotkové změně kapacity jednoho zdroje dojde ke změně hodnoty účelové funkce o hodnotu příslušné duální proměnné (tzv. **stínové ceny**). Pokud dojde ke zvýšení např. prvního míchacího stroje z hodnoty 3000 na hodnotu 3001, potom bude možné zvýšit hodnotu tržeb o 15 Kč,-. Pokud dojde dále ke zvýšení např. třetího tvarovacího stroje z hodnoty 3600 na hodnotu 3601, potom bude možné zvýšit hodnotu tržeb o 29,75 Kč,-.

Produkce těchto výrobků představuje tržby 195 700,-Kč.

7 PREDIKCE POPTÁVKY



Obr. 9 Výstup z programu XLStatistics (bodový diagram empirických dat)

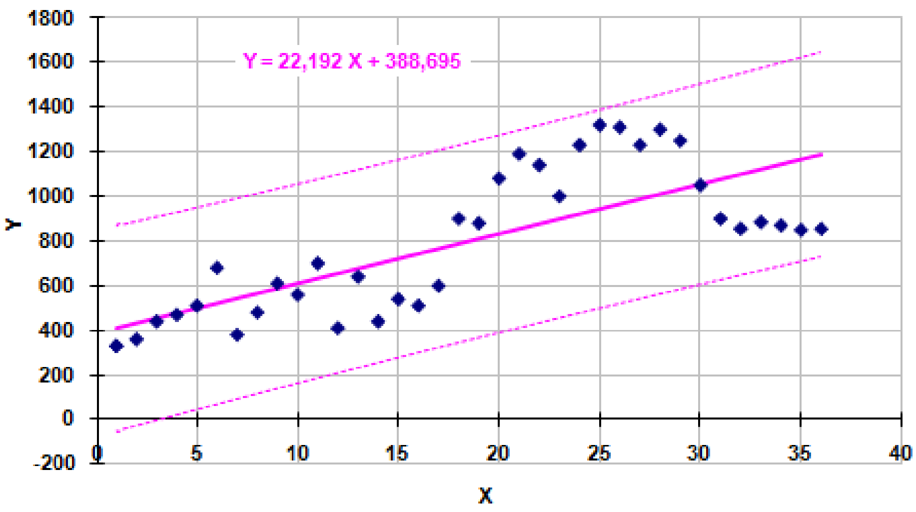
7.1 Analytické vyrovnávání řady

7.1.1 Lineární přímka

Tab. 2 Konfidenční intervaly lineárního modelu

	Summary		Confidence ints.			
			Level	0,95	R^2	0,54868
	Estimate	SE	Lower	Upper	s	215,141
Slope	22,19161	3,45167	15,177	29,2062		
Constant	388,6949	73,2344	239,865	537,525		

Z předchozí tabulky je patrné, že interval spolehlivosti pro konstantu v lineárním modelu je příliš široký, avšak test hypotézy o jeho statistické významnosti vyšel ve prospěch zamítnutí H_0 o statistické nevýznamnosti tohoto parametru (viz níže).



Obr. 10 Proložení dat lineárním modelem

Hypothesis Tests

Slope		Constant	
H_0: Slope =	0	H_0: Const =	0
Alternative: ≠		Alternative: ≠	
H_1: Slope ≠	0	H_1: Const ≠	0
p-value =	2,4E-07	p-value =	6,85E-06

Obr. 11 Test významností absolutního a lineárního parametru (výstup z programu XLStatistics)

Na předchozím obrázku jsou zobrazeny individuální t-testy pro regresní parametry. U obou dvou parametrů se nezamítá hypotéza o statistické nevýznamnosti.

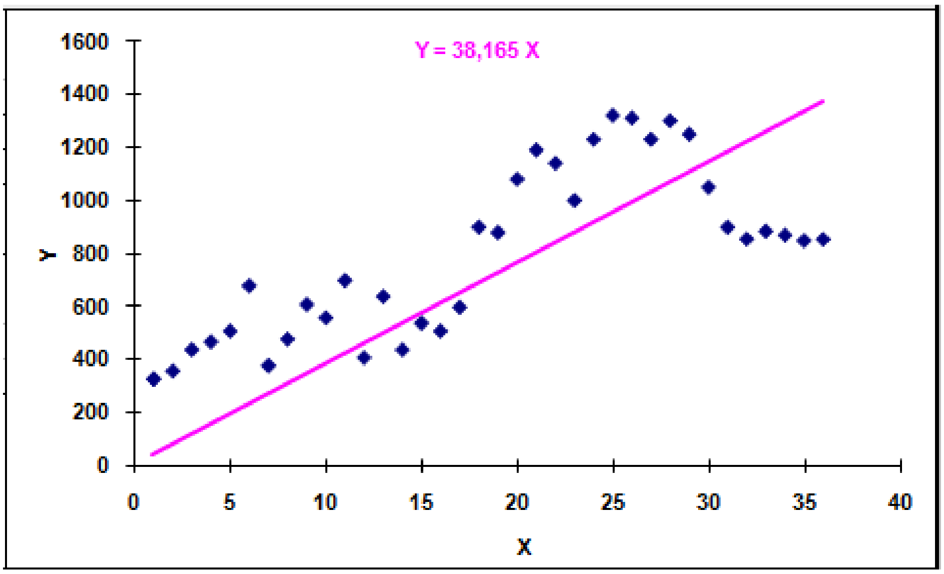
Následuje tabulka ANOVA, která hodnotí celkovou validaci lineárního regresního modelu. V tomto případě zní H_0, že alespoň jeden z regresních parametrů je statisticky nevýznamný oproti alternativní hypotéze, že alespoň jeden z regresních parametrů je statisticky významný.

Tab. 3 ANOVA pro lineární regresní model

Source	DF	SS	MS	F	p-value
Regression	1	1913236,2	1913236,2	41,335215	2,399E-07
Residual	34	1573719,4	46285,864		
Total (corrected)	35	3486955,5			
Mean	1	22996226			

ZDROJ: VÝSTUP Z PROGRAMU XLStatictics

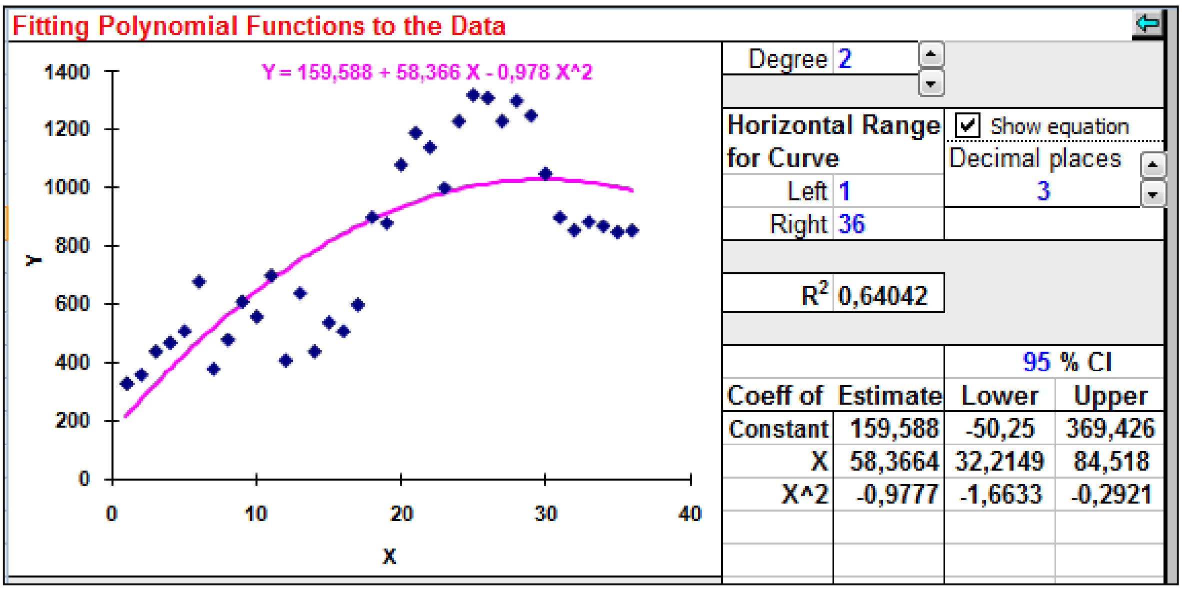
V tomto případě vyšla P-value < α (0,05), tudíž zamítáme H_0 ve prospěch alternativní hypotéze.



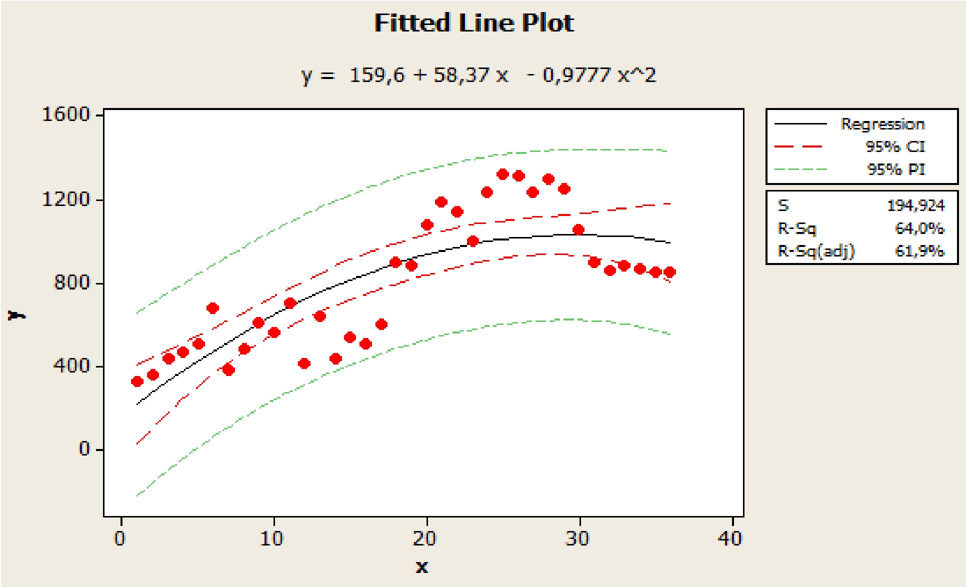
Obr. 12 Proložení dat lineárním modelem po vyloučení absolutního členu

Po aproximaci empirických dat lineárním modelem vyšel koeficient determinace 0,54, avšak po vyloučení absolutní proměnné z modelu se tento koeficient zvýšil na hodnotu 0,89. Čili můžeme říci, že 89 % dat je vysvětleno lineárním modelem.

7.1.2 Polynom 2. stupně



Obr. 13 Aproximace dat pomocí polynomu 2. stupně



Obr. 14 Znázornění konfidenčních intervalů v programu Minitab

V předchozím obrázku je znázorněn jak 95% konfidenční interval (CI), tak i 95% predikční interval (PI). Jak je vidět, predikční interval je pochopitelně širší než konfidenční interval. U tohoto regresního modelu vyšel koeficient determinace 0,64, tudíž 64 % variability je vysvětleno tímto kvadratickým modelem. Pokud se podíváme na interval spolehlivosti pro konstantu v tomto kvadratickém modelu, můžeme vidět, že tento interval spolehlivosti obsahuje nulu, tudíž můžeme předpokládat, že absolutní člen i v tomto modelu bude statisticky nevýznamný, tudíž po vyloučení se zvýší hodnota koeficientu determinace.

Tab. 4 ANOVA pro regresní model

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	3	2799046	933015	43,40	0,000
Error	32	687909	21497		
Total	35	3486956			

ZDROJ: Výstup z programu Minitab

Tab. 5 Sekvenční ANOVA

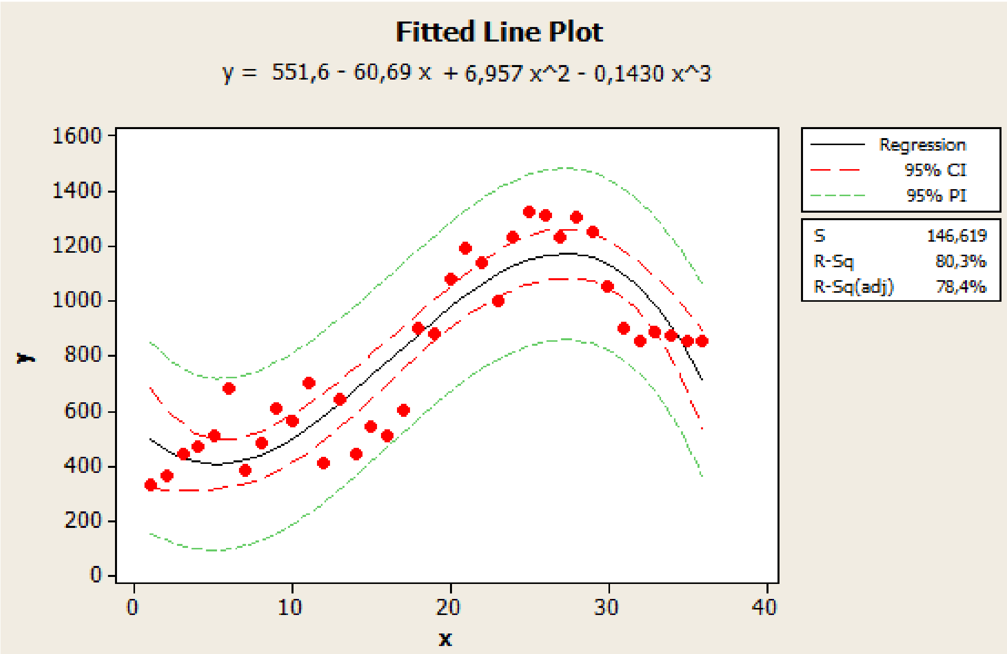
Source	DF	SS	F	P
Linear	1	1913236	41,34	0,000
Quadratic	1	319869	8,42	0,007

ZDROJ: Výstup z programu Minitab

Z předchozí tabulky ANOVA je patrné, že pravděpodobnosti u lineárního i kvadratického členu vyšly menší jak zvolená hladina významnosti (α = 0,05), tudíž zamítáme hypotézu o statistické nevýznamnosti těchto parametrů.

Pokud bychom tato data dále aproximovaly kubickým modelem (polynom 3. stupně), koeficient determinace by vyšel 80,3 %. I tabulka ANOVA ukazuje na statistickou významnost lineárního, kvadratického i kubického parametru (viz níže).

7.1.3 Polynom 3. stupně



Obr. 15 Aproximace dat polynomem 3. stupně včetně znázornění konfidenčních intervalů (výstup z programu Minitab 14)

Tab. 6 ANOVA pro regresní model

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	3	2799046	933015	43,40	0,000
Error	32	687909	21497		
Total	35	3486956			

ZDROJ: Výstup z programu Minitab

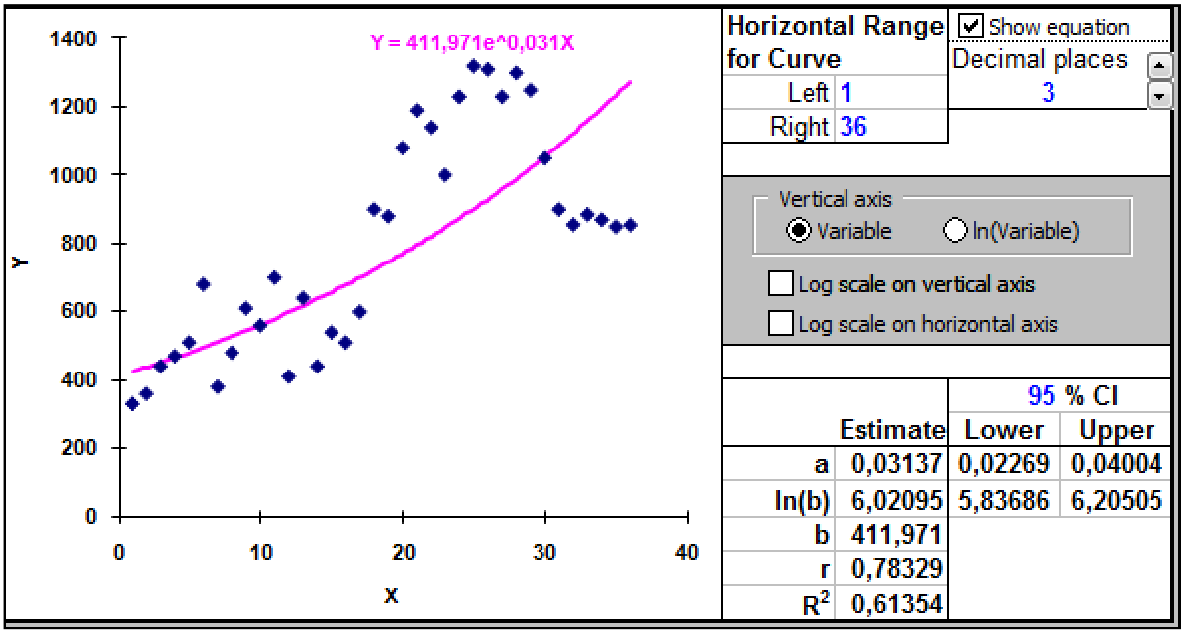
Tab. 7 Sekvenční ANOVA

Source	DF	SS	F	P
Linear	1	1913236	41,34	0,000
Quadratic	1	319869	8,42	0,007

ZDROJ: Výstup z programu Minitab

Nezkušeného uživatele by napadlo dále tato data aproximovat polynomy vyšších řádů, avšak v tomto případě by polynomy od třetího řádu nahoru nebyly použitelné z hlediska interpolace a extrapolace dat.

7.1.4 Proložení dat exponenciálou:



Obr. 16 Proložení dat exponenciálním modelem (koeficient determinace R^2 = 0,61)

Z výše uvedeného vyplývá, že nejvhodnější model pro predikci se jeví lineární model po vyloučení absolutního parametru.

8 PARETOVA ANALÝZA

Paretova analýza je založena na vztahu mezi příčinami a jejich následky. Analýze se také říká pravidlo 80/20. Znamená to, že 80% problémů je způsobeno 20% příčin. Je-li tomu tak, pak nemá smysl se stejně důsledně zabývat všemi činnostmi. Vhodnější je, se zaměřit na ty, co mají největší efekt. Tuto analýzu použiji pro tyčinky s polevou a tvářené figurky.

Společnost mi poskytla údaje o počtu zmetků a příčinách jejich vzniku za období jednoho měsíce. Ty jsou zpracovány v následující tabulce č. 5, která ukazuje údaje o počtu těchto závad. Pro vyčíslení ušlého zisku jsem použila ceny těchto produktů. Závady se pokusím analyzovat pomocí Paretova diagramu a navrhnu ty, jejichž odstraněním se dosáhne snížení počtu zmetků.

8.1 Paretova analýza pro výrobu tyčinek

8.1.1 Příčiny závady

- *Nedostatečná vaznost tyčinky* – První fáze výrobního procesu zahrnuje navážení vstupních surovin a jejich smíchání při určité teplotě. Zde působí lidský faktor. Při chybě v navažování surovin vzniká špatná vaznost jádra tyčinky, která má za následek, že tvarovací stroj nevytvaruje nebo nesprávně vytvaruje tyčinku. Tato závada je odstranitelná, protože obsluha provádí vizuální kontrolu a zmetkovitý produkt se vrátí zpět do procesu tvarování ale i přesto některé nesprávně vytvarované tyčinky projdou do další výrobní fáze.
- *Špatné nastavení máčecího stoje* (vznik tzv. „ocásků“) – Následující fází po vytvarování je máčení. Tyčinky po pásu přijíždějí do čokoládovacího stroje, kde jsou ze všech stran máčeny. Při nesprávném nastavení stroje vznikají tzv. čokoládové ocásky. Tyto výrobky mohou být zachyceny při dalších fázích výroby opět vizuální kontrolou před balením, ale produkty s touto vadou jsou neodstranitelné zmetky.
- *Nesprávná teplota polevy ve stroji* – Pokud má poleva špatnou teplotu, může se stát, že není tyčinka celá namočená v polevě nebo mohou vznikat hrudky v polevě a taktový produkt už nelze vrátit zpět do výrobního procesu.
- *Porucha spárů balení* – Tato vada je opět odstranitelná vizuální kontrolou, před tím, než se zabalené produkty vkládají do dóz po 20 ks. Takový výrobek se rozbalí a znova vrátí do balícího stroje.

Tab. 8 Souhrnná tabulka pro sestrojení grafu – pro ukazatel četnosti neshod u tyčinek

Příčina závady	**Počet [ks]**	**Kumulovaný počet[ks]**	**Podíl závady[%]**	**Kumulativní podíl závady [%]**
Nedostatečná vaznost výrobků	251	251	32,22	32,22
Špatné nastavení máčecího stroje	413	664	53,02	85,24
Nesprávná teplota polevy	70	734	8,99	94,22
Poruch spárů balení	45	779	5,78	100,00
Celkem	**779**	-	-	-

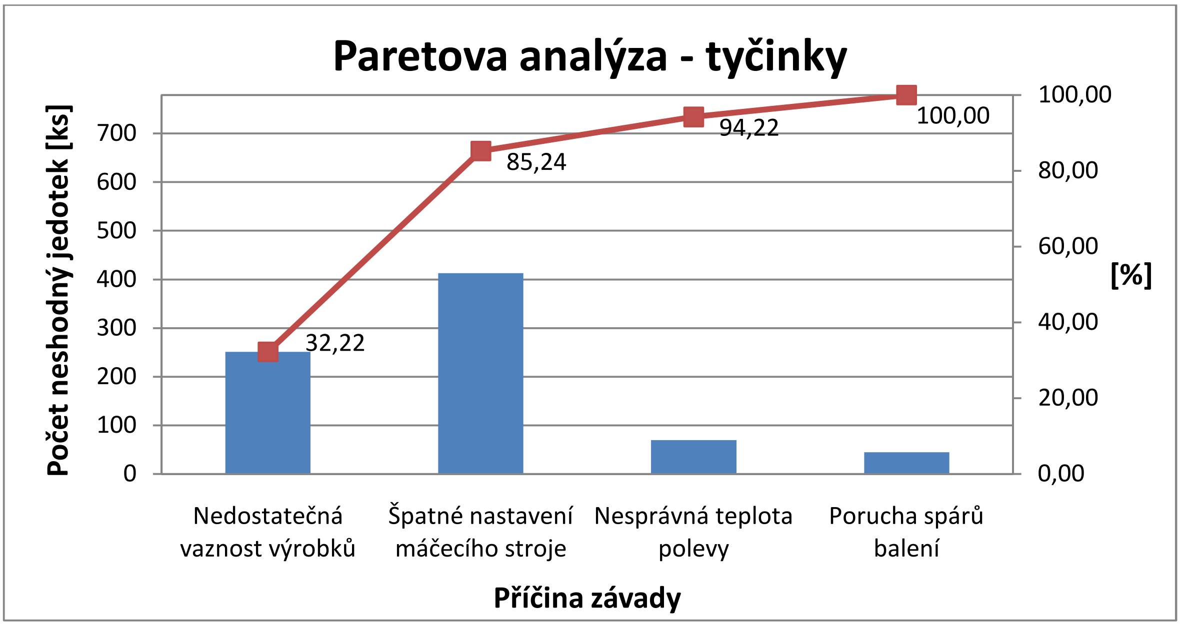
Zdroj: Vlastní zpracování

Tab. 9 Souhrnná tabulka pro sestrojení grafu – pro ukazatel četnosti nákladů u tyčinek

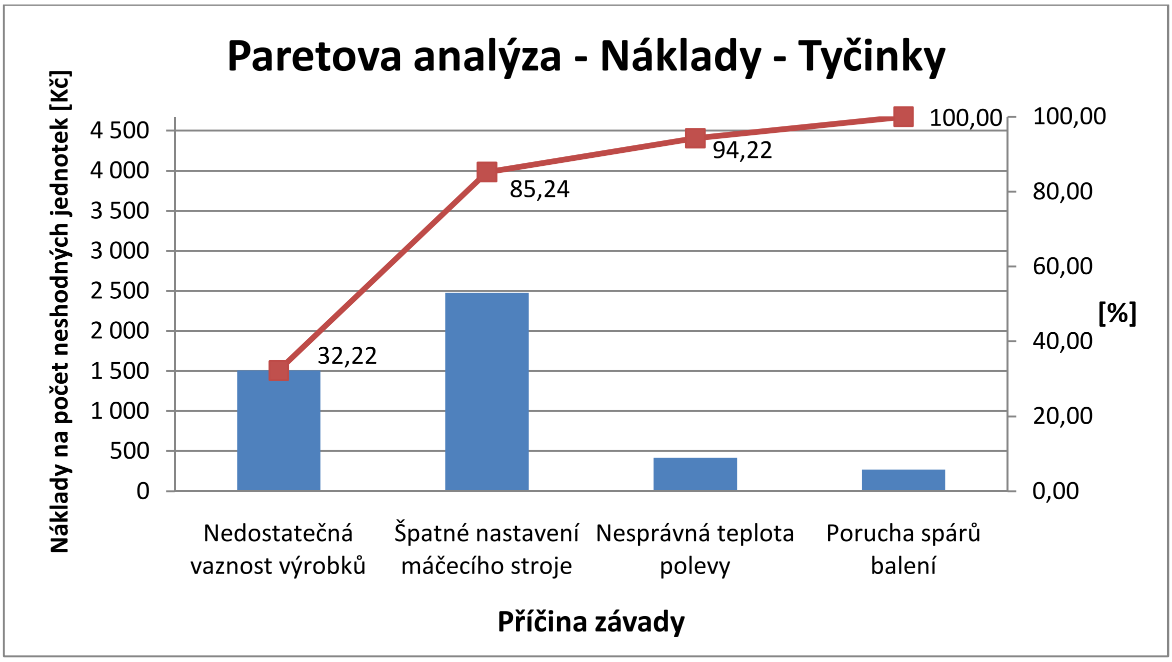
Příčina závady	**Počet [ks]**	**Náklady na počet jednotek [Kč]**	**Kumulovaná četnost nákladů [Kč]**	**Relativní kumulovaná četnost nákladů [%]**
Nedostatečná vaznost výrobků	251	1 506	1 506	32,22
Špatné nastavení máčecího stroje	413	2 478	3 984	85,24
Nesprávná teplota polevy	70	420	4 404	94,22
Porucha spárů balení	45	270	4 674	100,00
Celkem	**779**	4 674	14 568	-

Zdroj: Vlastní zpracování

Na levou svislou osu se vynášení počty ks způsobené jednotlivými příčinami, na pravou svislou osu procenta. Sloupcový diagram představuje zastoupení jednotlivých příčin, přičemž jeden sloupec představuje jeden druh vady, výše sloupce odpovídá četnosti daného druhu vady). Spojnicový graf, tzv. Lorenzova křivka, je křivka rostoucích kumulovaných četností v procentním vyjádření.



Obr. 17 Paretova analýza – počet neshodných jednotek – tyčinky



Obr. 18 Paretova analýza - náklady na neshodný počet jednotek – tyčinky

Na základě Paretovy analýzy jsme zjistili, že při výrobě tyčinek dvě nejčastěji vyskytované příčiny (14,76) způsobily 85,24 % poruch.

8.2 Paretova analýza pro odlévané figurky

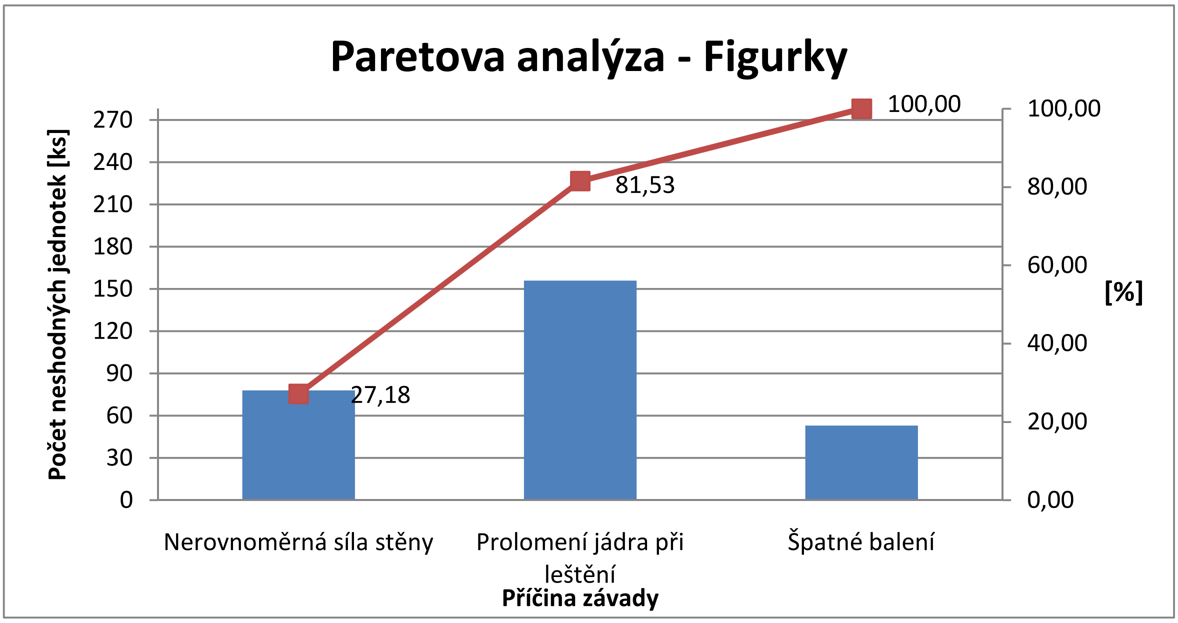
- *Nerovnoměrná síla stěny* – Při odlévání se může stát, že čokoláda ve formě neztuhne stejnoměrně. Tahle vada se projeví většinou při leštění, kde figurka může prasknout. Zbytky čokolády se vrátí do výrobního procesu, kde se zahřejí, roztaví a opět odlijí.
- *Prolomení jádra při leštění* – Po odlití a zchlazení čokolády, putují výrobky po pásu do stoje na leštění, aby figurka dostala lesklý vzhled.
- *Špatné balení* – Poslední fází je balení. Tato vada je odstranitelná vizuální kontrolou. Špatně zabalený výrobek se rozbalí a vrací do výrobního procesu.

Tab. 10 Souhrnná tabulka pro sestrojení grafu – pro ukazatel četnosti neshod u figurek

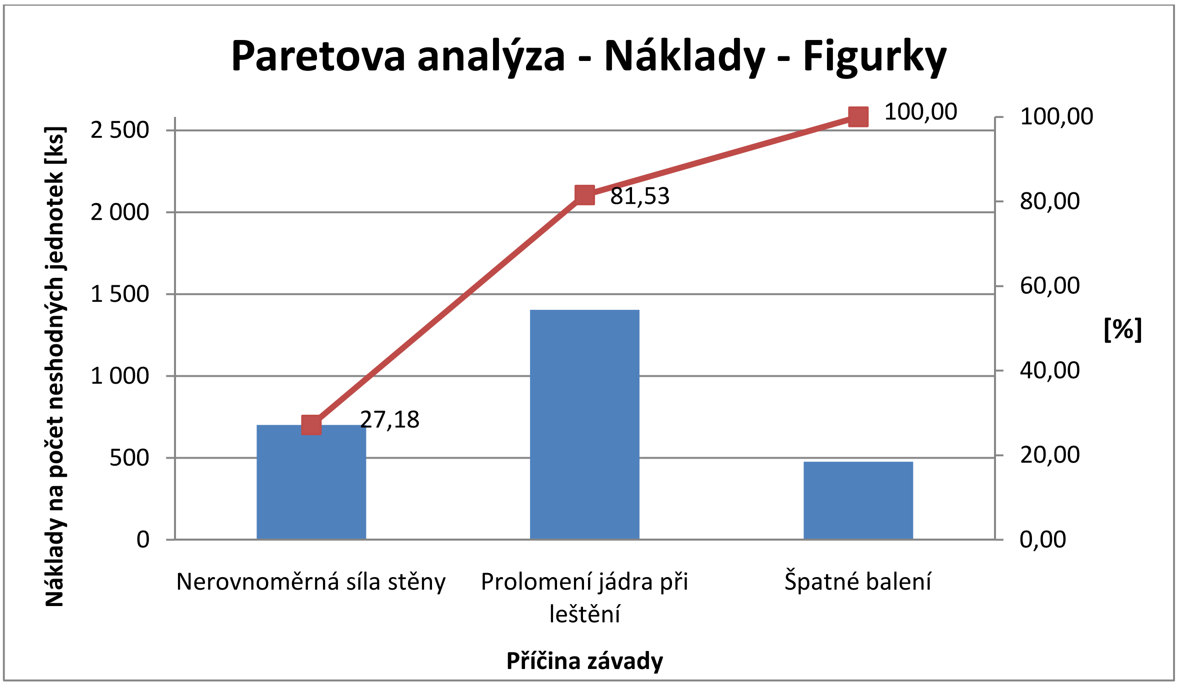
Příčina závady	Počet [ks]	Kumulovaný počet[ks]	Podíl závady[%]	Kumulativní podíl závady [%]
Nerovnoměrná síla stěny	78	78	27,18	27,18
Prolomení jádra při leštění	156	234	54,36	81,53
Špatné balení	53	287	18,47	100,00
Celkem	287	-	-	-

Tab. 11 Souhrnná tabulka pro sestrojení grafu – pro ukazatel četnosti nákladů u figurek

Příčina závady	Počet [ks]	Náklady na počet jednotek [Kč]	Kumulovaná četnost nákladů [Kč]	Relativní kumulovaná četnost nákladů [%]
Nerovnoměrná síla stěny	78	702	702	27,18
Prolomení jádra při leštění	156	1 404	2 106	81,53
Špatné balení	53	477	2 583	100,00
Celkem	287	2 583	5 391	-



Obr. 19 Paretova analýza – počet neshodných jednotek – figurky



Obr. 20 Paretova analýza - náklady na neshodný počet jednotek – figurky

V tomto případě způsobily dvě nejčastěji se vyskytující příčiny (tj. 18,47 %) 81,53 procent poruch, což také dokazuje Paretova analýza.

9 TAGUCHIHO METODY

9.1 Ztrátová funkce a celkové náklady na jakost pro výrobu tyčinek

Způsobilost technologického procesu se standardně testuje pomocí koeficientů. Jiná cesta je použít Taguchiho ztrátové funkce. Nevyžaduje normalitu dat, a představuje úplně jiné pojetí kvality.

Předpoklady, které by měli být splněny, chceme-li ztrátovou funkci použít:

- U každého výrobku se sleduje parametr, (nějaká vlastnost) podle kterého se posuzuje jeho kvalita. (např. hmotnost, rozměr, atd.)
- Tato hodnota má jasně stanovou cílovou hodnotu (T), Target Value
- Nekvalita se projevuje odchylkami od T
- Jakákoliv odchylka od T, představuje ztrátu odběratele, která se projeví zvýšenými náklady na údržbu, opravy atd.

Výrobky, které se pohybují ve stejném tolerančním pásmu, nejsou stejné, každá odchylka způsobuje ztráty, bezztrátová je pouze nulová odchylka. Čím je odchylka vyšší, tím jsou ztráty vyšší.

Ztrátová funkce pro výrobu tyčinek:

Použiji zde tři ukazatele kvality s následující charakteristikami:

Hmotnost:

USL = 37,8

LSL = 34,2

T = 36

Y = 35,63

Obsah kokosu:

USL = 11,34

LSL = 10,476

T = 10,8

Y = 10,692

Obsah čokolády:

USL = 8,505

LSL = 7,695

T = 8,1

Y = 7,995

Horní meze (USL) a dolní meze (LSL) stanovené odběratelem jsou 3% od cílové hodnoty (T). Skutečná hodnota (Y) u hmotnosti je stanovena navážením výrobku a hodnoty u obsahu kokosu a čokolády z výpočetních tabulek, které jsem obdržela od společnosti.

$$TSL(Y_1, Y_2, Y_3) = 4\left[\left(\frac{36-35{,}63}{36{,}72-35{,}28}\right)^2 + \left(\frac{10{,}8-10{,}692}{11{,}16-10{,}26}\right)^2 + \left(\frac{8{,}1-7{,}995}{8{,}262-7{,}938}\right)^2\right] = 0{,}17193$$

Celková ztráta odběratele za nekvalitu je 0,17193 na jeden kus 36g tyčinky. Na jedno obchodní balení po 60 ks to je 10,3158. Odběratel pocítí nedodržení cílové hodnoty T.

Celkové náklady na jakost pro výrobu tyčinek:

Pro výpočet celkových nákladů na jakost použiji následující parametry a budu posuzovat, jak ovlivní náklady na jakost změna kontrolního intervalu.

A (Cena za zmetek) = 3,49

B (Cena kontroly) = 0,211

C (Cena opravy) = 1,692

z (Počet zmetků během kontroly) = 6 ks

u (Průměrný počet výrobků mezi kontrolami) = 2500 ks

n (kontrolní interval) = 40 ks

Rovnice celkových nákladů:

$$L = \frac{B}{n} + \frac{n+1}{2} * \frac{A}{u} + \frac{C}{u} + \frac{z*A}{u} = \frac{0{,}211}{40} + \frac{40+1}{2} * \frac{3{,}49}{2500} + \frac{1{,}692}{2500} + \frac{6*3{,}49}{2500} = 0{,}043$$

Celkové náklady na jakost jsou 0,0429 Kč/ks.

Tab. 12 Volba kontrolního intervalu

kontrolní interval n	celkové náklady jakosti na ks	celkové roční náklady na jakost na ks
5	0,055	13,971
10	0,038	9,533
17	**0,034**	**8,575**
25	0,036	8,981
40	0,043	10,822
60	0,055	13,897
90	0,075	18,879

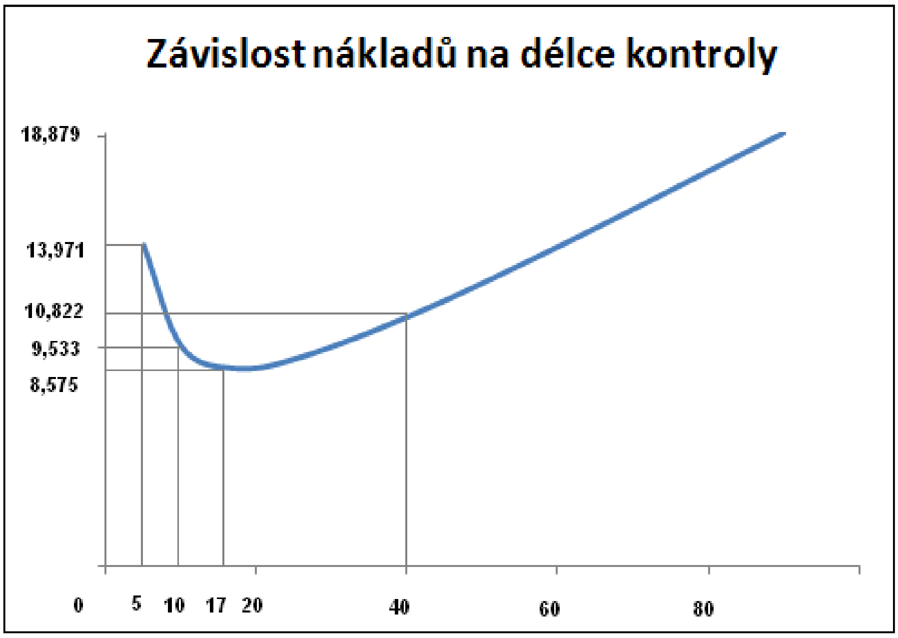
Zdroj: Vlastní zpracování

Z tabulky je zřejmé, že existuje taková volba kontrolního intervalu, při kterém jsou celkové náklady na jakost nejmenší. Při menší nebo větší volbě kontrolního intervalu než 12 ks jsou celkové náklady větší.

Položím-li derivaci $L = \frac{B}{n} + \frac{n+1}{2} * \frac{A}{u} + \frac{C}{u} + \frac{z*A}{u}$ podle n, rovno nule, dostanu vzorec pro optimální n (počet kontrol): $n^* = \sqrt{\frac{2*u*B}{A}}$. Po dosazení tedy

$n^* = \sqrt{\frac{2*2500*0{,}211}{3{,}49}}$ = 17 kusů.

Na následujícím obrázku lze pozorovat vývoj celkových nákladů na jakost při stávajícím kontrolním intervalu a změny intervalu při optimální výši kontrol.



Obr. 21 Závislost nákladů na délce kontroly

9.2 Ztrátová funkce a celkové náklady na jakost pro výrobu plněných figurek

Hmotnost:

USL = 257,5

LSL = 242,5

T = 250

Y = 248,75

Obsah marcipánu:

USL = 122,312

LSL = 115,188

T = 118,75

Y = 117,206

Horní (USL) a dolní meze (LSL) jsou stanoveny opět 3% od cílové hodnoty (T). Skutečná hodnota (Y) u hmotnosti je stanovena navážením výrobku a hodnota obsahu marcipánu z tabulek, které jsem obdržela od společnosti.

$$TSL(Y_1, Y_2, Y_3) = 4\left[\left(\frac{250 - 248{,}75}{257{,}5 - 242{,}5}\right)^2 + \left(\frac{118{,}75 - 117{,}206}{122{,}312 - 115{,}188}\right)^2\right] = 0{,}21564$$

Celková ztráta za nekvalitu je 0,21564, což je ztráta odběratele. Ten pocítí nedodržení cílové hodnoty T.

Celkové náklady na jakost pro výrobu figurek:

Pro výpočet celkových nákladů na jakost použiji následující parametry a budu posuzovat, jak ovlivní náklady na jakost změna kontrolního intervalu.

A (Cena za zmetek) = 18

B (Cena kontroly) = 2,333

C (Cena opravy) = 4,643

z (Počet zmetků během kontroly) = 4 ks

u (Průměrný počet výrobků mezi kontrolami) = 1500 ks

n (kontrolní interval) = 30 ks

Rovnice celkových nákladů:

$$L = \frac{B}{n} + \frac{n+1}{2} * \frac{A}{u} + \frac{C}{u} + \frac{z * A}{u} = \frac{2{,}333}{40} + \frac{40+1}{2} * \frac{18}{1500} + \frac{4{,}643}{1500} + \frac{4 * 18}{1500} = 0{,}315$$

Celkové náklady na jakost jsou 0,315 Kč/ks.

Tab. 13 Volba kontrolního intervalu

kontrolní interval n	celkové náklady jakosti na ks	celkové roční náklady na jakost na ks
5	0,554	139,512
10	0,350	88,280
20	0,294	**74,004**
30	0,315	79,326
40	0,355	89,546
60	0,456	114,887
90	0,623	156,981

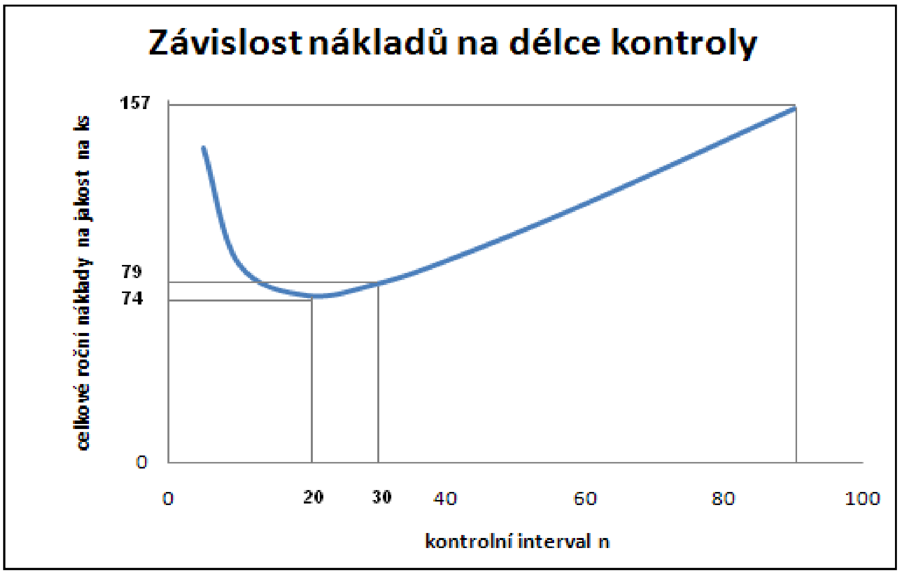
Zdroj: Vlastní zpracování

Je vidět, že existuje taková volba n, při které je L nejmenší. Při větších i menších hodnotách n se L zvětšuje. Následující obrázek znázorňuje tuto situaci, ve kterém jsou zachyceny hodnoty z předchozí tabulky.

Podle výše odvozeného vzorce optimální n (počet kontrol): $n^* = \sqrt{\frac{2*u*B}{A}}$. Po dosazení tedy

$$n^* = \sqrt{\frac{2*1500*2{,}333}{18}} = 20 \text{ kusů.}$$

Na následujícím obrázku lze pozorovat vývoj celkových nákladů na jakost při stávajícím kontrolním intervalu a změny intervalu při optimální výši kontrol.



Obr. 22 Závislost nákladů na délce kontroly

10 DOPORUČENÍ PRO SPOLEČNOST

Během nákladové optimalizace se revidují současné náklady a hodnotí se efektivita vynaložených prostředků z pohledu stanovených cílů a přínosů. Důležité je zaměřit se jak na procesy, tak i na lidské zdroje a vždy zvážit vliv navrhované změny na jednotlivé útvary i na obchodní cíle společnosti. Strategické a systematické sledování nákladů a vhodné změny v nákladové struktuře mohou společnostem zajistit dlouhodobou konkurenceschopnost. Při optimalizaci by se měla společnost:

- Analyzovat současné náklady
- Zaměřit se na oblasti, mající největší potenciál úspor
- Optimalizovat výrobní program
- Analyzovat příčiny zmetkovitosti a odstranit prvně ty, které přinesou nejvyšší efekt (80% problémů je způsobeno 20% příčin)
- Najít optimální kontrolní interval (v případě vybrané společnosti je to u tyčinek po 17 ks a u figurek po 20 ks)
- Co fungovalo u ostatních, bude pravděpodobně fungovat za stejných podmínek i u nás (učit se od ostatních)
- Tvorba účinné studie proveditelnosti a přínosů (je klíčová kvůli získání podpory vedení)
- Provádět pouze podložená rozhodnutí, hlubší pochopení povahy nákladů a dopadů jejich snižování

Přínosy řízení nákladů:

- Snížení nákladů
- Zvýšení provozní výkonnosti, zlepšení ekonomických výsledků
- Optimální využití provozních kapacit a používaných zdrojů
- Minimalizace negativních dopadů snižování nákladů
- Systém řízení a kontroly nákladů

11 ZÁVĚR

Tlak na snižování nákladů je všudypřítomný bez ohledu na vývoj národního hospodářství. Ve své bakalářské práci jsem navrhla některé oblasti, kde je důležité sledování nákladů a kde je možná jejich redukce. Použila jsem lineární programování při optimalizaci výrobního programu, Paretovu analýzu pro rozbor zmetkovitosti z hlediska nákladů na kontrolu výrobků a nákladů zapříčiněných výskytem zmetků u sledovaných výrobků, Taguchiho ztrátovou funkci při volbě optimálního kontrolního intervalu. Pro předpověď poptávky jsem použila programy XLStatistics a Minitab 14.

Pomocí lineárního programování při daných kapacitních omezeních na vstupu lze tržby maximalizovat ve výši 201 600 Kč. Při kapacitních omezení na vstupu a omezeních na výstupu (výroba alespoň 200 kg kokosových tyčinek a 1 200 banánových tyčinek) lze tržby maximalizovat 184 800 Kč. Při stejných omezeních a zavedení nového výrobku (kávové tyčinky) s podobnou technologií výroby vzrostly tržby na 195 700 Kč.

Pomocí programů XLStatictics a Minitab 14 jsem hledala nejlepší model pro předpověď poptávky ve vybrané společnosti. Po aproximaci empirických dat lineárním modelem vyšel koeficient determinace 0,54, avšak po vyloučení absolutní proměnné z modelu se tento koeficient zvýšil na hodnotu 0,89. Čili můžeme říci, že 89 % dat je vysvětleno lineárním modelem.

Paretova analýza 80/20 tvrdí, že nemá smysl se stejně důsledně zabývat všemi činnostmi stejně. Vhodnější je, se zaměřit na ty, co přinášejí nevětší efekt. Na základě této analýzy jsem zjistila, že dvě příčiny a to nedostatečná vaznosti výrobku a špatného nastavení stroje s polevou (tj. 14,76% příčin) způsobily 85,24% zmetků.

Paretovou analýza u odlévaných figurek jsem opět zjistila, že dvě příčiny a to nerovnoměrná síla stěny a prolomení jádra při leštění (tj. 18,47% příčin) způsobily 81,53% zmetků. Odstraněním 20% příčin u obou výrobků odstraníme 80% poruch, čímž snížíme náklady.

Celkové náklady na jakost (náklady vynakládány na kontrolu těchto výrobků) se u tyčinek pohybovaly okolo 10 822,- Kč a u odlévaných figurek 79 326,-Kč. Optimalizací pomocí Taguchiho algoritmů se tak zredukovaly celkové náklady na jakost, což byl jeden z hlavních cílů mé bakalářské práce.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

Monografie:

[1] ZIMOLA, B. *Operační výzkum*. 5. vyd. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2009. 168 s. ISBN 978-80-7318-878-8.

[2] KOLČAVOVÁ, A. *Kvantitativní metody v rozhodování*. 3. vyd. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2008. 182 s. ISBN 987-80-7318-760-6.

[3] GROS, I. *Matematické modely pro manažerské rozhodování*. 1. vyd. Praha: VŠCHT, 2009. 283 s. ISBN 978-80-7080-709-5.

[4] DOSTÁL, P. *Pokročilé metody analýz a modelování v podnikatelství a veřejné správě*. 1. vyd. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2008. 341 s. ISBN 978-80-7204-605-8.

[5] TOŠENOVSKÝ, J. *Náklady na jakost a jejich minimalizace Taguchiho metodami*. 1. vyd. Ostrava: DTO, 1995. 130 s. ISBN 80-248-0573-1.

[6] GROSOVÁ, S. *Marketing: principy, postupy, metody*. 1. vyd. Praha: VŠCHT, 2002. 165 s. ISBN 80-7080-505-6.

[7] ARLT, J., ARLTOVÁ, M. *Ekonomické časové řady*. 1. vyd. Praha: Grada, 2007. 288 s. ISBN 978-80-247-1319-9.

[8] MAŇAS, M. *Optimalizační metody*. 1. vyd. Praha: STNL, 1979. 260 s.

[9] WALTER, J. *Operační výzkum*. 1. vyd. Praha: STNL, 1973. 192 s.

[10] SAMEK, J. *Modely optimálního rozmístění výroby*. 1. vyd. Praha: STNL, 1989. 152 s.

[11] SYNEK, M. A KOL. *Podniková ekonomika. 2*. vyd. Praha: C. H. Beck, 2000. 456 s. ISBN 80-7179-300-4

[12] VEBER, J. A KOL. *Řízení jakosti a ochrana spotřebitele*. 1. vyd. Praha: Grada, 2002. 164 s. ISBN 80-247-0194-4.

[13] TOŠENOVSKÝ, J., NOSKIEVIČOVÁ, D. *Statistické metody pro zlepšování jakosti*. 1.vyd. Ostrava: Montanex, a.s., 2000. 362 s. ISBN 80-7225-040-X.

[14] PAVELKA, F., KLÍMEK, P. *Aplikovaná statistika*. 1. vyd. Zlín: Fakulta managementu a ekonomiky ve Zlíně, 2000. 131 s. ISBN 80-214-1545-2.

Internetové zdroje:

[15] STŘELEC, J. *vlastnicesta.cz* [online]. 2009 [cit. 2010-05-12]. Paretova analýza. Dostupné z WWW: http://www.vlastnicesta.cz/akademie/kvalita-system-kvality/kvalita-system-kvality-metody/paretova-analyza/.

[16] LORENC, M. *lorenc.info* [online]. 2007 [cit. 2010-05-12]. Paretova analýza. Dostupné z WWW: <http://lorenc.info/3MA381/graf-paretova-analyza.htm>.

[17] *Technická univerzita v Liberci* [online]. 2009 [cit. 2010-05-13]. Regrese, korelace. Dostupné z WWW: <http://www.hf.tul.cz/upload/files/regrese_korelace_4.pdf>.

[18] ŠEDIVÁ, B. *Západočeská univerzita v Plzni* [online]. 2008 [cit. 2010-05-13]. Pravděpodobnost a statistika. Dostupné z WWW: <http://home.zcu.cz/~sediva/pse/pse_pr12.pdf>.

Interní zdroje:

[19] *Kalkulace*. Hodonín: XY společnost, 2010.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

LSL Dolní výstražná mez.

USL Horní výstražná mez.

T Target value, cílová hodnota.

Y Naměřená hodnota.

SEZNAM OBRÁZKŮ

SEZNAM TABULEK

SEZNAM PŘÍLOH

PŘÍLOHA P I: TRŽBY V TIS. KČ

Tab. 14 Tržby v tis. Kč

rok	měsíc	tržby v tis. Kč
2006	**leden**	330,1848
	únor	360,0896
	březen	440,2464
	duben	470,2072
	květen	510,5096
	červen	680,4928
	červenec	380,2128
	srpen	480,2688
	září	610,5096
	říjen	560,0896
	listopad	700,392
	prosinec	410,2296
2007	**leden**	640,4144
	únor	440,0224
	březen	540,1344
	duben	510,2856
	květen	600
	červen	900,84
	červenec	880,6048
	srpen	1081,1088
	září	1191,0024
	říjen	1141,0304
	listopad	1001,064
	prosinec	1230,8568
2008	**leden**	1320,7392
	únor	1310,7336
	březen	1231,0808
	duben	1300,728
	květen	1250,25
	červen	1050,8
	červenec	900,5
	srpen	855,9
	září	885,5
	říjen	870,6
	listopad	850
	prosinec	855