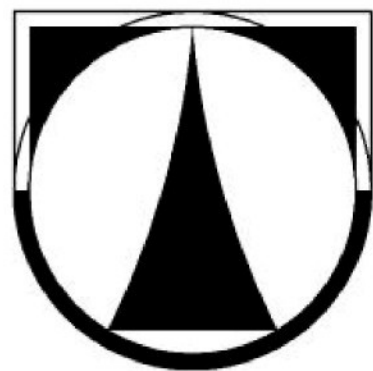


Technická univerzita v Liberci

Hospodářská fakulta



DOKTORSKÁ DISERTAČNÍ PRÁCE

2002

Ing. Miroslav Žížka

Technická univerzita v Liberci

Hospodářská fakulta

Studijní program: 6208V – Ekonomika a management
Studijní obor: Organizace a řízení podniků

Metody stanovení normy velikosti pojistné zásoby

Methods for Determination of a Norm for Safety Stock Amount

Ing. Miroslav Žižka

Školitel: doc. Ing. Josef Sixta, CSc., katedra podnikové ekonomiky

Počet stran: 202
Počet příloh: 13

Datum odevzdání: 31. 1. 2002

Resumé

Doktorská disertační práce se zabývá zhodnocením metod pro stanovení normy velikosti pojistné zásoby. Práce je zpracována v šesti hlavních kapitolách..

V úvodní kapitole je provedeno základní rozdělení zásob z hlediska funkcí, které plní v podniku.

Následující kapitola je věnována funkcím pojistné zásoby v podniku. V navazujících podkapitolách jsou podrobně analyzovány faktory, které ovlivňují velikost a způsob výpočtu pojistné zásoby. Jde o tyto parametry: objednávací systém podniku, důležitost dané položky v sortimentu zásob, charakter poptávky po dané položce zásob, umístění bodu rozpojení v logistickém řetězci, délka intervalu nejistoty, průměrná výše obrátové zásoby, spolehlivost zabezpečení proti vzniku nedostatku zásob, intenzita odchylek, velikost nákladů na udržování a skladování zásob, velikost nákladů z nedostatku zásob, zvolené kritérium optimality, jakost materiálu, spolehlivost dodavatelů.

Stěžejní částí doktorské disertační práce je další kapitola, ve které je uveden přehled dvaceti šesti metod stanovení velikosti pojistné zásoby. Metody jsou rozděleny do dvou základních skupin. První skupinu tvoří metody, které lze doporučit pro položky zásob se stacionárním charakterem poptávky nebo spotřeby. Do této kategorie byly zahrnuty 22 metody, které byly dále rozděleny na metody, které nepoužívají k vyjádření spolehlivosti zabezpečení pojistný faktor (4 metody) a na metody používající k vyjádření spolehlivosti zabezpečení pojistný faktor (17 metod). Metody pracující s pojistným faktorem lze členit na metody založené na analýze údajů o minulé poptávce nebo spotřebě (10 metod), metody založené na analýze chyb v předpovědi poptávky nebo spotřeby (4 metody) a bodovací metody (3 metody). Samostatnou kategorií představuje metoda, která stanovuje pojistnou zásobu podle skutečného rozdělení poptávky nebo spotřeby. Druhou skupinu tvoří čtyři metody, které lze doporučit pro položky zásob s nestacionárním charakterem potřeby. Každá metoda je stručně zhodnocena s uvedením předpokladů použitelnosti v podnikové praxi.

Velikost pojistné zásoby není ovlivněna pouze volbou určité metody výpočtu, ale závisí i na zvoleném přístupu k řízení zásob (centralizovaném nebo decentralizovaném) a na místě v logistickém řetězci, na kterém se zásoba nachází. Těmto faktorům je věnována kapitola 5.

Všechny metody byly aplikovány na data konkrétního podniku s cílem ověřit použitelnost jednotlivých metod. Propočty jsou uvedeny v následující kapitole. Z výsledků je patrné, že v podstatě neexistuje žádná univerzální metoda stanovení velikosti pojistné zásoby. Z 26 zkoumaných metod bylo 11 metod chybných z důvodů chybné konstrukce výpočetního vztahu a nesprávně určené délky intervalu nejistoty.

V závěrečné kapitole bylo zbylých 15 metod rozčleněno podle vhodnosti použití pro jednotlivé skupiny zásob na základě klasifikací podle metod ABC a XYZ. Jako obecně nej přesnější byly identifikovány metody M10 a M23, které lze prakticky použít u všech položek zásob. U položek zásob se silně kolísající poptávkou nebo spotřebou je však pojistná zásoba podle těchto metod vysoká. Jako alternativu lze doporučit metodu M25, která stanovuje pojistnou zásobu variabilně v závislosti na měnící se výši poptávky nebo spotřeby. Kritériem volby by měly být náklady na udržování a skladování zásob a náklady z nedostatku zásob.

Summary

This thesis evaluates methods for the determination of a norm for safety stock amount. It consists of six main chapters.

In the introductory chapter we make a basic division of stock according to its function in a company.

The next chapter is dedicated to the function of the safety stock in a company. The factors that influence the amount and the calculation of the safety stock are carefully analyzed in the following subchapters. We take into account these factors: inventory system of a company, the importance of the item in the stock system, the character of the demand of the specific item, position of the decoupling point in the supply chain, the length of the lead time, average current stock, desired service level, intensity of deviations, holding and storage costs, shortage costs, selected optimal criterion, quality of the material and reliability of the suppliers.

The most important part of the thesis is the following chapter, which consists of a survey of 26 methods for safety stock determination. The methods are divided in two major groups. In the first group there are the methods that can be recommended for the stock items with the stationary character of demand. This group includes 22 methods that are further divided into methods which do not use the safety factor to express the reliability of the security (4 methods) and methods which use this factor (17 methods). The methods that use the safety factor can be divided into those based on the past demand data analysis (10 methods), methods based on the analysis of mistakes in the forecast system (4 methods) and the points system methods. A method that determines the safety stock according to the real distribution of the demand represents a special category. The second major group consists of four methods that can be recommended for the stock items with the non-stationary character of demand. Every method is briefly described and evaluated and the conditions of the use in enterprise management are elaborated.

The amount of safety stock is not only influenced by the choice of one of the methods for calculation, but also depends on the approach to stock management (centralized or decentralized) and on the place in the supply chain where the stock is to be found. These factors are reflected in chapter number 5.

All methods have been applied on the data from one real company with the objective of confirming the usability of the individual methods. The calculations are exposed in the following chapter. The results prove that there is no ideal and versatile method for safety stock determination. 11 of the examined 26 methods were incorrect because of the faulty construction of the calculation and the inaccurate determination of lead time.

In the last chapter, the remaining 15 methods were divided according to their suitability for the various stocks on the basis of the classification methods ABC and XYZ. The methods M10 and M23 were identified as generally the most precise and suitable for practically all the items of stock, although safety stock is rather high for the items that are characterized by floating demand. As an alternative, method M25 can be recommended. This method establishes a variable safety stock according to changes in demand. The criteria for the choice should be the holding and storage costs and shortage costs.

Obsah

Seznam zkratk a symbolů	9
1. Úvod	15
2. Základní pojmy teorie zásob	17
2.1 Klasifikace zásob	18
2.2 Náklady spojené s existencí zásob	21
3. Funkce pojistné zásoby v podniku	23
3.1 Faktory ovlivňující velikost a způsob výpočtu pojistné zásoby	24
3.1.1 Používaný objednávací systém podniku	24
3.1.1.1 Q – systém řízení zásob	26
3.1.1.2 P – systém řízení zásob	28
3.1.2 Důležitost dané položky v sortimentu zásob	29
3.1.2.1 Analýza ABC	30
3.1.2.2 Analýza kritické hodnoty	32
3.1.2.3 Analýza XYZ	33
3.1.3 Charakter poptávky po dané položce zásob	34
3.1.4 Umístění bodu rozpojení v logistickém řetězci	35
3.1.5 Délka období, pro které jsou prováděny odhady budoucí potřeby a přesnost těchto odhadů	38
3.1.5.1 Délka intervalu nejistoty	38
3.1.5.2 Přesnost odhadu budoucí potřeby materiálu	40
3.1.6 Průměrná výše obrátové zásoby	41
3.1.7 Spolehlivost zabezpečení proti vzniku nedostatku zásoby	42
3.1.7.1 Stupeň úplnosti dodávky	42
3.1.7.2 Stupeň pohotovosti dodávky	44
3.1.7.3 Stupeň spolehlivosti dodávky	45
3.1.7.4 Vliv zvoleného ukazatele spolehlivosti zabezpečení na pojistnou zásobu	45
3.1.8 Intenzita odchylek	45
3.1.9 Velikost nákladů na udržování a skladování zásob	46
3.1.10 Velikost nákladů z nedostatku zásob	46
3.1.11 Zvolené kritérium optimality	46
3.1.12 Jakost materiálu a spolehlivost dodavatele	47
4. Analýza metod stanovení velikosti pojistné zásoby	48
4.1 Metody stanovení velikosti pojistné zásoby pro položky se stacionárním charakterem potřeby	49
4.1.1 Jednoduché metody stanovení velikosti pojistné zásoby bez pojistného faktoru	49
4.1.1.1 Stanovení velikosti pojistné zásoby na úrovni 50 % poptávky během pořizovací lhůty (M1)	49
4.1.1.2 Metoda pracující s kladnými odchylkami od průměrné délky dodávkového cyklu (tzv. statistická metoda – M2)	50
4.1.1.3 Rozdílová metoda (M3)	51
4.1.1.4 Metoda pracující s průměrnou kladnou odchylkou délky dodávkového cyklu, průměrnou zápornou odchylkou velikosti dodávek a průměrnou kladnou odchylkou velikosti prodeje (M4)	52
4.1.2 Metody stanovení velikosti pojistné zásoby pracující s pojistným faktorem	54
4.1.2.1 Metody založené na analýze údajů o minulé potřebě	54

4.1.2.1.1	Metoda pracující se směrodatnou odchylkou velikosti potřeby, směrodatnou odchylkou délky dodávkového cyklu, směrodatnou odchylkou velikosti dodávek a průměrnou velikostí potřeby (M5)	54
4.1.2.1.2	Metoda pracující se směrodatnou odchylkou velikostí potřeby, směrodatnou odchylkou délky dodací lhůty a průměrnou velikostí potřeby (M6)	56
4.1.2.1.3	Metoda pracující se směrodatnou odchylkou velikosti potřeby, směrodatnou odchylkou délky dodací lhůty, průměrnou velikostí potřeby a délkou dodací lhůty (M7)	56
4.1.2.1.4	Metoda pracující s rozptylem velikosti potřeby, rozptylem délky dodávkového cyklu, průměrnou velikostí potřeby a průměrnou délkou dodávkového cyklu (M8)	57
4.1.2.1.5	Metoda pracující s intervalem nejistoty a průměrnou velikostí prodeje (M9)	57
4.1.2.1.6	Metoda pracující se směrodatnou odchylkou velikosti potřeby, směrodatnou odchylkou délky pořizovací lhůty a průměrnou velikostí potřeby (M10)	58
4.1.2.1.7	Metoda pracující se směrodatnou odchylkou velikosti potřeby během intervalu nejistoty (M11)	59
4.1.2.1.8	Metoda pracující s průměrnou absolutní odchylkou velikosti potřeby a intervalem nejistoty (M12)	60
4.1.2.1.9	Metoda pracující s rozptylem velikosti potřeby, rozptylem délky pořizovací lhůty, průměrnou velikostí potřeby a průměrnou délkou pořizovací lhůty (M13)	61
4.1.2.1.10	Metoda pracující s rozptylem velikosti potřeby, rozptylem velikosti rozdílů mezi kontrahovaným a skutečně dodaným množstvím a intervalem nejistoty (M14)	62
4.1.2.2	Metody založené na analýze chyb v předpovědi potřeby	64
4.1.2.2.1	Metoda pracující s průměrnou kladnou odchylkou velikosti prognózované potřeby, průměrnou kladnou odchylkou očekávané délky pořizovací lhůty a průměrnou velikostí potřeby (M15)	65
4.1.2.2.2	Metoda pracující s rozptylem velikosti rozdílů mezi kontrahovaným a skutečně dodaným množstvím, rozptylem velikosti chyb v prognóze velikosti potřeby a intervalem nejistoty (M16)	66
4.1.2.2.3	Metoda pracující s rozptylem velikosti potřeby za interval nejistoty, rozptylem délky pořizovací lhůty a průměrnou velikostí potřeby (M17)	68
4.1.2.2.4	Metoda pracující s rozptylem velikosti potřeby, rozptylem délky pořizovací lhůty, střední chybou v prognóze potřeby a průměrnou délkou pořizovací lhůty (M18)	70
4.1.2.3	Metody stanovení velikosti pojistné zásoby bodovacím způsobem	73

4.1.2.3.1	Bodovací metoda, která stanoví pojistný faktor vázaný při propočtu na rozsah plánované potřeby (M19)	73
4.1.2.3.2	Stanovení velikosti pojistné zásoby pomocí skupinových pojistných faktorů (M20)	76
4.1.2.3.3	Zjednodušená bodovací metoda s korigujícími faktory (M21)	77
4.1.3	Metoda stanovení velikosti pojistné zásoby podle skutečného rozdělení náhodné veličiny potřeby (M22)	79
4.2	Metody stanovení velikosti pojistné zásoby pro položky s nestacionárním charakterem potřeby	80
4.2.1	Metoda pracující se směrodatnou odchylkou velikosti potřeby během pořizovací lhůty a parametrem prognózy (M23)	81
4.2.2	Metoda pracující s klouzavou průměrnou chybou předpovědi potřeby (M24)	82
4.2.3	Metoda pracující s očekávanou výší chyby v prognóze velikosti dodávek, očekávanou výší chyby v prognóze velikosti potřeby, sezónními faktory a intervalem nejistoty (M25)	86
4.2.4	Metoda pracující s proměnlivou chybou předpovědi potřeby, rozptylem délky pořizovací lhůty a intervalem nejistoty (M26)	87
4.3	Stanovení velikosti pojistného faktoru	92
4.3.1	Autonomní určení hodnoty pojistného faktoru	93
4.3.1.1	Autonomní určení hodnoty pojistného faktoru pro požadovaný stupeň úplnosti dodávky	93
4.3.1.2	Autonomní určení hodnoty pojistného faktoru pro požadovaný stupeň pohotovosti dodávky	96
4.3.2	Nákladově optimální hodnota pojistného faktoru	98
4.3.2.1	Stanovení pojistného faktoru nepřímo na základě nákladově optimálního stupně úplnosti dodávky	99
4.3.2.2	Stanovení pojistného faktoru přímo na základě výše nákladů na udržování a skladování zásob a nákladů z nedostatku zásob	100
4.3.3	Stanovení pojistného faktoru bodovacím způsobem	103
5.	Řízení pojistných zásob v logistických řetězcích	106
5.1	Portfóliový efekt centralizace skladové sítě	106
5.2	Portfóliový efekt přesunů zásob mezi jednotlivými lokalitami	110
5.3	Stanovení optimální polohy bodu rozpojení objednávkou zákazníka z hlediska nákladů na držení pojistné zásoby	112
6.	Aplikace metod stanovení pojistné zásoby v podnikové praxi	116
6.1	Aplikace metod stanovení velikosti pojistné zásoby pro položky se stacionárním charakterem potřeby	116
6.1.1	Výbojka 70 W	117
6.1.2	Výbojka 150 W	132
6.1.3	Výbojka 250 W	145
6.1.4	Zhodnocení jednotlivých metod	158
6.2	Aplikace metod stanovení velikosti pojistné zásoby pro položky s nestacionárním charakterem potřeby	165
6.2.1	Výbojka 70 W	165
6.2.2	Výbojka 150 W	168
6.2.3	Výbojka 250 W	171
6.2.4	Zhodnocení jednotlivých metod	175

7. Doporučení pro stanovování optimální výše pojistné zásoby v podniku	185
8. Závěr	190
Seznam použité literatury	195
Seznam příloh	199

Seznam zkratek a symbolů

Obecné zkratky:

Abs	absolutní
ABS	absolutní hodnota
ad.	a další
angl.	anglicky, anglický
apod.	a podobně
č.	číslo
ČR	Česká republika
Df	degrees of freedom (stupňů volnosti)
dod.	dodávkový
ECR	Efficient Consumer Response (efektivní odpověď zákazníkovi)
Err	error (chyba)
j.	jednotka
JIT	Just in Time
kap.	kapitola
kol.	kolektiv
ks	kus, kusů
kumul.	kumulativní
M	metoda
M. j.	měrná jednotka
max.	maximální
Ms	mean square (průměr čtverců)
např.	na příklad
nejč.	nejčastěji
obr.	obrázek
PE	portfóliový efekt
poj.	pojistná
popř.	popřípadě
pozn.	poznámka
pr., prům.	průměrný
přil.	příloha
příp.	případně
PZ	pojistná zásoba
QR	Quick Response (rychlá odezva)
resp.	respektive
s.	strana
SE	standard error (směrodatná chyba)
sez.	sezónní
sm.	směrodatná
Sq	square (čtvercový)
SS	sum of squares (součet čtverců)

tab.	tabulka
tj.	tj.
tzn.	to znamená
tzv.	tak zvaný
vč.	včetně
vyd.	vydání
W	watt

Značení veličin použitých ve vzorcích:

α	stupeň úplnosti dodávky
A_p	průměrná absolutní odchylka velikosti potřeby (spotřeby, poptávky)
A_{tc}	průměrná absolutní odchylka délky dodávkového cyklu
β	stupeň pohotovosti dodávky
$cov(p_{ij})$	kovariance poptávky mezi lokalitami i a j
c_p	fixní náklady na pořízení jedné dodávky
c_s	náklady skladování jednotky zásob za jednotku času
c_s^f	náklady na udržování jednice zásoby hotových výrobků za jednotku času
c_s^p	náklady na udržování jednice zásoby polotovarů za jednotku času
c_z	náklady z nedostatku jednice zásob za jednotku času
$D(p)$	chyba předpovědi potřeby (spotřeby, poptávky)
d_p^+	průměrná kladná odchylka od průměrné velikosti potřeby (spotřeby, poptávky)
$D_t(p)$	hledaná chyba předpovědi potřeby (spotřeby, poptávky) na t-té období
d_{tc}^+	průměrná kladná odchylka od průměrné délky dodávkového cyklu
d_x^-	průměrná záporná odchylka od průměrné velikosti dodávky
E_i	očekávaná výše chyby v prognóze velikosti i-té potřeby (spotřeby, poptávky)
e_p^+	průměrný kladný rozdíl mezi skutečnou a prognózovanou velikostí potřeby (spotřeby, poptávky)
e_p^-	průměrný rozdíl mezi očekávanou a skutečnou velikostí potřeby (spotřeby, poptávky)
e_{pi}	rozdíl mezi očekávanou a skutečnou velikostí i-té potřeby (spotřeby, poptávky)
e_{pi}^+	kladný rozdíl mezi skutečnou a prognózovanou velikostí i-té potřeby (spotřeby, poptávky)
e_{pt}	absolutní odchylka mezi skutečnou a prognózovanou velikostí potřeby (spotřeby, poptávky) v t-tém období
E_t	očekávaná výše chyby v prognóze velikosti potřeby (spotřeby, poptávky) v t-tém dílčím období
e_t^+	průměrný kladný rozdíl mezi skutečnou a očekávanou délkou pořizovací lhůty
e_{ti}^+	kladný rozdíl mezi skutečnou a očekávanou délkou i-té pořizovací lhůty
$F(K)$	distribuční funkce náhodné veličiny K
$f(p)$	hustota pravděpodobnosti náhodné veličiny p
$f^{t_p+t_o}(p)$	hustota pravděpodobnosti $(t_p + t_o)$ -té konvoluce týdenní poptávky
$F(z)$	distribuční funkce náhodné veličiny z
$f(z)$	hustota pravděpodobnosti náhodné veličiny z

FETS	forecast error tracking signal (signál chybné předpovědi)
F_i	očekávaná výše chyby v prognóze velikosti i-té dodávky
F_t	očekávaná výše chyby v prognóze velikosti dodávek v období t
γ	vyrovnávací konstanta
h	počet intervalů; poměr nákladů na držení pojistné zásoby polotovarů a hotových výrobků
h(K)	hodnota funkce udávající očekávaný počet chybějících jednotek v případě deficitu
κ	koeficient vyjadřující podíl času, ve kterém bude kryta potřeba (spotřeba, poptávka)
K	pojistný faktor
k	index roku ($k = 1, 2, \dots, T$)
K_i	pojistný faktor pro i-tý sklad
K_j	pojistný faktor pro j-tý sklad
K_{kp}	koeficient korekce pojistné zásoby stanovený pro určité rozpětí bodů
K_{kt}	koeficient časové korekce stanovený pro určité rozpětí dodávkového cyklu
m	celková délka použité časové řady
μ	střední hodnota potřeby (spotřeby, poptávky)
M	počet skladů
MAD	mean absolute deviation (průměrná absolutní odchylka)
M.A.E.	mean absolute error (střední absolutní chyba odhadu)
MD	mean error of demand forecast (střední chyba v prognóze velikosti potřeby)
M.E.	mean error (střední chyba odhadu)
M.S.E.	mean squared error (střední čtvercová chyba odhadu)
n	celkový počet pozorování
N	počet skladů nebo lokalit
n^-	počet dodávek, u nichž $\bar{x} > x_i$
n^+	počet dodávek, u nichž $t_{ci} > \bar{t}_c$, resp. $t_{pi}^+ > \hat{t}_{pi}$; počet prodejů, u nichž $p_i > \bar{p}$, resp. $p_i^+ > \hat{p}_i$
$N(x_p)$	náklady na držení pojistné zásoby
n_t	počet období časové řady v roce
N_z	celkové náklady z nedostatku zásob
p_{max}	maximální velikost potřeby (spotřeby, poptávky) za jednotku času
$\bar{p}$	průměrná velikost potřeby (spotřeby, poptávky) za jednotku času
p_i	velikost i-té potřeby (spotřeby, poptávky)
P_i	absolutní odchylka skutečné potřeby (spotřeby, poptávky) během intervalu nejistoty od průměrné hodnoty
$P_{i max}$	maximální velikost absolutní odchylky P_i
$P_{i min}$	minimální velikost absolutní odchylky P_i
p_i^+	velikost i-té potřeby (spotřeby, poptávky), která je vyšší než průměrná, resp. prognózovaná
$\hat{p}_i$	prognózovaná velikost i-té potřeby (spotřeby, poptávky)
$\hat{P}_k$	hledaná vyrovnaná očištěná potřeba (spotřeba, poptávka) za jedno období v k-tém roce
p_t	velikost potřeby (spotřeby, poptávky) v období t

$\hat{p}_t$	prognózovaná velikost potřeby (spotřeby, poptávky) v období t
$\hat{P}_{T+1}$	očekávaná očištěná potřeba (spotřeby, poptávky) pro všechna období roku $k = T + 1$
p_{tk}	skutečná potřeba (spotřeby, poptávky) v t -tém období k -tého roku
P_{tk}	skutečná potřeba (spotřeby, poptávky) v t -tém období k -tého roku očištěná od sezónnosti
$\hat{p}_{tk}$	hledaná vyrovnaná potřeba (spotřeby, poptávky) v t -tém období k -tého roku
$\bar{p}_{tn}$	průměrná velikost potřeby (spotřeby, poptávky) během intervalu nejistoty
p_{tn_i}	velikost i -té potřeby (spotřeby, poptávky) během intervalu nejistoty
$\bar{p}_{tp}$	průměrná velikost potřeby (spotřeby, poptávky) během pořizovací lhůty
$\bar{p}_{týd.}$	průměrná týdenní potřeba (spotřeby, poptávky) položky zásob
Q	celková velikost potřeby (spotřeby, poptávky) zdroje za období T
R	variační rozpětí
$\bar{r}_x$	průměrný rozdíl mezi kontrahovaným a skutečně dodaným množstvím
r_{xi}	rozdíl mezi kontrahovaným a skutečně dodaným množstvím i -té dodávky
s	faktor tlumení
s_{res}^2	reziduální rozptyl odchylek skutečných potřeb (spotřeb, poptávek) od vyrovnaných hodnot
σ_c	celková směrodatná odchylka
σ_e	směrodatná odchylka rozdílů mezi očekávanou a skutečnou velikostí potřeby (spotřeby, poptávky)
s_i	sezónní faktor pro i -té dílčí období
σ_n	směrodatná odchylka velikosti potřeby (spotřeby, poptávky) během intervalu nejistoty
σ_p	směrodatná odchylka velikosti potřeby (spotřeby, poptávky)
σ_{pi}	směrodatná odchylka velikosti potřeby (spotřeby, poptávky) v i -té lokalitě
Sp_k	sumární skutečná potřeba (spotřeby, poptávky) za k -tý rok
$\hat{Sp}_k$	předpověď sumární (roční) potřeby (spotřeby, poptávky) pro rok k
σ_r	směrodatná odchylka rozdílů mezi kontrahovaným a skutečně dodaným množstvím
s_t	sezónní faktor pro t -té dílčí období
σ_{tc}	směrodatná odchylka délky dodávkového cyklu
σ_{td}	směrodatná odchylka délky dodací lhůty
σ_{tp}	směrodatná odchylka délky pořizovací lhůty
σ_x	směrodatná odchylka velikosti dodávek
T	počet let časové řady; délka plánovacího období
t	index období v roce
$\tau(K)$	pomocná servisní funkce
t_a	délka intervalu mezi aktualizacemi plánu potřeby dodávek, resp. hlavního výrobního plánu
$TBAD_t$	time based absolute deviation (absolutní odchylka měnící se v čase)
TBM	time based mean absolute deviation (klouzavá průměrná absolutní odchylka předpovědi potřeby (spotřeby, poptávky))
t_c	délka dodávkového cyklu

$t_{c \max}$	maximální délka dodávkového cyklu
$\bar{t}_c$	průměrná délka dodávkového cyklu
t_{ci}	délka i-tého dodávkového cyklu
t_{ci}^+	i-tý dodávkový cyklus delší než průměrný
t_d	délka dodací lhůty
t_{di}	délka i-té dodací lhůty
$\bar{t}_d$	průměrná délka dodací lhůty
t_k	délka kontrolního intervalu mezi revizemi stavu zásob
t_n	délka intervalu nejistoty
t_o	délka objednávacího cyklu
t_p	délka pořizovací lhůty
T_p	variační rozpětí délky pořizovací lhůty
t_{pi}	délka i-té pořizovací lhůty
$t_{p \max}$	maximální délka pořizovací lhůty
$t_{p \min}$	minimální délka pořizovací lhůty
$\bar{t}_p$	průměrná délka pořizovací lhůty
t_{pi}^+	i-tá délka pořizovací lhůty, která je delší než očekávaná hodnota
$\hat{t}_{pi}$	očekávaná délka i-té pořizovací lhůty
t_Σ	kumulativní průběžná doba
v	počet dodávkových cyklů za období T
W_{ij}	podíl poptávky přemístěné z decentralizované lokality i do centrálního skladu j nebo část zásilky přepravené z lokality j do lokality i
$\omega(t, n)$	koefficient pro chybu předpovědi
x	velikost dodávky (objednávky)
$\bar{x}$	průměrná velikost dodávky
x_b	velikost obrátové zásoby
$\bar{x}_b$	průměrná obrátová zásoba
x_{bi}	velikost běžné zásoby v i-tém skladu
x_c	velikost celkové zásoby
$\bar{x}_c$	průměrná celková zásoba
x_{ci}	velikost celkové zásoby v i-tém skladu
x_d	velikost dispoziční zásoby
$\bar{x}_{def.}$	průměrná výše deficitu zásoby
x_i	velikost i-té dodávky
x_i^-	velikost i-té dodávky, která je nižší než průměrné dodávané množství z výroby
x_i^+	velikost i-té dodávky, u které byl překročen průměrný dodávkový cyklus
$\hat{x}_i$	kontrahované množství i-té dodávky
$x_{\max}$	velikost maximální zásoby
x_o	objednávací zásoba (signální úroveň zásoby)
$\bar{x}_o$	průměrná objednávací zásoba
$x_{opt.}$	optimální velikost objednávky (dodávky)
x_p	velikost pojistné zásoby

$\bar{x}_p$	průměrná pojistná zásoba
x_p^f	velikost pojistné zásoby hotových výrobků
x_p^p	velikost pojistné zásoby polotovarů
x_{pp}	část pojistné zásoby, ze které se vyrovnávají výkyvy v potřebě (spotřebě, poptávce)
x_{p_t}	velikost pojistné zásoby v období t
x_{px}	část pojistné zásoby, ze které se vyrovnávají výkyvy v dodávkách
x_t	velikost dodávek v období t
$\hat{x}_t$	kontrahované množství dodávek v období t

1. Úvod

K napsání této doktorské práce mně vedlo několik důvodů. Kromě mého pedagogického působení v oblastech logistiky a operačního výzkumu a vzrůstajícího významu, který je v odborné literatuře přikládán řízení zásob, to byl i zájem podniků o problematiku stanovování pojistných zásob.

Již při letmém studiu odborné literatury bylo zřejmé, že co autor, to svébytný názor na způsob určování optimální výše pojistné zásoby. Cílem této práce je proto sestavit co nejširší přehled metod stanovování pojistné zásoby a zejména vypracovat pro manažery podniků návod, jak postupovat při optimalizaci výše pojistných zásob.

Posláním pojistné zásoby je do určité míry chránit podnik před odchylkami, ke kterým dochází v průběhu zásobovacího procesu. I když je pojistná zásoba pouze jedním z mnoha druhů zásob udržovaných v podniku, často představuje významnou složku celkové zásoby a generuje značné náklady na udržování a skladování zásob. Je tedy zřejmé, že správné stanovení velikosti pojistné zásoby může přispět k podstatnému snížení nákladů podniku a ke zvýšení jeho konkurenceschopnosti na trhu.

Doktorská práce se skládá ze šesti hlavních částí (kapitoly 2 až 7). V první části (kap. 2) je provedeno základní rozdělení zásob z hlediska funkcí, které plní v podniku. Jelikož s udržováním zásob jsou spjaty značné náklady, je součástí této kapitoly i stručná klasifikace nákladů spojených s existencí zásob.

Funkcím pojistné zásoby v podniku je věnována kap. 3. V následujících podkapitolách je podrobně analyzováno dvanáct faktorů, které ovlivňují velikost a způsob výpočtu pojistné zásoby. Jedná se o používaný objednávací systém podniku, důležitost dané položky v sortimentu zásob, charakter poptávky po dané položce zásob, umístění bodu rozpojení v logistickém řetězci, délka období, pro které jsou prováděny odhady budoucí potřeby (termínem potřeba budeme v dalším textu označovat souhrnně spotřebu nebo poptávku), průměrná výše obrátové zásoby, spolehlivost zabezpečení proti vzniku nedostatku zásob, intenzita odchylek, velikost nákladů na udržování a skladování zásob, nákladů z nedostatku zásob, zvolené kritérium optimality, jakost materiálu a spolehlivost dodavatelů.

Stěžejní částí doktorské práce je kapitola 4, ve které je uveden přehled dvaceti šesti metod stanovení velikosti pojistné zásoby. Metody jsou rozděleny do dvou základních podskupin podle toho, zda lze u dané položky zásob předpokládat stacionární nebo nestacionární charakter potřeby. U každé metody bylo provedeno stručné zhodnocení a byly formulovány předpoklady použitelnosti v podnikové praxi. Jelikož dvacet jedna metoda pracuje s pojistným faktorem, což je veličina, prostřednictvím které se do propočtu pojistné zásoby vnáší požadovaná spolehlivost zabezpečení proti odchylkám, je problematice přístupů k optimalizaci výše pojistného faktoru věnována samostatná podkapitola 4.3.

Vzhledem k velké rozmanitosti a nejednotnosti značení proměnných a symbolů, ale i používané terminologie v literatuře bylo nutné vytvořit vlastní jednotný systém značení použitých veličin a sjednotit odborné názvosloví (týká se např. názvů používaných pro ukazatele spolehlivosti zabezpečení proti odchylkám, nákladů spojených se zásobami, pojistného faktoru ad.).

Velikost pojistné zásoby není ovšem ovlivněna pouze volbou určité metody výpočtu, ale závisí i na zvoleném přístupu k řízení zásob (centralizovaném nebo decentralizovaném) a na místě v logistickém řetězci, na kterém se zásoba nachází. Vlivu centralizace zásob na celkovou výši pojistné zásoby a hledání optimální polohy bodu rozpojení v materiálovém toku z hlediska nákladů je věnována kap. 5.

Cílem kapitoly 6 je ověření hypotéz o použitelnosti jednotlivých metod na konkrétních datech z podnikové praxe. Pomocí metod uvedených v kapitole 4 jsou v této kapitole vypočítány velikosti pojistných zásob pro tři vybrané položky zásob. Hodnoty veličin použitých při výpočtu pojistné zásoby a výsledky podle jednotlivých metod jsou přehledně uspořádány do tabulek č. 17 až 121. Vstupní údaje a pomocné propočty jsou pro svoji rozsáhlost zařazeny do příloh 4 až 12. Na koncích dílčích podkapitol 6.1.4 a 6.2.4 je uvedeno zhodnocení jednotlivých metod.

Obsahem kapitoly 7 jsou doporučení pro manažery podniků, jak postupovat při stanovování optimální výše pojistné zásoby. V této kapitole jsou metody pro stanovení výše pojistné zásoby rozděleny podle vhodnosti použití pro jednotlivé skupiny zásob. Zároveň jsou zde uvedena opatření, která by měla přispět k redukci odchylek v průběhu zásobovacího procesu a tím i k výraznému snížení pojistných zásob.

2. Základní pojmy teorie zásob

Oblast zásob a zásobování je důležitou oblastí hospodaření a výroby, neboť výše finančních prostředků vázaných v zásobách se pohybuje v průměru okolo 20 % celkových aktiv u výrobních podniků a okolo 50 % celkových aktiv u obchodních podniků.¹ Tyto prostředky jsou svým způsobem zmrazené a nepřinášejí užitek. Je tedy zřejmé, že i relativně malé snížení zásob může znamenat významný ekonomický efekt pro podnik. Ovšem na druhé straně nedostatek zásob vede ke ztrátám, není-li podnik schopen uspokojit poptávku zákazníků.

Uveďme si některé z **příčin vzniku a existence zásob**, které vyplývají z funkcí, které zásoby v podniku plní:

1) GEOGRAFICKÁ FUNKCE ZÁSOb

- umožňují místní odloučení výroby a spotřeby a optimální lokalizaci výrobních kapacit z hlediska zdrojů surovin, energií, pracovníků.

2) VYROVNÁVACÍ A TECHNOLOGICKÁ FUNKCE ZÁSOb

- zabezpečují plynulost výrobního procesu (např. zásoby nedokončené výroby mezi jednotlivými výrobními operacemi),
- odstraňují kapacitní nesoulad mezi výrobou polotovaru a jeho spotřebou v navazujících výrobních operacích,
- umožňují zhromadňování výroby (výroba v ekonomicky výhodné velikosti výrobní dávky),
- překlenují časové kolísání výroby a spotřeby (zemědělství, sezónní zboží),
- vznikají jako důsledek zvláštnosti přepravy od dodavatele k odběrateli (doprava, až na výjimky, není spojitá. Často jsou výrobky dodávány ve velkých zásilkách při nízkých jednotkových nákladech.),
- do jisté míry eliminují nepředvídatelné výkyvy v poptávce nebo poruchy při doplňování zásob.

3) SPEKULATIVNÍ FUNKCE ZÁSOb

- vytváření rezerv,
- předzásobení při očekávaném cenovém růstu apod.²

Přes to všechno se lze v poslední době setkat se stále rozšířenějším názorem, že zásoby jsou „zlem“ ve výrobě, které je nutno téměř zcela eliminovat.

Negativní vliv zásob spočívá v tom, že váží kapitál, spotřebovávají další práci a prostředky a nesou s sebou riziko znehodnocení, nepoužitelnosti či neprodejnosti. Kapitál vložený do zásob potom chybí pro financování technického rozvoje, ohrožuje platební schopnost podniku a snižuje jeho důvěryhodnost při jednání s obchodními partnery, bankami apod.³

¹ LAMBERT, D. M., STOCK, J. R., ELLRAM, L. M. *Logistika*. 1. vyd. Praha: Computer Press, 2000, s. 148.

ISBN 80-7226-221-1. Podobný údaj – 10 až 25 % aktiv podniku uvádí i:

GROS, I. *Logistika*. 1. vyd. Praha: VŠCHT, 1996, s. 93. ISBN 80-7080-262-6

² GROS, I. *Logistika*. 1. vyd. Praha: VŠCHT, 1996, s. 94. ISBN 80-7080-262-6

³ HORÁKOVÁ, H., KUBÁT, J. *Řízení zásob. Logistické pojetí, metody, aplikace, praktické úlohy*. 3. vyd. Praha: Profess Consulting, 1999, s. 67. ISBN 80-85235-55-2

Velikost zásob by měla být na jedné straně co nejmenší z výše uvedených důvodů, ale na druhé straně co největší kvůli dostatečné pohotovosti dodávek. Je zřejmé, že obě hlediska jsou protichůdná, a proto musíme mezi nimi volit určitý kompromis.

2.1 Klasifikace zásob

Zásoby lze členit podle mnoha hledisek (např. podle stupně zpracování, podle funkce v podniku, podle použitelnosti).

Podle **stupně zpracování** se zásoby obvykle dělí do těchto skupin:

- *výrobní zásoby* (zejm. suroviny, základní, pomocné a režijní materiály, paliva, polotovary a nakupované díly spotřebovávané při výrobě, náhradní díly, nástroje, obaly a obalové materiály),
- *zásoby rozpracovaných výrobků* (polotovary vlastní výroby, nedokončené výrobky),
- *zásoby hotových výrobků* (distribuční zásoby),
- *zásoby zboží* (výrobky nakoupené za účelem jejich prodeje).⁴

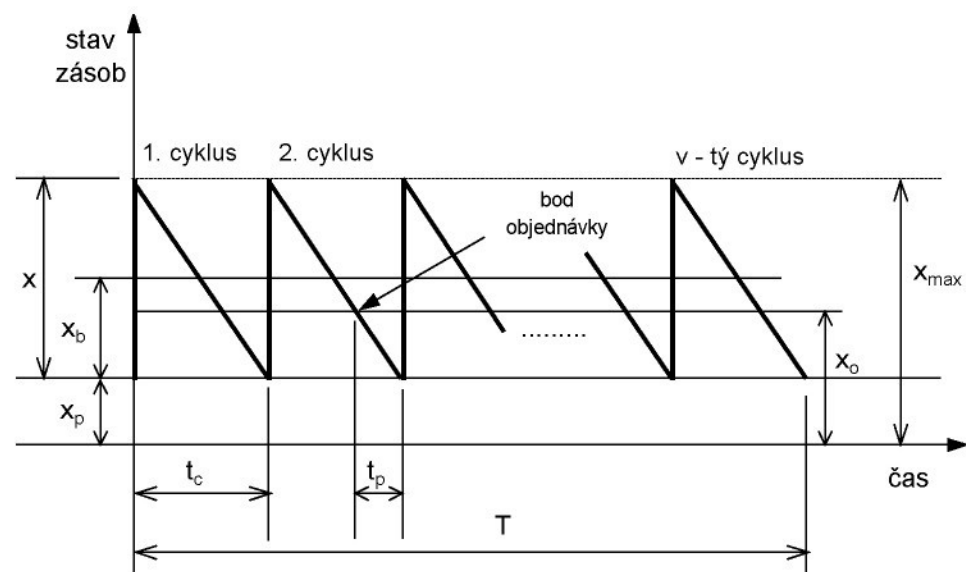
Výše uvedené členění zásob je do značné míry totožné s klasifikací podle postupů účtování pro podnikatele a účtové osnovy v ČR.

Pro účely operativního řízení zásob nás však více bude zajímat **funkční členění zásob**, kde rozlišujeme:

Běžnou (obratovou) zásobu, kterou se rozumí ta část zásob, která kryje potřeby (požadavky na výdej) v období mezi dvěma dodávkami. Její stav v průběhu dodávkového cyklu kolísá, jak ukazuje obr. č. 1. Při výpočtu proto obvykle uvažujeme **průměrnou běžnou zásobu** (x_b), která se rovná polovině velikosti dodávky.⁵

⁴ HORÁKOVÁ, H., KUBÁT, J. *Řízení zásob. Logistické pojetí, metody, aplikace, praktické úlohy*. 3. vyd. Praha: Profess Consulting, 1999, s. 72. ISBN 80-85235-55-2

⁵ TOMEK, G., TOMEK, J. *Nákupní marketing*. 1. vyd. Praha: Grada Publishing, 1996, s. 63. ISBN 80-85623-96-X



obr. č. 1 - Časový průběh stavu vybraných druhů zásob⁶

Pojistnou zásobu (x_p), která má tlumit náhodné výkyvy jednak na straně vstupu (ve velikosti a intervalu dodávek) a jednak na straně výstupu (ve velikosti a intervalu čerpání ze zásoby).

Zásobu pro předzásobení, která má vyrovnávat předpokládané větší výkyvy na vstupu nebo na výstupu (při silně sezónní výrobě či spotřebě, v případě dovolených u dodavatele, očekávaných potíží u dodavatele či v dopravě).⁷

Vyrovnávací zásobu, která je určena k zachycování nepředvídatelných okamžitých výkyvů mezi navazujícími dílčími procesy. Vytváří se např. před úzkoprofilovými či drahými stroji, u podvěsných dopravníků a u válečkových tratí.⁸

Výše uvedené čtyři skupiny zásob se někdy také označují jako **rozpojovací zásoby**,⁹ neboť „rozpojují“ materiálový tok mezi jednotlivými články logistického řetězce, které tím získávají určitou nezávislost, což usnadňuje řízení.

V podniku se mohou vyskytovat i další funkční druhy zásob:

Zásoba strategická (příp. havarijní), která má zajistit přežití podniku při nepředvídaných událostech, jako je např. krytí potřeb firmy při kalamitách v zásobování, při stávkách, konfliktech apod.

⁶ SYNEK, M. a kol. *Manažerská ekonomika. 2.*, přepracované a rozšířené vydání. Praha: Grada Publishing, 2000, s. 231. ISBN 80-247-9069-6 (zjednodušeno autorem předkládané práce)

⁷ TOMEK, J., HOFMAN, J. *Moderní řízení nákupu podniku. 1.* vyd. Praha: Management Press, 1999, s. 193. ISBN 80-85943-73-5

⁸ LÍBAL, V., KUBÁT, J. a kol. *ABC logistiky v podnikání. 1.* vyd. Praha: NADATUR, 1994, s. 70. ISBN 80-85884-11-9

⁹ HORÁKOVÁ, H., KUBÁT, J. *Řízení zásob. Logistické pojetí, metody, aplikace, praktické úlohy. 3.* vyd. Praha: Profess Consulting, 1999, s. 73. ISBN 80-85235-55-2

Zásoba spekulativní, která se utváří za účelem dosažení mimořádného zisku vhodným nákupem (při dočasném snížení ceny, před předpokládaným zvýšením cen, v případě nákupu za účelem nikoli spotřeby, ale výhodného budoucího prodeje beze změny).¹⁰

Technologická zásoba vzniká např. tehdy, byl-li již proces výroby ze strany výrobce ukončen, ale výrobek ještě není schopen plnit své ekonomické poslání, tj. uspokojovat příslušnou potřebu,¹¹ neboť před použitím vyžaduje ještě jistou dobu skladování (např. vysychání dřeva, zrání sýrů, fixace barviva).

Podle **použitelnosti** se rozeznávají zásoby použitelné a nepoužitelné.

Do **použitelné zásoby** patří položky, které se běžně spotřebovávají či prodávají. Tyto položky jsou předmětem „normálního“ řízení zásob.

Nepoužitelná zásoba zahrnuje položky s prakticky nulovou spotřebou, u nichž je nepravděpodobné, že budou moci být v podniku normálně využity pro budoucí výrobu, resp. prodány obvyklými distribučními cestami za normální cenu. Tato zásoba vzniká v důsledku změn ve výrobním programu nebo po inovaci výrobků, popř. chybným nákupním rozhodnutím či omylem v odhadu budoucí poptávky. Takové položky je třeba buď prodat i za snížené ceny, nebo je odepsat. Jejich další skladování by zbytečně vázalo skladový prostor a způsobovalo by neúčelné náklady.¹²

Při řízení zásob je nutno sledovat několik **základních úrovní zásob**. Nejčastěji se sledují:

Maximální zásoba ($x_{\max}$), která představuje nejvyšší stav zásob, kterého je dosaženo v okamžiku nové dodávky.

Minimální zásoba, která představuje stav zásoby v okamžiku před novou dodávkou. Je dána součtem zásoby pojistné, technické (technologické) a havarijní. V některých výrobních procesech tedy může být totožná se zásobou pojistnou.

Objednací zásoba (bod objednávky, signální zásoba, na obr. č. 1 označena x_0), která představuje takovou výši zásoby, při níž je nezbytné zajistit novou dodávku tak, aby došla nejpozději v okamžiku, kdy skutečná zásoba dosáhne úrovně minimální zásoby.¹³

Okamžitá zásoba, která bývá v praxi vyjádřena buď jako fyzická zásoba nebo dispoziční zásoba.

Fyzická zásoba udává okamžitou velikost skutečné zásoby ve skladu (vychází ze skladové evidence).

Dispoziční zásoba se rovná fyzické zásobě, zmenšené o velikost uplatněných, ještě nesplněných požadavků na výdej a zvětšené o velikost již umístěných, ale dosud nevyřízených objednávek na doplnění zásoby.

¹⁰ TOMEK, J., HOFMAN, J. *Moderní řízení nákupu podniku*. 1. vyd. Praha: Management Press, 1999, s. 193. ISBN 80-85943-73-5

¹¹ ZIMOLA, B. *Operační výzkum*. 1. vyd. Zlín: Fakulta managementu a ekonomiky ve Zlíně VUT v Brně, 1999, s. 116. ISBN 80-214-1394-8

¹² HORÁKOVÁ, H., KUBÁT, J. *Řízení zásob. Logistické pojetí, metody, aplikace, praktické úlohy*. 3. vyd. Praha: Profess Consulting, 1999, s. 76. ISBN 80-85235-55-2

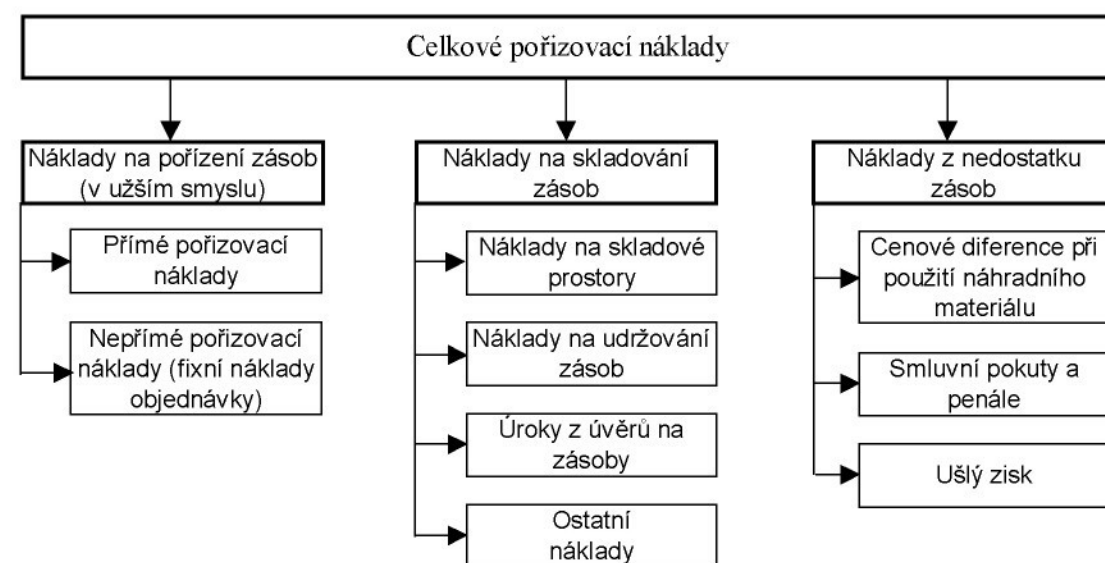
¹³ TOMEK, G., TOMEK, J. *Nákupní marketing*. 1. vyd. Praha: Grada Publishing, 1996, s. 64. ISBN 80-85623-96-X

Průměrná zásoba, která v ideálním případě představuje aritmetický průměr denních stavů fyzické zásoby za určité (zpravidla roční) období.¹⁴

2.2 Náklady spojené s existencí zásob

Základním metodickým přístupem k řízení zásob v podmínkách tržní ekonomiky je optimalizační přístup, který využívá bohaté matematicko-statistické základny teorie zásob. Při uplatnění optimalizačních metod je základním kritériem minimalizace celkových nákladů na pořízení a udržování zásob, přičemž se respektuje požadavek plného krytí předvídaných potřeb s určitou mírou jistoty (rizika) i odchylek v průběhu dodávek a čerpání ze zásoby. Míra rizika je rovněž předmětem optimalizace. Běžnou a pojistnou zásobu udržujeme na takové úrovni, která vyvolává minimální náklady na pořizování, skladování a udržování zásob a minimální náklady při nekrytí či jen neúplném krytí nebo při opožděném krytí potřeb.¹⁵

Při praktickém provádění optimalizace zásob se náklady na jejich tvorbu, doplňování, skladování, udržování a využití člení na tři základní skupiny, jak ukazuje obr. č. 2.



obr. č. 2 - Hlavní skupiny nákladů spojených se zásobami¹⁶

K **nákladům na pořízení zásob** (objednacím nákladům) patří náklady spojené s převzetím zásilky a její kvalitativní kontrolou, výpravou objednávky, přenosem objednávky, zpracováním dokumentace aj. Náklady mohou mít fixní i proměnnou složku. Všechny položky zahrnované do pořizovacích nákladů musí pro účely řízení zásob splňovat

¹⁴ LÍBAL, V., KUBÁT, J. a kol. *ABC logistiky v podnikání*. 1. vyd. Praha: NADATUR, 1994, s. 71.

ISBN 80-85884-11-9

¹⁵ TOMEK, J., HOFMAN, J. *Moderní řízení nákupu podniku*. 1. vyd. Praha: Management Press, 1999, s. 195.

ISBN 80-85943-73-5

¹⁶ WÖHE, G. *Úvod do podnikového hospodářství*. 1. vyd. v ČR. Praha: C. H. Beck, 1995, s. 228.

ISBN 80-7179-014-1 (terminologicky upraveno autorem předkládané práce)

předpoklad, že jsou **funkcí počtu objednávek ve sledovaném období**. Cena zboží vstupuje do objednacích nákladů jen tehdy, jsou-li uplatňovány množstevní rabaty.¹⁷

Náklady na udržování a skladování zásob tvoří ty položky nákladů, které jsou **funkcí průměrné zásoby**. Skládají se z řady různých nákladových položek a obecně představují jedny z nejvyšších logistických nákladů. Podle posledních odhadů přijde podnik držení zásob ročně na 25 %¹⁸ až 35 %¹⁹ jejich nominální hodnoty. Významnou složkou těchto nákladů jsou náklady (ztráty) způsobené vázáním kapitálu v zásobách. Řada podniků však tyto kapitálové náklady nebere při optimalizaci zásob v úvahu, protože nemají charakter nákladů v účetním slova smyslu. Jedná se totiž o tzv. náklady ztracené příležitosti, tj. o velikost zisku, kterého by bylo dosaženo při alternativním použití finančních prostředků. Dále zde vystupují náklady na skladovací prostory, náklady na služby (např. pojistné zásob) a náklady rizika znehodnocení zásob. Podrobnou klasifikaci těchto nákladových položek lze nalézt např. v publikaci D. M. LAMBERTA a kol.²⁰

Další položkou, která má vliv na strategická rozhodování v oblasti zásob jsou **náklady z nedostatku zásob** (ztráty z předčasného vyčerpání zásob). Dojde-li zásoba výrobků v distribučním skladu, nelze splnit požadavek zákazníka, vyčerpá-li se zásoba polotovaru, je třeba zastavit výrobu, nebo chybí-li díl, zastavit montáž apod. Důsledkem takových situací je okamžitá ztráta tržeb, zisku, dlouhodoběji dokonce i ztráta zákazníka, dodatečné pořízení zásob znamená vícenáklady a zhoršení efektivnosti podnikání. Mnohé z těchto položek lze kvantifikovat, ale jiné jsou obtížně kvantifikovatelné, jako např. ztráta dobrého jména firmy. Obdobně jako u předcházejících skupin nákladů, do nákladů z nedostatku zásob zahrnujeme všechny položky, které jsou **funkcí průměrného chybějícího množství ve sledovaném období**.²¹

¹⁷ GROS, I. *Logistika*. 1. vyd. Praha: VŠCHT, 1996, s. 97. ISBN 80-7080-262-6

¹⁸ CHRISTOFER, M. *Logistika v marketingu*. 1. vyd. Praha: Management Press, 2000, s. 62. ISBN 80-7261-007-4

¹⁹ CHASE, R. B., AQUILANO, N. J. *Production and Operations Management. Manufacturing and Services*. 7th ed. Chicago: Irwin, 1995, p. 546. ISBN 0-256-14023-5

²⁰ LAMBERT, D. M., STOCK, J. R., ELLRAM, L. M. *Logistika*. 1. vyd. Praha: Computer Press, 2000, s. 152 – 166. ISBN 80-7226-221-1

²¹ GROS, I. *Logistika*. 1. vyd. Praha: VŠCHT, 1996, s. 100. ISBN 80-7080-262-6

3. Funkce pojistné zásoby v podniku

Přestože pojistná zásoba je pouze jednou z mnoha skupin zásob udržovaných v podniku (viz kap. 2.1), její velikost v řadě podniků dosahuje až 50 % celkové zásoby²² (v centrálně plánované ekonomice bývalého Československa tvořily pojistné zásoby dokonce 70 až 85 % všech podnikových zásob²³). Podle J. CH. SANDVIGA a A. REISTADOVÉ se náklady na držení pojistných zásob odhadují na 20 až 40 % z průměrné hodnoty skladovaných zásob.²⁴ Tyto hodnoty jsou tedy dokonce ještě vyšší než zmíněných 25 % z hodnoty průměrného stavu celkových zásob podle M. CHRISTOFERA²⁵ a 35 % podle R. B. CHASEHO a N. J. AQUILANIHO.²⁶

Odhad nákladů na držení pojistných zásob v českých firmách je velmi obtížný, protože firmy tyto náklady často vůbec nesledují. Nicméně dle našich údajů získaných spoluprací s hospodářskou sférou, ať již formou hospodářské činnosti nebo vedením diplomových prací, se velikost nákladů na udržování a skladování (všech, nejen pojistných) zásob pohybuje od 18 do 37 % z hodnoty průměrného stavu skladovaných zásob. Je tedy zřejmé, že správné stanovení velikosti pojistné zásoby může vést k podstatnému snížení nákladů podniku.

Účelem pojistné zásoby je do určité míry zachycovat odchylky skutečného průběhu zásobovacího procesu od průběhu, který byl očekáván či plánován.²⁷ Tyto odchylky mohou vznikat na straně vstupu (v termínech dodávky, množství dodaných výrobků) i na straně výstupu (velikost poptávky či spotřeby). Vznik odchylek ilustruje obr. č. 3. Odchylky vyvolávají jak zvětšení, tak zmenšení zásoby oproti očekávanému či plánovanému stavu. Při propočtu normy velikosti pojistné zásoby nás zajímají odchylky zmenšující zásobu (opožděné nebo menší dodávky, vyšší čerpání ze zásob či kratší termíny odběru ze zásoby).

²² SANDVIG, J. CH. Calculating safety stock. In *IIE Solutions*. Dec. 1998, Vol. 30, Issue 12, p. 28, 2 p. ISSN 1085-1259. In *EBCSO* [online]. Dostupné z: <<http://www.ehostvgw6.epnet.com>>. Stejný údaj uveden i v: SANDVIG, J. CH., REISTAD, A. Safety stock decision support tool. In *Production and Inventory Management Journal*. Fourth quarter 2000, Vol. 41, Issue 4, p. 8, 3 p. ISSN 0897-8336. In *ProQuest* [online]. Dostupné z: <<http://www.proquest.umi.com>>

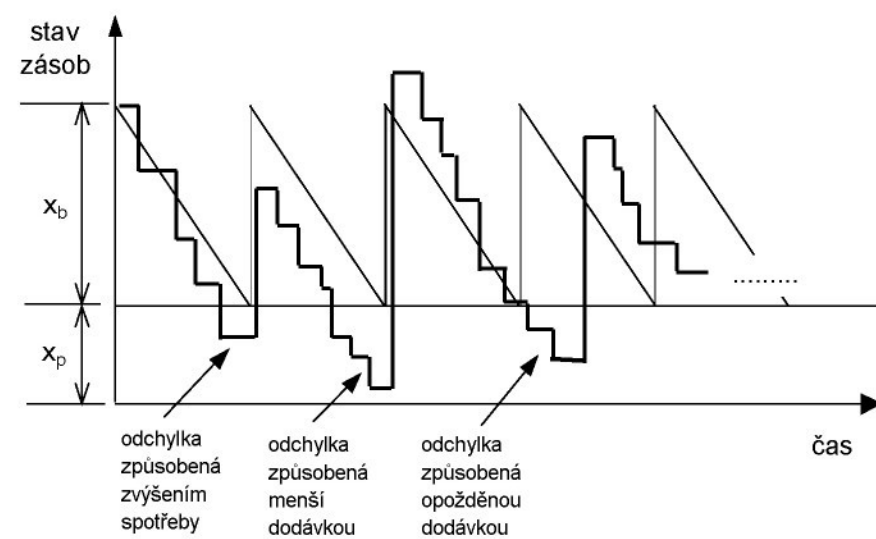
²³ MANN, Q. *Optimalizace zásob v praxi*. 1. vyd. Praha: SNTL, 1979, s. 29. ISBN neuvedeno

²⁴ SANDVIG, J. CH., REISTAD, A. Safety stock decision support tool. In *Production and Inventory Management Journal*. Fourth quarter 2000, Vol. 41, Issue 4, p. 8, 3 p. ISSN 0897-8336. In *ProQuest* [online]. Dostupné z: <<http://www.proquest.umi.com>>

²⁵ CHRISTOFER, M. *Logistika v marketingu*. 1. vyd. Praha: Management Press, 2000, s. 62. ISBN 80-7261-007-4

²⁶ CHASE, R. B., AQUILANO, N. J. *Production and Operations Management. Manufacturing and Services*. 7th ed. Chicago: Irwin, 1995, p. 546. ISBN 0-256-14023-5

²⁷ HORÁKOVÁ, H., KUBÁT, J. *Řízení zásob. Logistické pojetí, metody, aplikace, praktické úlohy*. 3. vyd. Praha: Profess Consulting, 1999, s. 168. ISBN 80-85235-55-2



obr. č. 3 - Odchylky v průběhu pohybu zásob²⁸

3.1 Faktory ovlivňující velikost a způsob výpočtu pojistné zásoby

Velikost i způsob výpočtu pojistné zásoby je ovlivněn řadou faktorů. Mezi nejdůležitější faktory patří:

- používaný objednávací systém podniku,
- důležitost dané položky v sortimentu zásob,
- charakter poptávky po dané položce zásob,
- umístění bodu rozpojení v logistickém řetězci,
- délka období, pro které jsou prováděny odhady budoucí potřeby a přesnost těchto odhadů,
- průměrná výše obrátové zásoby,
- spolehlivost zabezpečení proti vzniku nedostatku zásob,
- intenzita odchylek,
- velikost nákladů na udržování a skladování zásob,
- velikost nákladů z nedostatku zásob,
- zvolené kritérium optimality,
- jakost materiálu a spolehlivost dodavatele.

3.1.1 Používaný objednávací systém podniku

K řízení zásob jednotlivých skladových položek se *stejnou měrou ustálenou nezávislou poptávkou* se používají tzv. objednávací systémy. Objednávací systémy dávají odpověď na následující otázky:

- kdy objednat,

²⁸ TOMEK, J., HOFMAN, J. *Moderní řízení nákupu podniku*. 1. vyd. Praha: Management Press, 1999, s. 194. ISBN 80-85943-73-5

- kolik objednat pro doplnění zásoby.²⁹

Podle **varianty okamžiku vydání signálu** o potřebě objednat rozlišujeme:

- systém volných objednacích termínů,
- systém pevných objednacích termínů.³⁰

V systému volných objednacích termínů se signál vydává, jakmile dispoziční zásoba poprvé klesne pod objednací úroveň označovanou B_0 . Zásoba se porovnává s objednací úrovní po každém výdeji. Signální sestavy vznikají prakticky denně. V některých pramenech se tento systém také označuje jako **systém B_0** .³¹

V systému pevných objednacích termínů se dispoziční zásoba porovnává s objednací úrovní, označovanou zde B_k , pouze periodicky v intervalech o pevné délce. Signální sestavy vznikají jen periodicky. Tento systém se také označuje jako **systém B_k** .³²

Podle **varianty objednacího množství** rozlišujeme:

- systémy, ve kterých se objednává předem určené, pevné množství,
- systémy, ve kterých se objednává proměnné množství, rovné rozdílu mezi předem určenou cílovou úrovní a velikostí dispoziční zásoby v okamžiku vydání signálu.

Celkem tak mohou vzniknout čtyři základní objednací systémy. Jejich podrobný popis by vybočil ze zadání této práce a je uveden např. v dílech V. LÍBALA, J. KUBÁTA a kol.³³ nebo H. HORÁKOVÉ a J. KUBÁTA.³⁴

V případech, kdy spotřeba zásob je determinována absolutně, jsou frekvence objednávek v a velikost objednávky x spolu vázány vztahem $x = Q/v$, kde Q je velikost celkové spotřeby během daného období. Ve většině případů má však **spotřeba zásob pravděpodobnostní povahu**. Výše uvedená závislost mezi frekvencí a velikostí objednávek pak platí pouze pro střední hodnoty těchto veličin. V jednotlivých dílčích obdobích dochází k náhodným odchylkám skutečné spotřeby od její střední hodnoty, a tím ke kolísání skutečného stavu zásob kolem jejich očekávané hodnoty. Účinky kolísání spotřeby na skutečný stav zásob je nutno vyrovnávat. Prakticky toho lze dosáhnout buď měněním frekvence dodávek při konstantní velikosti objednávek, nebo změnami velikosti objednávek při pevném intervalu mezi jednotlivými dodávkami.³⁵

²⁹ LÍBAL, V., KUBÁT, J. a kol. *ABC logistiky v podnikání*. 1. vyd. Praha: NADATUR, 1994. s. 85. ISBN 80-85884-11-9

³⁰ MANN, Q. *Optimalizace zásob v praxi*. 1. vyd. Praha: SNTL, 1979. s. 14. ISBN neuvedeno

³¹ LÍBAL, V., KUBÁT, J. a kol. *ABC logistiky v podnikání*. 1. vyd. Praha: NADATUR, 1994. s. 85. ISBN 80-85884-11-9 a HORÁKOVÁ, H., KUBÁT, J. *Řízení zásob. Logistické pojetí, metody, aplikace, praktické úlohy*. 3. vyd. Praha: Profess Consulting, 1999. s. 101. ISBN 80-85235-55-2

³² tamtéž

³³ LÍBAL, V., KUBÁT, J. a kol. *ABC logistiky v podnikání*. 1. vyd. Praha: NADATUR, 1994. s. 84. ISBN 80-85884-11-9

³⁴ HORÁKOVÁ, H., KUBÁT, J. *Řízení zásob. Logistické pojetí, metody, aplikace, praktické úlohy*. 3. vyd. Praha: Profess Consulting, 1999. s. 100. ISBN 80-85235-55-2

³⁵ TER - MANUELIANC, A. *Matematické modely řízení zásob*. 1. vyd. Praha: Institut řízení, 1980. s. 90. ISBN neuvedeno.

Byly vyvinuty v podstatě **dvě skupiny metod**:

- Q – systémy,
- P – systémy.

Výhodou obou skupin metod je skutečnost, že případná chybná rozhodnutí lze v dalším postupu napravit.³⁶

3.1.1.1 Q – systém řízení zásob

Q – systém (angl. fixed-order quantity model) pracuje s pevnými velikostmi objednávek a kolísání ve spotřebě vyrovnává změnami frekvence objednávek. Stanoví se výše zásob, která má sloužit ke krytí poptávky během intervalu pořízení zásob (tzv. signální úroveň zásob), a jakmile skutečný stav zásob dosáhne této úrovně, realizuje se nová objednávka. Fungování Q – systému graficky znázorňuje obr. č. 4. Z obr. č. 4 je patrné, že pojistná zásoba je zde součástí signální zásoby. Fyzická zásoba je kreslena černou čarou, dispoziční zásoba červenou čarou.

Velikost objednávky (dodávky) se obvykle určí podle Wilsonova-Harrisova vzorce³⁷ (1), i když v moderní logistické literatuře se vedou spory o vhodnosti jeho použití.³⁸

$$x_{\text{opt.}} = \sqrt{\frac{2Qc_p}{Tc_s}} \quad (1)$$

Poněvadž se kolísání spotřeby projevuje ve změnách objednáciho cyklu, **není nutno vytvářet pojistnou zásobu ke krytí náhodné zvýšené spotřeby během objednáciho cyklu**. Stačí objednávat množství odpovídající střední velikosti spotřeby v daném období. Bude-li běžná spotřeba vyšší, klesne skutečná zásoba na signální úroveň a dojde dříve k realizaci nové objednávky. Tento princip automatické absorpce výkyvů ve spotřebě však nelze uplatnit během intervalu pořízení zásob t_p .

Proti výkyvům ve spotřebě během intervalu pořízení zásob se proto musíme zabezpečit vhodně stanovenou pojistnou zásobou. **V Q – systému nás tedy chrání pojistná zásoba proti nepříznivým důsledkům vyšší spotřeby jenom během intervalu pořízení zásob.**³⁹

³⁶ GROS, I. *Logistika*. 1. vyd. Praha: VŠCHT, 1996. s. 144. ISBN 80-7080-262-6

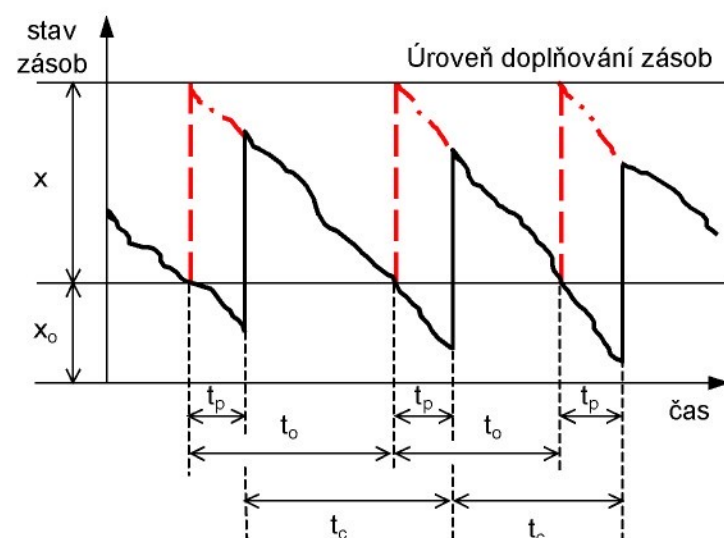
³⁷ např. ZIMOLA, B. *Operační výzkum*. 1. vyd. Zlín: Fakulta managementu a ekonomiky ve Zlíně VUT v Brně, 1999. s. 123. ISBN 80-214-1394-8

³⁸ k problematice použití Wilsonova-Harrisova vzorce v moderním řízení zásob viz např.:

PERNICA, P. *Logistický management. Teorie a podniková praxe*. 1. vyd. Praha: RADIX, 1998. s. 577. ISBN 80-86031-13-6

PIASECKI, D. Optimizing economic order quantity. In *IIE Solutions*. Jan 2001, Vol. 33, Issue 1, p. 30, 10 p. ISSN 1085-1259 In *ProQuest* [online]. Dostupné z: <<http://www.proquest.umi.com>>

³⁹ TER - MANUELIAN, A. *Matematické modely řízení zásob*. 1. vyd. Praha: Institut řízení, 1980. s. 90. ISBN neuvedeno.



obr. č. 4 - Q - systém řízení zásob⁴⁰

Mezi velikostí pojistné zásoby a délkou objednáčeho cyklu ovšem existuje závislost. Ta je patrná z rovnice celkových nákladů na zásoby (2).⁴¹

Předpokládejme, že celková spotřeba dané položky za rok činí Q jednotek množství. Spotřeba p během intervalu pořízení zásob délky t_p je spojitá náhodná proměnná veličina, charakterizovaná hustotou pravděpodobnosti $f(p)$. Předpokládejme dále, že náklady realizace jedné objednávky činí c_p , cena jednotky množství dané položky je c , roční náklady skladování činí c_s procent z ceny průměrného stavu skladovaných zásob. Dojde-li během intervalu pořízení zásob k okamžitému nedostatku pohotové zásoby, vzniknou náklady c_z , jež jsou nezávislé na tom, jaké množství dané položky se nedostává. Označme ještě t_o střední délku objednáčeho cyklu (v rocích) a x_p velikost pojistné zásoby (v jednotkách množství). Průměrná spotřeba položky během intervalu t_p nechť činí p_{tp} .⁴² Pak:

$$N(t_o, x_p) = \frac{c_p}{t_o} + \frac{1}{2} Q c \frac{c_s t_o}{100} + c \frac{c_s}{100} x_p + \frac{c_z}{t_o} \int_{p_{tp} + x_p}^{\infty} f(p) dp \quad (2)$$

První člen funkce (2) představuje očekávanou roční výši jednorázových nákladů na doplnění zásoby, druhý člen očekávanou výši ročních nákladů na skladování obrátové zásoby, třetí člen očekávanou výši ročních nákladů na skladování pojistné zásoby a čtvrtý člen očekávanou výši ročních nákladů při nedostatku zásob.

Řešením (většinou numerickým) rovnice (2) lze pak vyčíslit optimální hodnoty t_o a x_p . Vzhledem k náročnosti řešení se však většinou v praxi používá k stanovení velikosti pojistné zásoby některá z přibližných metod uvedených v kap. 4.

⁴⁰ tamtéž, s. 90

⁴¹ tamtéž, s. 92

⁴² tamtéž, s. 92

Q – systém řízení zásob je považován za výhodný, je-li poptávka relativně rovnoměrná, bez extrémních výkyvů.⁴³ R. B. CHASE a N. J. AQUILANO tento systém doporučují pro dražší položky zásob (z důvodu nižší průměrné zásoby ve srovnání s P – systémem a tím i nižších nákladů na udržování a skladování zásob), pro velmi důležité položky zásob, u kterých si nesmíme dovolit deficit zásoby (stav zásob je u Q – systému prakticky monitorován průběžně). Na druhou stranu je řízení položek zásob Q – systémem administrativně náročnější.⁴⁴

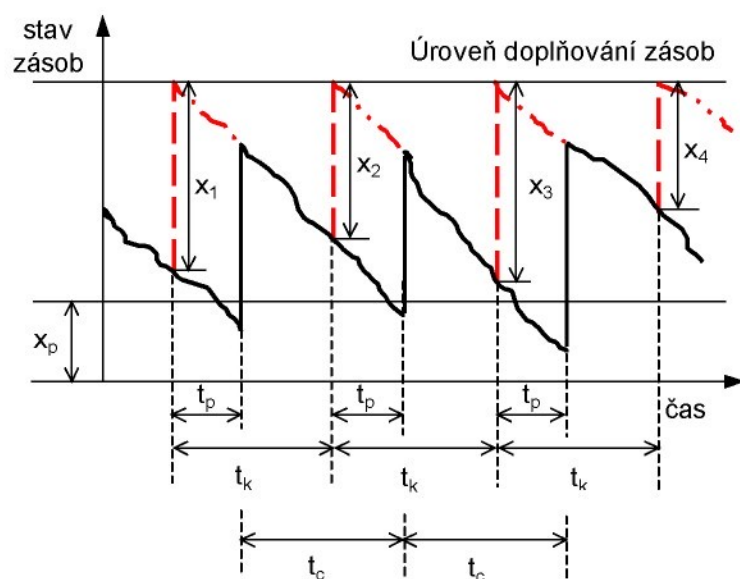
3.1.1.2 P – systém řízení zásob

P – systém (angl. fixed-time period model) spočívá v tom, že v předem pevně stanovených objednacích termínech t_k realizujeme objednávky obecně nestejné velikosti. Jedná se vlastně o systém s **periodickým sledováním** stavu zásob. Při této strategii je konstantní intenzita objednávek, ale liší se jejich velikost.⁴⁵

Velikost objednávky se určí podle vztahu (3).⁴⁶

$$x = (t_p + t_k)\bar{p} + x_p - x_d \quad (3)$$

Velikostí jednotlivých objednávek vyrovnáváme kolísání skutečné spotřeby kolem její střední hodnoty. Výhodou tohoto systému je, že nevyžaduje permanentní kontrolu stavu zásob, stačí periodická kontrola zásob. Fungování P – systému graficky znázorňuje obr. 5. Fyzická zásoba je kreslena černou čarou, dispoziční zásoba červenou čarou.



obr. 5 - P – systém řízení zásob⁴⁷

⁴³ GROS, I. *Logistika*. 1. vyd. Praha: VŠCHT, 1996. s. 149. ISBN 80-7080-262-6

⁴⁴ CHASE, R. B., AQUILANO, N. J. *Production and Operations Management. Manufacturing and Services*. 7th ed. Chicago: Irwin, 1995. p. 550. ISBN 0-256-14023-5

⁴⁵ JABLONSKÝ, J. *Operační výzkum*. 2. vyd. Praha: Vysoká škola ekonomická, 1998. s. 160. ISBN 80-7079-597-2

⁴⁶ CHASE, R. B., AQUILANO, N. J. *Production and Operations Management. Manufacturing and Services*. 7th ed. Chicago: Irwin, 1995. p. 562. ISBN 0-256-14023-5

Zatímco v Q – systému vyvolává vyšší poptávka zkrácení objednávacího cyklu a pojistnou zásobu vytváříme jen pro krytí vyšší spotřeby během intervalu pořízení zásob, **musí pokrýt pojistná zásoba v případě P – systému kolísání v poptávce během celého objednávacího cyklu**. Přitom ovšem existuje interakce mezi velikostí objednávky v jednom období a rizikem z nedostatku pohotové zásoby ve všech následujících obdobích. Kdybychom chtěli vzít tuto závislost v úvahu při konstrukci matematického modelu, dospěli bychom ke složitému, prakticky nepoužitelnému, modelu. Proto v praxi obvykle vycházíme z poněkud zjednodušeného předpokladu, že při konstrukci P – systému postačí stanovit pojistnou zásobu jen s ohledem na jeden objednávací cyklus zvětšený o jeden další interval pořízení zásob.⁴⁸

Nákladovou funkci vyjádříme opět jako funkci objednávacího cyklu a pojistné zásoby ve tvaru (4), za předpokladu, že za základní časové období zvolíme jeden týden.⁴⁹ Z obr. č. 5 vyplývá, že délka objednávacího cyklu je totožná s délkou kontrolního intervalu stavu zásob.

$$N(t_o, x_p) = \frac{52c_p}{t_o} + \frac{1}{2} p_{\text{týd.}} c \frac{c_s t_o}{100} + c \frac{c_s}{100} x_p + \frac{52c_z}{t_o} \int_{(t_p+t_o)p_{\text{týd.}}+x_p}^{\infty} f^{t_p+t_o}(p) dp \quad (4)$$

Numerickým řešením rovnice (4) lze stanovit optimální parametry daného zásobovacího systému. Podobně jako v případě Q – systému se i zde namísto řešení rovnice (4) používají přibližné metody stanovení velikosti pojistné zásoby, viz kap. 4.

P – systém řízení zásob se doporučuje používat při velkých výkyvech ve spotřebě skladovaných položek.⁵⁰ Jistou nevýhodou tohoto systému je vyšší průměrná zásoba ve srovnání s Q – systémem, neboť P – systém pracuje s vyšší úrovní pojistné zásoby, která musí pokrýt kolísání poptávky během celého objednávacího cyklu. D. M. LAMBERT a kol. tento systém doporučují tehdy, kdy podnik nakupuje u stejného dodavatele větší množství položek. Důvodem pro zavedení např. týdenních objednávek může být snížení objednávacích nákladů, využití množstevních slev nebo snížení dopravních nákladů z důvodu konsolidace dopravy.⁵¹

3.1.2 Důležitost dané položky v sortimentu zásob

V praxi není možné, ale ani účelné věnovat všem položkám zásob při stanovování normy velikosti pojistné zásoby stejnou pozornost. Exaktní a na vstupní údaje a objem výpočtů náročné metody se vyplatí používat jen pro omezený počet nejvýznamnějších položek zásob, které se rozhodujícím způsobem podílejí na nákladech na udržování a skladování zásob.

⁴⁷ TER - MANUELIANC, A. *Matematické modely řízení zásob*. 1. vyd. Praha: Institut řízení, 1980. s. 91.

ISBN neuvedeno a

CHASE, R. B., AQUILANO, N. J. *Production and Operations Management. Manufacturing and Services*. 7th ed. Chicago: Irwin, 1995. p. 563. ISBN 0-256-14023-5

⁴⁸ TER - MANUELIANC, A. *Matematické modely řízení zásob*. 1. vyd. Praha: Institut řízení, 1980. s. 98.

ISBN neuvedeno.

⁴⁹ tamtéž, s. 100

⁵⁰ GROS, I. *Logistika*. 1. vyd. Praha: VŠCHT, 1996. s. 149. ISBN 80-7080-262-6

⁵¹ LAMBERT, D. M., STOCK, J. R., ELLRAM, L. M. *Logistika*. 1. vyd. Praha: Computer Press, 2000. s. 130. ISBN 80-7226-221-1

V praxi je u významných položek důležité neomezovat se pouze na jednorázový výpočet normy velikosti pojistné zásoby. Je třeba sledovat skutečný stupeň pohotovosti dodávky (příp. jiný ukazatel úrovně služeb zákazníkům, viz kap. 3.1.7 – pozn. autora předkládané práce) a zjišťovat příčiny, četnost a velikost čerpání z pojistné zásoby. Norma velikosti pojistné zásoby musí být periodicky aktualizována.⁵²

Pro ostatní položky zásob lze doporučit pragmatický postup. Sortiment zásob se rozdělí do několika podobných podkategorií, např. podle frekvence doplňování zásoby. Pro každou podkategorii se stanoví jednotná **časová norma**, která se obvykle vyjadřuje v týdnech průměrné potřeby. Množstevní norma se pak dostane vynásobením časové normy očekávanou potřebou za týden.

Jeden z možných postupů je uveden např. v článku J. KUBÁTA.⁵³ Závislost časové normy pojistné zásoby na stupni pohotovosti dodávky, variačním koeficientu potřeby, průměrné pořizovací lhůtě při měsíčním objednávání je uvedena v příloze č. 3.

Pro některé položky zásob, které v případě vzniku naléhavé potřeby v období vyčerpání zásoby mohou být opatřeny např. v maloobchodě, je dokonce v podstatě zbytečné pojistnou zásobu vytvářet.⁵⁴

K vytipování důležitých položek zásob existuje několik metod. Mezi nejpoužívanější patří:

- analýza ABC,
- analýza kritické hodnoty,
- analýza XYZ.

3.1.2.1 Analýza ABC

Analýza ABC (někdy také nazývaná jako metoda ABC⁵⁵) je založena na pravidlu 80/20 (tzv. Paretové principu), podle kterého velmi často zhruba 80 % důsledků vyplývá z přibližně 20 % počtu možných příčin.

Východiskem pro uplatnění analýzy ABC je rozčlenění materiálových položek do tří (ABC), čtyř (ABCD), popř. i více skupin. Podkladem pro analýzu je sestava položek zásob seřazená sestupně podle hodnoty sledovaného statistického znaku (většinou hodnoty spotřeby nebo prodeje) v analyzovaném období. Analyzované období by mělo zahrnovat 12 nebo 24 měsíců. Kratší období může být zkresleno sezónními vlivy na potřebu, v delším období dochází ke změnám ve výrobním programu podniku a údaje ztrácejí vypovídací schopnost.⁵⁶

⁵² HORÁKOVÁ, H., KUBÁT, J. *Řízení zásob. Logistické pojetí, metody, aplikace, praktické úlohy*. 3. vyd. Praha: Profess Consulting, 1999. s. 185. ISBN 80-85235-55-2

⁵³ KUBÁT, J.: O pojistné zásobě v objednacích systémech. In *Logistika. Měsíčník pro dopravu, skladování, distribuci a balení*. č. 6 (červen 2001), roč. 7, s. 10 - 11. ISSN 1211-0957

⁵⁴ HORÁKOVÁ, H., KUBÁT, J. *Řízení zásob. Logistické pojetí, metody, aplikace, praktické úlohy*. 3. vyd. Praha: Profess Consulting, 1999. s. 201. ISBN 80-85235-55-2

⁵⁵ TOMEK, G., TOMEK, J. *Nákupní marketing*. 1. vyd. Praha: Grada Publishing, 1996. s. 28. ISBN 80-85623-96-X nebo

TOMEK, J., HOFMAN, J. *Moderní řízení nákupu podniku*. 1. vyd. Praha: Management Press, 1999. s. 209. ISBN 80-85943-73-5

⁵⁶ HORÁKOVÁ, H., KUBÁT, J. *Řízení zásob. Logistické pojetí, metody, aplikace, praktické úlohy*. 3. vyd. Praha: Profess Consulting, 1999. s. 193. ISBN 80-85235-55-2

V literatuře lze nalézt různá členění sortimentu zásob do jednotlivých kategorií podle podílu počtu položek a podílů na spotřebě. Např. J. TOMEK a J. HOFMAN⁵⁷ uvádějí následující členění:

- A – 5 až 15 % položek, 60 až 80 % celkové hodnoty materiálové spotřeby,
- B – 15 až 25 % položek, 15 až 25 % celkové hodnoty materiálové spotřeby,
- C – 60 až 80 % položek, 5 až 15 % celkové hodnoty materiálové spotřeby.

M. KERKOVSKÝ⁵⁸ uvádí pro strojírenské podniky následující rozdělení do jednotlivých kategorií:

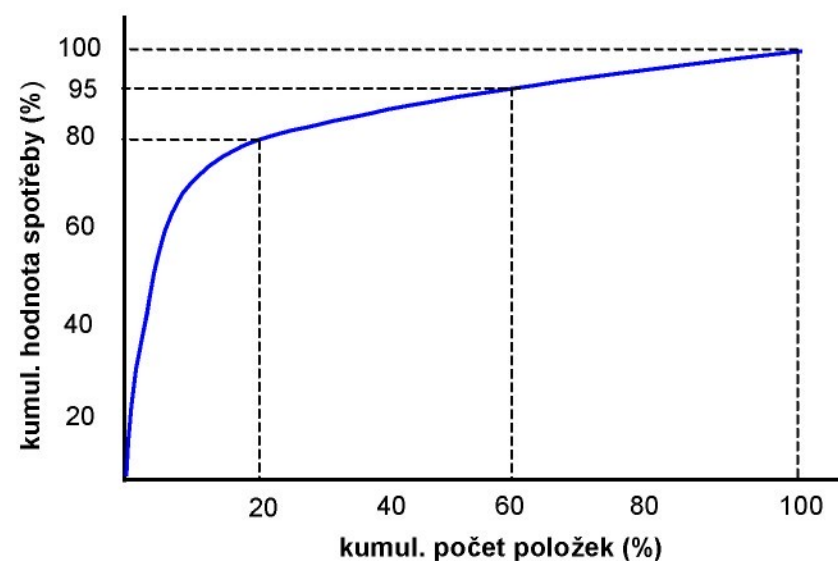
- A – 2 až 5 % položek, 80 % celkové hodnoty materiálové spotřeby,
- B – 15 % položek, 15 % celkové hodnoty materiálové spotřeby,
- C – 80 % položek, cca 5 % celkové hodnoty materiálové spotřeby.

I. GROS⁵⁹ člení výrobky podle jejich podílu na celkových tržbách:

- A – výrobky, které se podílejí na tržbách 80 %,
- B – výrobky, které se podílejí na tržbách 15 %,
- C – výrobky, které se podílejí na tržbách 5 %.

Podobná členění lze nalézt i v další literatuře. Stupeň koncentrace spotřeby (prodeje) jednotlivých položek lze graficky znázornit Lorenzovou křivkou (obr. č. 6).

Někdy se ještě vyčleňuje zvlášť kategorie **D**, která obsahuje „mrtvé“, nepoužitelné položky zásob, které je potřeba prodat i za sníženou cenu, nebo je odepsat.⁶⁰



obr. č. 6 - Závislost kumulované hodnoty spotřeby na počtu položek⁶¹

⁵⁷ TOMEK, J., HOFMAN, J. *Moderní řízení nákupu podniku*. 1. vyd. Praha: Management Press, 1999. s. 209. ISBN 80-85943-73-5

⁵⁸ KERKOVSKÝ, M. *Moderní přístupy k řízení výroby*. 1. vyd. Praha: C. H. Beck, 2001. s. 88. ISBN 80-7179-471-6

⁵⁹ GROS, I. *Logistika*. 1. vyd. Praha: VŠCHT, 1996. s. 152. ISBN 80-7080-262-6

⁶⁰ COYLE, J. J., BARDI, E. J., LANGLEY, C. J. *The Management of Business Logistics*. 5th ed. St. Paul: West Publishing Company, 1992. p. 210. ISBN 0-314-93364-6

Analýza ABC je podkladem pro diferencované řízení zásob. Kromě toho, že u jednotlivých kategorií zásob se používají rozdílné metody stanovení velikosti pojistné zásoby, jak bylo zmíněno v kap. 3.1.2, je rovněž vhodné pro každou kategorii stanovit odlišnou úroveň servisu pro zákazníky. Jak bude později vysvětleno v kap. 3.1.7, požadovaná úroveň zákaznického servisu podstatně ovlivňuje výši pojistné zásoby.

D. M. LAMBERT a kol.⁶² uvádí, že např. pro položky kategorie A je možno stanovit míru plnění dodávek ve výši 98 %, pro položky kategorie B ve výši 90 % a pro položky kategorie C ve výši 85 %. Jak dokládá tab. č. 1, zabezpečila by tato strategie celkovou hladinu servisu pro zákazníky ve výši 95 %. Přitom u položek kategorie B a C budeme udržovat podstatně nižší úroveň pojistných zásob.

Kategorie	Procento prodeje	Úroveň zák. servisu (%)	Vážená úroveň zák. servisu (%)
A	70	98	68,6
B	20	90	18,0
C	10	85	8,5
Celkem	100	x	95,1

tab. č. 1 - Využití analýzy ABC pro stanovení úrovně zákaznického servisu⁶³

Samozřejmě, že v praxi není možné striktně dodržet rozdělení jednotlivých položek zásob do výše zmíněných kategorií. Často bývá účelné některé položky přeradit do vyšší kategorie podle dalších kritérií, jakými jsou např. vysoká cena položky, důležitost položky pro plynulost výroby nebo montáže, obtížnost opatřování (malý počet dodavatelů, velmi dlouhá dodací lhůta, velmi vzdálení dodavatelé ad.), vysoké riziko neprodejnosti, omezená doba skladování.⁶⁴

3.1.2.2 Analýza kritické hodnoty

Analýza kritické hodnoty člení sortiment zásob do zhruba čtyř kategorií podle jejich důležitosti pro výrobu:

1. **Velmi důležité položky** – kritické položky zásob, u kterých nesmí dojít k vyčerpání pohotové zásoby.
2. **Důležité položky** – většinou základní materiál, ve výjimečných případech může dojít k vyčerpání pohotové zásoby.
3. **Středně důležité položky** – povolena určitá míra deficitu zásoby.
4. **Málo důležité položky** – může dojít k vyčerpání pohotové zásoby.

Ve srovnání s analýzou ABC je analýza kritické hodnoty mnohem subjektivnější. Používá se např. ve složitých výrobcích, kde položka s nízkou hodnotou spotřeby (kategorie C) může

⁶¹ HORÁKOVÁ, H., KUBÁT, J. *Řízení zásob. Logistické pojetí, metody, aplikace, praktické úlohy*. 3. vyd. Praha: Profess Consulting, 1999. s. 193. ISBN 80-85235-55-2

⁶² LAMBERT, D. M., STOCK, J. R., ELLRAM, L. M. *Logistika*. 1. vyd. Praha: Computer Press, 2000. s. 171. ISBN 80-7226-221-1

⁶³ tamtéž, s. 172

⁶⁴ HORÁKOVÁ, H., KUBÁT, J. *Řízení zásob. Logistické pojetí, metody, aplikace, praktické úlohy*. 3. vyd. Praha: Profess Consulting, 1999. s. 196. ISBN 80-85235-55-2

v případě deficitu vyvolat zastavení výrobní linky. Na druhé straně ovšem často manažeři mají tendenci zařazovat položky spíše do kategorie s vyšší důležitostí, a tím dochází k růstu zásob.⁶⁵

Obdobně jako u analýzy ABC, pro důležité položky zásob (kategorie 1 a 2) stanovujeme individuální normy velikosti pojistné zásoby. Pro méně důležité položky zásob (kategorie 3 a 4) používáme např. skupinové časové normy pojistné zásoby. Pro každou kategorii rovněž můžeme stanovit odlišnou míru zabezpečení proti vzniku deficitu pohotové zásoby.

3.1.2.3 Analýza XYZ

Velmi důležitým faktorem ovlivňujícím velikost pojistné zásoby je **stacionarita spotřeby** (poptávky) určité položky zásob. O stacionární spotřebě (poptávce) hovoříme tehdy, jestliže se spotřeba (poptávka) v čase nemění. Naproti tomu nestacionární spotřeba (poptávka) se v čase mění,⁶⁶ např. v důsledku existence sezónních vlivů, trendu, náhodných výkyvů apod. Jak bude později zdůvodněno v kap. 4.2.1, v **případě nestacionární spotřeby (poptávky) výše pojistné zásoby dramaticky roste.**⁶⁷

Analýza XYZ klasifikuje jednotlivé položky materiálu podle časového průběhu spotřeby (poptávky) a predikovatelnosti budoucí spotřeby (poptávky) do tří kategorií. Popis jednotlivým kategorií uvádí např. P. PERNICA⁶⁸ a CH. SCHULTE⁶⁹, I. KISS a E. KASTELOVIČ⁷⁰ popis doplňují o kvantifikovatelná kritéria hodnocení průběhu spotřeby (poptávky). Na rozdíl od I. KISSE a E. KASTELOVIČE se však autor této práce domnívá, že není příliš vhodné vyjadřovat rozptyl měsíční poptávky v procentech, který je charakteristikou absolutní variability, ale doporučuje použít variační koeficient poptávky.

Jednotlivé kategorie lze pak charakterizovat následujícím způsobem:

- X** položky s rovnoměrným (prakticky konstantním) průběhem poptávky, jen s příležitostnými výkyvy, se snadno predikovatelným průběhem poptávky:
- týdenní pravděpodobnost uplatnění požadavku > 95 %
 - variační koeficient měsíční poptávky ≤ 20 %
- Y** položky se silnějšími výkyvy poptávky, se středně obtížnou predikcí poptávky:
- týdenní pravděpodobnost uplatnění požadavku > 70 %
 - variační koeficient měsíční poptávky < 50 %
- Z** položky se zcela nepravidelným průběhem poptávky, s velmi obtížnou predikcí poptávky:
- týdenní pravděpodobnost uplatnění požadavku < 70 %

⁶⁵ COYLE, J. J., BARDI, E. J., LANGLEY, C. J. *The Management of Business Logistics*. 5th ed. St. Paul: West Publishing Company, 1992. p. 211. ISBN 0-314-93364-6

⁶⁶ UNČOVSKÝ, L. *Stochastické modely operačnej analýzy*. 1. vyd. Bratislava: ALFA, 1980. s. 206. ISBN neuvedeno

⁶⁷ GRAVES, S. C. A single-item inventory model for a nonstationary demand process. In *Manufacturing & Service Operations Management*. January 1999, Vol. 1, Issue 1, p. 50, 12 p. ISSN 1523-4614. In *EBCSO* [online]. Dostupné z: <<http://www.ehostvgw6.epnet.com>>

⁶⁸ PERNICA, P. *Logistický management. Teorie a podniková praxe*. 1. vyd. Praha: RADIX, 1998. s. 219. ISBN 80-86031-13-6

⁶⁹ SCHULTE, CH. *Logistika*. 1. vyd. Praha: Victoria Publishing, 1994. s. 53. ISBN 80-85605-87-2

⁷⁰ KISS, I., KASTELOVIČ, E. *K metódam rozhodovania typu Make or Buy v logistike zásobovania*. In *Logistika 2000. Zborník príspevkov pre III. ročník medzinárodnej konferencie*. Červen 2000, Košice: EXPO-EDUC. Dom techniky ZSVTS, Slovensko. s. 66 – 72. ISBN 80-88941-14-8.

- variační koeficient měsíční poptávky $\geq 50 \%$

Analýza XYZ se často propojuje s analýzou ABC, čímž vzniká mřížka o 9 polích (viz tab. č. 2). Pro každé pole, resp. skupinu polí se stanovuje optimální zásobovací strategie, tedy i způsob stanovení pojistné zásoby. Například pro položky zásob v polích AX, BX, event. AY je vhodná podle P. PERNICI koncepce zásobování synchronního s výrobou založená na systému JIT⁷¹, s velmi nízkou výší pojistných zásob. I. KISS a E. KASTELOVIČ tuto strategii doporučují i pro položky kategorií BY a CX. Pro ostatní materiálové položky se použijí tradiční zásobovací strategie s vyšší úrovní pojistných zásob.

Kategorie	A	B	C
X	velmi vhodná	vhodná	vhodná
Y	velmi vhodná	vhodná	nevhodná
Z	nevhodná	nevhodná	nevhodná

tab. č. 2 - Třídění položek materiálu podle vhodnosti pro uplatnění konceptu JIT⁷²

3.1.3 Charakter poptávky po dané položce zásob

Z hlediska *původu poptávky* (tj. odkud poptávka přichází, jak vzniká) rozlišujeme nezávislou a závislou poptávku.

Nezávislou poptávkou se rozumí především poptávka zákazníků po konečných výrobcích, která má náhodnou, stochastickou povahu a jejíž budoucí vývoj lze pouze predikovat, nikoli závisle odvozovat.⁷³

Nezávislá poptávka po určité položce nemá přímý vztah k potřebě jiných položek. Řízení zásob pro uspokojování nezávislé poptávky pracuje se stochastickými objednacími systémy, v nichž se pro tlumení nejistoty odhadu budoucí poptávky vytváří pojistná zásoba.⁷⁴

Závislá poptávka (či spíše potřeba) se týká komponentů, dílů, surovin a materiálů nutných k výrobě konečného výrobku. Tuto poptávku (potřebu) lze exaktně stanovit, např. na základě kusovníku.⁷⁵

Pojistná zásoba se proto vytváří u hotových výrobků a jen u těch nakupovaných položek, k jejichž zásobě proniká nezávislá poptávka. U obchodních organizací to budou prakticky všechny položky. U výrobních podniků půjde o převážnou většinu pomocných a režijních materiálů, ale z materiálů a nakupovaných dílů do výrobků to budou pouze ty, které vstupují

⁷¹ PERNICA, P. *Logistický management. Teorie a podniková praxe*. 1. vyd. Praha: RADIX, 1998. s. 219. ISBN 80-86031-13-6

⁷² KISS, I., KASTELOVIČ, E. *K metodám rozhodovania typu Make or Buy v logistike zásobovania*. In *Logistika 2000. Zborník príspevkov pre III. ročník medzinárodnej konferencie*. Červen 2000, Košice: EXPO-EDUC. Dom techniky ZSVTS, Slovensko. s. 66 – 72. ISBN 80-88941-14-8.

⁷³ PERNICA, P. *Logistický management. Teorie a podniková praxe*. 1. vyd. Praha: RADIX, 1998. s. 186. ISBN 80-86031-13-6

⁷⁴ HORÁKOVÁ, H., KUBÁT, J. *Řízení zásob. Logistické pojetí, metody, aplikace, praktické úlohy*. 3. vyd. Praha: Profess Consulting, 1999. s. 77. ISBN 80-85235-55-2

⁷⁵ PERNICA, P. *Logistický management. Teorie a podniková praxe*. 1. vyd. Praha: RADIX, 1998. s. 187. ISBN 80-86031-13-6

do výrobků zhotovovaných, popř. montovaných na zakázku (v závislosti na poloze bodu rozpojení – viz kap. 3.1.4).

U položek se závislou poptávkou, tj. u materiálů a dílů do výrobků zhotovovaných na sklad, se pojistná zásoba vytváří jen výjimečně kvůli nejisté výtěžnosti některé výrobní fáze, a to v rozpracovaných výrobcích, nikoliv při nákupu.⁷⁶ Jak však bude ukázáno později v kap. 5.3, v některých případech může být ekonomicky výhodné udržovat jistou velikost pojistné zásoby rozpracovaných výrobků.

3.1.4 Umístění bodu rozpojení v logistickém řetězci

Bod rozpojení objednávkou zákazníka rozděluje materiálový tok ve výrobním podniku na část řízenou podle predikcí a plánů a na část řízenou objednávkami zákazníků. V tomto bodu se nezávislá poptávka přeměňuje na poptávku závislou (viz kap. 3.1.3). Poloha bodu rozpojení udává, jak hluboko proniká nezávislá poptávka (objednávka zákazníka) do podnikového materiálového toku.⁷⁷

Bod rozpojení objednávkou zákazníka je významným místem zásoby, která zabezpečuje uspokojování nezávislé poptávky. Nejistota v poptávce po konečných výrobcích je tlumena **pojistnou zásobou** v bodu rozpojení.⁷⁸

Mezi bodem rozpojení a zákazníky, viděno ve směru hmotného toku (tzv. po proudu – jak uvádí J. KUBÁT⁷⁹) by již neměly být žádné volné zásoby, které nemají konkrétní určení a které čekají na rozhodnutí, jaká potřeba (zakázka) z nich bude uspokojena. Naproti tomu směrem k dodavatelům (tzv. proti proudu) jsou volné zásoby vytvářeny běžně, pokud výroba má dávkový charakter, zatímco pojistné zásoby se zde vyskytují jen výjimečně,⁸⁰ a to kvůli procesům s nejistou průběžnou dobou nebo s nejistým výtěžkem.⁸¹

Jak ukazuje obr. č. 7, bod rozpojení může být v zásadě umístěn v distribučním skladu, nebo ve skladu hotových výrobků, ve výrobním meziskladu, ve skladu materiálu a nakupovaných dílů nebo v dodavatelských článcích. Podle umístění bodu rozpojení pak hovoříme o výrobě a expedici na sklad, výrobě na sklad, montáži na zakázku, výrobě na zakázku nebo o nákupu a výrobě na zakázku.

⁷⁶ KUBÁT, J.: K objektivnímu výběru dodavatele. In *Logistika. Měsíčník pro dopravu, skladování, distribuci a balení*. č. 10 (říjen 1999), roč. 5, s. 27. ISSN 1211-0957

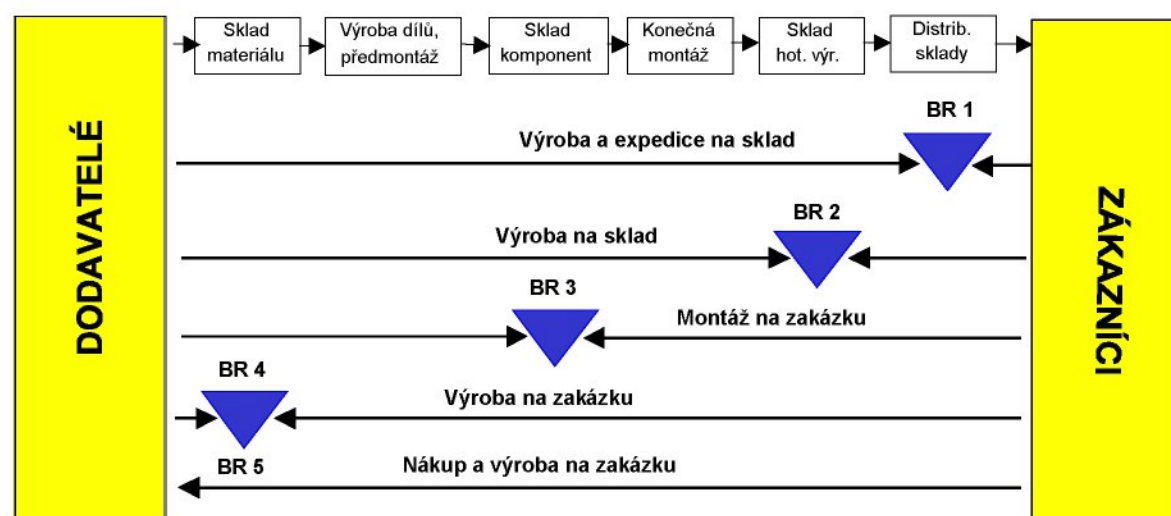
⁷⁷ KUBÁT, J. O bodu rozpojení objednávkou zákazníka. In *Logistika. Měsíčník pro dopravu, skladování, distribuci a balení*. č. 4 (duben 1996), roč. 2, s. 30. ISSN 1211-0957

⁷⁸ tamtéž, s. 31

⁷⁹ tamtéž, s. 31

⁸⁰ PERNICA, P. *Logistický management. Teorie a podniková praxe*. 1. vyd. Praha: RADIX, 1998. s. 186. ISBN 80-86031-13-6

⁸¹ KUBÁT, J. O bodu rozpojení objednávkou zákazníka. In *Logistika. Měsíčník pro dopravu, skladování, distribuci a balení*. č. 4 (duben 1996), roč. 2, s. 31. ISSN 1211-0957



obr. č. 7 - Základní možnosti umístění bodu rozpojení objednávkou zákazníka v logistickém řetězci⁸²

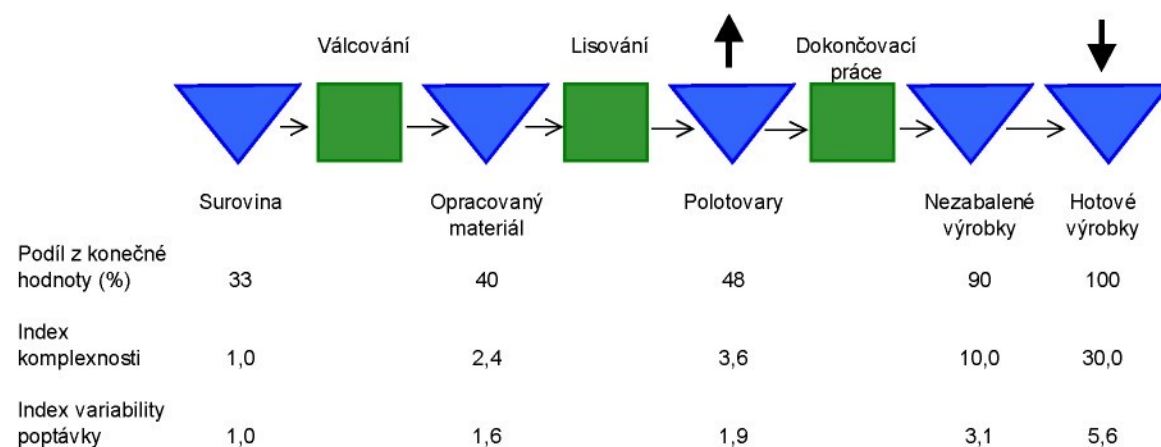
V citovaném článku J. KUBÁT uvádí celou řadu faktorů, které ovlivňují umístění bodu rozpojení v logistickém řetězci.⁸³ V současném podnikatelském prostředí platí, že čím silnější je potřeba zbavit se nepřiměřených zásob, čím masivnější je tlak zákazníků na zvětšování počtu variant výrobků (na individualizaci produkce) a čím rychlejší je zastarávání výrobků, tím hlouběji je nutné bod rozpojení posunout.⁸⁴

Posun bodu rozpojení proti proudu hmotného toku může být významným nástrojem snižování velikosti pojistné zásoby, zejména u složitých výrobků s velkým počtem variant. Jak ukazuje obr. č. 8, v případě posunu bodu rozpojení ze skladu hotových výrobků do skladu polotovarů dosáhneme významného snížení zásob hotových výrobků. Zásoba rozpracované výroby se sice zvýší, ale vzhledem k tomu, že zásoba bude držena v mnohem flexibilnější fázi výrobního procesu s nižší variabilitou potřeby, její nárůst bude podstatně menší, protože můžeme držet nižší pojistnou zásobu. Podmínkou je samozřejmě zvládnutí řízení navazující fáze dokončovacích prací, tak aby nedošlo k prodloužení dodacích lhůt a ohrožení spolehlivosti dodávek zákazníkům.

⁸² VAN OYEN, H. *A logistic typology for resource sustainment operations*. [online]. Eindhoven: University of Technology/Baan Development [cit. 2001-06-27]. Dostupné z: <http://www.tn.tue.nl/vakgr/it/proj/bp568/logi_typ.pdf> (upraveno autorem této práce)

⁸³ viz KUBÁT, J. O bodu rozpojení objednávkou zákazníka. In *Logistika. Měsíčník pro dopravu, skladování, distribuci a balení*. č. 4 (duben 1996), roč. 2, s. 30. ISSN 1211-0957

⁸⁴ PERNICA, P. *Logistický management. Teorie a podniková praxe*. 1. vyd. Praha: RADIX, 1998. s. 187. ISBN 80-86031-13-6



obr. č. 8 - Závislost variability poptávky na umístění bodu rozpojení v materiálovém toku⁸⁵

M. CHRISTOFER uvádí zajímavý příklad firmy Rank Xerox, která usiluje o nulové zásoby hotových výrobků. Namísto nich má určité zásoby rozpracované výroby a polotovarů vlastní výroby, z nichž zhotoví finální produkt pouze po přijetí konkrétní objednávky. Výhody tohoto systému spočívají v nižších požadavcích na množství udržovaných zásob (vč. pojistných – pozn. autora) a v menším riziku ztrát z nadbytečných či nedostatečných zásob. Firma zároveň dosahuje vysoké úrovně služeb poskytovaných zákazníkovi a nabízí i širší sortiment výrobků.⁸⁶

Dalším problémem, který souvisí s pojistnými zásobami v každém článku logistického řetězce, je fakt, že i malá změna poptávky na konečném trhu je postupným předáváním vzhůru zesilována a zkreslována. Dochází k tzv. **Forresterovu efektu** (podle profesora z Massachusettského technologického institutu), který je příčinou většiny skrytých nákladů v logistickém řetězci.⁸⁷

K Forresterovu efektu dochází tam, kde logistický řetězec sdružuje řadu nezávislých článků (podniků), jež společně sdílejí pouze minimum informací. Zpráva o malé změně spotřebitelské poptávky se proti směru řetězce zesiluje, jak ukazuje obr. č. 9. Příčiny této „přilivové vlny“ musíme hledat v nezávisle řízených zásobovacích systémech v každém článku řetězce, které se jistí proti výkyvům v poptávce (nejč. právě prostřednictvím pojistných zásob – pozn. autora), zkreslují aktuální požadavky trhu a předkládají svým dodavatelům nepřesné informace.

Kombinované působení všech zmiňovaných skutečností má velký vliv na představu, kterou si výrobce utvoří o proměnlivosti poptávky na trhu ze zkreslených a několikrát přefiltrovaných informací. Situace se samozřejmě zkresluje, když výrobce žádá o dodávku surovin, obalového materiálu apod.⁸⁸

Hlavním nástrojem proti působení Forresterova efektu je sdílení informací mezi jednotlivými články logistického řetězce. Namísto tradičního systému zásobování, který vychází

⁸⁵ CHRISTOPHER, M. *Logistics. The strategic issues*. 3rd ed. London: Chapman & Hall, 1995. p. 96.

ISBN 0-412-59770-5

⁸⁶ CHRISTOFER, M. *Logistika v marketingu*. 1. vyd. Praha: Management Press, 2000. s. 97.

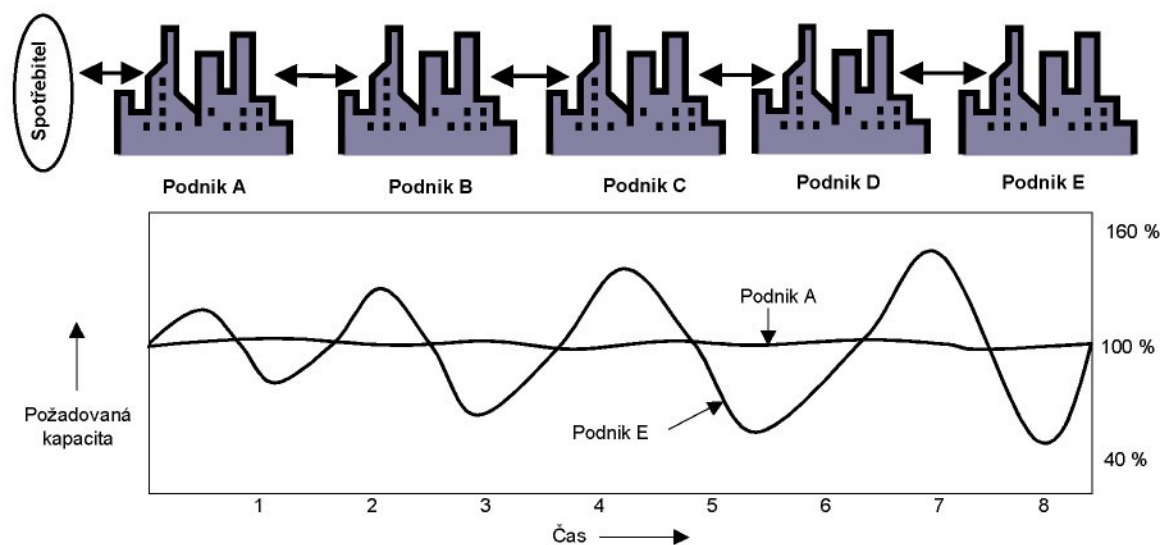
ISBN 80-7261-007-4

⁸⁷ CHRISTOFER, M. *Logistika v marketingu*. 1. vyd. Praha: Management Press, 2000. s. 87.

ISBN 80-7261-007-4

⁸⁸ tamtéž, s. 88

z předpovědi poptávky by se měl uplatňovat systém tažený skutečnou poptávkou. Od tradičního **tlačného (push) principu** je nutno přejít k **tažnému (pull) principu**, ve kterém předcházející článek řetězce odesílá dávku odebírajícímu článku až v okamžiku a v množství, které odebírající článek potřebuje.



obr. č. 9 - Výkyvy v poptávce způsobené interakcí jednotlivých článků logistického řetězce⁸⁹

3.1.5 Délka období, pro které jsou prováděny odhady budoucí potřeby a přesnost těchto odhadů

3.1.5.1 Délka intervalu nejistoty

Čím delší je období, pro které jsou prováděny odhady budoucí potřeby, tím méně je spolehlivý odhad budoucí potřeby, a proto tím vyšší musí být pojistná zásoba.⁹⁰ U materiálů s pevnými objednávacími termíny (viz kap. 3.1.1) toto období vyplývá z délky kontrolního intervalu, z délky objednávkového intervalu a z některých dalších časových úseků. U materiálů s volnými objednávacími termíny je nejvýrazněji ovlivněna délkou dodací lhůty. V obou případech se tato doba označuje jako **interval nejistoty**.⁹¹

Interval nejistoty t_n začíná okamžikem, ve kterém je naposled známa skutečná výše zásoby položky, a končí očekávaným okamžikem příjmu dodávky do skladu. Jeho délka závisí na použitém systému řízení zásob.⁹²

$$t_n = t_p \quad \text{u } Q - \text{systému řízení zásob} \quad (5)$$

⁸⁹ CHRISTOFER, M. *Logistika v marketingu*. 1. vyd. Praha: Management Press, 2000. s. 88.

ISBN 80-7261-007-4 a upraveno podle

CHRISTOPHER, M. *Logistics. The strategic issues*. 3rd ed. London: Chapman & Hall, 1995. p. 146.

ISBN 0-412-59770-5

⁹⁰ MANN, Q. *Optimalizace zásob v praxi*. 1. vyd. Praha: SNTL, 1979. s. 30. ISBN neuvedeno

⁹¹ tamtéž, s. 39

⁹² HORÁKOVÁ, H., KUBÁT, J. *Řízení zásob. Logistické pojetí, metody, aplikace, praktické úlohy*. 3. vyd. Praha: Profess Consulting, 1999. s. 172. ISBN 80-85235-55-2

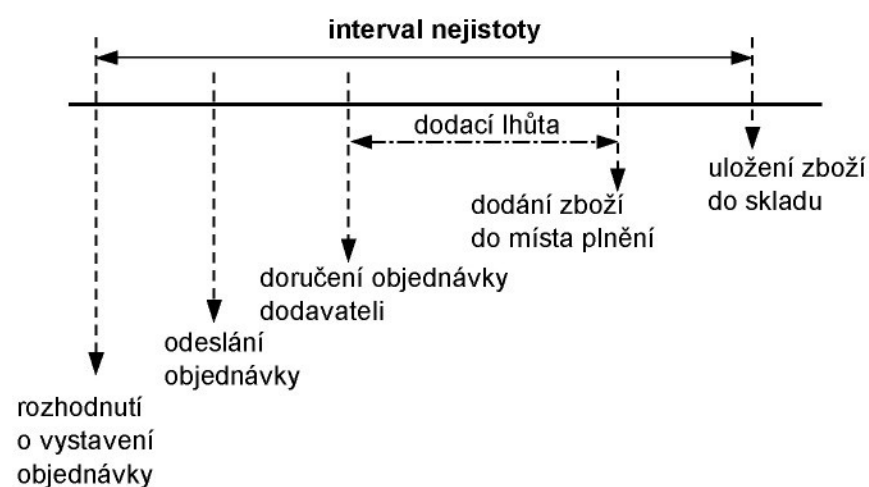
$$t_n = t_p + t_k \quad \text{u P – systému řízení zásob} \quad (6)$$

$$t_n = t_p + t_a \quad \text{u plánu potřeby dodávek} \quad (7)$$

$$t_n = t_{\Sigma} + t_a \quad \text{u hlavního výrobního plánu} \quad (8)$$

Vzorec (5) doporučuje J. KUBÁT pro všechny objednávací systémy, pro P – systém však uvádí odlišný způsob výpočtu celkové směrodatné odchylky,⁹³ který zohledňuje délku kontrolního intervalu t_k (viz kap. 4.1.2.2.3). Dle jeho názoru lze použít u objednávacích systémů s periodickou kontrolou zásoby, kam patří i P – systém, „hrubší“ vzorec (6), který ovšem stanovuje délku intervalu nejistoty méně přesným způsobem a vede k poněkud vyšším pojistným zásobám zejména v situacích se značným kolísáním poptávky při krátkých pořizovacích lhůtách t_p a delších kontrolních intervalech t_k .⁹⁴ Vzorec (6) je však výpočetně jednodušší, a proto poměrně často používaný.⁹⁵

Z předešlého výkladu je zřejmé, že nejdůležitější složkou intervalu nejistoty je tzv. **pořizovací lhůta**. Pořizovací lhůta je delší než prostá dodací lhůta, jež začíná okamžikem, kdy dodavatel obdržel objednávku, a končí okamžikem, kdy bylo zboží dopraveno na místo plnění. Pořizovací lhůta je proti dodací lhůtě delší nejprve o dobu, která uplyne od rozhodnutí objednat, přes vyhotovení objednávky až do jejího doručení dodavateli, a pak o dobu, která uplyne od dodání zboží na místo plnění až do uložení zboží na příslušném místě ve skladu.⁹⁶ V některých případech je nutné započíst i dobu potřebnou k výdeji. Struktura intervalu nejistoty, a vzhledem k platnosti vztahu (5) i pořizovací lhůty, v systému **volných objednávacích termínů** je zobrazena na obr. č. 10.



obr. č. 10 - Složení intervalu nejistoty v systému volných objednávacích termínů⁹⁷

U materiálů, pro které platí **systém pevných objednávacích termínů**, je délka intervalu nejistoty definována jako doba, která uplyne od okamžiku přijetí rozhodnutí objednat do okamžiku, kdy se do stavu zásob promítnou důsledky nejbližšího příštího rozhodnutí. Je to tedy doba, po

⁹³ tamtéž s. 172

⁹⁴ tamtéž, s. 177

⁹⁵ např. CHASE, R. B., AQUILANO, N. J. *Production and Operations Management. Manufacturing and Services*. 7th ed. Chicago: Irwin, 1995. p. 563. ISBN 0-256-14023-5

⁹⁶ MANN, Q. *Optimalizace zásob v praxi*. 1. vyd. Praha: SNTL, 1979. s. 39. ISBN neuvedeno

⁹⁷ tamtéž, s. 39

kteřou objednávací subjekt nemá v podstatě možnost změnit důsledky svého rozhodnutí a je v nejistotě, zda určená pojistná zásoba bude stačit na vyrovnávání náhodných výkyvů v potřebě a dodávkách. První řádnou příležitostí k případné opravě původního rozhodnutí je totiž až nejbližší příští rozhodování.⁹⁸

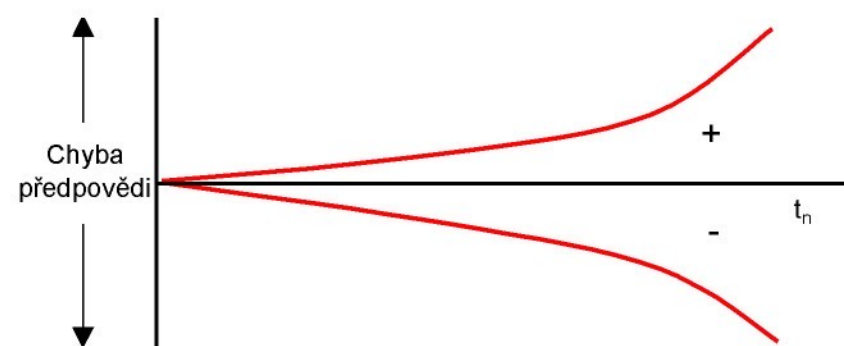
Z toho důvodu je interval nejistoty v systému pevných objednacích termínů delší asi o polovinu kontrolního intervalu t_k , přičemž při silněji kolísajícím průběhu spotřeby by toto zvýšení mělo být o něco vyšší ($\kappa = 0,50$ až $0,70$).⁹⁹ Vzorec (6) lze tak upravit do podoby (9):

$$t_n = t_p + \kappa \cdot t_k \quad (9)$$

3.1.5.2 Přesnost odhadu budoucí potřeby materiálu

Dalším důležitým faktorem ovlivňujícím velikost pojistné zásoby je **přesnost odhadu budoucí** potřeby. Hlavním důvodem, proč je většina logistických aktivit tolik závislá na předpovědích, jsou dlouhé dodací lhůty. Čím delší je dodací lhůta, tím dlouhodobější předpovědi musíme vytvářet. Jestliže máme např. dlouhou dodací lhůtu v případě surovin nebo obalového materiálu, budeme muset nutně usilovat o to, aby naše odhady poptávky „dohlédly“ i za tuto dodací lhůtu.¹⁰⁰

Problém je však v tom, že přesnost našich odhadů se mění v přímé závislosti na dodací lhůtě (a tedy i na délce intervalu nejistoty – pozn. autora). Čím je dodací lhůta delší, tím větší je chyba předpovědi. Tato chyba se vzhledem k délce zkoumaného období zvyšuje a je hlavní příčinou potřeby pojistných zásob. Obr. č. 11 zachycuje vliv délky intervalu nejistoty na chybu předpovědi. M. CHRISTOFER uvádí, že ze zkušenosti zkrácení dodací lhůty (intervalu nejistoty) na polovinu sníží chybu odhadu asi o 50 %.¹⁰¹



obr. č. 11 - Závislost chyby předpovědi na délce intervalu nejistoty¹⁰²

⁹⁸ tamtéž, s. 40

⁹⁹ TOMEK, J., HOFMAN, J. *Moderní řízení nákupu podniku*. 1. vyd. Praha: Management Press, 1999. s. 202. ISBN 80-85943-73-5

¹⁰⁰ CHRISTOFER, M. *Logistika v marketingu*. 1. vyd. Praha: Management Press, 2000. s. 114. ISBN 80-7261-007-4

¹⁰¹ tamtéž, s. 115

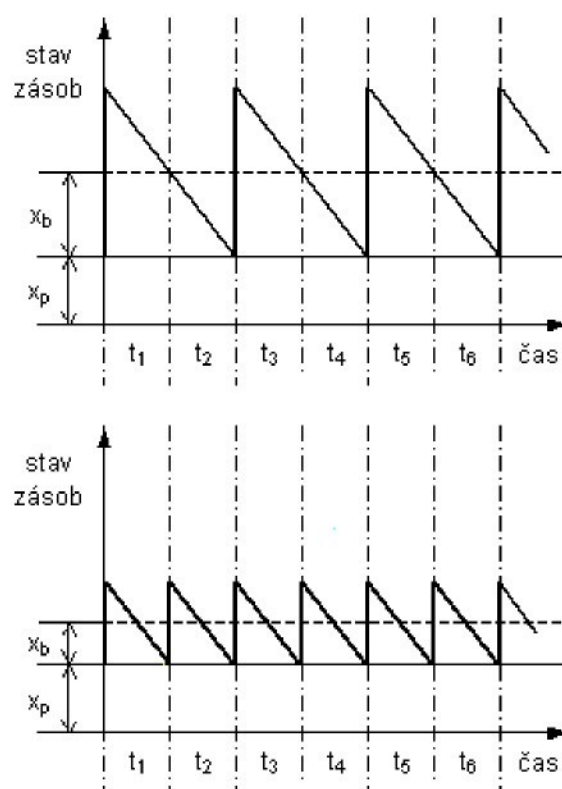
¹⁰² tamtéž, s. 114

3.1.6 Průměrná výše obrátové zásoby

Za jinak stejných podmínek bude při vyšší průměrné obrátové zásobě uspokojení potřeby zabezpečeno s vyšší pravděpodobností než při nižší obrátové zásobě. Je možno říci, že při vyšší obrátové zásobě bude zabezpečovat uspokojení potřeby se stejnou pravděpodobností menší pojistná zásoba, než jaká by ji zabezpečila při menší obrátové zásobě. Graficky zachycuje vliv obrátové zásoby na pravděpodobnost uspokojení potřeby, tj. na optimální výši pojistné zásoby, obr. č. 12.¹⁰³

Z obr. č. 12 je patrné, že v obou případech je stejně velká pojistná zásoba, spotřeba za období T a celková výše dodávek za toto období. V prvním případě je však celkový příjem realizován pouze třemi dodávkami, což vede k celkově vyšší průměrné obrátové zásobě x_b , než v druhém případě, kdy obrátová zásoba je nižší vzhledem k dvojnásobnému počtu dodávek. Z pohledu na oba dílčí grafy je zřejmé, že v lichých dílčích obdobích t_i bude pravděpodobnost uspokojení potřeby, při stejně vysoké pojistné zásobě, v prvním případě vyšší.

Níže uvedený obr. č. 12 by však neměl platit jako argument pro udržování vysokých obrátových zásob. Pokud budeme objednávat položky co nejčastěji v nízkých dodávkách, snížíme tím pronikavě průměrnou velikost obrátové zásoby a vzroste počet časových úseků v nichž hrozí nebezpečí nedostatku zásob, ale na druhou stranu zásobu lze operativněji doplňovat. Volba vhodné zásobovací strategie je tedy závislá na více faktorech, které musíme vzít v úvahu (důležitost dané položky, spolehlivost dodavatele, náklady na skladování, dopravu ad.).



obr. č. 12: Závislost průměrné obrátové zásoby na frekvenci dodávek¹⁰⁴

¹⁰³ MANN, Q. *Optimalizace zásob v praxi*. 1. vyd. Praha: SNTL, 1979. s. 30. ISBN neuvedeno

¹⁰⁴ MANN, Q. *Optimalizace zásob v praxi*. 1. vyd. Praha: SNTL, 1979. s. 30. ISBN neuvedeno

3.1.7 Spolehlivost zabezpečení proti vzniku nedostatku zásob

Nelze vytvořit pojistnou zásobu, která by zabezpečovala uspokojení potřeby s absolutní jistotou. Tuto vlastnost by mohla mít pouze nekonečně vysoká pojistná zásoba. Nemůže-li tedy být uspokojování potřeby zabezpečeno s absolutní jistotou, vzniká otázka, s jakou pravděpodobností by tomu tak mělo být.¹⁰⁵ Potřebná velikost pojistné zásoby tak závisí na požadované spolehlivosti zabezpečení proti vzniku deficitu zásoby.

Spolehlivost zabezpečení proti vyčerpání pohotové zásoby se v praxi měří pomocí několika ukazatelů. Budeme rozlišovat:

- stupeň úplnosti dodávky,
- stupeň pohotovosti dodávky,
- stupeň spolehlivosti dodávky.

3.1.7.1 Stupeň úplnosti dodávky

Stupeň úplnosti dodávky (také se používá označení míra obsluhy,¹⁰⁶ úroveň obsluhy,¹⁰⁷ v angl. cycle service level,¹⁰⁸ příp. pouze service level¹⁰⁹) budeme značit symbolem α a lze ho vyjádřit několika ekvivalentními způsoby:

1. Podíl zboží, které bylo dodáno v přislíbené dodací lhůtě a v **plném množství**, ze všeho zboží objednaného během určitého období.¹¹⁰
2. Pravděpodobnost, že v rámci jednoho cyklu nedojde k neuspokojení požadavků, tzn. pravděpodobnost toho, že poptávka během pořizovací lhůty dodávky bude nižší než bod objednávky.¹¹¹
3. V relativním vyjádření schopnost systému zásob včas uspokojit poptávku nebo potřebu během určitého časového intervalu, vymezeného zpravidla pořizovací lhůtou zásob, popř. dodávkovým cyklem.¹¹²
4. Pravděpodobnost, že spotřeba bude krytá, příp. že stav zásob neklesne na nulu.¹¹³

¹⁰⁵ tamtéž, s. 41

¹⁰⁶ toto označení je použito v: UNČOVSKÝ, L. *Stochastické modely operační analýzy*. 1. vyd. Bratislava: ALFA, 1980. s. 225. ISBN neuvedeno a LAUBER, J., HUŠEK, R.: *Operační výzkum*. 1. vyd. Praha: MŠMT, 1990. s. 134. ISBN neuvedeno

¹⁰⁷ JABLONSKÝ, J. *Operační výzkum*. 2. vyd. Praha: Vysoká škola ekonomická, 1998. s. 173. ISBN 80-7079-597-2

¹⁰⁸ COLEMAN, B. J. Determining the correct service level target. In *Production and Inventory Management Journal*. First quarter 2000, Vol. 41, Issue 1, p. 19, 5 p. ISSN 0897-8336. In ProQuest [online]. Dostupné z: <<http://www.proquest.umi.com>>

¹⁰⁹ např. CHASE, R. B., AQUILANO, N. J. *Production and Operations Management. Manufacturing and Services*. 7th ed. Chicago: Irwin, 1995. p. 555. ISBN 0-256-14023-5

¹¹⁰ HORÁKOVÁ, H., KUBÁT, J. *Řízení zásob. Logistické pojetí, metody, aplikace, praktické úlohy*. 3. vyd. Praha: Profess Consulting, 1999. s. 29. ISBN 80-85235-55-2

¹¹¹ JABLONSKÝ, J. *Operační výzkum*. 2. vyd. Praha: Vysoká škola ekonomická, 1998. s. 173. ISBN 80-7079-597-2

¹¹² LAUBER, J., HUŠEK, R.: *Operační výzkum*. 1. vyd. Praha: MŠMT, 1990. s. 134. ISBN neuvedeno

5. Procento cyklů objednávek, kterých se nedotkne vyčerpání zásob. Procento pravděpodobnosti, že během cyklu doplnění zásob nedojde k vyčerpání zásob.¹¹⁴
6. Pravděpodobnost, že poptávka nepřevyší určité stanovené množství.¹¹⁵
7. Procento dodávek napoprvé přesně odpovídajících objednávkám.¹¹⁶

Označíme-li celkové zdroje, které budou v určitém období k dispozici k uspokojení potřeby symbolem Z a celkovou potřebu v tomto období symbolem P , pak pravděpodobnost, že potřeba v daném období bude uspokojena, může být definována výrazem (10).¹¹⁷

$$\alpha = P\{(Z - P) \geq 0\} \quad (10)$$

Doplňkovou hodnotou stupně úplnosti dodávky ($1 - \alpha$) je *míra deficitu*¹¹⁸ (míra rizika nedostatku zásob¹¹⁹).

Skutečně dosahovaný stupeň úplnosti dodávky (vyjádřený v procentech) můžeme spočítat z podnikových dat na základě evidence objednávek zákazníků podle vzorce (11).¹²⁰

$$\alpha = \frac{\text{počet úplných (kompletních) dodávek}}{\text{všechny přijaté objednávky}} \times 100 \quad (11)$$

Jak však uvádí H. HORÁKOVÁ a J. KUBÁT, čitatel a jmenovatel ve vztahu (11) nemusí být vyjádřeny pouze počtem objednávek, ale i např. počtem objednaných položek (tzv. řádků objednávek) nebo i celkovou hodnotou objednaného zboží.¹²¹ Rovněž je vhodné čitatel vztahu (11) doplnit o podmínku, že zboží musí být dodáno včas. Vzorec pro stupeň úplnosti dodávky pak přepíšeme do tvaru (12).

$$\alpha = \frac{\text{počet kompletních objednávek dodaných včas}}{\text{všechny přijaté objednávky}} \times 100 \quad (12)$$

Vyjádříme-li spolehlivost zabezpečení proti vzniku nedostatku zásob stupněm úplnosti dodávky, musíme si uvědomit, že tato veličina nevyjadřuje, jaký podíl celkové potřeby

¹¹³ UNČOVSKÝ, L. *Stochastické modely operační analýzy*. 1. vyd. Bratislava: ALFA, 1980. s. 286.

ISBN neuvedeno

¹¹⁴ LAMBERT, D. M., STOCK, J. R., ELLRAM, L. M. *Logistika*. 1. vyd. Praha: Computer Press, 2000. s. 142.

ISBN 80-7226-221-1. Stejnou definici uvádí:

COLEMAN, B. J. Determining the correct service level target. In *Production and Inventory Management Journal*. First quarter 2000, Vol. 41, Issue 1, p. 19, 5 p. ISSN 0897-8336. In ProQuest [online]. Dostupné z: <<http://www.proquest.umi.com>>

¹¹⁵ CHASE, R. B., AQUILANO, N. J. *Production and Operations Management. Manufacturing and Services*. 7th ed. Chicago: Irwin, 1995. p. 555. ISBN 0-256-14023-5

¹¹⁶ CHRISTOFER, M. *Logistika v marketingu*. 1. vyd. Praha: Management Press, 2000. s. 48.

ISBN 80-7261-007-4

¹¹⁷ MANN, Q. *Optimalizace zásob v praxi*. 1. vyd. Praha: SNTL, 1979. s. 41. ISBN neuvedeno

¹¹⁸ UNČOVSKÝ, L. *Stochastické modely operační analýzy*. 1. vyd. Bratislava: ALFA, 1980. s. 286.

ISBN neuvedeno

¹¹⁹ LAUBER, J., HUŠEK, R.: *Operační výzkum*. 1. vyd. Praha: MŠMT, 1990. s. 134. ISBN neuvedeno

¹²⁰ CHRISTOFER, M. *Logistika v marketingu*. 1. vyd. Praha: Management Press, 2000. s. 48.

ISBN 80-7261-007-4

¹²¹ HORÁKOVÁ, H., KUBÁT, J. *Řízení zásob. Logistické pojetí, metody, aplikace, praktické úlohy*. 3. vyd. Praha: Profess Consulting, 1999. s. 30. ISBN 80-85235-55-2

zůstane při předčasném vyčerpání zásoby neuspokojen. Neudává tedy velikost deficitu, ale pouze jeho početnost. Proto se, zejména v literatuře z poslední doby, doporučuje stanovovat výši pojistné zásoby s ohledem na stupeň pohotovosti dodávky.

3.1.7.2 Stupeň pohotovosti dodávky

Stupeň pohotovosti dodávky (používá se také označení míra plnění dodávek,¹²² v angl. fill rate, příp. annual service level¹²³) budeme značit symbolem β a lze ho definovat následovně:

1. Pravděpodobnost, že objednávku na položku bude možno plně uspokojit hned po jejím uplatnění, to znamená ze skladové zásoby.¹²⁴
2. Procento z poptávaných (požadovaných) jednotek, které jsou k dispozici pro splnění zákaznických objednávek.¹²⁵
3. Procento z poptávaných jednotek, které bude přímo uspokojeno ze skladové zásoby během cyklu doplnění zásob.¹²⁶

Jak uvádí B. J. COLEMAN, stupeň pohotovosti dodávky bude vždy vyšší než stupeň úplnosti dodávky,¹²⁷ protože zahrnuje i částečně uspokojené objednávky (pozn. autora). Matematicky lze stupeň pohotovosti dodávky vyjádřit vztahem (13).¹²⁸

$$\beta = 1 - \frac{\text{očekávaná velikost deficitu zásoby během jednoho cyklu}}{\text{celkové poptávané množství během jednoho cyklu}} \quad (13)$$

V praxi lze skutečně dosahovaný stupeň pohotovosti dodávky měřit pomocí vzorců (14), (15), (16), které uvádí P. PERNICA¹²⁹ nebo pomocí vzorce (17), který uvádí Q. MANN.¹³⁰

$$\beta = \frac{\text{počet v termínu dodaných položek}}{\text{celkový počet položek}} \times 100 \quad (14)$$

¹²² LAMBERT, D. M., STOCK, J. R., ELLRAM, L. M. *Logistika*. 1. vyd. Praha: Computer Press, 2000. s. 143. ISBN 80-7226-221-1

¹²³ COLEMAN, B. J. Determining the correct service level target. In *Production and Inventory Management Journal*. First quarter 2000, Vol. 41, Issue 1, p. 19, 5 p. ISSN 0897-8336. In *ProQuest* [online]. Dostupné z: <<http://www.proquest.umi.com>>

¹²⁴ HORÁKOVÁ, H., KUBÁT, J. *Řízení zásob. Logistické pojetí, metody, aplikace, praktické úlohy*. 3. vyd. Praha: Profess Consulting, 1999. s. 31. ISBN 80-85235-55-2

¹²⁵ LAMBERT, D. M., STOCK, J. R., ELLRAM, L. M. *Logistika*. 1. vyd. Praha: Computer Press, 2000. s. 143. ISBN 80-7226-221-1

¹²⁶ ZENG, A. Z. Efficiency of using fill-rate criterion to determine safety stock: A theoretical perspective and a case study. In *Production and Inventory Management Journal*. Second quarter 2000, Vol. 41, Issue 2, p. 41, 4 p. ISSN 0897-8336. In *ProQuest* [online]. Dostupné z: <<http://www.proquest.umi.com>>

¹²⁷ COLEMAN, B. J. Determining the correct service level target. In *Production and Inventory Management Journal*. First quarter 2000, Vol. 41, Issue 1, p. 19, 5 p. ISSN 0897-8336. In *ProQuest* [online]. Dostupné z: <<http://www.proquest.umi.com>>

¹²⁸ ZENG, A. Z. Efficiency of using fill-rate criterion to determine safety stock: A theoretical perspective and a case study. In *Production and Inventory Management Journal*. Second quarter 2000, Vol. 41, Issue 2, p. 41, 4 p. ISSN 0897-8336. In *ProQuest* [online]. Dostupné z: <<http://www.proquest.umi.com>>

¹²⁹ PERNICA, P. *Logistický management. Teorie a podniková praxe*. 1. vyd. Praha: RADIX, 1998. s. 588. ISBN 80-86031-13-6

¹³⁰ MANN, Q. *Optimalizace zásob v praxi*. 1. vyd. Praha: SNTL, 1979. s. 42. ISBN neuvedeno

$$\beta = \frac{\text{počet ihned expedovaných položek}}{\text{celkový počet položek}} \times 100 \quad (15)$$

$$\beta = \frac{\text{množství zboží, které je k dispozici ve skladu}}{\text{celkové objednané množství zboží}} \times 100 \quad (16)$$

$$\beta = \frac{\text{průměrná výše uspokojené potřeby za období}}{\text{průměrná výše celkové potřeby za období}} \times 100 \quad (17)$$

Výše uvedené vzorce, které jsou v literatuře obecně nazývány jako stupeň pohotovosti dodávky, není možné považovat za ekvivalentní. Pojistná zásoba se stanovuje vždy pro určitý požadovaný stupeň pohotovosti dodávky a pomocí vzorců (14) až (17) si můžeme ověřit, zda při dané hladině pojistné zásoby skutečně dosahujeme požadovaného stupně zajištění proti odchylkám.

3.1.7.3 Stupeň spolehlivosti dodávky

Někteří autoři¹³¹ používají k měření spolehlivosti zabezpečení i *stupeň spolehlivosti dodávky* (M. CHRISTOFER používá název včasnost dodávky¹³²), který udává pravděpodobnost, že bude dodržěn přislíbený termín dodání. Tento ukazatel je definován jako podíl počtu v termínu splněných dodávek z celkového počtu dodávek zákazníkům, které byly objednány během určitého období.

Tento způsob vyjádření však vlastně odpovídá vzorci (14), a proto spolehlivost dodávky můžeme považovat za jeden ze způsobů aproximace stupně pohotovosti dodávky.

3.1.7.4 Vliv zvoleného ukazatele spolehlivosti zabezpečení na pojistnou zásobu

Spolehlivost zabezpečení se do výše pojistné zásoby promítá u většiny metod (viz kap. 4) prostřednictvím tzv. pojistného faktoru. Obecně lze konstatovat, že s rostoucí spolehlivostí zabezpečení roste i výše pojistného faktoru, a proto i výše pojistné zásoby, a to nadproporcionálně. V závislosti na použitém ukazateli (stupni úplnosti nebo pohotovosti dodávky) se však liší metodika určování výše pojistného faktoru (viz kap. 4.3). Optimální úroveň zabezpečení závisí na zvoleném kritériu optimality (viz kap. 3.1.11).

3.1.8 Intenzita odchylek

Intenzita odchylek se měří nejčastěji pomocí rozptylu nebo směrodatných odchylek (velikosti potřeby, dodávek, délky pořizovací lhůty, příp. dalších veličin), méně často se používá absolutní rozdíl nebo průměrný absolutní rozdíl (viz jednotlivé metody stanovení velikosti pojistné zásoby v kap. č. 4). S rostoucí intenzitou odchylek roste i velikost pojistné zásoby.

¹³¹ HORÁKOVÁ, H., KUBÁT, J. *Řízení zásob. Logistické pojetí, metody, aplikace, praktické úlohy*. 3. vyd. Praha: Profess Consulting, 1999. s. 29. ISBN 80-85235-55-2

¹³² CHRISTOFER, M. *Logistika v marketingu*. 1. vyd. Praha: Management Press, 2000. s. 48. ISBN 80-7261-007-4

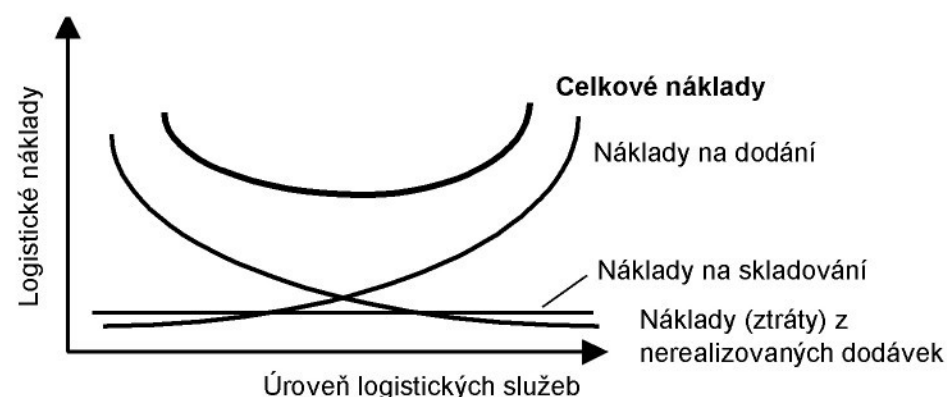
3.1.9 Velikost nákladů na udržování a skladování zásob

Jsou-li ve vztahu k ostatním složkám nákladové funkce (2), resp. (4) náklady na udržování a skladování nízké, jsou i náklady udržování pojistné zásoby malé, takže i poměrně vysoká pojistná zásoba může být ekonomicky výhodná.¹³³

3.1.10 Velikost nákladů z nedostatku zásob

Při vysokých nákladech či ztrátách z jednoho přechodně nebo trvale neuspokojeného požadavku je ekonomicky výhodné udržovat vyšší pojistnou zásobu.¹³⁴

Jednotlivé složky nákladů bychom ovšem neměli posuzovat izolovaně, ale v kontextu celkových nákladů logistického systému. Platí, že proti logistickým nákladům (tj. nákladům na řízení a systém, nákladům na zásoby, skladování, dopravu a manipulaci¹³⁵), narůstajícím nadproporcionálně se zvyšující se úrovni služeb zákazníkům, stojí náklady (ztráty) z nerealizovaných dodávek (náklady z nedostatku zásob). Náklady (ztráty) z nerealizovaných dodávek se s rostoucí úrovní služeb zákazníkům zmenšují. Při ekonomickém posuzování snahy o zvyšování úrovně služeb je nutno brát v úvahu všechny složky nákladů (viz obr. č. 13). V průsečíku křivek vyjadřujících průběh jednotlivých nákladových složek se nachází nejen sedlo celkových nákladů, ale také **optimální úroveň služeb zákazníkům**,¹³⁶ které odpovídá optimální velikost pojistné zásoby.



obr. č. 13: Vztah mezi úrovní služeb zákazníkům a logistickými náklady¹³⁷

3.1.11 Zvolené kritérium optimality

Použijeme-li při stanovení velikosti pojistné zásoby *nákladové kritérium*, pak můžeme optimální výši pojistné zásoby definovat jako výši, která zabezpečuje plnění funkce pojistné zásoby s nákladově optimální pravděpodobností (tj. s pravděpodobností, která minimalizuje součet nákladů na skladování a nákladů z nedostatku zásob).

¹³³ LAUBER, J., HUŠEK, R.: *Operační výzkum*. 1. vyd. Praha: MŠMT, 1990. s. 120. ISBN neuvedeno

¹³⁴ tamtéž, s. 120.

¹³⁵ SCHULTE, CH. *Logistika*. 1. vyd. Praha: Victoria Publishing, 1994. s. 18. ISBN 80-85605-87-2

¹³⁶ PERNICA, P. *Logistický management. Teorie a podniková praxe*. 1. vyd. Praha: RADIX, 1998. s. 109. ISBN 80-86031-13-6

¹³⁷ tamtéž, s. 110.

Budeme-li vycházet z *kritéria autonomně stanovené pravděpodobnosti* (tzn. bez kritéria nákladů), bude definice modifikována tak, že je to taková výše pojistné zásoby, při níž pojistná zásoba plní svou funkci se zvolenou pravděpodobností.¹³⁸

3.1.12 Jakost materiálu a spolehlivost dodavatele

Nízká jakost materiálu a nespolehliví dodavatelé (co se týká dodržování kontrahovaného množství výrobků, dodacích lhůt) vedou k nutnosti udržovat vysoké pojistné zásoby. Na druhou stranu je taková situace v tržní ekonomice sotva dlouhodobě myslitelná, protože takový dodavatel nemůže přežít v náročném konkurenčním prostředí.

¹³⁸ MANN, Q. *Optimalizace zásob v praxi*. 1. vyd. Praha: SNTL, 1979. s. 31. ISBN neuvedeno

4. Analýza metod stanovení velikosti pojistné zásoby

V literatuře lze nalézt celou řadu přístupů a metod pro stanovení velikosti pojistné zásoby, od velmi jednoduchých postupů až po složité, na přesnost vstupních údajů a objem výpočetních operací velmi náročné, metody. Při jejich aplikaci pak často obdržíme výsledky lišící se i o několik set procent. Příčinu této skutečnosti lze spatřovat v tom, že problematika řízení zásob je velmi různorodá a prakticky pro každý podnik, ale i pro každou položku, resp. skupinu položek je nutné nalézt individuální řešení vyhovující specifickým podmínkách podniku.

Rozdíly mezi jednotlivými metodami lze v zásadě shrnout do tří skupin. Metody se liší:

- počtem druhů uvažovaných odchylek od průměrných či plánovaných hodnot – odchylka ve spotřebě, odchylka od dodávkového cyklu (resp. v délce pořizovací lhůty – pozn. autora), odchylka od velikosti dodávky,
- způsobem vyjádření uvedených odchylek – absolutním rozdílem, průměrným absolutním rozdílem, směrodatnou odchylkou, rozptylem, popř. jinými charakteristikami variability,
- způsobem, jakým se zjišťuje a stanovuje požadovaný stupeň krytí propočtených odchylek.¹³⁹

Dle zkušeností autora předkládané práce i zkušeností autorů v odborné literatuře¹⁴⁰ celá řada našich podniků stanovuje velikost pojistné zásoby „nějakým“, víceméně intuitivním odhadem, vycházejícím ze zkušeností pracovníků v útvaru řízení zásob. Tento přístup je však nutno považovat za chybný, protože obvykle vede k udržování nadměrných pojistných zásob z obavy, aby nedošlo k vyčerpání pohotovostní zásoby a zhoršení úrovně služeb pro zákazníky. Tento stav souvisí i s tím, že podniky často neznají velikost nákladů na udržování a skladování zásob a nákladů z nedostatku zásob. Lze se dokonce setkat i s tím, že podniky nestanovují samostatně velikost pojistné zásoby a pojistná zásoba je zahrnuta do celkové zásoby jako určitý polštář tlumící případné výkyvy v dodávkách a poptávce. V takovém případě je nutné před vlastní optimalizací pojistné zásoby alespoň odhadnout její průměrnou výši jako rozdíl celkové průměrné zásoby a průměrné obrátové zásoby v minulém období, dle vzorce (18).

$$\overline{x_p} = \overline{x_c} - \overline{x_b} \quad (18)$$

V případě, že se velikosti jednotlivých dodávek x_i příliš neliší (týká se typicky Q – systému řízení zásob, pozn. autora), lze k přibližnému určení průměrné obrátové zásoby použít vztah (19).¹⁴¹

$$\overline{x_b} \approx \frac{\overline{x}}{2}, \text{ kde} \quad (19)$$

¹³⁹ TOMEK, G., VÁVROVÁ, V. *Řízení výroby*. 1. vyd. Praha: Grada Publishing, 1999. s. 141. ISBN 80-7169-578-5

¹⁴⁰ KUBÁT, J. K objektivnímu výběru dodavatele. In *Logistika. Měsíčník pro dopravu, skladování, distribuci a balení*. č. 10 (říjen 1999), roč. 5, s. 27. ISSN 1211-0957

¹⁴¹ HORÁKOVÁ, H., KUBÁT, J. *Řízení zásob. Logistické pojetí, metody, aplikace, praktické úlohy*. 3. vyd. Praha: Profess Consulting, 1999. s. 108. ISBN 80-85235-55-2

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad (20)$$

V případě nestejných velikostí dodávek x_i (týká se typicky P – systému řízení zásob, pozn. autora) musíme ovšem pro výpočet průměrné obrátové zásoby použít vztah (21).¹⁴²

$$\bar{x}_b = \frac{\sum_{i=1}^n x_i^2}{2 \sum_{i=1}^n x_i} \quad (21)$$

V následujícím textu bude postupně uveden přehled jednotlivých metod stanovení velikosti pojistné zásoby. Pro přehlednost budou jednotlivé metody postupně označovány symboly M1 až M26. Nejprve se budeme zabývat metodami vhodnými pro stejnoměrnou ustálenou potřebu (podle analýzy XYZ se jedná o položky kategorie X, příp. i o některé položky kategorie Y). Tyto metody lze samozřejmě použít i pro položky s variabilnějším charakterem potřeby, ale výsledkem bude vysoká norma velikosti pojistné zásoby. Proto budou v druhé části této kapitoly uvedeny metody stanovení velikosti pojistné zásoby pro položky zásob s nestacionárním charakterem potřeby (položky kategorie Y a Z). Pokud nebude zdůrazněno jinak, lze níže uvedené metody použít pro oba systémy řízení zásob popsané v kap. 3.1.1.

4.1 Metody stanovení velikosti pojistné zásoby pro položky se stacionárním charakterem potřeby

Tuto skupinu metod lze dále rozdělit do dvou základních podskupin:

- metody, které nepoužívají k vyjádření spolehlivosti zabezpečení proti odchylkám pojistný faktor,
- metody, které používají k vyjádření spolehlivosti zabezpečení pro odchylkám pojistný faktor.

4.1.1 Jednoduché metody stanovení velikosti pojistné zásoby bez pojistného faktoru

4.1.1.1 Stanovení velikosti pojistné zásoby na úrovni 50 % poptávky během pořizovací lhůty (M1)

Autorem této metody, možno říci i pravidla, je G. GRAHAM, který ji publikoval v roce 1987.¹⁴³ Podle jeho názoru je pro většinu položek zásob dostatečná norma velikosti pojistné zásoby ve výši 50 % poptávky během pořizovací lhůty. Takto vysoká pojistná zásoba zajistí

¹⁴² tamtéž, s. 108.

¹⁴³ Gordon Graham je považován za nestora řízení zásob. Často je citována jeho kniha „Distribution Inventory Management“ z roku 1990, viz např. SANDVIG, J. CH. Calculating safety stock. In *IIE Solutions*. Dec. 1998, Vol. 30, Issue 12, p. 28, 2 p. ISSN 1085-1259. In *EBSCO* [online]. Dostupné z: <<http://www.ehostygw6.epnet.com>> nebo SCHREIBFEDER, J. *A new look at safety stock*. [online]. Coppell (Texas, USA): EIM, 1999 [cit. 2000-10-9]. Dostupné z: <<http://www.effectiveinventory.com/article29.html>>

podle G. Grahama spolehlivost zabezpečení proti odchylkám ve výši cca 90 %.¹⁴⁴ Matematicky můžeme uvedené pravidlo vyjádřit vztahem (22).

$$x_p = 0,5 \cdot \bar{p}_{tp} = 0,5 \cdot \bar{p} \cdot \bar{t}_p \quad (22)$$

Tato metoda je velmi jednoduchá a, podle citovaných autorů, v zahraničí i velmi oblíbená u pracovníků útvarů řízení zásob. Přesto však má její použití řadu úskalí a pro některé položky zásob se její použití výslovně nedoporučuje. Jedná se o následující položky:

- s dlouhou, ale přitom prakticky konstantní pořizovací lhůtou a poměrně stejnou poptávkou tato metoda povede ke zbytečně vysoké pojistné zásobě,
- s velmi krátkou, ale značně variabilní pořizovací lhůtou a vysoce kolísající poptávkou bude takto stanovená pojistná zásoba naopak nedostatečná.¹⁴⁵

Uvedenou metodu rozhodně nelze doporučit jako univerzální pro všechny položky zásob. Její použití snad může být opodstatněné, vzhledem k její jednoduchosti, u méně důležitých položek zásob s málo variabilním charakterem pořizovací lhůty a potřeby (např. u položek kategorií BX a CX). Dle názoru autora předkládané práce bychom v takovém případě měli prověřit i velikost koeficientu 0,5 a eventuálně změnit jeho výši (směrem nahoru i dolů) s ohledem na požadovaný stupeň zabezpečení proti odchylkám.

4.1.1.2 Metoda pracující s kladnými odchylkami od průměrné délky dodávkového cyklu (tzv. statistická metoda – M2)

Metodu popisují G. TOMEK, J. TOMEK a V. VÁVROVÁ.¹⁴⁶ Velikost pojistné zásoby je u této metody stanovena na úrovni průměrné velikosti potřeby za období, jehož délka je vypočtena jako vážený průměr nadprůměrně dlouhých dodávkových cyklů. Váhou je velikost dodávek, u nichž byla délka dodávkového cyklu nadprůměrná. Velikost pojistné zásoby (v jednotkách množství) se vypočítá dle vztahu (23).

$$x_p = \frac{\sum_{i=1}^n (t_{ci}^+ - \bar{t}_c) \cdot x_i^+}{\sum_{i=1}^n x_i^+} \cdot \bar{p} \quad (23)$$

Průměrná délka dodávkového cyklu se vypočítá jako vážený průměr podle (24).

¹⁴⁴ SANDVIG, J. CH. Calculating safety stock. In *IIE Solutions*. Dec. 1998, Vol. 30, Issue 12, p. 28, 2 p.

ISSN 1085-1259. In *EBCSO* [online]. Dostupné z: <<http://www.ghostgw6.epnet.com>>

¹⁴⁵ SCHREIBFEDER, J. *A new look at safety stock*. [online]. Coppell (Texas, USA): EIM, 1999 [cit. 2000-10-9].

Dostupné z: <<http://www.effectiveinventory.com/article29.html>>

¹⁴⁶ TOMEK, G., TOMEK, J. *Nákupní marketing*. 1. vyd. Praha: Grada Publishing, 1996. s. 75.

ISBN 80-85623-96-X a

TOMEK, G., VÁVROVÁ, V. *Řízení výroby*. 1. vyd. Praha: Grada Publishing, 1999. s. 143.

ISBN 80-7169-578-5

$$\bar{t}_c = \frac{\sum_{i=1}^n t_{ci} \cdot x_i}{\sum_{i=1}^n x_i} \quad (24)$$

Metoda je poměrně jednoduchá. Proti jejímu použití však hovoří řada faktorů. Především intervalem nejistoty není délka dodávkového cyklu, nýbrž délka pořizovací lhůty (u Q – systému řízení zásob), resp. zhruba interval $(t_p + t_k)$ u P – systému řízení zásob, jak je uvedeno v kap. 3.1.5.1. Metoda rozhodně není vhodná pro položky s dlouhými dodávkovými cykly, kde z časové řady údajů o délkách dodávkových cyklů získáme pouze několik hodnot, ze kterých počítáme číselník vzorce (23). Výsledek tak snadno může být ovlivněn výskytem jedné nebo dvou extrémních hodnot. Metoda také nebere v úvahu další zdroje odchylek – kolísání velikostí dodávek a potřeby – jejichž vliv může být daleko významnější, než je kolísání délky dodávkového cyklu. Metodu lze, s přihlédnutím k uvedeným výhradám, použít u položek s krátkými, silně kolísajícími délkami dodávkových cyklů a s rovnoměrným průběhem potřeby.

4.1.1.3 Rozdílová metoda (M3)

Metodu uvádějí G. TOMEK, J. TOMEK a V. VÁVROVÁ.¹⁴⁷ Tato metoda uvažuje jak odchylky v dodávkovém cyklu, tak odchylky v potřebě. Odchylky jsou vyjádřeny ve formě absolutních rozdílů. Za předpokladu plného krytí odchylek se velikost pojistné zásoby (v jednotkách množství) stanoví podle vzorce (25).

$$x_p = (t_{c \max} - \bar{t}_c) \cdot \bar{p} + (p_{\max} - \bar{p}) \cdot \bar{t}_c \quad (25)$$

Výše pojistné zásoby vypočtená pomocí této metody je stanovena tak, aby byla schopna pokrýt potřebu o průměrné výši za období, které maximálně překračuje průměrnou délku dodávkového cyklu a současně potřebu maximálně převyšující průměrnou potřebu při průměrné délce dodávkového cyklu.

Oproti předcházející metodě M2 tento postup výpočtu pojistné zásoby zahrnuje významný zdroj nejistoty – kolísání velikosti potřeby. Velikost pojistné zásoby však může být ovlivněna výskytem extrémních hodnot délky dodávkového cyklu a velikosti potřeby. Z tohoto důvodu můžeme výše uvedený vzorec modifikovat tak, že nepočítáme maximální, ale průměrné absolutní odchylky A_{tc} (26) a A_p (27) (často se pro označení průměrné absolutní odchylky používá také angl. zkratka MAD¹⁴⁸).

$$A_{tc} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |t_{ci} - \bar{t}_c| \quad (26)$$

¹⁴⁷ TOMEK, G., TOMEK, J. *Nákupní marketing*. 1. vyd. Praha: Grada Publishing, 1996. s. 77.

ISBN 80-85623-96-X a

TOMEK, G., VÁVROVÁ, V. *Řízení výroby*. 1. vyd. Praha: Grada Publishing, 1999. s. 144.

ISBN 80-7169-578-5

¹⁴⁸ UNČOVSKÝ, L. *Stochastické modely operační analýzy*. 1. vyd. Bratislava: ALFA, 1980. ISBN neuvedeno

$$A_p = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |p_i - \bar{p}| \quad (27)$$

Vzorec pro výpočet velikosti pojistné zásoby pak upravíme do podoby (28).

$$x_p = A_{tc} \cdot \bar{p} + A_p \cdot \bar{t}_c \quad (28)$$

Metodu lze doporučit pro položky s kratší délkou dodávkového cyklu. Při výpočtu bychom rovněž měli přihlídnout k délce intervalu nejistoty a porovnat ho s délkou dodávkového cyklu (viz poznámka u předchozí metody M2).

4.1.1.4 Metoda pracující s průměrnou kladnou odchylkou délky dodávkového cyklu, průměrnou zápornou odchylkou velikosti dodávek a průměrnou kladnou odchylkou velikosti prodeje (M4)

Metodu uvádí P. BLAHA,¹⁴⁹ který tuto metodu doporučuje u obchodních organizací pro normování velikosti pojistné zásoby u položek kategorií B a C. Na rozdíl od předcházejících metod je zde velikost pojistné zásoby vyjádřena **časovou normou**. Velikost pojistné zásoby (v jednotkách času) se dostane tak, že se sečtou průměrná kladná odchylka od průměrné délky dodávkového cyklu $\bar{d}_{tc}^+$ (29), průměrná záporná odchylka od průměrné velikosti dodávky $\bar{d}_x^-$ (31 - přepočítaná na časový úsek průměrného prodeje) a průměrná kladná odchylka od průměrné velikosti prodeje $\bar{d}_p^+$ (33 – přepočítaná na časový úsek průměrného prodeje).

$$\bar{d}_{tc}^+ = \frac{\sum_{i=1}^{n^+} (t_{ci}^+ - \bar{t}_c)}{n^+} \quad [\text{j. času}] \quad (29)$$

Průměrná délka dodávkového cyklu se určí buď jako prostý aritmetický průměr délek jednotlivých dodávkových cyklů nebo v případě výrazně rozdílných délek dodávkových cyklů jako vážený aritmetický průměr podle vzorce (24).

$$\bar{d}_x^- = \frac{\sum_{i=1}^{n^-} (\bar{x} - x_i^-)}{n^-} \quad [\text{j. množství}] \quad (30)$$

Průměrná velikost dodávky se určí jako prostý aritmetický průměr velikostí jednotlivých dodávek. Průměrná záporná odchylka velikosti dodávek (30) je ovšem vyjádřena v jednotkách množství, a proto se musí přepočítat na relativní (časové) vyjádření pomocí průměrné velikosti prodeje dle (31).

¹⁴⁹ BLAHA, P. *Průmyslové odbytové organizace*. 1. vyd. Praha: SNTL, 1982. s. 62. ISBN neuvedeno

$$\overline{d_x^-} = \frac{\overline{d_x^-} [\text{j. množství}]}{\overline{p} [\text{j. množství za j. času}]} [\text{j. času}] \quad (31)$$

$$\overline{d_p^+} = \frac{\sum_{i=1}^{n^+} (p_i^+ - \overline{p})}{n^+} [\text{j. množství}] \quad (32)$$

Průměrná velikost prodeje se určí jako prostý aritmetický průměr prodejů v jednotlivých obdobích. Průměrná kladná odchylka velikosti prodeje se opět musí přepočítat na časový úsek průměrného prodeje podle (33).

$$\overline{d_p^+} = \frac{\overline{d_p^+} [\text{j. množství}]}{\overline{p} [\text{j. množství za j. času}]} [\text{j. času}] \quad (33)$$

Časová norma pojistné zásoby se stanoví podle vztahu (34).

$$x_p = \overline{d_{tc}^+} + \overline{d_x^-} + \overline{d_p^+} [\text{j. času}] \quad (34)$$

Časová norma pojistné zásoby se obvykle stanovuje pro jednotlivé skupiny výrobků. Množstevní norma se pak dostane tak, že časovou normu vynásobíme průměrnou velikostí prodeje za zvolenou časovou jednotku.

Z konstrukce vzorce (34) a jednotlivých odchylek je zřejmé, že takto stanovená pojistná zásoba je určena tak, aby byla současně schopna pokrýt potřebu, jestliže dojde k prodloužení dodávkového cyklu, k nižší dodávce z výroby nebo k zvýšenému prodeji.

Dle mého názoru se metoda může vcelku úspěšně uplatnit, nejen v obchodních organizacích. Je však poněkud sporné její použití u navrhovaných položek kategorie B a zejména C, které se obvykle objednávají v delších cyklech a odchylky tak budeme počítat pouze z několika málo hodnot. Prodloužit analyzované období také není možno považovat za řešení, protože údaje rychle zastarávají.

Další úprava souvisí s tím, že místo délky dodávkového cyklu bychom měli analyzovat odchylky v intervalu nejistoty. Vzhledem k navrhovanému použití v obchodních organizacích, kde se většinou využívá systém s periodickou kontrolou zásoby, to bude většinou interval o délce podle vztahu (9).

S ohledem na poměrně náročný postup výpočtu metodu nelze doporučit pro okrajové položky kategorie C. Metoda by se mohla uplatnit u položek kategorie B, s tím že je nutno ověřit pomocí empirických dat dosahovaný stupeň zabezpečení proti odchylkám podle ukazatelů popsaných v kap. 3.1.7, neboť metoda M4 spolehlivost zabezpečení do propočtu nezahrnuje.

4.1.2 Metody stanovení velikosti pojistné zásoby pracující s pojistným faktorem

Jedná se o nejrozsáhlejší skupinu metod. Velikost pojistné zásoby u těchto metod závisí kromě intenzity odchylek i na dalším faktoru – stupni zabezpečení proti odchylkám. Vliv tohoto faktoru se promítá do velikosti pojistné zásoby prostřednictvím tzv. pojistného faktoru.

Pojistný faktor **K** lze definovat jako určitý počet odchylek odpovídající určitému procentu krytí požadavků,¹⁵⁰ které je vyjádřeno buď stupněm úplnosti nebo stupněm pohotovosti dodávky (viz kap. 3.1.7). Za předpokladu, že náhodně proměnné veličiny, které v pojistné zásobě používáme, se řídí normálním rozdělením pravděpodobnosti, lze pojistný faktor definovat jako kvantil distribuční funkce normovaného normálního rozdělení. Tento předpoklad je však nutné ověřit např. pomocí chi-kvadrát testu dobré shody nebo Kolmogorovova-Smirnovova testu, jinak bude velikost pojistné zásoby dimenzovaná chybně.

Velikost pojistného faktoru se určí buď autonomně, nebo na základě kritéria nákladů, příp. bodovacím způsobem. Problematika optimalizace výše pojistného faktoru je natolik rozsáhlá, že jí je věnována samostatná podkapitola 4.3.

Metody využívající k vyjádření stupně spolehlivosti zabezpečení proti odchylkám pojistný faktor lze ještě dále rozdělit do dvou základních skupin:

- metody založené na analýze údajů o minulé potřebě (tzv. demand system),
- metody založené na analýze chyb v předpovědi potřeby (tzv. forecast system¹⁵¹).

Zcela specifickou kategorií představují metody stanovení velikosti pojistné zásoby bodovacím způsobem, které jsou popsány v části 4.1.2.3.

4.1.2.1 Metody založené na analýze údajů o minulé potřebě

4.1.2.1.1 Metoda pracující se směrodatnou odchylkou velikosti potřeby, směrodatnou odchylkou délky dodávkového cyklu, směrodatnou odchylkou velikosti dodávek a průměrnou velikostí potřeby (M5)

Jednu z variant této metody uvádějí G. TOMEK a J. TOMEK.¹⁵² Intenzita odchylek je vyjádřena celkovou směrodatnou odchylkou v jednotkách množství. Východiskem pro její stanovení je analýza dosavadního vývoje potřeby, dodávek a dodávkového cyklu zhruba za poslední jeden až dva roky (kratší období může být ovlivněno sezónními vlivy, v delším období dochází ke změně výrobního programu). Variabilita potřeby, dodávkového cyklu a dodávek se měří pomocí směrodatných odchylek (35), (36) a (37).

¹⁵⁰ TOMEK, G., TOMEK, J. *Nákupní marketing*. 1. vyd. Praha: Grada Publishing, 1996. s. 79. ISBN 80-85623-96-X

¹⁵¹ ZINN, W., MARMORSTEIN, H. Comparing two alternative methods of determining safety stock levels: The demand and the forecast systems. In *Journal of Business Logistics*. 1990, Vol. 11, Issue 1, p. 95, 16 p. ISSN 0735-3766. In *EBCSO* [online]. Dostupné z: <<http://www.ehostvgw6.epnet.com>>

¹⁵² TOMEK, G., TOMEK, J. *Nákupní marketing*. 1. vyd. Praha: Grada Publishing, 1996. s. 79. ISBN 80-85623-96-X

$$\sigma_p = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (p_i - \bar{p})^2} \quad (35)$$

$$\sigma_{tc} = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (t_{ci} - \bar{t}_c)^2} \quad (36)$$

$$\sigma_x = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (37)$$

V případě, kdy pracujeme s výběrovými soubory, bychom měli použít vzorce pro výběrové směrodatné odchylky, které se liší tím, že ve jmenovateli je místo n výraz $(n - 1)$. Při dostatečně velkém rozsahu pozorování však budou rozdíly ve výsledcích minimální.

Podle uvažovaných druhů odchylek může mít celková směrodatná odchylka následující podoby (38) až (40):

$$\sigma_c = \sigma_p \text{ [j. množství]} \quad (38)$$

$$\sigma_c = \sigma_p + \bar{p} \cdot \sigma_{tc} \text{ [j. množství]} \quad (39)$$

$$\sigma_c = \sigma_p + \bar{p} \cdot \sigma_{tc} + \sigma_x \text{ [j. množství]} \quad (40)$$

Všimněme si, že ve vzorcích (39) a (40) je směrodatná odchylka délky dodávkového cyklu násobena průměrnou velikostí potřeby. Je tomu tak proto, že celková směrodatná odchylka je vyjádřena v jednotkách množství.

Druhou alternativou je vyjádření celkové směrodatné odchylky v jednotkách času. Tuto variantu uvádějí L. PRAŽSKÁ a J. JINDRA.¹⁵³ V tomto případě je naopak nutné přepočítat σ_p a σ_x na časový úsek průměrného prodeje (tzn. $\sigma_p / \bar{p}$ a $\sigma_x / \bar{p}$). Po tomto přepočtu lze celkovou směrodatnou odchylku vyjádřit dle (41) až (43).

$$\sigma_c = \sigma_{tc} \text{ [j. času]} \quad (41)$$

$$\sigma_c = \sigma_{tc} + \sigma_p \text{ [j. času]} \quad (42)$$

$$\sigma_c = \sigma_{tc} + \sigma_p + \sigma_x \text{ [j. času]} \quad (43)$$

Normu velikosti pojistné zásoby vypočítáme jako součin pojistného faktoru (který určíme některou z metod podle kap. 4.3) a celkové směrodatné odchylky (44).

$$x_p = K \cdot \sigma_c \quad (44)$$

Jestliže je celková směrodatná odchylka vyjádřena ve fyzických jednotkách, dostaneme množství normu velikosti pojistné zásoby. V případě vyjádření celkové směrodatné odchylky v jednotkách času dostaneme časovou normu velikosti pojistné zásoby.

Metoda M5 je srozumitelná a poměrně aplikačně jednoduchá. Proti jejímu použití však lze uvést dva hlavní důvody. V metodě M5 je pojistná zásoba dimenzována mj. v závislosti na délce dodávkového cyklu, což je nepřesné. Intervalem nejistoty je totiž pořizovací lhůta.

¹⁵³ PRAŽSKÁ, L., JINDRA, J. a kol. *Obchodní podnikání. Retail management*. 1. vyd. Praha: Management Press, Ringier ČR, 1997. s. 639. ISBN 80-85943-48-4

Druhý důvod proti použití této metody spočívá v konstrukci celkové směrodatné odchylky, v níž se sčítají jednotlivé směrodatné odchylky. Odchylky potřeby, dodávkového cyklu a dodávek od očekávaných hodnot jsou vzájemně nezávislé náhodné veličiny (ovlivněné chováním odběratelů a dodavatelů). V takovém případě je nutno stanovit celkový rozptyl jako součet rozptylů potřeby, dodávkového cyklu (resp. pořizovací lhůty) a dodávek.¹⁵⁴

4.1.2.1.2 Metoda pracující se směrodatnou odchylkou velikosti potřeby, směrodatnou odchylkou délky dodací lhůty a průměrnou velikostí potřeby (M6)

Metoda je popsána v knize P. BLAHY,¹⁵⁵ který ji doporučuje pro položky kategorie A u obchodních organizací. Metoda uvažuje dva zdroje kolísání – odchylky ve velikosti potřeby (odbytu) měřené směrodatnou odchylkou dle (35) a odchylky v délce dodací lhůty charakterizované směrodatnou odchylkou dle (45).

$$\sigma_{td} = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (t_{di} - \bar{t}_d)^2} \quad (45)$$

Velikost pojistné zásoby (v jednotkách množství) se určí jako součin pojistného faktoru a celkové směrodatné odchylky dle vztahu (46).

$$x_p = K \cdot (\sigma_p + \bar{p} \cdot \sigma_{td}) \quad (46)$$

Metoda M6 má v podstatě stejné nedostatky jako metoda M5. Intervalem nejistoty je zde délka dodací lhůty. V důsledku toho bude pojistná zásoba ve většině případů zajišťovat nižší stupeň zabezpečení proti odchylkám než je požadováno, protože nebere v úvahu časové úseky na počátku a na konci pořizovací lhůty (viz kap. 3.1.5.1 a obr. č. 10).

4.1.2.1.3 Metoda pracující se směrodatnou odchylkou velikosti potřeby, směrodatnou odchylkou délky dodací lhůty, průměrnou velikostí potřeby a délkou dodací lhůty (M7)

Metodu uvádí R. SEDLÁČEK ve dvou základních variantách. V případě, že dodací lhůta bude konstantní, potom pojistná zásoba (v jednotkách množství) bude záviset pouze na délce dodací lhůty t_d a určí se ze vztahu (47).¹⁵⁶

$$x_p = K \cdot \sigma_p \cdot \sqrt{t_d} \quad (47)$$

Častější je ovšem případ, kdy dodací lhůta kolísá. Pak její variabilitu lze charakterizovat směrodatnou odchylkou dle (45) a velikost pojistné zásoby (v jednotkách množství) se určí dle vztahu (48).

¹⁵⁴ KUBÁT, J. K objektivnímu výběru dodavatele. In *Logistika. Měsíčník pro dopravu, skladování, distribuci a balení*. č. 10 (říjen 1999), roč. 5, s. 27. ISSN 1211-0957

¹⁵⁵ BLAHA, P. *Průmyslové odbytové organizace*. 1. vyd. Praha: SNTL, 1982. s. 50. ISBN neuvedeno

¹⁵⁶ SEDLÁČEK, R. Objektivní výběr dodavatele. In *Logistika. Měsíčník pro dopravu, skladování, distribuci a balení*. č. 6 (červen 1999), roč. 5, s. 26 - 27. ISSN 1211-0957

$$x_p = K \cdot (\sigma_p \cdot \sqrt{t_d} + \sigma_{td} \cdot \bar{p}) \quad (48)$$

Metodu M7 nelze doporučit k aplikaci ze stejných důvodů, které byly vysvětleny u metod M5 a M6 – pro chybně stanovenou délku intervalu nejistoty a způsob konstrukce celkové směrodatné odchylky (výraz v závorce vzorce (48)).

4.1.2.1.4 Metoda pracující s rozptylem velikosti potřeby, rozptylem délky dodávkového cyklu, průměrnou velikostí potřeby a průměrnou délkou dodávkového cyklu (M8)

Metodu uvádí D. M. LAMBERT a kol.¹⁵⁷ Metoda M8 uvažuje společný vliv variability velikosti potřeby a délky dodávkového cyklu. Intenzita kolísání je vyjádřena pomocí rozptylů. Metoda předpokládá možnost vzájemné zastupitelnosti části pojistné zásoby určené ke krytí výkyvů v potřebě a části určené ke krytí výkyvů v délce dodávkového cyklu. Z toho důvodu celková směrodatná odchylka není dána prostým součtem částí určených ke krytí jednotlivých odchylek, jak tomu bylo u vzorce (39). Velikost pojistné zásoby (v jednotkách množství) se vypočítá podle vztahu (49).

$$x_p = K \cdot \sqrt{t_c \cdot \sigma_p^2 + \bar{p}^2 \cdot \sigma_{tc}^2} \quad (49)$$

Metoda M8 má stejný nedostatek jako předcházející metody – chybně stanovenou délku intervalu nejistoty. Způsob konstrukce celkové směrodatné odchylky je z hlediska teorie pravděpodobnosti správný. U této metody lze proto doporučit náhradu veličiny t_c veličinou t_p , resp. σ_{tc}^2 veličinou σ_{tp}^2 , čímž dostaneme stejný vzorec pro výpočet pojistné zásoby jako u metody M13.

4.1.2.1.5 Metoda pracující s intervalem nejistoty a průměrnou velikostí prodeje (M9)

Metodu popisuje I. BURSTINER,¹⁵⁸ který ji doporučuje pro maloobchodní firmy. Z konstrukce vzorce (50), resp. délky intervalu nejistoty $t_n = t_p + t_k$, je zřejmé, že metoda je určena pro P – systém řízení zásob. V citovaném díle I. BURSTINER doporučuje za hodnotu pojistného faktoru dosadit $K = 2,33$, což by mělo zajistit spolehlivost zabezpečení proti vyčerpání zboží ve výši 95 %.

$$x_p = K \cdot \sqrt{(t_p + t_k) \cdot \bar{p}} \quad (50)$$

Vhodnost této metody pro stanovení pojistné zásoby je sporná. Jednak není zřejmé, podle kterých tabulek se má určovat hodnota pojistného faktoru. Hodnotě $K = 2,33$ odpovídá stupeň úplnosti dodávky 99 %, ¹⁵⁹ zatímco I. BURSTINER uvádí hodnotu 95 %. Výraz pod odmocninou udává velikost objednávací zásoby. Pojistná zásoba je tedy určena jako druhá

¹⁵⁷ LAMBERT, D. M., STOCK, J. R., ELLRAM, L. M. *Logistika*. 1. vyd. Praha: Computer Press, 2000. s. 139. ISBN 80-7226-221-1

¹⁵⁸ BURSTINER, I. *Základy maloobchodního podnikání*. 1. vyd. Praha: Victoria Publishing, 1994. s. 511. ISBN 80-85605-55-4

¹⁵⁹ např. TOMEK, G., TOMEK, J. *Nákupní marketing*. 1. vyd. Praha: Grada Publishing, 1996. s. 81. ISBN 80-85623-96-X

odmocnina z objednáací zásoby krát pojistný faktor. Zdůvodnění tohoto postupu ovšem I. BURSTINER neuvádí.

Vzorec pro výpočet pojistné zásoby (50) zřejmě vychází ze zkušenosti I. BURSTINERA, že právě takto stanovená výše pojistné zásoby za daných podmínek firmy zabezpečí požadovanou kvalitu služeb pro zákazníky.

4.1.2.1.6 Metoda pracující se směrodatnou odchylkou velikosti potřeby, směrodatnou odchylkou délky pořizovací lhůty a průměrnou velikostí potřeby (M10)

Metoda je popsána v knize Q. MANNA,¹⁶⁰ kde je jako její autor uveden K. SCHMITT. Metoda je označena jako přibližná. Velikost pojistné zásoby (v jednotkách množství) je počítána jako součin pojistného faktoru a celkové směrodatné odchylky, která se skládá ze směrodatné odchylky velikosti potřeby (35) a směrodatné odchylky délky pořizovací lhůty σ_{tp} (51) přepočtené pomocí průměrné velikosti potřeby na fyzické jednotky.

$$\sigma_{tp} = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (t_{pi} - \bar{t}_p)^2} \quad (51)$$

Zjišťování směrodatné odchylky délky pořizovací lhůty na základě údajů o dodávkách položky v minulosti podle vzorce (51) je sice možné, ale jak uvádějí H. HORÁKOVÁ a J. KUBÁT, bývá zejména při delších dodávkových cyklech k dispozici poměrně malý počet údajů.¹⁶¹

V úvahu proto připadá náhradní aproximační metoda, která je založena na poznatku, že směrodatná odchylka délky pořizovací lhůty σ_{tp} se pro velmi rozličná teoretická rozdělení pravděpodobnosti délky pořizovací lhůty může pohybovat v poměrně úzkých mezích zhruba od $0,21 \cdot T_p$ pro Simpsonovo rozdělení, přes $0,255 \cdot T_p$ pro normální rozdělení až po $0,29 \cdot T_p$ pro rovnoměrné rozdělení. Bez potřeby zkoumat typ rozdělení pravděpodobnosti délky pořizovací lhůty – k tomu by v praxi sotva byl k dispozici dostatek podkladů – lze pak směrodatnou odchylku délky pořizovací lhůty aproximovat pomocí vztahu (52).¹⁶²

$$\sigma_{tp} \approx 0,25 \cdot T_p = 0,25 \cdot (t_{p \max} - t_{p \min}) \quad (52)$$

Velikost pojistné zásoby (v jednotkách množství) se vypočte pomocí vztahu (53).

$$x_p = K \cdot (\sigma_p + \bar{p} \cdot \sigma_{tp}) \quad (53)$$

Přestože je vzorec (53) pouze přibližný, což vyplývá ze způsobu vyjádření celkové směrodatné odchylky, lze jeho použití doporučit u méně významných položek zásob (kategorie B a C) vzhledem k jeho jednoduchosti a poměrně logické konstrukci. Vzhledem

¹⁶⁰ MANN, Q. *Optimalizace zásob v praxi*. 1. vyd. Praha: SNTL, 1979. s. 68. ISBN neuvedeno

¹⁶¹ HORÁKOVÁ, H., KUBÁT, J. *Řízení zásob. Logistické pojetí, metody, aplikace, praktické úlohy*. 3. vyd. Praha: Profess Consulting, 1999. s. 172. ISBN 80-85235-55-2

¹⁶² HORÁKOVÁ, H., KUBÁT, J. *Řízení zásob. Logistické pojetí, metody, aplikace, praktické úlohy*. 3. vyd. Praha: Profess Consulting, 1999. s. 173. ISBN 80-85235-55-2

k tomu, že metoda M10 nezohledňuje kolísání velikosti dodávek, je podmínkou jejího použití, aby velikost dodávek nebyla výraznějším zdrojem nejistoty.

4.1.2.1.7 Metoda pracující se směrodatnou odchylkou velikosti potřeby během intervalu nejistoty (M11)

Jedná se o nejčastěji uváděnou metodu v literatuře. Ve svých dílech ji popisují J. CH. SANDVIG,¹⁶³ J. CH. SANDVIG a A. REISTADOVÁ,¹⁶⁴ B. ADENSO-DÍAZ,¹⁶⁵ I. LAVALLEE a W. RAYMOND,¹⁶⁶ R. B. CHASE a N. J. AQUILANO,¹⁶⁷ P. FAWCETT, R. E. McLEISH a I. D. OGDEN,¹⁶⁸ H. J. WEISS a M. E. GERSHON,¹⁶⁹ u nás G. TOMEK a J. TOMEK.¹⁷⁰

Velikost pojistné zásoby (v jednotkách množství) se určí jako součin pojistného faktoru a směrodatné odchylky velikosti potřeby během intervalu nejistoty, viz vztah (54).

$$x_p = K \cdot \sigma_n \quad (54)$$

V účetní, ani v operativní evidenci podniků se však nesleduje veličina směrodatná odchylka velikosti potřeby během intervalu nejistoty σ_n . Obvykle lze však snadno zjistit veličinu směrodatná odchylka velikosti potřeby za jednotku času σ_p podle vztahu (35). Směrodatnou odchylku σ_n pak určíme podle vztahu (55) v případě, že podnik používá Q – systém řízení zásob nebo podle vztahu (56) používá-li podnik P – systém řízení zásob.

$$\sigma_n = \sigma_p \cdot \sqrt{t_p} \quad (55)$$

$$\sigma_n = \sigma_p \cdot \sqrt{(t_p + t_k)} \quad (56)$$

Obecně lze pak vztah pro výpočet pojistné zásoby pro oba systémy řízení zásob formulovat vzorcem (57), přičemž v Q – systému řízení zásob se dosadí $t_n = t_p$ a v P – systému řízení zásob $t_n = t_p + t_k$, jak bylo uvedeno v kap. 3.1.5.1.

¹⁶³ SANDVIG, J. CH. Calculating safety stock. In *IIE Solutions*. Dec. 1998, Vol. 30, Issue 12, p. 28, 2 p. ISSN 1085-1259. In *EBCSO* [online]. Dostupné z: <<http://www.ehostvgw6.epnet.com>>

¹⁶⁴ SANDVIG, J. CH., REISTAD, A. Safety stock decision support tool. In *Production and Inventory Management Journal*. Fourth quarter 2000, Vol. 41, Issue 4, p. 8, 3 p. ISSN 0897-8336. In *ProQuest* [online]. Dostupné z: <<http://www.proquest.umi.com>>

¹⁶⁵ DÍAZ-ADENSO, B. How many units will be short when stockout occurs? In *International Journal of Operations & Production Management*. 1996, Vol. 16, Issue 4, p. 112, 7 p. ISSN 0144-3577. In *EBCSO* [online]. Dostupné z: <<http://www.ehostvgw6.epnet.com>>

¹⁶⁶ LAVALLEE, I., RAYMOND, W. Utilizing forecast information to drive Solutia's supply chain. In *Journal of Business Forecasting Methods & Systems*. Summer 1998, Vol. 17, Issue 2, p. 7, 8 p. ISSN 0278-6087. In *EBCSO* [online]. Dostupné z: <<http://www.ehostvgw6.epnet.com>>

¹⁶⁷ CHASE, R. B., AQUILANO, N. J. *Production and Operations Management. Manufacturing and Services*. 7th ed. Chicago: Irwin, 1995. p. 558. ISBN 0-256-14023-5

¹⁶⁸ FAWCETT, P., McLEISH, R. E., OGDEN, I. D. *Logistics Management*. 1st ed. London: Pitman Publishing, 1992. p. 74. ISBN 0-7121-1193-X

¹⁶⁹ WEISS, H. J., GERSHON, M. E. *Production and Operations Management*. 2nd ed. Massachusetts: Allyn and Bacon, 1989. p. 638. ISBN 0-205-11724-4

¹⁷⁰ TOMEK, G., TOMEK, J. *Nákupní marketing*. 1. vyd. Praha: Grada Publishing, 1996. s. 79. ISBN 80-85623-96-X

$$x_p = K \cdot \sigma_p \cdot \sqrt{t_n} \quad (57)$$

Výpočet velikosti pojistné zásoby podle vzorce (57) doporučují G. TOMEK a J. TOMEK u spolehlivých dodavatelů. U nespolehlivých dodavatelů doporučují ještě vynásobit vypočtenou velikost pojistné zásoby dle (57) koeficientem 1,25.¹⁷¹

Velikost pojistné zásoby pro nespolehlivé dodavatele:

$$x_p = 1,25 \cdot K \cdot \sigma_p \cdot \sqrt{t_n} \quad (58)$$

Jak vyplývá ze vzorce (57), resp. (58), metoda M11 vychází z předpokladu konstantní délky intervalu nejistoty. Lze ji proto doporučit pro stanovování velikosti pojistné zásoby u položek zásob, u kterých nedochází k příliš velkému kolísání délky pořizovací lhůty.

V případě silnější intenzity kolísání délky pořizovací lhůty tato metoda není vhodná. V takovém případě lze doporučit pro stanovování velikosti pojistné zásoby např. metodu M13.

4.1.2.1.8 Metoda pracující s průměrnou absolutní odchylkou velikosti potřeby a intervalem nejistoty (M12)

Metodu popisuje J. A. G. KRUPP.¹⁷² Jedná se vlastně o modifikaci předcházející metody. Variabilita potřeby je však charakterizována průměrnou absolutní odchylkou (27). Na možnost použití průměrné absolutní odchylky potřeby místo směrodatné odchylky potřeby upozorňují i L. UNČOVSKÝ¹⁷³ a G. TOMEK, J. TOMEK.¹⁷⁴ Velikost pojistné zásoby (v jednotkách množství) se vypočítá podle vzorce (59).

$$x_p = K \cdot A_p \cdot \sqrt{t_n} \quad (59)$$

Jako důvod použití průměrné absolutní odchylky se udává jednodušší způsob výpočtu ve srovnání se směrodatnou odchylkou.¹⁷⁵ V současnosti však tento argument ztrácí na významu, neboť výpočetní operace v podnicích jsou dnes již téměř výhradně prováděny pomocí počítačů.

Jelikož průměrná absolutní odchylka není parametrem normálního rozdělení, nelze použít pro stanovení velikosti pojistného faktoru tabulku č. 13 kvantilů distribuční funkce normovaného normálního rozdělení. V zásadě existují dva způsoby řešení:

¹⁷¹ tamtéž, s. 79.

¹⁷² KRUPP, J. A.G. Managing demand variations with safety stock. In *Journal of Business Forecasting Methods & Systems*. Summer 1997, Vol. 16, Issue 2, p. 8, 4 p. ISSN 0278-6087. In *EBCSO* [online]. Dostupné z: <<http://www.ehostvgw6.epnet.com>>

¹⁷³ UNČOVSKÝ, L. *Stochastické modely operační analýzy*. 1. vyd. Bratislava: ALFA, 1980. s. 248. ISBN neuvedeno

¹⁷⁴ TOMEK, G., TOMEK, J. *Nákupní marketing*. 1. vyd. Praha: Grada Publishing, 1996. s. 81. ISBN 80-85623-96-X

¹⁷⁵ UNČOVSKÝ, L. *Stochastické modely operační analýzy*. 1. vyd. Bratislava: ALFA, 1980. s. 248. ISBN neuvedeno

- 1) Použije se speciální tab. č. 14, která udává velikost pojistného faktoru v závislosti na spolehlivosti zabezpečení proti odchylkám za předpokladu, že intenzita odchylek je měřena pomocí A_p .¹⁷⁶ Velikost pojistné zásoby se stanoví podle vzorce (59).
- 2) Odhadne se velikost směrodatné odchylky σ_p pomocí přibližného vztahu (60)¹⁷⁷ a velikost pojistné zásoby se stanoví podle vztahu (57). Pojistný faktor lze pak vyhledat v tab. č. 13 kvantilů distribuční funkce normovaného normálního rozdělení.

$$\sigma_p \approx 1,25 \cdot A_p \quad (60)$$

Metoda M12 je použitelná u stejných položek zásob jako předcházející metoda M11. Ve srovnání s metodou M11 však proti její aplikaci hovoří složitější způsob stanovování výše pojistného faktoru.

4.1.2.1.9 Metoda pracující s rozptylem velikosti potřeby, rozptylem délky pořizovací lhůty, průměrnou velikostí potřeby a průměrnou délkou pořizovací lhůty (M13)

Metodu uvádí W. ZINN, H. MARMORSTEIN,¹⁷⁸ P. T. EVERS,¹⁷⁹ J. J. COYLE a kol.¹⁸⁰ a J. KUBÁT.¹⁸¹ Metoda uvažuje společný vliv variability velikosti potřeby a délky pořizovací lhůty. Rozptyl velikosti potřeby se vypočítá jako druhá mocnina vztahu (35) a rozptyl délky pořizovací lhůty jako druhá mocnina vztahu (51). V úvahu přichází i možnost odhadnout kolísání délky pořizovací lhůty podle vzorce (52).

Jak totiž uvádí H. HORÁKOVÁ a J. KUBÁT,¹⁸² často na přesnosti veličiny σ_{tp} příliš nezáleží. Vliv kolísání pořizovací lhůty na celkovou směrodatnou odchylku σ_c totiž bývá poměrně malý, někdy až zanedbatelný. Nadto lze očekávat, že s rostoucím konkurenčním tlakem na odbytových trzích budou dodavatelé všeobecně jednak zvyšovat stupeň spolehlivosti dodávky, jednak zkracovat dodací lhůty. Tím bude klesat také intenzita kolísání pořizovacích lhůt a její vliv na veličinu σ_c i na normu velikosti pojistné zásoby x_p bude silně ubývat.

Podobně jako u metody M8 se může část pojistné zásoby určená ke krytí výkyvů v potřebě vzájemně zastupovat s částí pojistné zásoby určenou ke krytí potřeby v důsledku kolísání pořizovací lhůty.

¹⁷⁶ KRUPP, J. A.G. Managing demand variations with safety stock. In *Journal of Business Forecasting Methods & Systems*. Summer 1997, Vol. 16, Issue 2, p. 8, 4 p. ISSN 0278-6087. In *EBCSO* [online]. Dostupné z: <<http://www.ehostvgw6.epnet.com>>

¹⁷⁷ UNČOVSKÝ, L. *Stochastické modely operační analýzy*. 1. vyd. Bratislava: ALFA, 1980. s. 248. ISBN neuvedeno

¹⁷⁸ ZINN, W., MARMORSTEIN, H. Comparing two alternative methods of determining safety stock levels: The demand and the forecast systems. In *Journal of Business Logistics*. 1990, Vol. 11, Issue 1, p. 95, 16 p. ISSN 0735-3766. In *EBCSO* [online]. Dostupné z: <<http://www.ehostvgw6.epnet.com>>

¹⁷⁹ EVERS, P. T.: The effect of lead times on safety stocks. In *Production and Inventory Management Journal*. Second quarter 1999, Vol. 40, Issue 2, p. 6, 5 p. ISSN 0897-8336. In *ProQuest* [online]. Dostupné z: <<http://www.proquest.umi.com>>

¹⁸⁰ COYLE, J. J., BARDI, E. J., LANGLEY, C. J. *The Management of Business Logistics*. 5th ed. St. Paul: West Publishing Company, 1992. s. 235. ISBN 0-314-93364-6

¹⁸¹ KUBÁT, J. K objektivnímu výběru dodavatele. In *Logistika. Měsíčník pro dopravu, skladování, distribuci a balení*. č. 10 (říjen 1999), roč. 5, s. 27. ISSN 1211-0957

¹⁸² HORÁKOVÁ, H., KUBÁT, J. *Řízení zásob. Logistické pojetí, metody, aplikace, praktické úlohy*. 3. vyd. Praha: Profess Consulting, 1999. s. 173. ISBN 80-85235-55-2

Velikost pojistné zásoby (v jednotkách množství) se určí ze vztahu (61) za předpokladu, že veličiny se řídí normálním rozdělením.

$$x_p = K \cdot \sigma_c = K \cdot \sqrt{\bar{t}_p \cdot \sigma_p^2 + \bar{p}^2 \cdot \sigma_{tp}^2} \quad (61)$$

Řídí-li se veličiny p , t_p jiným rozdělením, lze pro stanovení celkové odchylky použít vzorec (62), který uvádí Q. MANN pro libovolné rozdělení.¹⁸³ Samozřejmě je nutné potom vyhledat hodnotu pojistného faktoru K podle distribuční funkce příslušného rozdělení.

$$\sigma_c = \sqrt{\sigma_p^2 \cdot \sigma_{tp}^2 + \bar{p}^2 \cdot \sigma_{tp}^2 + \bar{t}_p^2 \cdot \sigma_p^2} \quad (62)$$

Podobný výpočetní vztah pro stanovení velikosti pojistné zásoby uvádí L. UNČOVSKÝ¹⁸⁴ (63). Tento vzorec uvažuje společný vliv variability velikosti potřeby a délky dodací lhůty. Vztah (63) je však nutno považovat za chybný, neboť intervalem nejistoty není délka dodací lhůty, nýbrž délka pořizovací lhůty. V důsledku toho bude pojistná zásoba ve většině případů zajišťovat nižší stupeň zabezpečení proti odchylkám než je požadováno, protože nebere v úvahu časové úseky na počátku a na konci pořizovací lhůty (viz kap. 3.1.5.1 a obr. č. 10).

$$x_p = K \cdot \sqrt{\bar{t}_d \cdot \sigma_p^2 + \bar{p}^2 \cdot \sigma_{td}^2} \quad (63)$$

Metoda stanovení velikosti pojistné zásoby podle vztahu (61) je vhodná spíše pro omezený počet důležitých položek (kategorie A), protože metoda je poměrně náročná na přesnost vstupních dat a objem výpočtů. Je nutné si uvědomit, že stanovení normy velikosti pojistné zásoby neznamená jednorázový propočet. Normu velikosti pojistné zásoby je třeba periodicky aktualizovat v závislosti na změnách vstupních veličin. Metoda M13 rovněž není vhodná pro položky, u nichž je významným faktorem nejistoty kolísání velikosti dodávek, neboť tento faktor není do propočtu zahrnut.

4.1.2.1.10 Metoda pracující s rozptylem velikosti potřeby, rozptylem velikosti rozdílů mezi kontrahovaným a skutečně dodaným množstvím a intervalem nejistoty (M14)

Metodu uvádí Q. MANN, který ji doporučuje pro nejednicové (režijní) materiály.¹⁸⁵ Metoda se liší např. od metody M5 tím, že kolísání velikosti dodávek zde není vyjádřeno směrodatnou odchylkou velikosti jednotlivých dodávek – viz vztah (37), ale směrodatnou odchylkou velikosti rozdílů mezi kontrahovaným a skutečně dodaným množstvím – viz vztah (64).

$$\sigma_r = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (r_{xi} - \bar{r}_x)^2}, \text{ kde} \quad (64)$$

$$\hat{r}_{xi} = x_i - x_i \quad (65)$$

¹⁸³ MANN, Q. *Optimalizace zásob v praxi*. 1. vyd. Praha: SNTL, 1979. s. 69. ISBN neuvedeno

¹⁸⁴ UNČOVSKÝ, L. *Stochastické modely operační analýzy*. 1. vyd. Bratislava: ALFA, 1980. s. 250. ISBN neuvedeno

¹⁸⁵ MANN, Q. *Optimalizace zásob v praxi*. 1. vyd. Praha: SNTL, 1979. s. 86. ISBN neuvedeno

O veličinách r_{xi} se předpokládá:

- 1) Jsou navzájem statisticky nezávislé.
- 2) Jde o náhodné veličiny, které se řídí normálním rozdělením pravděpodobnosti.
- 3) Jejich střední hodnota (při dostatečně velkém n) je prakticky nulová – viz (66). Pokud by totiž $\bar{r}_x \gg 0$, znamenalo by to, že dodavatel systematicky (nebo ojediněle, ale výrazně) překračuje své dodavatelské závazky. To ovšem není možné bez souhlasu odběratele. Opačný případ $\bar{r}_x \ll 0$ by znamenal, že dodavatel systematicky dodává nižší než kontrahované množství. Takový dodavatel by ale těžko dlouhodobě obstál na trhu. U skutečně náhodných výkyvů lze předpokládat, že jednotlivé nedodané objednávky budou postupně vyrovnány, takže se střední hodnota $\bar{r}_x$ skutečně bude blížit nule.¹⁸⁶

$$\bar{r}_x = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n r_{xi} \approx 0 \quad (66)$$

Ta část pojistné zásoby (v jednotkách množství), ze které se vyrovnávají výkyvy v dodávkách, se rovná vztahu (67).

$$x_{px} = K \cdot \sigma_r \cdot \sqrt{t_n} \quad (67)$$

Druhou složkou pojistné zásoby je část, která pokrývá náhodné výkyvy v potřebě. Tuto složku pojistné zásoby můžeme odvodit přímo ze statistické analýzy průběhu potřeby. U režijních materiálů se totiž často budoucí potřeba odvozuje z její minulé průměrné hodnoty. Směrodatná odchylka velikosti potřeby se vypočítá podle vzorce (35). Příslušná velikost pojistné zásoby se určí ze vztahu (68).

$$x_{pp} = K \cdot \sigma_p \cdot \sqrt{t_n} \quad (68)$$

Podobně jako u metody M8 a M13 se obě složky pojistné zásoby x_{px} , x_{pp} mohou ve své funkci navzájem zastupovat, a proto není možno celkovou pojistnou zásobu určit jako jejich prostý součet. Celková pojistná zásoba (v jednotkách množství) je potom dána výrazem (69).

$$x_p = K \cdot \sqrt{t_n \cdot (\sigma_p^2 + \sigma_r^2)} \quad (69)$$

Metoda M14 je vhodná pro položky zásob, u kterých nedochází k významným odchylkám v délce pořizovací lhůty (ta je považována za konstantní). Vzhledem k náročnosti metody na vstupní data, zejm. pro výpočet směrodatné odchylky σ_r , metoda není vhodná pro málo významné položky kategorie C, ale lze ji považovat za zajímavou alternativu vůči metodě M13 pro položky, u kterých dochází k významným odchylkám mezi kontrahovaným a skutečně dodaným množstvím.

¹⁸⁶ MANN, Q. *Optimalizace zásob v praxi*. 1. vyd. Praha: SNTL, 1979. s. 87. ISBN neuvedeno

4.1.2.2 Metody založené na analýze chyb v předpovědi potřeby

Druhý základní způsob určování výše pojistné zásoby spočívá v měření variability chyb v předpovědi velikosti budoucí potřeby. Jak uvádějí W. ZINN a H. MARMORSTEIN,¹⁸⁷ metody založené na analýze chyb v předpovědi potřeby vedou v průměru k o **15 % nižší velikosti pojistné zásoby** ve srovnání s metodami založenými na analýze údajů o minulé potřebě, a to při zachování stejné úrovně služeb pro zákazníky. Na druhou stranu je nutné upozornit na fakt, že tyto metody jsou náročnější na kvalitu vstupních dat a množství výpočtů.

U metod založených na analýze údajů o minulé potřebě je možno za předpověď výše potřeby pro následující období považovat průměrnou minulou potřebu. Směrodatná odchylka velikosti potřeby se proto rovná směrodatné odchylce chyb v předpovědi.

Metody založené na analýze chyb v předpovědi potřeby používají modelový přístup (např. regresní modely, modely časových řad) k předpovídání velikosti potřeby v následujícím období. Předpovědi potřeby bývají mnohem přesnější, a proto je směrodatná odchylka chyb v předpovědi obvykle nižší než směrodatná odchylka výše minulé potřeby. Z toho důvodu je nižší i velikost pojistné zásoby.

Redukce výše pojistné zásoby (ve srovnání s metodami založenými na analýze údajů o minulé potřebě) závisí na několika faktorech. W. ZINN a H. MARMORSTEIN¹⁸⁸ tyto faktory uvádějí v následujícím pořadí důležitosti:

- 1) **Variabilita velikosti potřeby** – čím vyšší je variabilita potřeby, tím většího snížení pojistné zásoby lze dosáhnout přesnějším prognózováním výše potřeby.
- 2) **Průměrná velikost potřeby** – s rostoucí velikostí potřeby se zvyšuje i potenciál pro úsporu pojistné zásoby.
- 3) **Kvalita prognózy** – preciznější předpověď potřeby vede ke snížení nevysvětlené variability potřeby během každé pořizovací lhůty.
- 4) **Variabilita délky pořizovací lhůty** – s rostoucí variabilitou pořizovací lhůty je nutno udržovat vyšší pojistnou zásobu a naopak.
- 5) **Spolehlivost zabezpečení proti vyčerpání zásob** (úroveň služeb pro zákazníky) – s rostoucí spolehlivostí zabezpečení roste i úspora pojistné zásoby, neboť spolehlivost zabezpečení se do výše pojistné zásoby promítá prostřednictvím pojistného faktoru, kterým se násobí celková odchylka.

Metody založené na analýze chyb v předpovědi potřeby jsou proto vhodné pro důležité položky zásob (kategorie A), u kterých je požadována vysoká spolehlivost zabezpečení proti odchylkám, s vysokou variabilitou potřeby, příp. délky pořizovací lhůty a u nichž proto

¹⁸⁷ ZINN, W., MARMORSTEIN, H. Comparing two alternative methods of determining safety stock levels: The demand and the forecast systems. In *Journal of Business Logistics*. 1990, Vol. 11, Issue 1, p. 95, 16 p. ISSN 0735-3766. In *EBCSO* [online]. Dostupné z: <<http://www.ehostvgw6.epnet.com>>

¹⁸⁸ ZINN, W., MARMORSTEIN, H. Comparing two alternative methods of determining safety stock levels: The demand and the forecast systems. In *Journal of Business Logistics*. 1990, Vol. 11, Issue 1, p. 95, 16 p. ISSN 0735-3766. In *EBCSO* [online]. Dostupné z: <<http://www.ehostvgw6.epnet.com>>

držíme vysokou hladinu pojistných zásob. Zpřesnění předpovědi o velikosti potřeby zde může vést k významnému snížení výše pojistné zásoby.

4.1.2.2.1 Metoda pracující s průměrnou kladnou odchylkou velikosti prognózované potřeby, průměrnou kladnou odchylkou očekávané délky pořizovací lhůty a průměrnou velikostí potřeby (M15)

Metoda je popsána v článku J. SCHREIBFEDERA.¹⁸⁹ Autor bohužel nedoporučuje žádnou metodu vhodnou ke konstrukci prognózy potřeby. V úvahu tak přicházejí nejrozumnější trendové funkce, exponenciální vyrovnávání, příp. i jiné modely. Metoda bere v úvahu pouze kladné rozdíly mezi skutečnou a prognózovanou velikostí potřeby (70) za poslední 3 až 6 měsíců a kladné rozdíly mezi skutečnou a očekávanou délkou pořizovací lhůty (71) u posledních tří dodávek.

$$e_{pi}^+ = p_i^+ - \hat{p}_i, \text{ kde } p_i^+ > \hat{p}_i \quad (70)$$

$$e_{ti}^+ = t_{pi}^+ - \hat{t}_{pi}, \text{ kde } t_{pi}^+ > \hat{t}_{pi} \quad (71)$$

Z těchto kladných odchylek se potom vypočítá průměrný kladný rozdíl mezi skutečnou a prognózovanou velikostí potřeby (72) a průměrný kladný rozdíl mezi skutečnou a očekávanou délkou pořizovací lhůty (73).

$$\overline{e_p^+} = \frac{1}{n^+} \sum_{i=1}^{n^+} e_{pi}^+ \quad (72)$$

$$\overline{e_t^+} = \frac{1}{n^+} \sum_{i=1}^{n^+} e_{ti}^+ \quad (73)$$

Velikost pojistné zásoby (v jednotkách množství) je dimenzována tak, aby pokryla do jisté míry (v závislosti na velikosti pojistného faktoru dle tab. č. 3) vyšší skutečnou potřebu oproti prognózované anebo potřebu při opožděných dodávkách.

$$x_p = K \cdot (\overline{e_p^+} + \bar{p} \cdot \overline{e_t^+}) \quad (74)$$

Vzhledem ke specifické konstrukci vzorce (74) nelze použít pro stanovení výše pojistného faktoru tabulku č. 13 kvantilů distribuční funkce normálního rozdělení. J. SCHREIBFEDER proto v citovaném článku uvádí tabulku (viz tab. č. 3) s hodnotami pojistného faktoru pro vybrané úrovně stupně zabezpečení.

¹⁸⁹ SCHREIBFEDER, J. *A new look at safety stock*. [online]. Coppell (Texas, USA): EIM, 1999 [cit. 2000-10-9]. Dostupné z: <<http://www.effectiveinventory.com/article29.html>>

Pojistný faktor K	Stupeň pohotovosti dodávky (%)
2	95
3	97
4	99

tab. č. 3 - Závislost výše pojistného faktoru na stupni pohotovosti dodávky¹⁹⁰

Hlavní výhodou této metody je její jednoduchost. Velikost pojistné zásoby však může být ovlivněna výskytem jedné extrémní hodnoty, neboť průměrné kladné odchylky se počítají z maximálně tří hodnot u délky pořizovací lhůty, resp. maximálně šesti hodnot u velikosti potřeby. Delší období a tím i větší počet pozorování J. SCHREIBFEDER odmítá z důvodů změn ve výrobních kapacitách, přepravních tras a dostupnosti surovin potřebných k výrobě. Proti aplikaci této metody hovoří i zcela specifický způsob určování výše pojistného faktoru, kdy nelze využít běžně dostupných tabulek kvantilů distribuční funkce normálního rozdělení.

4.1.2.2.2 Metoda pracující s rozptylem velikosti rozdílů mezi kontrahovaným a skutečně dodaným množstvím, rozptylem velikosti chyb v prognóze velikosti potřeby a intervalem nejistoty (M16)

Metodu popisuje Q.MANN,¹⁹¹ který ji doporučuje pro jednicové materiály. Princip metody je podobný jako u metody M14. Pojistná zásoba se skládá ze dvou částí. První část pojistné zásoby x_{px} má vyrovnávat výkyvy v dodávkách a určí se zcela shodným způsobem jako u metody M14 – viz vzorec (67).

Druhá část pojistné zásoby x_{pp} má vyrovnávat náhodné výkyvy v potřebě. Na rozdíl od metody M14 se však tato složka neodvozuje přímo ze statistické analýzy minulého průběhu potřeby, ale z chyby odhadu velikosti potřeby. Označíme-li prognózovanou (očekávanou) potřebu symbolem p_i se stříškou, pak chybu v odhadu lze vyjádřit výrazem (75).

$$e_{pi} = p_i - \hat{p}_i \quad (75)$$

O chybách v odhadu lze podobně jako o veličinách r_{xi} (65) předpokládat:

- 1) Jsou navzájem statisticky nezávislé.
- 2) Jsou náhodně proměnnými veličinami, které se řídí normálním rozdělením pravděpodobnosti.
- 3) Jejich střední hodnota (při dostatečně velkém n) je nulová (76).

$$\bar{e}_p = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n e_{pi} \approx 0 \quad (76)$$

¹⁹⁰ SCHREIBFEDER, J. *A new look at safety stock*. [online]. Coppell (Texas, USA): EIM, 1999 [cit. 2000-10-9]. Dostupné z: <<http://www.effectiveinventory.com/article29.html>>

¹⁹¹ MANN, Q. *Optimalizace zásob v praxi*. 1. vyd. Praha: SNTL, 1979. s. 86. ISBN neuvedeno

Směrodatná odchylka chyb v prognóze velikosti potřeby se určí pomocí vztahu (77).

$$\sigma_e = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (e_{pi} - \bar{e}_p)^2} \quad (77)$$

Složka pojistné zásoby x_{pp} , která pokrývá náhodné výkyvy v potřebě se určí podle vzorce (78).

$$x_{pp} = K \cdot \sigma_e \cdot \sqrt{t_n} \quad (78)$$

Podobně jako u metody M14, se mohou obě složky pojistné zásoby x_{px} a x_{pp} ve své funkci navzájem zastupovat, a proto není možno celkovou pojistnou zásobu určit jako jejich prostý součet. Celková pojistná zásoba (v jednotkách množství) je proto dána výrazem (79).

$$x_p = K \cdot \sqrt{t_n \cdot (\sigma_e^2 + \sigma_r^2)} \quad (79)$$

Výše uvedený vzorec (79) pro stanovování velikosti pojistné zásoby byl odvozen pro blíže nespecifikovaný způsob prognózování velikosti budoucí potřeby. V citovaném díle Q. MANN¹⁹² jako vhodný predikční model doporučuje exponenciální vyrovnávání. Vzhledem k tomu, že se v části 4.1 zabýváme stanovováním velikosti pojistné zásoby pro položky se stacionárním charakterem potřeby, lze použít jednoduché exponenciální vyrovnávání.

Základní vztah tohoto vyrovnávání je (80).¹⁹³

$$\hat{p}_i = \gamma \cdot p_i + (1 - \gamma) \cdot \hat{p}_{i-1} \quad (80)$$

Veličina γ se nazývá vyrovnávací konstanta nebo též parametr prognózy nabývající obecně hodnot z intervalu $\langle 0, 1 \rangle$. K vyhledání nejlepší hodnoty vyrovnávací konstanty se obvykle používá statistický software (např. STATGRAPHICS). Hodnotícím kritériem obvykle bývá střední čtvercová chyba odhadu M.S.E. (81). Nejlepší vyrovnávací konstanta je taková, pro niž M.S.E. je minimální.¹⁹⁴

$$M.S.E. = \frac{\sum_{i=1}^n (p_i - \hat{p}_i)^2}{n} \quad (81)$$

¹⁹² MANN, Q. *Optimalizace zásob v praxi*. 1. vyd. Praha: SNTL, 1979. s. 124. ISBN neuvedeno

¹⁹³ tamtéž, s. 126. Vyrovnávací konstanta se v citovaném díle a obvykle i ve statistické literatuře označuje symbolem α . Vzhledem k tomu, že tímto symbolem již byl označen stupeň úplnosti dodávky, budeme vyrovnávací konstantu značit symbolem γ .

¹⁹⁴ HINDLS, R., KAŇOKOVÁ, J., NOVÁK, I. *Metody statistické analýzy pro ekonomy*. 1. vyd. Praha: Management Press, 1997. s. 137. ISBN 80-85943-44-1

Detailní vysvětlení principů exponenciálního vyrovnávání by vybočilo ze záměru této práce a lze ho běžně nalézt ve statistické literatuře.¹⁹⁵ Pro stanovení velikosti pojistné zásoby je však podstatné, že pomocí exponenciálního vyrovnávání lze odhadnout veličiny r_{xi} a e_{pi} .

U veličiny r_x bylo dokázáno, že se řídí přibližně normálním rozdělením pravděpodobnosti a že její směrodatná odchylka může být vyjádřena výrazem (82).¹⁹⁶

$$\sigma_r \approx 1,25 \cdot F_i, \text{ kde} \quad (82)$$

$$F_i = \gamma \cdot |r_{xi}| + (1 - \gamma) \cdot F_{i-1} \quad (83)$$

Veličina F_i je očekávaná výše chyby v prognóze velikosti dodávek. Směrodatnou odchylku σ_r nahradíme násobkem veličiny F_i , protože výpočet F_i je jednodušší.¹⁹⁷

Ze stejných důvodů není účelné provádět přímo výpočet směrodatné odchylky σ_e . K obdobnému použití vztahu (82) je třeba opět provést predikci veličiny e_p exponenciálním vyrovnáváním. Směrodatná odchylka σ_e může být vyjádřena výrazem (84).

$$\sigma_e \approx 1,25 \cdot E_i, \text{ kde} \quad (84)$$

$$E_i = \gamma \cdot |e_{pi}| + (1 - \gamma) \cdot E_{i-1} \quad (85)$$

Veličina E_i je očekávaná výše chyby v prognóze velikosti potřeby. Jejím násobkem opět nahradíme směrodatnou odchylku σ_e .

Od pojistné zásoby požadujeme, aby se zvolenou pravděpodobností zabezpečovala uspokojení potřeby v tom případě, kdy se dopustíme chyby v prognóze obou veličin. Dosadíme-li směrodatné odchylky podle (84) a (82) do vzorce (79), pak vztah pro výpočet velikosti pojistné zásoby bude mít tvar (86).

$$x_p = 1,25 \cdot K \cdot \sqrt{t_n \cdot (E_i^2 + F_i^2)} \quad (86)$$

Metoda M16 je vhodná pro položky zásob, u kterých nedochází k významným odchylkám v délce pořizovací lhůty (ta je považována za konstantní). V případě výraznějšího kolísání délky pořizovací lhůty je tato metoda pro stanovování velikosti pojistné zásoby nevhodná a lze doporučit např. následující metodu M17.

4.1.2.2.3 Metoda pracující s rozptylem velikosti potřeby za interval nejistoty, rozptylem délky pořizovací lhůty a průměrnou velikostí potřeby (M17)

Metodu uvádějí H. HORÁKOVÁ a J. KUBÁT.¹⁹⁸ Velikost pojistné zásoby (v jednotkách množství) je stanovena jako součin pojistného faktoru a celkové směrodatné odchylky.

¹⁹⁵ např. HINDLS, R., KAŇOKOVÁ, J., NOVÁK, I. *Metody statistické analýzy pro ekonomy*. 1. vyd. Praha: Management Press, 1997. s. 127 - 137. ISBN 80-85943-44-1

¹⁹⁶ MANN, Q. *Optimalizace zásob v praxi*. 1. vyd. Praha: SNTL, 1979. s. 147. ISBN neuvedeno

¹⁹⁷ tamtéž, s. 147.

¹⁹⁸ HORÁKOVÁ, H., KUBÁT, J. *Řízení zásob. Logistické pojetí, metody, aplikace, praktické úlohy*. 3. vyd. Praha: Profess Consulting, 1999. s. 171. ISBN 80-85235-55-2

Celková směrodatná odchylka je stanovována odlišným způsobem pro systémy volných objednávacích termínů a pro systémy pevných objednávacích termínů (viz kap. 3.1.1).

Pro **systémy volných objednávacích termínů** je v knize pro celkovou směrodatnou odchylku odvozen vztah (87).

$$\sigma_c = \sqrt{\sigma_n^2 + (\bar{p} \cdot \sigma_{tp})^2} \quad (87)$$

Směrodatná odchylka σ_{tp} délky pořizovací lhůty se určí pomocí vztahu (51). V úvahu také přichází přibližný způsob výpočtu podle vzorce (52), zejména v případě, je-li variabilita délky pořizovací lhůty malá.

Pro stanovení směrodatné odchylky σ_n velikosti potřeby za interval nejistoty H. HORÁKOVÁ a J. KUBÁT¹⁹⁹ doporučují postup založený na stanovení chyby předpovědi potřeby $D(p)$. Veličina $D(p)$ má povahu rozptylu a je vztažena k potřebě za jedno období časové řady. Předpokládá-li se vzájemná nezávislost celkové velikosti potřeby v jednotlivých obdobích, lze směrodatnou odchylku velikosti potřeby za interval nejistoty přibližně stanovit ze vztahu (88).

$$\sigma_n \approx \sqrt{t_n \cdot D(p)} \quad (88)$$

Chybu předpovědi potřeby **pro ustálenou potřebu** určíme podle vzorce (89). Tento způsob předpovídání velikosti potřeby vychází z předpokladu, že nejlepším odhadem budoucí velikosti potřeby je průměrná velikost potřeby v minulosti.²⁰⁰

$$D(p) = \frac{n+1}{n \cdot (n-1)} \sum_{i=1}^n (p_i - \bar{p})^2 \quad (89)$$

Veličina $\bar{p}$ se může určit jako prostý aritmetický průměr velikostí minulých potřeb nebo jako klouzavý průměr (např. měsíční), příp. lze časovou řadu velikostí potřeb vyrovnat pomocí exponenciálního vyrovnávání. V tomto posledním případě bychom veličinu $D(p)$ nahradili veličinou σ_e^2 podle vzorce (77), resp. (84). Metodu exponenciálního vyrovnávání však H. HORÁKOVÁ a J. KUBÁT příliš nedoporučují z důvodu nutnosti subjektivní volby hodnoty vyrovnávací konstanty.²⁰¹

Velikost pojistné zásoby (v jednotkách množství) určíme ze vztahu (90).

$$x_p = K \cdot \sqrt{t_n \cdot D(p) + (\bar{p} \cdot \sigma_{tp})^2} \quad (90)$$

Pro **systémy pevných objednávacích termínů** je v knize odvozen pro výpočet celkové směrodatné odchylky vztah (91).²⁰²

¹⁹⁹ tamtéž, s. 172.

²⁰⁰ tamtéž, s. 172.

²⁰¹ tamtéž, s. 150.

²⁰² tamtéž, s. 176.

$$\sigma_c = \sqrt{\sigma_n^2 \cdot \left(1 + \frac{t_k^2}{3 \cdot \bar{t}_p^2}\right) + \bar{p}^2 \cdot \left(\sigma_{tp}^2 + \frac{t_k^2}{12}\right)} \quad (91)$$

Veličina σ_n se určí podle vztahu (88). Velikost pojistné zásoby (v jednotkách množství) se potom vypočítá podle vzorce (92).

$$x_p = K \cdot \sqrt{\sigma_n^2 \cdot \left(1 + \frac{t_k^2}{3 \cdot \bar{t}_p^2}\right) + \bar{p}^2 \cdot \left(\sigma_{tp}^2 + \frac{t_k^2}{12}\right)} \quad (92)$$

H. HORÁKOVÁ a J. KUBÁT připouštějí i možnost použít pro systém pevných objednacích termínů poněkud zjednodušený způsob stanovení celkové směrodatné odchylky. Interval nejistoty se určí jako $t_n = t_p + t_k$ a veličina σ_c se stanoví pomocí jednoduššího vzorce (87) pro systém volných objednacích termínů.²⁰³

Velikost pojistného faktoru H. HORÁKOVÁ a J. KUBÁT doporučují stanovovat v závislosti na požadovaném stupni pohotovosti dodávky.²⁰⁴ Postup výpočtu je uveden v kap. 4.3.1.2. Metoda ovšem nevylučuje ani stanovení výše pojistného faktoru v závislosti na požadovaném stupni úplnosti dodávky.

Oproti metodě M 16 tato metoda zohledňuje výkyvy v délce pořizovací lhůty. Naopak nebere v úvahu rozdíly ve velikosti dodávek. Velikost dodávek proto při její aplikaci nesmí být významným zdrojem nejistoty. Metoda je vhodná pro omezený počet nejdůležitějších položek zásob kategorie A s ustálenou potřebou, a to vzhledem k její výpočetní náročnosti. Jak však bude ukázáno v kap. 4.2.4, velký význam má její modifikovaná podoba při určování velikosti pojistné zásoby u položek s nestacionárním charakterem potřeby.

4.1.2.2.4 Metoda pracující s rozptylem velikosti potřeby, rozptylem délky pořizovací lhůty, střední chybou v prognóze potřeby a průměrnou délkou pořizovací lhůty (M18)

Metodu uvádí A. Z. ZENGOVÁ.²⁰⁵ Metoda je aplikována v koncernu Nabisco Foods Group. K měření úrovně služeb poskytovaných zákazníkům koncern používá modifikovaný ukazatel pohotovosti dodávky (93), přičemž pořizovací lhůta t_p je vyjádřena v týdnech a objednáci zásoba x_o rovněž v týdnech dodání.

$$\beta = 1 - \frac{\bar{t}_p}{x_o} \cdot \tau(K) \quad (93)$$

$\tau(K)$ je hodnota pomocné servisní funkce podle tabulky v příloze č. 1. Velikost pojistného faktoru je u této metody stanovována zcela specifickým postupem, odlišným od

²⁰³ tamtéž, s. 176.

²⁰⁴ tamtéž, s. 177.

²⁰⁵ ZENG, A. Z. Efficiency of using fill-rate criterion to determine safety stock: A theoretical perspective and a case study. In *Production and Inventory Management Journal*. Second quarter 2000, Vol. 41, Issue 2, p. 41, 4 p. ISSN 0897-8336. In *ProQuest* [online]. Dostupné z: <<http://www.proquest.umi.com>>

předcházejících metod. Z toho důvodu bude postup stanovení výše pojistného faktoru vysvětlen přímo v následujícím textu.

Pro každý poměr hodnot $\frac{\bar{t}_p}{x_o}$ a požadovaný stupeň zabezpečení proti odchylkám β lze vypočítat hodnotu pomocné funkce $\tau(K)$. Do vzorce (93) je nutno dosadit průměrné hodnoty t_p a x_o , neboť v ideálním případě se obě veličiny rovnají (viz obr. č. 1). Poměr $\frac{\bar{t}_p}{x_o}$ tak vlastně charakterizuje odchylku od ideálního stavu, v důsledku které je nutno vytvářet pojistnou zásobu. Ze vztahu (93) lze vyjádřit pro $\tau(K)$:

$$\tau(K) = \frac{(1 - \beta) \cdot \bar{x}_o}{\bar{t}_p} \quad (94)$$

V tabulce v příloze č. 1 pak vyhledáme odpovídající hodnotu pojistného faktoru K . Nevýhodou tohoto postupu je, že nelze přímo určit velikost pojistného faktoru. Z toho důvodu je v citovaném článku uvedena přibližná metoda, pomocí které lze přímo vypočítat velikost pojistného faktoru K v závislosti na poměru $\frac{\bar{t}_p}{x_o}$ a požadovaném stupni zabezpečení proti odchylkám. Pro vybrané úrovně zabezpečení proti odchylkám β jsou tyto výpočetní vztahy uvedeny v tab. č. 4.

Spolehlivost zabezpečení β (%)	Mocninová funkce K
97,0	$K_{0,970} = 1,4872 \cdot \left(\frac{\bar{t}_p}{x_0} \right)^{0,1641}$
97,5	$K_{0,975} = 1,5668 \cdot \left(\frac{\bar{t}_p}{x_0} \right)^{0,1532}$
98,0	$K_{0,980} = 1,6587 \cdot \left(\frac{\bar{t}_p}{x_0} \right)^{0,1427}$
98,5	$K_{0,985} = 1,7763 \cdot \left(\frac{\bar{t}_p}{x_0} \right)^{0,1303}$
99,0	$K_{0,990} = 1,9321 \cdot \left(\frac{\bar{t}_p}{x_0} \right)^{0,1164}$

tab. č. 4 - Mocninové funkce pro výpočet pojistného faktoru²⁰⁶

Pojistná zásoba je stanovena jako **časová norma** (zde v týdnech), která se určí podle vztahu (95).

$$x_p = K \cdot \sqrt{\sigma_p^2 \cdot \bar{t}_p + \sigma_{tp}^2} + (\bar{t}_p \cdot MD) \quad (95)$$

Velikost vypočtené pojistné zásoby je dále upravována na základě zkušeností pracovníků prodeje. Minimální velikost pojistné zásoby ve firmě je na úrovni jednotýdenního prodeje, maximální na úrovni čtyřtýdenního prodeje.

Množstevní norma velikosti pojistné zásoby se získá součinem časové normy a průměrné týdenní velikosti potřeby.

Autorka článku bohužel neuvádí způsob výpočtu střední chyby MD v prognóze velikosti potřeby ani model, podle kterého se predikuje velikost potřeby. V úvahu (vzhledem k umístění MD za odmocninou) přicházejí střední chyba odhadu M. E. (96) nebo střední absolutní chyba odhadu M. A. E. (97).²⁰⁷

$$M. E. = \frac{\sum_{i=1}^n (p_i - \hat{p}_i)}{n} \quad (96)$$

²⁰⁶ ZENG, A. Z. Efficiency of using fill-rate criterion to determine safety stock: A theoretical perspective and a case study. In *Production and Inventory Management Journal*. Second quarter 2000, Vol. 41, Issue 2, p. 41, 4 p. ISSN 0897-8336. In *ProQuest* [online]. Dostupné z: <<http://www.proquest.umi.com>>

²⁰⁷ HINDLS, R., KAŇOKOVÁ, J., NOVÁK, I. *Metody statistické analýzy pro ekonomy*. 1. vyd. Praha: Management Press, 1997. s. 122. ISBN 80-85943-44-1

$$M. A. E. = \frac{\sum_{i=1}^n |p_i - \hat{p}_i|}{n} \quad (97)$$

Metoda je zajímavá tím, že kombinuje vliv kolísání velikosti potřeby v minulosti (charakterizovaný σ_p) a vliv chyb v prognóze velikosti potřeby (charakterizovaný MD). Vytvořená pojistná zásoba rovněž jistí proti náhodným výkyvům v délce pořizovací lhůty. Z hlediska využití této metody v praxi je i inspirativní přímé vyjádření velikosti pojistného faktoru v závislosti na požadované spolehlivosti zabezpečení proti odchylkám, průměrné délce pořizovací lhůty a průměrné hladině objednávací zásoby. Metoda nezohledňuje vliv kolísání velikosti dodávek. Velikost dodávek proto při její aplikaci nesmí být významným zdrojem nejistoty. Metodu M18 lze považovat za alternativu vůči metodě M17, oproti níž je výpočetně jednodušší. Kritériem volby by měl být skutečně dosahovaný stupeň zabezpečení proti odchylkám, charakterizovaný některým z ukazatelů popsanych v kap. 3.1.7.

4.1.2.3 Metody stanovení velikosti pojistné zásoby bodovacím způsobem

Poměrně značným problémem výpočtu pojistné zásoby podle předchozích metod je pracné zjišťování a výpočet charakteristik variability (rozptylů, směrodatných odchylek, absolutních odchylek, průměrných absolutních odchylek). Tyto výpočty jsou navíc často nepřesné z důvodů neúplných údajů, nestabilních časových řad apod. To vedlo k myšlence vypočítat pojistnou zásobu přímo z plánované velikosti potřeby.²⁰⁸

V podstatě byly vyvinuty tři skupiny bodovacích metod:

- bodovací metody, pomocí kterých se zjišťuje velikost pojistného faktoru K. Takto stanovenou velikost pojistného faktoru lze dosadit do vzorců pro výpočet pojistné zásoby uvedených v kap. 4.1.2.1 a 4.1.2.2. S ohledem na tuto univerzálnost použití bude tato metoda vysvětlena v rámci kap. 4.3.
- bodovací metody, které stanoví velikost pojistného faktoru vázaného při propočtu na rozsah plánované potřeby, popř. na délku plánovacího období.
- zjednodušená bodovací metoda s korigujícími faktory.²⁰⁹

4.1.2.3.1 *Bodovací metoda, která stanoví pojistný faktor vázaný při propočtu na rozsah plánované potřeby (M19)*

Metodu uvádějí G. TOMEK, J. TOMEK²¹⁰ a G. TOMEK a V. VÁVROVÁ.²¹¹ Velikost pojistné zásoby (v jednotkách množství) se stanoví podle vzorce (98).

²⁰⁸ TOMEK, G., TOMEK, J. *Nákupní marketing*. 1. vyd. Praha: Grada Publishing, 1996. s. 84.

ISBN 80-85623-96-X

²⁰⁹ tamtéž, s. 90.

²¹⁰ tamtéž, s. 88.

²¹¹ TOMEK, G., VÁVROVÁ, V. *Řízení výroby*. 1. vyd. Praha: Grada Publishing, 1999. s. 144.

ISBN 80-7169-578-5

$$x_p = K \cdot \hat{p}_i \quad (98)$$

Velikost pojistného faktoru se vyhledá v tab. č. 6 v závislosti na frekvenci dodávek a počtu bodů, který jsme pro daný materiál stanovili na základě zhodnocení zdrojů zásobování a potřeby podle kritérii uvedených v tab. č. 5.

Metoda je aplikačně velmi jednoduchá, protože nevyžaduje žádné zvláštní znalosti z matematiky a statistiky. Právě požadavky na znalost určitých výpočetních postupů bývají někdy hlavním důvodem, proč pracovníci z útvarů řízení zásob odmítají používání „exaktních“ metod uvedených v předcházejících podkapitolách. Ve srovnání s často se vyskytujícím intuitivním postupem stanovení výše pojistných zásob je tato metoda určitě výhodnější a přesnější, neboť se snaží prostřednictvím určování výše pojistného faktoru kvantifikovat zdroje nejistoty vedoucí k nutnosti udržování pojistné zásoby. Lze ji proto doporučit pro středně a méně důležité položky zásob jako alternativu k exaktním metodám. Z důvodů uvedených v části 3.1.5.1 lze rovněž doporučit změnu v kritériu spolehlivost a úplnost dodávek a místo odchylek v dodávkovém cyklu hodnotit odchylky v intervalu nejistoty.

Bodovací kritérium	K základu 50 připočítáváme body				
	+ 1	+ 3	+ 5	+ 7	+ 9
Zdroje zásobování					
<i>možnosti a počet náhradních zdrojů</i>	více zdrojů, možno zajistit i v maloobchodě	několik dodavatelů i odběratelů	jeden dodavatel, ale možnost výpomoci u jiných dodavatelů	jeden dodavatel bez možnosti výpomoci	jen z dovozu
<i>spolehlivost a úplnost dodávek</i>	bez odchylek v dodávkovém cyklu i dodávkách	jen menší odchylky v dodávkovém cyklu (± 15 až 20 %)	jen menší odchylky v dodávkovém cyklu a dodávkách (± 15 až 20 %)	i větší odchylky v dodávkovém cyklu a dodávkách	značně velká nespolehlivost dodavatele
<i>pružnost, operativnost</i>	dodavatel vždy operativně vypomůže	dodavatel převážně vyjde vstříc mimořádným požadavkům	dodavatel v 50 % případů vyhoví (neplánované dodávky, dodávky před termínem, výpomoc)	dodavatel vypomůže jen v menším počtu případů	dodavatel nepřistupuje na neplánované dodávky
Potřeba					
<i>charakter potřeby</i>	plynulá, pravidelná, stabilní a rytmická	pravidelná, ale kolísání velikosti	drobné kolísání ve výši a rytmu spotřeby 20 %	poměrně méně pravidelná spotřeba	nepravidelná spotřeba, silné kolísání ve výši a rytmu
<i>zaměnitelnost materiálu</i>	možná záměna z vlastních zdrojů	zpravidla možná záměna z vlastních zdrojů	zpravidla možná záměna z cizích zdrojů	záměna možná, ale náročná na čas a řešení	záměna nemožná
<i>důsledky nekrytí potřeby</i>	minimální	nevýznamné	průměrné	větší	mimořádně velké
<i>plánovatelnost</i>	výborná	dobrá	průměrná	obtížnější	velmi obtížná

tab. č. 5 - Tabulka pro stanovení celkového počtu bodů pro určení pojistného faktoru²¹²

²¹² TOMEK, G., TOMEK, J. *Nákupní marketing*. 1. vyd. Praha: Grada Publishing, 1996. s. 86.
ISBN 80-85623-96-X a TOMEK, G., VÁVROVÁ, V. *Řízení výroby*. 1. vyd. Praha: Grada Publishing, 1999.
s. 145. ISBN 80-7169-578-5

Skupina zásob		A	A/B	B	C	D
Frekvence dodávek za rok		12	6	4	2	1
Dodávkový cyklus v měsících		1	2	3	6	12
Varianta	Počet bodů	Koeficient při výpočtu z roční potřeby				
1.	do 59	0,006	0,008	0,017	0,025	0,050
2.	60 – 69	0,011	0,016	0,033	0,050	0,100
3.	70 – 74	0,017	0,025	0,050	0,075	0,150
4.	75 – 79	0,024	0,033	0,067	0,100	0,200
5.	80 – 84	0,028	0,042	0,083	0,125	0,250
6.	85 – 89	0,033	0,050	0,100	0,150	0,300
7.	90 – 94	0,039	0,058	0,117	0,175	0,350
8.	95 – 97	0,044	0,067	0,133	0,200	0,400
9.	98 a více	0,050	0,075	0,150	0,225	0,450

tab. č. 6 - Tabulka pojistných faktorů pro výpočet pojistné zásoby²¹³

4.1.2.3.2 Stanovení velikosti pojistné zásoby pomocí skupinových pojistných faktorů (M20)

Metodu uvádějí G. TOMEK a J. TOMEK.²¹⁴ Můžeme ji použít zejména tam, kde vycházíme z potřeby materiálu určené plánem. Východiskem této metody je tzv. **základní pojistný faktor**, který je stanoven vždy pro materiály se stejně dlouhým cyklem dodávek. Například pro materiály s cyklem dodávek do dvou měsíců se určí koeficient 0,5 (tj. ve výši půlměsíční potřeby), pro materiály s cyklem dodávek od tří do čtyř měsíců se určí koeficient 1 (tj. ve výši měsíční potřeby) a pro materiály s cyklem dodávek od šesti do osmi měsíců se určí koeficient 2 (tj. ve výši dvouměsíční spotřeby).

Protože každá skupina materiálu se stejným cyklem dodávek netvoří plně homogenní skupinu, provádí se korekce tohoto základního pojistného faktoru. Korekce se vyjadřuje procentní sazbou (kladnou nebo zápornou) změny základního pojistného faktoru. Obvykle se uvažuje stejná sazba, např. $\pm 20\%$, a to podle následujících hledisek:²¹⁵

- standardní materiály od tuzemských dodavatelů, s několika nákupními možnostmi - 20 %
- materiály jed noučelové, zajišťované kooperací, s jedinou nákupní možností + 20 %
- materiály z domácích surovin dodávané běžně - 20 %
- materiály z dovážených surovin, dodávané méně často + 20 %
- materiály používané pro širší sortiment výrobků, s možností kompenzace potřeby - 20 %
- materiály používané jen pro jeden až dva druhy výrobků (součástí) v podniku, s malou možností přesunů a kompenzace + 20 %
- materiály používané jako náhradní (rezervní) - 20 %
- materiály používané výhradně, bez možností náhrady + 20 %

²¹³ tamtéž, s. 89, resp. s. 146.

²¹⁴ TOMEK, G., TOMEK, J. *Nákupní marketing*. 1. vyd. Praha: Grada Publishing, 1996. s. 86.

ISBN 80-85623-96-X

²¹⁵ tamtéž, s. 87.

- materiály, jejichž nedostatek nemá z hlediska nákladů vážné následky - 20 %
- materiály, jejichž nedostatek má z hlediska nákladů vážné nedostatky + 20 %

Každý materiál v příslušné podskupině se vyhodnotí a vyjádří se celková korekce v procentech. Pro jednodušší početní manipulaci lze pak sestavit tab. č. 7 výše pojistných faktorů pro jednotlivé podskupiny se stejným cyklem dodávek.

Velikost pojistné zásoby (v jednotkách množství) se určí stejným způsobem jako u předcházející bodovací metody M19, tj. podle vzorce (98).

Alternativa	Celková korekce (%)	Materiálové druhy s cyklem dodávek					
		do 2 měsíců		od 3 do 4 měsíců		od 6 do 8 měsíců	
		měsíční potřeba	roční potřeba	měsíční potřeba	roční potřeba	měsíční potřeba	roční potřeba
1.	- 20	0,4	0,033	0,8	0,066	1,6	0,132
2.	+ 20	0,6	0,050	1,2	0,100	2,4	0,300
3.	- 40	0,3	0,025	0,6	0,050	1,2	0,100
4.	+ 40	0,7	0,058	1,4	0,116	2,8	0,232
5.	- 60	0,2	0,177	0,4	0,034	0,8	0,068
6.	+ 60	0,8	0,066	1,6	0,132	3,2	0,264
7.	- 80	0,1	0,008	0,2	0,016	0,4	0,032
8.	+ 80	0,9	0,075	1,8	0,150	3,6	0,300

tab. č. 7 - Tabulka pojistných faktorů pro vybrané hodnoty délek dodávkových cyklů²¹⁶

Ve srovnání s metodou M19 je tato metoda poněkud subjektivnější, neboť do propočtu výše pojistného faktoru není zahrnuta spolehlivost a úplnost dodávek ve smyslu kolísání velikosti dodávek a délky dodávkového cyklu a charakter potřeby z hlediska její variability. Z toho důvodu metodu M20 lze doporučit, opět jako alternativu vůči některým jednodušším „exaktním“ metodám – např. M10, M11, M12, pro vybrané položky režijních materiálů kategorie C.

4.1.2.3.3 Zjednodušená bodovací metoda s korigujícími faktory (M21)

Metodu uvádějí G. TOMEK a J. TOMEK.²¹⁷ Velikost pojistné zásoby může být u této metody vyjádřena buď ve formě množstevní nebo časové normy. Množstevní norma velikosti pojistné zásoby se stanoví podle vztahu (98), časová norma podle vztahu (99). Oproti metodě M19 je odlišný způsob stanovení pojistného faktoru.

$$x_p = 360 \cdot K \cdot [\text{počet dnů}] \quad (99)$$

Pro obě varianty vyjádření velikosti pojistné zásoby se vypočítá pojistný faktor K (100), který zahrnuje vliv průměrné délky dodávkového cyklu, koeficient korekce K_{kp} pojistné zásoby určený bodovací metodou a koeficient časové korekce K_{kt} stanovený pro určitá rozpětí délky dodávkového cyklu.

²¹⁶ TOMEK, G., TOMEK, J. *Nákupní marketing*. 1. vyd. Praha: Grada Publishing, 1996. s. 88.

ISBN 80-85623-96-X

²¹⁷ tamtéž, s. 90.

$$K = \frac{\bar{t}_c}{360} \cdot K_{kp} \cdot K_{kt} \quad (100)$$

Pro získání velikosti koeficientu korekce K_{kp} je třeba nejprve danou položku zásob ohodnotit pomocí bodovací tab. č. 8. Položka se hodnotí z hlediska možnosti získání náhradních zdrojů dodávek, spolehlivosti a úplnosti dodávek, průběhu potřeby, možnosti záměny a důsledků při nekrytí potřeby. K danému počtu bodů se přiřadí podle tab. č. 9 odpovídající koeficient korekce pojistné zásoby.

Koeficient časové korekce se stanoví přímo podle průměrné délky dodávkového cyklu. Příslušná hodnota koeficientu K_{kt} se vyhledá v tab. č. 10.

Kritérium	Počet bodů odpovídajících uvedenému kritériu			
	2	4	8	12
Možnost získání zdrojů	více domácích zdrojů, získání bez problémů	omezený počet zdrojů, možnost výpomoci	jediný domácí zdroj, problémy se získáváním	dovoz, značné problémy
Spolehlivost a úplnost dodávek	spolehlivé dodávky v čase i množství	menší odchylky v čase i množství	větší odchylky v čase i množství	značná nespolehlivost, velké odchylky
Průběh potřeby	pravidelná, bez odchylek	nerytmické, menší odchylky a kolísání	nepravidelná, větší odchylky a kolísání	zcela nepravidelná, velké odchylky a kolísání
Možnost záměny a důsledky nekrytí potřeby	záměna možná, nepatrné důsledky nekrytí	záměna možná, dílčí náklady na její realizaci	záměna nemožná, i větší důsledky nekrytí	záměna vyloučena, velké důsledky nekrytí

tab. č. 8 - Tabulka pro stanovení celkového počtu bodů pro výpočet koeficientu korekce pojistné zásoby²¹⁸

Rozpětí bodů podle tab. č. 8	Koeficient K_{kp}
5 – 10	0,1
11 – 15	0,2
16 – 20	0,3
21 – 25	0,4
26 – 30	0,6
31 – 35	0,8
36 – 40	1,0
41 – 45	1,3
46 – 50	1,6

tab. č. 9 - Koeficient pojistné korekce²¹⁹

Rozpětí $\bar{t}_c$ ve dnech	Koeficient K_{kt}
1 – 3	4
4 – 7	3
8 – 14	2
15 – 30	1
31 – 90	0,9
91 – 180	0,8
181 – 360	0,6
nad 360	0,5

tab. č. 10 - Koeficient časové korekce²²⁰

²¹⁸ TOMEK, G., TOMEK, J. *Nákupní marketing*. 1. vyd. Praha: Grada Publishing, 1996. s. 91. ISBN 80-85623-96-X

Princip metody M21 je podobný jako u metody M19. Metoda M21 zachycuje prostřednictvím bodového ohodnocení tři významné zdroje nejistoty – kolísání velikosti dodávek, délky dodávkového cyklu a velikosti potřeby. Sporné je použití průměrné délky dodávkového cyklu, kde autoři metody předpokládají, že se zkracováním délky dodávkového cyklu roste riziko předčasného vyčerpání zásoby a je proto nutné zvyšovat hodnotu K_{kt} (viz tab. č. 10). Jak již bylo vysvětleno v kapitole 3.1.5.1, skutečným intervalem nejistoty je obvykle délka pořizovací lhůty, která může být kratší (častější případ) nebo i delší než je dodávkový cyklus. Z toho důvodu by bylo vhodnější nahradit veličinu průměrná délka dodávkového cyklu veličinou průměrná délka pořizovací lhůty a příp. i upravit (na základě zkušeností v podniku) hodnoty koeficientu K_{kt} .

Z hodnocení všech tří bodovacích metod stanovení velikosti pojistné zásoby se domnívám, že pro praktickou aplikaci je nejvhodnější metoda M19.

4.1.3 Metoda stanovení velikosti pojistné zásoby podle skutečného rozdělení náhodné veličiny potřeby (M22)

Při stanovování velikosti pojistné zásoby se často vychází z předpokladu normálního rozdělení použitých náhodných veličin. Jak již bylo napsáno v kap. 4.1.2, tento předpoklad by měl být otestován, např. již zmíněným testem dobré shody. Bohužel nesetkal jsem se, že by v podnikové praxi byl tento test prováděn. Pokud podnik používá pro stanovování velikosti pojistné zásoby některou z dříve uvedených exaktních metod, mlčky se předpokládá, že tato metoda je pro daný sortiment zásob vhodná a nezkoumají se předpoklady jejího použití. V řadě případů tak dochází k tomu, že velikost pojistné zásoby je dimenzována chybně a neodpovídá požadované spolehlivosti zabezpečení proti odchylkám.

Jedním z možných řešení je určit velikost pojistné zásoby na základě skutečného rozdělení. V takovém případě nemusíme provádět testování, že náhodný výběr údajů o velikosti potřeby pochází z normálního rozdělení. Metoda je použitelná i v případě, že by se prokázalo, že výběr se řídí jiným teoretickým rozdělením, např. exponenciálním.

Metoda M22 je popsána v článku M. KRAJČOVIČE.²²¹ Postup výpočtu je následující:

- 1) Časová řada historických údajů o velikosti potřeby se upraví na délku intervalu nejistoty pomocí klouzavých úhrnů za uvažovaný interval nejistoty.
- 2) Z časové řady klouzavých úhrnů se vypočítá průměrná velikost potřeby během intervalu nejistoty.
- 3) Určí se absolutní odchylka skutečné velikosti potřeby během intervalu nejistoty od průměrné hodnoty – viz vztah (101).

²¹⁹ TOMEK, G., TOMEK, J. *Nákupní marketing*. 1. vyd. Praha: Grada Publishing, 1996. s. 90.

ISBN 80-85623-96-X

²²⁰ tamtéž, s. 90.

²²¹ KRAJČOVIČ, M. Určovanie výšky poistnej zásoby podľa skutočného rozdelenia náhodnej veličiny dopytu. In *Logistika. Měsíčník pro dopravu, skladování, distribuci a balení*. č. 5 (květen 1999), roč. 5, s. 49. ISSN 1211-0957

$$P_i = |p_{tn_i} - \bar{p}_{tn}| \quad (101)$$

- 4) Vypočtené absolutní odchylky dle vztahu (101) se statisticky zpracují. Sestaví se tabulka intervalového rozdělení četností výskytů jednotlivých variant velikostí odchylek. Počet tříd h určíme např. Sturgesovým pravidlem (102) - pozn. autora. Vypočítá se variační rozpětí velikostí absolutních odchylek podle (103), a rozdělí se na zvolený počet h intervalů, čímž se dostane délka jednoho intervalu. Určí se absolutní a relativní četnosti výskytů jednotlivých variant a na jejich základě se sestrojí histogram četností velikostí absolutních odchylek a křivka kumulativní četnosti.

$$h \approx 1 + 3,3 \log_{10} n \quad (102)$$

$$R = P_{i \max} - P_{i \min} \quad (103)$$

- 5) Na základě požadovaného stupně krytí se stanoví velikost pojistné zásoby. Výpočtem kumulativních relativních četností jednotlivých tříd získáváme procentní hodnoty reprezentující podíl absolutních odchylek, jejichž velikost je menší než horní hranice posledního intervalu zařazeného do kumulativního součtu. To znamená, že procentní podíl představuje úroveň krytí náhodných odchylek během intervalu nejistoty a horní hranice posledního intervalu zařazeného do kumulativního součtu představuje výšku pojistné zásoby, která je potřebná pro dosažení odpovídající úrovně krytí požadavků.²²²

Metoda M22 je vhodná pro položky zásob, u kterých metody stanovení velikosti pojistné zásoby s pojistným faktorem selhávají a vedou k nižšímu stupni zabezpečení proti odchylkám. Jednou z příčin může být právě nesprávný předpoklad o normalitě rozdělení. Je známo, že např. spotřeba náhradních dílů má často exponenciální rozdělení. V takovém případě je tato metoda z hlediska podnikové praxe lepší než alternativní postup vycházející z konkrétní podoby distribuční funkce exponenciálního rozdělení. Kromě toho se položky zásob z tohoto pohledu mohou lišit – některé se mohou řídit normálním rozdělením, další exponenciálním, Poissonovým či jiným rozdělením. Testovat u každé položky nebo alespoň u vybraného počtu nejdůležitějších položek zásob shodu mezi teoreticky předpokládaným a empirickým rozdělením by bylo náročné nejen na čas, ale i na znalosti pracovníků řízení zásob.

4.2 Metody stanovení velikosti pojistné zásoby pro položky s nestacionárním charakterem potřeby

V předcházející části 4.1 jsme se věnovali metodám vhodným pro položky zásob, u kterých je velikost potřeby v čase více či méně konstantní. V praxi se však často setkáváme s případy, kdy se velikost potřeby v čase mění např. v důsledku existence trendu, sezónních vlivů či obou faktorů dohromady. V takovém případě se hovoří o nestacionárním charakteru potřeby.²²³ Podle analýzy XYZ (viz kap. 3.1.2.3) se jedná o položky kategorie Y a Z.

²²² KRAJČOVIČ, M. Určovanie výšky poistnej zásoby podľa skutočného rozdelenia náhodnej veličiny dopytu. In *Logistika. Měsíčník pro dopravu, skladování, distribuci a balení*. č. 5 (květen 1999), roč. 5, s. 49.

ISSN 1211-0957

²²³ UNČOVSKÝ, L. *Stochastické modely operační analýzy*. 1. vyd. Bratislava: ALFA, 1980. s. 206. ISBN neuvedeno

Za předpokladu **stacionárního charakteru** potřeby je **velikost pojistné zásoby fixní**. Bohužel se lze často setkat s přístupem, že metody popsané v kap. 4.1 se aplikují i na položky zásob s nestacionárním charakterem potřeby. Takový postup je nutno považovat za chybný. Jestliže např. dojde ke zvýšení poptávky po určité položce zásob, pak při fixní velikosti pojistné zásoby dojde k zhoršení poskytované úrovně služeb pro zákazníky. Opačně v případě poklesu poptávky (typicky k tomu dochází na konci životního cyklu výrobku) budeme udržovat zbytečně vysokou pojistnou zásobu.²²⁴

V případě **nestacionární potřeby** by se proto měla pojistná zásoba **pružně přizpůsobovat** měnící se velikosti potřeby.

4.2.1 Metoda pracující se směrodatnou odchylkou velikosti potřeby během pořizovací lhůty a parametrem prognózy (M23)

Metodu uvádí S. C. GRAVES.²²⁵ Jako vhodný model k popisu časové řady potřeby uvádí exponenciální vyrovnávání s konstantou γ . Exponenciální vyrovnávání se doporučuje u nestacionárních procesů potřeby z důvodu, že nejmladší údaje o potřebě mají rozhodující váhu pro konstrukci předpovědi budoucí potřeby (viz také metoda M16 v kap. 4.1.2.2.2). Časovou řadu potřeby proložíme technikou exponenciálního vyrovnávání a určíme optimální hodnotu vyrovnávací konstanty. Postup je standardně uváděn ve statistické literatuře.²²⁶

Vyrovnávací konstanta může nabývat obecně hodnot z intervalu $\langle 0, 1 \rangle$. Jestliže se $\gamma = 0$, pak potřeba má stacionární charakter (její velikost je konstantní). V případě $0 < \gamma \leq 1$ se potřeba chová nestacionárně, přičemž čím vyšší je hodnota konstanty γ , tím je potřeba méně stabilní (mladším údajům v časové řadě se přiřazuje vyšší váha). Jestliže se $\gamma = 1$, pak má potřeba zcela nahodilý charakter (údaje o minulé potřebě jsou pro předpověď prakticky bezcenné).

Hodnota konstanty γ má velký vliv na velikost pojistné zásoby. Pro výpočet pojistné zásoby (v jednotkách množství) S. C. GRAVES uvádí vztah (104).

$$x_p = K \cdot \sigma_p \cdot \sqrt{t_p} \cdot \sqrt{1 + \gamma \cdot (t_p - 1) + \gamma^2 \cdot \frac{(t_p - 1) \cdot (2t_p - 1)}{6}} \quad (104)$$

Pro obě krajní hodnoty konstanty γ lze vzorec (104) zjednodušit. V případě $\gamma = 0$ se výraz v pořadí u druhé odmocniny rovná jedné a dostáváme vzorec (57), který byl popsán u metody M11. Pro $\gamma = 1$ je proces potřeby zcela nahodilý a velikost pojistné zásoby se rovná vztahu podle (105).

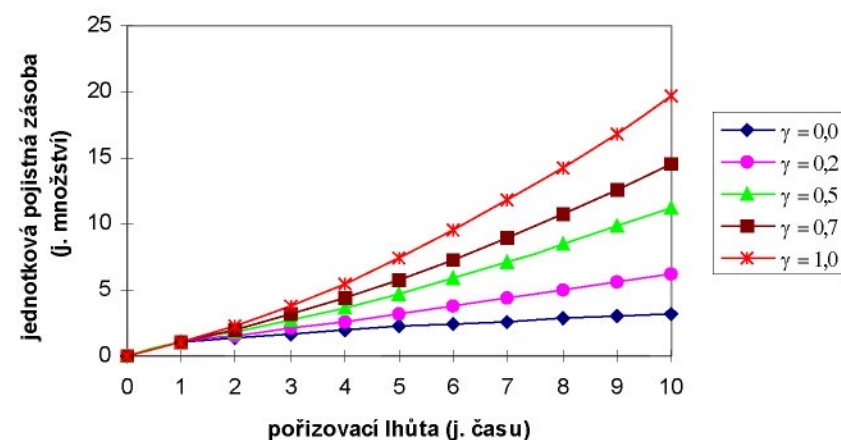
²²⁴ KRUPP, J. A.G. Managing demand variations with safety stock. In *Journal of Business Forecasting Methods & Systems*. Summer 1997, Vol. 16, Issue 2, p. 8, 4 p. ISSN 0278-6087. In *EBCSO* [online]. Dostupné z: <http://www.ehostvgw6.epnet.com>

²²⁵ GRAVES, S. C. A single-item inventory model for a nonstationary demand process. In *Manufacturing & Service Operations Management*. January 1999, Vol. 1, Issue 1, p. 50, 12 p. ISSN 1523-4614. In *EBCSO* [online]. Dostupné z: <http://www.ehostvgw6.epnet.com>

²²⁶ např. HINDLS, R., KANOKOVÁ, J., NOVÁK, I. *Metody statistické analýzy pro ekonomy*. 1. vyd. Praha: Management Press, 1997. s. 127. ISBN 80-85943-44-1

$$x_p = K \cdot \sigma_p \cdot \sqrt{\frac{t_p \cdot (t_p + 1) \cdot (2 t_p + 1)}{6}} \quad (105)$$

Metoda M23 přináší důležitý poznatek, že velikost pojistné zásoby závisí na délce pořizovací lhůty a na hodnotě parametru γ , který je měřítkem setrvačnosti v procesu potřeby. Jak ukazuje obr. č. 14, v případě stacionární potřeby je vztah mezi délkou pořizovací lhůty a velikostí pojistné zásoby konkávní. V případě nestacionární potřeby se tento vztah mění na konvexní.



obr. č. 14 - Závislost velikosti jednotkové pojistné zásoby ($\sigma_p = 1$, $K = 1$) na délce pořizovací lhůty a hodnotě konstanty γ ²²⁷

Z obr. č. 14 je patrné, že velikost pojistné zásoby dramaticky roste v případě, že potřeba je nestacionární. Např. v případě $\gamma = 0,7$ a $t_p = 5$ dnů je nutné udržovat 2,6-krát vyšší pojistnou zásobu k dosažení stejné spolehlivosti zabezpečení jako u stacionární potřeby.

Hlavní přínos metody M23 spočívá v poznatku, že pokud má potřeba nestacionární charakter, nelze použít metody uvedené v části 4.1 (srovnáme velikosti pojistných zásob vypočtených často doporučovanou metodou M11 a touto metodou M23). V případě nestacionární potřeby je nutno udržovat vyšší hladinu pojistné zásoby. Tento závěr má závažné dopady na růst nákladů na udržování a skladování zásob. Vzniká tak otázka, zda je nutno skutečně po celý rok udržovat stejnou výši pojistné zásoby. Z toho důvodu byly vyvinuty metody uvedené v dalších podkapitolách, které modelují velikost pojistné zásoby flexibilně v závislosti na očekávané velikosti potřeby.

4.2.2 Metoda pracující s klouzavou průměrnou chybou předpovědi potřeby (M24)

Metodu popisuje J. A. G. KRUPP.²²⁸ Výpočet velikosti pojistné zásoby (v jednotkách množství) se provádí podle vztahu (106), obvykle každý měsíc, na základě budoucí

²²⁷ tamtéž, p. 54.

²²⁸ KRUPP, J. A.G. Managing demand variations with safety stock. In *Journal of Business Forecasting Methods & Systems*. Summer 1997, Vol. 16, Issue 2, p. 8, 4 p. ISSN 0278-6087. In *EBCSO* [online]. Dostupné z: <<http://www.ghostvgw6.epnet.com>>

předpovědi potřeby. Velikost pojistné zásoby se průběžně mění podle předpovědi výše budoucí potřeby.

$$x_{p_t} = K \cdot TBM \cdot \sqrt{t_p} \cdot \hat{p}_{t+1} \quad (106)$$

Všimněme si, že u prognózované velikosti potřeby je index $(t + 1)$ a u velikosti pojistné zásoby index t . Takový propočet zajišťuje, že pojistná zásoba existující na konci plánovací periody t je dostačující i pro následující předpověď. Plánovaná velikost pojistné zásoby se tedy proporciálně mění s kolísáním předpovědi.

Klíčovou veličinou u této metody je TBM (time-based mean absolute deviation, volně přeloženo klouzavá průměrná absolutní odchylka potřeby). Určí se následujícím postupem:

- 1) Na základě údajů o velikostech minulých prognózovaných a skutečných potřeb (zhruba za poslední dva roky) se stanoví absolutní odchylky dle (107).

$$e_{pt} = \left| \hat{p}_t - p_t \right| \quad (107)$$

- 2) Absolutní odchylky stanovené v kroku 1 se vydělí prognózovanými velikostmi potřeby – viz (108). Výslednou veličinu autor článku nazývá time-based absolute deviation (absolutní odchylky měnící se v čase).

$$TBAD_t = \frac{e_{pt}}{\hat{p}_t} \quad (108)$$

- 3) Z hodnot vypočítaných v kroku 2 se určí klouzavé (v tomto případě roční) průměry. Výsledná veličina se nazývá TBM.

Poslední hodnota vypočtená v kroku 3 se použije pro stanovení plánovaných velikostí pojistné zásoby v běžném období i v následujících obdobích. Z toho důvodu je TBM ve vzorci (106) uvedena jako konstanta bez indexu t . Takto stanovenou velikost pojistné zásoby lze ovšem snadno aktualizovat na základě průběžně získávaných dat o skutečné potřebě.

Pro získání hodnoty pojistného faktoru odpovídající požadované spolehlivosti zabezpečení nelze použít tabulku kvantilů distribuční funkce normovaného normálního rozdělení, ale je nutno použít tab. č. 14, která udává velikost pojistného faktoru pro průměrnou absolutní odchylku.

Vypočtená velikost plánované pojistné zásoby může být dále korigována podle kvality předpovědi. K hodnocení kvality předpovědi J. A. G. KRUPP doporučuje ukazatel FETS (forecast error tracking signal – signál chybné předpovědi).

V ideálním případě by suma odchylek $(\hat{p}_t - p_t)$ měla být nulová, tzn. že kladné a záporné odchylky by se měly vyrovnat. Jestliže suma odchylek je kladná, znamená to, že předpovídaná potřeba často převyšuje skutečnou potřebu a opačně, je-li suma odchylek

záporná. V případě, že odchylky přesáhnou akceptovatelnou mez, je kvalita předpovědi nevyhovující. Příčinou může být, že používaný predikční aparát pomalu reaguje na skokové výkyvy nebo změnu trendu. Problematické chybných predikcí se rovněž věnuje Q. MANN, který v citovaném díle popisuje několik vztahů pro signály chybných predikcí.²²⁹

Kvalitu předpovědi lze posoudit pomocí následujícího jednoduchého signálu (109). Hodnota FETS se pohybuje v rozmezí od -1,0 do + 1,0.

$$FETS = \frac{\sum_{t=1}^n (\hat{p}_t - p_t)}{\sum_{t=1}^n |\hat{p}_t - p_t|} \quad (109)$$

V teoretickém případě $FETS = -1,0$ by byly všechny skutečné potřeby vyšší než předpovídané a pokud $FETS = +1,0$ znamená to, že všechny skutečné potřeby by byly nižší než předpovídané.

Pokud skutečná potřeba je dlouhodobě vyšší než předpovídaná, výsledkem je záporná hodnota FETS. V důsledku toho budou vyšší i absolutní odchylky dle (107). V takovém případě k výpočtu velikosti pojistné zásoby použijeme vztah (106) beze změny.

Jestliže předpovědi potřeby jsou „chronicky“ optimistické a skutečná potřeba bývá nižší, výsledkem bude kladná hodnota FETS. V důsledku toho budou vyšší i absolutní odchylky dle (107). Paradoxně by tak byla maximalizována pojistná zásoba při $FETS = +1,0$. Logicky lze ale předpokládat, že v takovém případě zabezpečí požadovanou spolehlivost zabezpečení i nižší hladina pojistné zásoby. V takovém případě je vhodné vypočtenou pojistnou zásobu dle (106) snížit.

Prakticky se toto snížení provádí tak, že se pojistná zásoba vynásobí tzv. tlumícím faktorem s . Jestliže chyba předpovědi se nezvyšuje, použijeme pro určení tlumícího faktoru vztah (110), v případě nutnosti rychlejšího ztlumení se použije vztah (111).

$$s = 1 - FETS \quad (FETS > 0) \quad (110)$$

$$s = 1 - \sqrt{FETS} \quad (FETS > 0) \quad (111)$$

Vybrané hodnoty tlumícího faktoru jsou rovněž uvedeny v tab. č. 11.

²²⁹ MANN, Q. *Optimalizace zásob v praxi*. 1. vyd. Praha: SNTL, 1979. s. 138. ISBN neuvedeno

FETS	Rovnoměrné tlumení	Zrychlené tlumení
- 1,0 až 0,0	1,0	1,000
0,1	0,9	0,684
0,2	0,8	0,553
0,3	0,7	0,452
0,4	0,6	0,368
0,5	0,5	0,293
0,6	0,4	0,225
0,7	0,3	0,163
0,8	0,2	0,106
0,9	0,1	0,051
1,0	-	-

tab. č. 11 - Vybrané hodnoty tlumícího faktoru²³⁰

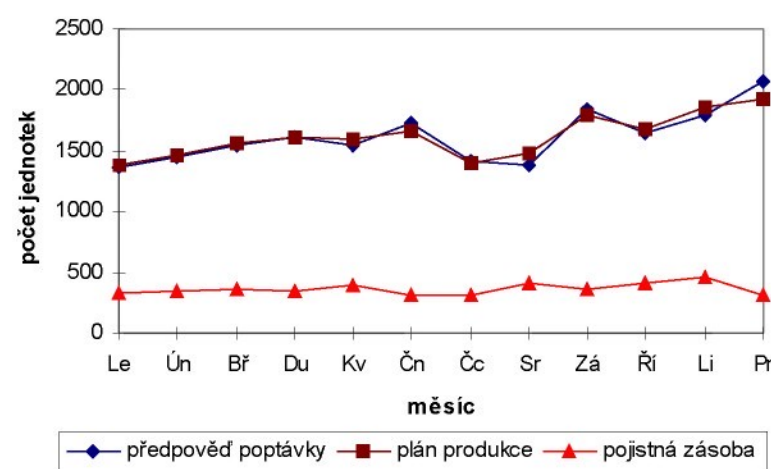
V případě kladných hodnot signálu FETS se velikost pojistné zásoby určí ze vztahu (112).

$$x_{p_t} = K \cdot s \cdot TBM \cdot \sqrt{t_p} \cdot \hat{p}_{t+1} \quad (112)$$

Propočet pojistných zásob je doplněn o výpočet plánovaného objemu produkce (měsíčního) pro každou skladovou položku dle vztahu (113).

$$\text{plánovaný objem výroby} = \text{předpověď potřeby} \pm \text{změna stavu pojistné zásoby} - \text{počáteční skladová zásoba} \quad (113)$$

Jak je patrné z obr. č. 15 pojistná zásoba se plynule přizpůsobuje předpovědi potřeby.



obr. č. 15 - Plánovaná výše pojistné zásoby v jednotlivých měsících roku²³¹

²³⁰ KRUPP, J. A.G. Managing demand variations with safety stock. In *Journal of Business Forecasting Methods & Systems*. Summer 1997, Vol. 16, Issue 2, p. 8, 4 p. ISSN 0278-6087. In *EBCSO* [online]. Dostupné z: <<http://www.ehostvgw6.epnet.com>>

Hlavní význam metody M24 spočívá v tom, že vyšší pojistná zásoba je držena pouze v tom období roku, kdy je skutečně potřeba. V důsledku toho dochází k úsporám nákladů na udržování a skladování zásob, aniž by byla ohrožena úroveň služeb pro zákazníky. Metoda je proto vhodná pro položky zásob se sezónním charakterem poptávky, pro položky u kterých dochází ke skokovým změnám trendu (např. u výrobků na konci životního cyklu). Metoda nezahrnuje vliv kolísání ostatních veličin – délky pořizovací lhůty, velikosti dodávek. Tyto faktory by proto neměly být při aplikaci metody M24 příliš významné. Při kolísání délky pořizovací lhůty lze doporučit metodu M26, při kolísání velikosti dodávek metodu M25.

4.2.3 Metoda pracující s očekávanou výší chyby v prognóze velikosti dodávek, očekávanou výší chyby v prognóze velikosti potřeby, sezónními faktory a intervalem nejistoty (M25)

Metodu uvádí Q. MANN, který ji doporučuje pro sezónní výrobky.²³² Princip této metody vychází z metody M16 (viz kap. 4.1.2.2.2).

Pro tvorbu pojistné zásoby u sezónních výrobků má rozhodující význam předpoklad o závislosti rozptylu σ_e^2 (77) chyby v prognóze e_{pt} (75) na výši očekávané potřeby a o závislosti rozptylu σ_r^2 (64) rozdílů r_{xi} (65) na výši kontrahovaného množství. Stejně jako u metody M16 se rozptyly σ_e^2 , σ_r^2 odhadují pomocí exponenciálního vyrovnávání. Platí vztahy (83) a (85).

Druhý předpoklad o závislosti F_t^2 a $\hat{x}_t^2$ se podle Q. MANNA v praxi nepotvrdil. K diferencím mezi x_t a $\hat{x}_t^2$ dochází z příčin, které nejsou v žádném vztahu k sezónním výkyvům (poruchy ve výrobě, v dopravě apod.). Mezi E_t^2 a $\hat{p}_t^2$ však závislost existuje. Chyba v prognóze velikosti potřeby je u sezónních výrobků dána výrazem (114).²³³

$$e_{pt} = p_t - \hat{p}_{t-1} \cdot s_t \quad (114)$$

Protože $\hat{p}_{t-1}$ je záměrně nezávislé na sezónních výkyvech, ovlivňuje věrohodnost odhadu především hodnota sezónního faktoru s_t (ve formě indexu – pozn. autora). Ke kvantifikaci sezónních výkyvů je nutno nejprve určit empirické sezónní indexy. Sezónní indexy (resp. po normování sezónní faktory) se stanoví některým z postupů uváděných běžně ve statistické literatuře.²³⁴ Q. MANN doporučuje jako vhodný filtr exponenciální vyrovnávání s velmi

²³¹ vytvořeno na základě dat v článku: KRUPP, J. A.G. Managing demand variations with safety stock. In *Journal of Business Forecasting Methods & Systems*. Summer 1997, Vol. 16, Issue 2, p. 8, 4 p. ISSN 0278-6087. In *EBCSO* [online]. Dostupné z: <<http://www.ghostvgw6.epnet.com>>

²³² MANN, Q. *Optimalizace zásob v praxi*. 1. vyd. Praha: SNTL, 1979. s. 148. ISBN neuvedeno

²³³ tamtéž, s. 149.

²³⁴ např. HINDLS, R., KAŇOKOVÁ, J., NOVÁK, I. *Metody statistické analýzy pro ekonomy*. 1. vyd. Praha: Management Press, 1997. s. 145. ISBN 80-85943-44-1

nízkou hodnotou parametru prognózy (obvykle $\gamma \leq 0,05$).²³⁵ Průměrný sezónní index se počítá jako aritmetický průměr podílů empirických a vyrovnaných hodnot řady.

Do určité míry je tak odůvodněn předpoklad, že rozptyl těchto podílů bude větší u hodnot vztahujících se k obdobím sezónních špiček než u těch, které se vztahují k mrtvým obdobím, kde se hodnota zlomku může velmi silně blížit nule. Při vyrovnávání e_{pt} na E_t jsou ovšem tyto periodicky se vyskytující výkyvy odfiltrovány, takže při použití vzorce (86) by pojistná zásoba byla určena stejně pro období špičkové sezóny i pro období mrtvé sezóny. Proto je nutno vážit jednotlivá E_t příslušnými sezónními faktory s_i . Pro výpočet velikosti pojistné zásoby (v jednotkách množství) tak dostaneme výraz (115).²³⁶

$$x_{p_t} = 1,25 \cdot K \cdot \sqrt{E_t^2 \cdot \left[\sum_{i=t+1}^{t+n} s_i^2 + (t_n - n) \cdot s_{t+n+1}^2 \right] + t_n \cdot F_t^2} \quad (115)$$

Proměnné E_t^2 a F_t^2 se určí podle vztahů (83) a (85), ve kterých se index i nahradí indexem t . Veličina n udává pořadové číslo období, na které se objednáva období $(t + 1)$ počínaje.

Metoda M25 oproti předcházejícím metodám M23 a M24 zahrnuje kolísání velikosti dodávek. Sezónní kolísání je u metody M25 kvantifikováno sezónními faktory, zatímco u metody M24 příčina výkyvů není specifikována a velikost pojistné zásoby se těmto výkyvům „empiricky“ přizpůsobuje. Z toho důvodu je metoda M24 výpočetně jednodušší. Obecně je metoda M25 vhodná pro omezený počet důležitých položek výrobků se silně sezónním charakterem potřeby. Metoda M25 nezahrnuje kolísání délky pořizovací lhůty. Je-li tento faktor významný, je vhodné dát přednost následující metodě M26.

4.2.4 Metoda pracující s proměnlivou chybou předpovědi potřeby, rozptylem délky pořizovací lhůty a intervalem nejistoty (M26)

Princip této metody je odvozen od metody M17 (viz kap. 4.1.2.2.3) a dalších poznatků uvedených v citovaném díle H. HORÁKOVÉ a J. KUBÁTA.²³⁷ Velikost pojistné zásoby (v jednotkách množství) se určí podle modifikovaného vzorce (90) pro ustálenou potřebu. Modifikace spočívá v nahrazení konstantní velikosti chyby předpovědi potřeby $D(p)$ – viz vztah (89) – její proměnnou velikostí a nahrazení průměrné velikosti potřeby hledanou vyrovnanou potřebou. Po těchto změnách dostaneme výraz (116).

$$x_{p_t} = K \cdot \sqrt{t_n \cdot D_t(p) + \left(\hat{p}_t \cdot \sigma_{tp} \right)^2} \quad (116)$$

Pro chybu předpovědi $D_t(p)$ potřeby jsou v citované knize odvozeny vzorce v závislosti na průběhu potřeby. Rozlišují se dva základní typy průběhu:

- potřeba s trendem (bez sezónních vlivů),

²³⁵ tamtéž, s. 145.

²³⁶ tamtéž, s. 149.

²³⁷ HORÁKOVÁ, H., KUBÁT, J. *Řízení zásob. Logistické pojetí, metody, aplikace, praktické úlohy*. 3. vyd. Praha: Profess Consulting, 1999. s. 148. ISBN 80-85235-55-2

- sezónní potřeba (bez trendu nebo s trendem).²³⁸

Nejprve si uvedeme první případ, kdy **předpovídáme potřebu s trendem**. K vyrovnaní potřeby v čase přichází v praxi v úvahu nejčastěji **lineární trend**. Očekávaná hodnota (předpověď) potřeby pro t -té období ($t > n$) je dána vztahem (117). K odhadu parametrů a , b se používá metoda nejmenších čtverců. Postup stanovení parametrů a , b lze nalézt v učebnicích statistiky.²³⁹

$$\hat{p}_t = a \cdot t + b \quad (117)$$

$$a = \frac{\sum_{t=1}^n t \cdot p_t - \bar{t} \cdot \sum_{t=1}^n p_t}{\sum_{t=1}^n t^2 - n \cdot \bar{t}^2} \quad (118)$$

$$b = \bar{p}_t - a \cdot \bar{t} \quad (119)$$

Reziduální (zbytkový) rozptyl, který vyjadřuje míru odchylek skutečných potřeb od hodnot lineární vyrovňovací funkce je definován vztahem (120).²⁴⁰

$$s_{\text{res}}^2 = \frac{1}{n-2} \cdot \sum_{t=1}^n (p_t - \hat{p}_t)^2 = \frac{1}{n-2} \cdot \sum_{t=1}^n (p_t - a \cdot t - b)^2 \quad (120)$$

Pro chybu předpovědi $D_t(p)$ lze regresní analýzou odvodit poměrně složitý vzorec (121).²⁴¹

$$D_t(p) = s_{\text{res}}^2 \cdot \left[1 + \frac{1}{n} + \frac{12 \cdot \left(t - \frac{n+1}{2} \right)^2}{n \cdot (n^2 - 1)} \right] = s_{\text{res}}^2 \cdot \omega(t, n) \text{ pro } t > n \quad (121)$$

Pro zjednodušení lze výraz v hranaté závorce označit symbolem $\omega(t, n)$ a hodnotu hranaté závorky v (121) pro vybrané délky n časové řady a pro vybrané vzdálenosti $(t - n)$ období, na které se potřeba předpovídá, vyhledat v tab. č. 12.

²³⁸ HORÁKOVÁ, H., KUBÁT, J. *Řízení zásob. Logistické pojetí, metody, aplikace, praktické úlohy*. 3. vyd. Praha: Profess Consulting, 1999. s. 148. ISBN 80-85235-55-2

²³⁹ např. HINDLS, R., KAŇOKOVÁ, J., NOVÁK, I. *Metody statistické analýzy pro ekonomy*. 1. vyd. Praha: Management Press, 1997. s. 99. ISBN 80-85943-44-1

²⁴⁰ HORÁKOVÁ, H., KUBÁT, J. *Řízení zásob. Logistické pojetí, metody, aplikace, praktické úlohy*. 3. vyd. Praha: Profess Consulting, 1999. s. 151. ISBN 80-85235-55-2

²⁴¹ tamtéž, s. 151.

t - n	n = 6	n = 12	n = 18	n = 24
1	1,867	1,379	1,242	1,178
2	2,324	1,477	1,283	1,200
3	2,895	1,589	1,329	1,224
4	3,581	1,714	1,378	1,251
5	4,381	1,854	1,432	1,278
6	5,295	2,008	1,490	1,308
7	6,324	2,176	1,551	1,339
8	7,467	2,358	1,617	1,372
9	8,724	2,554	1,688	1,407
10	10,095	2,763	1,762	1,444
11	11,581	2,987	1,840	1,482
12	13,181	3,225	1,923	1,522

tab. č. 12 - Vybrané hodnoty koeficientu $\omega(t, n)$ pro chybu předpovědi²⁴²

V případě, že lineární trend není vhodným modelem pro předpovídání potřeby, lze výše uvedený postup snadno modifikovat pro jinou trendovou funkci. Vzorce pro odhady parametrů jiných trendových funkcí lze běžně nalézt v učebnicích statistiky.²⁴³ Vztah (120) je pak nutno upravit podle odpovídajícího počtu stupňů volnosti (např. pro parabolu bude ve jmenovateli $n - 3$).

Výše uvedený postup pro potřebu s trendem byl měl být používán pouze při neexistenci nebo nevýznamnosti sezónnosti, jinak se může dospět k chybným odhadům $D_t(p)$. Prvním krokem statistické analýzy časové řady potřeby by proto měl být orientační výpočet průměrných sezónních indexů dále uvedeným postupem.

Potřeba nemá sezónní charakter, jestliže průměrné sezónní indexy se prakticky rovnají jedné. Jestliže se průměrné sezónní indexy liší od jedničky jen o málo, obvykle není nutno sezónnost při výpočtu pojistné zásoby zvažovat. Volba hraniční hodnoty, při jejímž překročení se již bude potřeba předpovídat jako sezónní, závisí na konkrétních podmínkách podniku, na jeho schopnosti uspokojit zvýšenou potřebu v některých částech roku kolem $s_{t \max}$ a na schopnosti přežít období snížené potřeby v obdobích kolem $s_{t \min}$.²⁴⁴

Je nutné rovněž poznamenat, že při používání lineárního trendu je třeba zachovat určitou míru obezřetnosti a zvážit, zda i v budoucím období lze očekávat nezměněnou tendenci vývoje poptávky.

V případě **sezónní potřeby** je postup výpočtu poněkud složitější. K předpovídání sezónní potřeby je třeba mít k dispozici časovou řadu velikostí potřeb v délce nejméně tří period cyklu ($T \geq 3$).²⁴⁵ Následující postup výpočtu je založen na předpokladu, že nejprve se stanovuje sezónnost (ve formě průměrných sezónních indexů) a teprve potom případný trend.

²⁴² HORÁKOVÁ, H., KUBÁT, J. *Řízení zásob. Logistické pojetí, metody, aplikace, praktické úlohy*. 3. vyd. Praha: Profess Consulting, 1999. s. 152. ISBN 80-85235-55-2

²⁴³ např. HINDLS, R., KAŇOKOVÁ, J., NOVÁK, I. *Metody statistické analýzy pro ekonomy*. 1. vyd. Praha: Management Press, 1997. s. 103 – 120. ISBN 80-85943-44-1

²⁴⁴ HORÁKOVÁ, H., KUBÁT, J. *Řízení zásob. Logistické pojetí, metody, aplikace, praktické úlohy*. 3. vyd. Praha: Profess Consulting, 1999. s. 158. ISBN 80-85235-55-2

²⁴⁵ tamtéž, s. 153.

Průměrné sezónní indexy, které charakterizují relativní výši spotřeby v jednotlivých kalendářních obdobích t oproti průměrné spotřebě dle (122) jsou definovány vztahem (123).²⁴⁶

$$\bar{p} = \frac{1}{T \cdot n_t} \cdot \sum_{t=1}^{n_t} \sum_{k=1}^T p_{tk} \quad (122)$$

$$s_t = \frac{1}{T \cdot \bar{p}} \cdot \sum_{k=1}^T p_{tk} \quad (t=1, 2, \dots, n_t) \quad (123)$$

Součet průměrných sezónních indexů s_t by se měl rovnat počtu období v časové řadě n_t . Zaokrouhlováním při výpočtu může vzniknout malý rozdíl, který lze odstranit normováním, pak se hovoří o sezónních faktorech.

V dalším kroku se stanoví skutečná spotřeba P_{tk} v t -tém období k -tého roku, očištěná od sezónnosti. Vypočte se podle vztahu (124).

$$P_{tk} = \frac{p_{tk}}{s_t} \quad (t=1, 2, \dots, n_t; k=1, 2, \dots, T) \quad (124)$$

Vyrovnaním skutečných očištěných potřeb p_{tk} se získají hodnoty $\hat{P}_k$ - hledané vyrovnané očištěné potřeby za období v k -tém roce. Metody vyrovnavání očištěných potřeb jsou závislé na tom, zda potřeba má nebo nemá trend.

V případě, že **potřeba nemá trend**, pak podle analogie s potřebou ustáleného charakteru - viz výraz (89) – zde jako aproximaci použijeme vztah (125).²⁴⁷

$$\hat{P}_k = \bar{p} \quad (125)$$

Veličina $\hat{P}_k$ má stejnou hodnotu jak pro všechny roky $k = 1, 2, \dots, T$, tak i pro následující rok $k = T + 1$. Z toho vyplývá pro t -té období předpověď potřeby (126).

$$\hat{p}_{t,T+1} = s_t \cdot \bar{p} \quad (126)$$

Jestliže **potřeba má trend**, tak sumární potřeby za jednotlivé roky systematicky rostou nebo systematicky klesají. Použití lineární vyrovnavací funkce pro potřeby očištěné od sezónnosti zde naráží na překážku. Vykazuje-li potřeba trend, ten bude zahrnut do sezónních indexů – je totiž považován za jednu ze systematických odchylek od průměrné (měsíční) potřeby během roku. Z toho důvodu H. HORÁKOVÁ a J. KUBÁT navrhuji použít následující postup.²⁴⁸

²⁴⁶ HORÁKOVÁ, H., KUBÁT, J. *Řízení zásob. Logistické pojetí, metody, aplikace, praktické úlohy*. 3. vyd. Praha: Profess Consulting, 1999. s. 154. ISBN 80-85235-55-2

²⁴⁷ tamtéž, s. 155.

²⁴⁸ tamtéž, s. 156.

Hledá se předpověď sumární roční potřeby $\hat{Sp}_{T+1}$ pro rok $k = T + 1$. Sumární skutečná potřeba za k -tý rok, označená symbolem Sp_k , je dána vztahem (127).

$$Sp_k = \sum_{t=1}^{n_t} p_{tk} \quad (k=1, 2, \dots, T) \quad (127)$$

Z této veličiny se určí vyrovnaná očištěná potřeba za jedno období v k -tém roce pomocí vzorce (128).²⁴⁹

$$\hat{P}_k = \frac{Sp_k}{n_t} \quad (k=1, 2, \dots, T) \quad (128)$$

K určení veličiny $\hat{Sp}_{T+1}$ se zkonstruuje lineární vyrovnávací funkce (129), kde A je trendová změna sumární potřeby za rok. Parametry A , B lineární vyrovnávací funkce se odhadnou opět metodou nejmenších čtverců.

$$\hat{Sp}_k = A \cdot k + B \quad (129)$$

Po stanovení parametrů A , B se vypočte hledaná veličina $\hat{Sp}_{T+1}$ z rovnice funkce (130).

$$\hat{Sp}_{T+1} = A \cdot (T+1) + B \quad (130)$$

Očekávaná očištěná potřeba $\hat{P}_{T+1}$ je pro všechna období roku $k = T + 1$ stejná a má velikost (131).

$$\hat{P}_{T+1} = \frac{\hat{Sp}_{T+1}}{n_t} \quad (131)$$

Předpověď potřeby pro jednotlivá období $(T + 1)$ -ního roku se pak vypočítá podle vztahu (132).

$$\hat{p}_{t,T+1} = s_t \cdot \hat{P}_{T+1} = s_t \cdot \frac{\hat{Sp}_{T+1}}{n_t} \quad (t=1, 2, \dots, n_t) \quad (132)$$

Chyba předpovědi $D_t(p)$ se odhadne za předpokladu, že čím vyšší je potřeba v období (tzn. čím větší je sezónní index s_t), tím větší lze zpravidla očekávat její kolísání a proto i chybu její

²⁴⁹ HORÁKOVÁ, H., KUBÁT, J. *Řízení zásob. Logistické pojetí, metody, aplikace, praktické úlohy*. 3. vyd. Praha: Profess Consulting, 1999. s. 156. ISBN 80-85235-55-2

předpovědi. Chyba se odvozuje od reziduálního rozptylu očištěných potřeb, který lze určit pomocí přibližného vzorce (133).²⁵⁰

$$s_{\text{res}}^2(P) \approx \frac{1}{m-k} \cdot \sum_{k=1}^T \sum_{t=1}^{n_t} (P_{tk} - \hat{P}_k)^2 \quad (133)$$

Chybu předpovědi potřeby $D_t(p)$ lze za uvedeného předpokladu o intenzitě kolísání potřeby aproximovat vztahem (134).²⁵¹

$$D_t(p) \approx s_t^2 \cdot s_{\text{res}}^2(P) \quad (134)$$

Vypočtené hodnoty $D_t(p)$ podle vzorce (134) a $\hat{p}_t$ podle vztahu (132), resp. (126) se dosadí do vzorce pro výpočet velikosti pojistné zásoby (116).

Z výše uvedeného výkladu je zřejmé, že metoda M26 je značně náročná na objem vstupních dat a výpočetních operací. Je proto vhodná pro omezený počet nejdůležitějších položek zásob kategorie A, u kterých má potřeba nestacionární charakter, ať už z důvodu existence trendu nebo sezónních výkyvů. Oproti metodě M25 tato metoda chápe výkyvy na vstupu jako výkyvy v čase a ne jako výkyvy v množství. Pokud v podniku dochází k významným rozdílům mezi kontrahovaným a skutečně dodaným množstvím materiálu a variabilita pořizovací lhůty je poměrně malá, je vhodné dát přednost předchozí metodě M25. Vypočtené velikosti pojistné zásoby pomocí metody M26 je vhodné rovněž porovnat s velikostí pojistné zásoby podle metody M24 a v případě malých rozdílů zvážit výpočet pojistných zásob podle této metody M24 vzhledem k podstatně menší náročnosti na objem výpočtů. Naproti tomu v případě značného kolísání pořizovacích lhůt je metoda M26 prakticky jediná použitelná.

4.3 Stanovení velikosti pojistného faktoru

Pojistný faktor (v literatuře se také používá označení koeficient spolehlivosti,²⁵² koeficient jistoty,²⁵³ koeficient zajištěnosti,²⁵⁴ v angl. literatuře safety factor) je veličina, prostřednictvím které se do propočtu pojistné zásoby pomocí metod uvedených v částech 4.1.2 až 4.2 (metody M5 až M26, s výjimkou M22) vnáší požadovaná spolehlivost zabezpečení proti odchylkám. Jak bylo uvedeno v kap. 3.1.7, tato spolehlivost je odvozena od požadované úrovně služeb zákazníkům vyjádřené buď stupněm úplnosti dodávky nebo stupněm pohotovosti dodávky. Jelikož každý ukazatel měří něco jiného – stupeň úplnosti dodávky početnost deficitu, stupeň pohotovosti dodávky velikost deficitu zásob, musí se lišit i způsob určování a tedy i výše pojistného faktoru.

²⁵⁰ tamtéž, s. 157.

²⁵¹ HORÁKOVÁ, H., KUBÁT, J. *Řízení zásob. Logistické pojetí, metody, aplikace, praktické úlohy*. 3. vyd. Praha: Profess Consulting, 1999. s. 157. ISBN 80-85235-55-2

²⁵² UNČOVSKÝ, L. *Stochastické modely operační analýzy*. 1. vyd. Bratislava: ALFA, 1980. s. 248. ISBN neuvedeno

²⁵³ MANN, Q. *Optimalizace zásob v praxi*. 1. vyd. Praha: SNTL, 1979. s. 94. ISBN neuvedeno

²⁵⁴ HORÁKOVÁ, H., KUBÁT, J. *Řízení zásob. Logistické pojetí, metody, aplikace, praktické úlohy*. 3. vyd. Praha: Profess Consulting, 1999. s. 178. ISBN 80-85235-55-2

Optimální velikost pojistného faktoru lze stanovit několika způsoby:

- autonomně bez kritéria nákladů,
- optimalizací na základě kritéria nákladů,
- bodovacím způsobem.

4.3.1 Autonomní určení hodnoty pojistného faktoru

Tento způsob stanovení výše pojistného faktoru je poměrně častý a někdy i jediný možný v případě, kdy nelze v podniku zjistit velikost nákladů na udržování a skladování zásob a nákladů z nedostatku zásob. Nicméně i v tomto případě se doporučuje, alespoň odhadnout výši nákladů na udržování a skladování zásob a pro autonomně stanovenou spolehlivost zabezpečení propočítat pomocí vzorce (142) výši nákladů z nedostatku zásob. Management podniku by měl pak rozhodnout, zda taková výše nákladů z nedostatku zásob odpovídá realitě, a příp. následně podle toho upravit spolehlivost zabezpečení.²⁵⁵

4.3.1.1 Autonomní určení hodnoty pojistného faktoru pro požadovaný stupeň úplnosti dodávky

Obecně veličiny σ_n (viz vzorce 54, 57, 58), resp. σ_c (viz vzorce 44, 46, 47, 48, 49, 53, 61, 63, 69, 79, 90, 92, 104, 105, 115, 116) představují určitou jednicovou pojistnou zásobu. Pojistný faktor K zvyšuje tuto jednicovou pojistnou zásobu na K -násobek, takže čím vyšší je pojistná zásoba, tím vyšší je i pravděpodobnost uspokojení potřeby (stupeň úplnosti dodávky), a tedy nižší pravděpodobnost vzniku deficitu.

Za předpokladu, že náhodná potřeba určité položky zásob za pořizovací lhůtu se řídí normálním rozdělením, by pojistná zásoba ve výši dvou směrodatných odchylek pokryla potřebu v 95,44 % případů, pojistná zásoba ve výši tří směrodatných odchylek 99,74 % případů, jak ukazuje obr. č. 16. Takto stanovená pojistná zásoba by však pokrývala výkyvy ve srovnání se střední hodnotou nahoru i dolů. Protože nás při dimenzování výše pojistné zásoby zajímají jen odchylky nahoru (tj. zmenšující zásobu), kterých je v průměru 50 %, pojistná zásoba stanovená na úrovni $2 \cdot \sigma_c$ ve skutečnosti pokrývá až

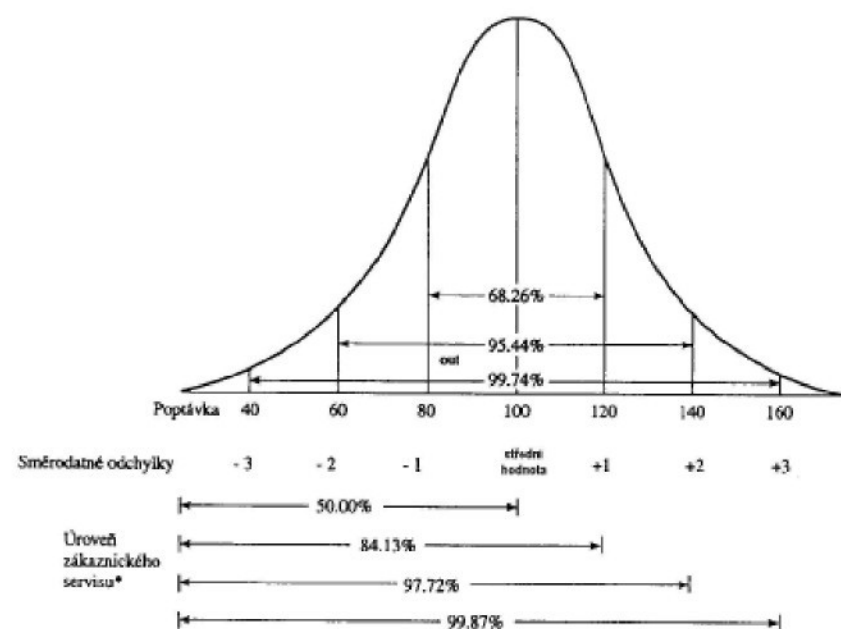
$$95,44 + \frac{100 - 95,44}{2} = 97,72 \text{ procent případů,}^{256} \text{ jak ukazuje spodní část obr. č. 16.}$$

Obdobně předpokládáme, že i ostatní použité veličiny (velikost dodávek, délka pořizovací lhůty, příp. délka dodávkového cyklu) splňují předpoklad normality.

Za těchto okolností lze pojistný faktor K definovat jako příslušný kvantil distribuční funkce normovaného normálního rozdělení. Hodnotu pojistného faktoru lze tak snadno vyhledat v tabulkách běžně uváděných ve statistické literatuře²⁵⁷ nebo pomocí statistického softwaru.

²⁵⁵ COLEMAN, B. J. Determining the correct service level target. In *Production and Inventory Management Journal*. First quarter 2000, Vol. 41, Issue 1, p. 19, 5 p. ISSN 0897-8336. In *ProQuest* [online]. Dostupné z: <<http://www.proquest.umi.com>>

²⁵⁶ GROS, I. *Logistika*. 1. vyd. Praha: VŠCHT, 1996. s. 137. ISBN 80-7080-262-6



* Měřeno jako procento cyklů objednávek, kterých se nedotkne vyčerpání zásob. Je to procento pravděpodobnosti, že během cyklu doplnění zásob nedojde k vyčerpání zásob.

obr. č. 16 - Normální rozdělení potřeby²⁵⁸

Pro vybrané hodnoty stupně úplnosti dodávky jsou velikosti pojistného faktoru uvedeny v tab. č. 13.

Požadovaný stupeň úplnosti dodávek α	Pojistný faktor K	Požadovaný stupeň úplnosti dodávek α	Pojistný faktor K
50	0,000	85	1,040
60	0,250	90	1,285
65	0,385	95	1,650
70	0,525	99	2,330
75	0,675	99,99	3,720
80	0,850	99,9999	4,760

tab. č. 13 - Velikost pojistného faktoru pro různé stupně úplnosti dodávky (variabilita kolísání měřena celkovou směrodatnou odchylkou)²⁵⁹

Z tab. č. 13 a obr. č. 17 je patrné, že při $K = 0$ je pojistná zásoba rovna nule, takže k uspokojování očekávané potřeby je k dispozici pouze obrátová zásoba, určená na úrovni dosavadní střední hodnoty náhodné potřeby. Za tohoto stavu je pravděpodobnost uspokojení potřeby (stupeň úplnosti dodávky) 50 %. Vytvoření pojistné zásoby ve výši jednonásobku σ_c

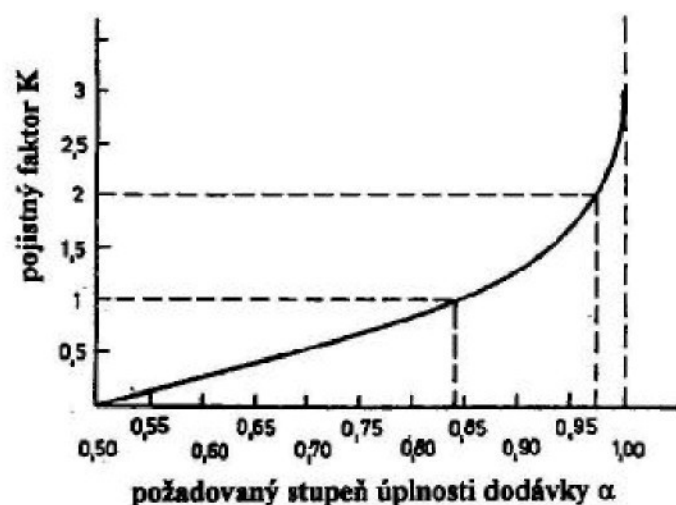
²⁵⁷ např. CYHELSKÝ, L., KAHOUNOVÁ, J., HINDLS, R. *Elementární statistická analýza*. 1. vyd. Praha: Management Press, 1996. s. 288. ISBN 80-85943-18-2

²⁵⁸ LAMBERT, D. M., STOCK, J. R., ELLRAM, L. M. *Logistika*. 1. vyd. Praha: Computer Press, 2000. s. 142. ISBN 80-7226-221-1

²⁵⁹ TOMEK, G., TOMEK, J. *Nákupní marketing*. 1. vyd. Praha: Grada Publishing, 1996. s. 81. ISBN 80-85623-96-X

($K = 1$) zvýší tuto pravděpodobnost asi na 84 % (přírůstek o 34 procentních bodů). Přidáním další jednicové pojistné zásoby ($K = 2$) se stupeň úplnosti dodávky zvýší asi na 97,7 % (tj. přírůstek 13,7 procentních bodů). Z uvedeného je zřejmé, že druhá jednice pojistné zásoby zvýšila pravděpodobnost již jen méně než o polovinu toho, čím přispěla první jednice. Třetí jednice ($K = 3$) zvýší pravděpodobnost uspokojení asi na 99,8 % (tj. přírůstek jen o další 2,1 procentního bodu).²⁶⁰

Přínosy dalších jednicových dávek prudce klesají, takže je zřejmé, že velmi vysoký stupeň úplnosti dodávky je nutno „zaplatit“ velmi vysokou pojistnou zásobou a tedy i velmi vysokými náklady na udržování a skladování zásob.



obr. č. 17 - Závislost výše pojistného faktoru na požadovaném stupni úplnosti dodávky²⁶¹

Jak však bylo uvedeno, některé metody (M12 a M24) měří variabilitu kolísání pomocí průměrných absolutních odchylek. V takovém případě nelze použít ke stanovení výše pojistného faktoru tabulku kvantilů distribuční funkce normovaného normálního rozdělení. V kap. 4.1.2.1.8 a 4.2.2 byl naznačen možný postup řešení. Průměrné absolutní odchylky lze přepočítat na směrodatné odchylky pomocí přibližného vztahu (60) nebo pro stanovení výše pojistného faktoru použijeme speciální tab. č. 14.

Požadovaný stupeň úplnosti dodávek α	Pojistný faktor K	Požadovaný stupeň úplnosti dodávek α	Pojistný faktor K
50	0	96	2,19
70	0,84	97	2,35
80	1,05	98	2,56
85	1,30	99	2,91
90	1,60	99,5	3,20
95	2,06	99,99	5,00

tab. č. 14 - Velikost pojistného faktoru pro různé stupně úplnosti dodávky (variabilita kolísání měřena průměrnou absolutní odchylkou)²⁶²

²⁶⁰ MANN, Q. *Optimalizace zásob v praxi*. 1. vyd. Praha: SNTL, 1979. s. 95. ISBN neuvedeno

²⁶¹ MANN, Q. *Optimalizace zásob v praxi*. 1. vyd. Praha: SNTL, 1979. s. 95. ISBN neuvedeno. (upraveno autorem)

²⁶² KRUPP, J. A.G. Managing demand variations with safety stock. In *Journal of Business Forecasting Methods & Systems*. Summer 1997, Vol. 16, Issue 2, p. 8, 4 p. ISSN 0278-6087. In *EBCSO* [online]. Dostupné z: <<http://www.ehostvgw6.epnet.com>>

Interval, ve kterém budeme v praxi hledat hodnotu pojistného faktoru, bude ležet zřejmě mezi $K = 1$ až $K = 2,33$ (pro celkovou směrodatnou odchylku), resp. $K = 1,30$ až $K = 2,91$ (pro průměrnou absolutní odchylku). Při nižších hodnotách K by pravděpodobnost vyčerpání zásoby byla příliš vysoká a navíc poměrně malým přírůstkem pojistné zásoby podnik podstatně zvýší spolehlivost zabezpečení proti vyčerpání zásob. Naproti tomu zvyšování pojistného faktoru nad uvedenou horní mez je již obvykle nerentabilní. Stanovení konkrétní hodnoty pojistného faktoru v uvedeném rozpětí bude záviset na řadě faktorů – důležitosti dané položky zásob, snadnosti obstarání dané položky od náhradního dodavatele, možnosti použití náhradního materiálu apod.

4.3.1.2 Autonomní určení hodnoty pojistného faktoru pro požadovaný stupeň pohotovosti dodávky

Jak bylo uvedeno v kap. 3.1.7.1, doporučuje se v literatuře z poslední doby stanovovat výši pojistné zásoby s ohledem na požadovaný stupeň pohotovosti dodávky.²⁶³ Je tomu tak proto, že ve stále se zostřujícím konkurenčním prostředí nestačí znát pravděpodobnost, s jakou dojde k deficitu zásoby, ale je nutno znát i očekávanou velikost tohoto deficitu.

Označme symbolem $\tau(K)$ očekávaný počet chybějících jednotek během každé pořizovací lhůty za předpokladu, že $\sigma_c = 1$. Hodnoty funkce $\tau(K)$, která se někdy nazývá jako pomocná²⁶⁴ nebo servisní,²⁶⁵ lze získat z tzv. Brownovy tabulky,²⁶⁶ která je uvedena v příloze č. 1.

Předpokládejme, že cílem podniku je dosáhnout spolehlivosti zabezpečení β . V tom případě bude celková výše chybějící zásoby za rok $(1 - \beta) \cdot Q$ jednotek množství. Jestliže materiál je objednáván v dávkách o velikosti x , tak za rok bude vystaveno Q/x objednávek. Očekávaný počet chybějících jednotek materiálu během jednoho cyklu je dán součinem $\tau(K) \cdot \sigma_c$, neboť hodnoty funkce $\tau(K)$ jsou tabelovány pro $\sigma_c = 1$. To znamená, že musí platit rovnost (135).²⁶⁷

$$(1 - \beta) \cdot Q = \tau(K) \cdot \sigma_c \cdot \frac{Q}{x} \quad (135)$$

Po úpravách dostaneme výraz (136).

$$\tau(K) = \frac{(1 - \beta) \cdot x}{\sigma_c} \quad (136)$$

²⁶³ např. HORÁKOVÁ, H., KUBÁT, J. *Řízení zásob. Logistické pojetí, metody, aplikace, praktické úlohy*. 3. vyd. Praha: Profess Consulting, 1999. s. 168. ISBN 80-85235-55-2 nebo

CHASE, R. B., AQUILANO, N. J. *Production and Operations Management. Manufacturing and Services*. 7th ed. Chicago: Irwin, 1995. p. 556. ISBN 0-256-14023-5

²⁶⁴ HORÁKOVÁ, H., KUBÁT, J. *Řízení zásob. Logistické pojetí, metody, aplikace, praktické úlohy*. 3. vyd. Praha: Profess Consulting, 1999. s. 179. ISBN 80-85235-55-2

²⁶⁵ LAMBERT, D. M., STOCK, J. R., ELLRAM, L. M. *Logistika*. 1. vyd. Praha: Computer Press, 2000. s. 145. ISBN 80-7226-221-1

²⁶⁶ CHASE, R. B., AQUILANO, N. J. *Production and Operations Management. Manufacturing and Services*. 7th ed. Chicago: Irwin, 1995. p. 557. ISBN 0-256-14023-5

²⁶⁷ tamtéž, s. 560.

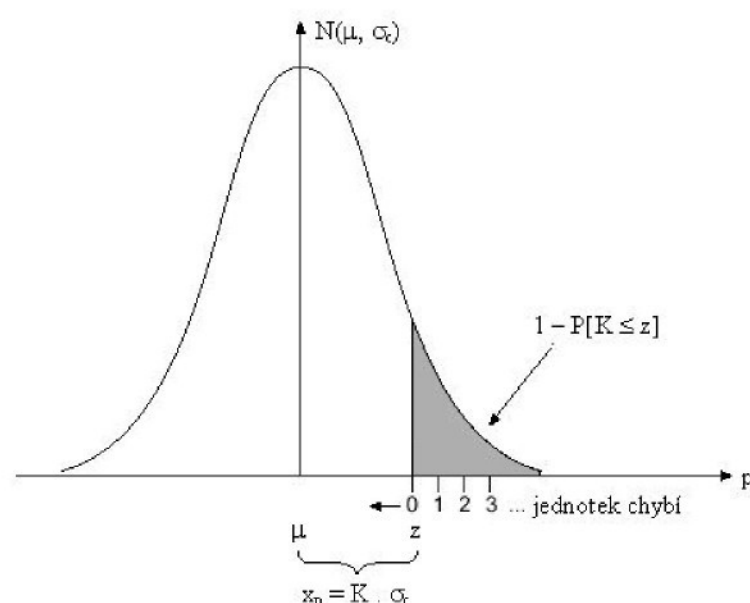
Vzorec (136) platí za předpokladu fixních velikostí dodávek. Lze ho proto použít pro Q – systém řízení zásob (viz kap. 3.1.1.1). Pro případ proměnlivých velikostí dodávek (P – systém řízení zásob, viz kap. 3.1.1.2) uvádějí R. B. CHASE a N. J. AQUILANO výraz (137).²⁶⁸

$$\tau(K) = \frac{(1-\beta) \cdot \bar{p} \cdot t_k}{\sqrt{(t_p + t_k) \cdot \sigma_c^2}} \quad (137)$$

Postup při stanovování výše pojistného faktoru pro požadovaný stupeň pohotovosti dodávky je tedy poněkud obtížnější než pro stupeň úplnosti dodávky. Nejprve je nutno určit hodnotu pomocné funkce $\tau(K)$ podle vztahu (136), resp. (137) a potom se v Brownově tabulce vyhledá odpovídající velikost pojistného faktoru.

Jak však uvádí B. ADENSO-DÍAZ, výše uvedený postup nebere v úvahu, že v některých cyklech nedochází k vyčerpání zásoby. To znamená, že uvedeným postupem nelze zjistit průměrný počet chybějících jednotek v případě, že skutečně dojde k deficitu zásoby.²⁶⁹

Jestliže pojistná zásoba během pořizovací lhůty pokrývá odchylky o velikosti z jednotek (viz obr. č. 18), pak k deficitu dochází v případě, že $p > z$.



obr. č. 18 - Velikost pojistné zásoby a deficitu zásoby²⁷⁰

To znamená, že je nutno určit průměr hodnot vyšších než z , tj. $E|K - z| > 0$, kde z je množství potřeby pokryté pojistnou zásobou. Průměrný počet chybějících jednotek za předpokladu $\sigma_c = 1$ je dán výrazem (138).²⁷¹

²⁶⁸ tamtéž, s. 563.

²⁶⁹ DÍAZ-ADENSO, B. How many units will be short when stockout occurs? In *International Journal of Operations & Production Management*. 1996, Vol. 16, Issue 4, p. 112, 7 p. ISSN 0144-3577. In *EBCSO* [online]. Dostupné z: <<http://www.ehostvgw6.epnet.com>>

²⁷⁰ tamtéž, s. 117.

²⁷¹ tamtéž, s. 118.

$$h(K) = \frac{1}{1-F(z)} \cdot \int_z^{\infty} (K-z) \cdot f(K) dK = \frac{\tau(K)}{1-F(z)} \quad (138)$$

Tabelované hodnoty funkce $h(K)$ jsou uvedeny v příloze č. 2. Očekávaný počet chybějících jednotek v případě, že dojde k deficitu, se určí jako součin $h(K) \cdot \sigma_c$.

Tabelovaných hodnot funkce $h(K)$ lze využít i pro určení velikosti pojistného faktoru. Stanoví se hodnota funkce $h(K)$ pro maximální výši průměrného přípustného deficitu zásoby dle vztahu (139) a v tabulce v příloze č. 2 se vyhledá odpovídající velikost pojistného faktoru.

$$h(K) = \frac{\bar{x}_{\text{def.}}}{\sigma_c} \quad (139)$$

Stupeň pohotovosti dodávky, který odpovídá stanovenému pojistnému faktoru, se určí podle vztahu (140).

$$\beta = 1 - \tau(K) \cdot \frac{\sigma_c}{x} \quad (140)$$

Existují tedy dva základní způsoby stanovení výše pojistného faktoru. Jedna možnost spočívá ve stanovení pojistného faktoru přímo pro požadovaný stupeň pohotovosti dodávky pomocí servisní funkce $\tau(K)$. Průměrný počet chybějících jednotek, jestliže dojde k deficitu, se pak určí jako součin hodnoty funkce $h(K)$ a celkové směrodatné odchylky. Při druhém postupu není výše pojistného faktoru stanovena přímo pro určitý stupeň pohotovosti dodávky, ale určí se podle maximální přípustné výše deficitu a celkové směrodatné odchylky. Odpovídající stupeň úplnosti dodávky se propočítá pomocí vztahu (140).

4.3.2 Nákladově optimální hodnota pojistného faktoru

Optimální stupeň spolehlivosti zabezpečení proti odchylkám je takový, při kterém jsou náklady na udržování a skladování pojistné zásoby kompenzovány výnosy vyplývajícími z její existence (tj. z eliminace ztrát a vícenákladů z nedostatku zásob).²⁷²

Předpokladem pro možnost určení pojistného faktoru na základě kritéria nákladů je důsledná evidence nákladů na udržování a skladování jednotlivých položek zásob a nákladů z nedostatku zásob (viz kap. 2.2). Optimální úroveň spolehlivosti zabezpečení se obvykle stanovuje pro stupeň úplnosti dodávky. Odpovídající velikost stupně pohotovosti dodávky se určí podle vztahu (140).

V zásadě existují dva způsoby stanovení velikosti pojistného faktoru nákladovým způsobem:

- nepřímá metoda výpočtu,
- přímá metoda výpočtu.

²⁷² TOMEK, J., HOFMAN, J. *Moderní řízení nákupu podniku*. 1. vyd. Praha: Management Press, 1999. s. 200. ISBN 80-85943-73-5

V prvním případě se nejprve stanoví nákladově optimální stupeň úplnosti dodávky a odpovídající výše pojistného faktoru se vyhledá ve druhém sloupci tab. č. 13.

Ve druhém případě se výše pojistného faktoru vypočítá přímo z hodnot jednotlivých složek nákladů a odpovídající stupeň úplnosti dodávky lze vyhledat v prvním sloupci tab. č. 13.

4.3.2.1 Stanovení pojistného faktoru nepřímo na základě nákladově optimálního stupně úplnosti dodávky

Nejjednodušší způsob výpočtu vychází z následující úvahy: S rostoucí velikostí pojistné zásoby se zvyšují náklady na udržování a skladování a naopak klesají náklady z nedostatku zásob. Optimální stupeň úplnosti dodávky (v procentech) je potom dán přibližně výrazem (141).²⁷³

$$\alpha = \frac{c_z}{c_z + c_s} \cdot 100 \quad (141)$$

Náklady na udržování a skladování zásob a náklady z nedostatku zásob musí být ve vzorci (141) vztaženy ke stejné časové jednotce. Odpovídající výše pojistného faktoru K se vyhledá v tab. č. 13.

Způsob stanovení optimálního stupně úplnosti dodávky výše uvedeným způsobem je poněkud zjednodušený, neboť nebere v úvahu velikost objednávky ani velikost potřeby. Přesnější metodu stanovení nákladově optimální spolehlivosti zabezpečení uvádí B. J. COLEMAN²⁷⁴ – viz vztah (142).

$$\alpha = 1 - \frac{c_s \cdot x}{c_z \cdot Q} \quad (142)$$

Na rozdíl od vztahu (141) je zde veličina c_z vyjádřena ve formě nezávislé na čase – tzn. náklady z nedostatku jednotky zásob. První podíl c_s/c_z udává optimální počet případů nedostatku zásob za rok. Druhý poměr Q/x udává počet dodávkových cyklů za rok nebo jinými slovy, počet časových úseků, v nichž může dojít k deficitu zásoby. Vzájemný poměr obou podílů pak udává pravděpodobnost, že dojde k vyčerpání zásoby během jednoho dodávkového cyklu (pořizovací lhůty). Jelikož stupeň úplnosti dodávky je definován jako pravděpodobnost, že během cyklu doplnění zásob nedojde k vyčerpání zásob, lze ho charakterizovat vztahem (142).²⁷⁵

Stejný způsob stanovení optimálního stupně úplnosti dodávky uvádějí i H. J. WEISS a M. E. GERSHON.²⁷⁶

²⁷³ TOMEK, G., TOMEK, J. *Nákupní marketing*. 1. vyd. Praha: Grada Publishing, 1996. s. 101. ISBN 80-85623-96-X

²⁷⁴ COLEMAN, B. J. Determining the correct service level target. In *Production and Inventory Management Journal*. First quarter 2000, Vol. 41, Issue 1, p. 19, 5 p. ISSN 0897-8336. In ProQuest [online]. Dostupné z: <<http://www.proquest.umi.com>>

²⁷⁵ tamtéž, s. 21.

²⁷⁶ WEISS, H. J., GERSHON, M. E. *Production and Operations Management*. 2nd ed. Massachusetts: Allyn and Bacon, 1989. p. 639. ISBN 0-205-11724-4

Jinou metodu určení pojistného faktoru popisuje Q. MANN. Podle této metody lze nákladově optimální hodnotu pojistného faktoru určit jako extrém (minimum) funkce celkových nákladů. Konstrukce funkcí bude záviset na povaze nákladů z nedostatku zásob.

Závisí-li náklady z nedostatku zásob na počtu chybějících jednotek (v praxi je tomu prakticky vždy – pozn. autora), je v citovaném díle odvozen výraz (143).²⁷⁷

$$F(K) = 1 - \frac{c_s}{c_z} \quad (143)$$

$F(K)$ je distribuční funkce normovaného normálního rozdělení. Optimální hodnotu K vyhledáme v tabulce č. 13. Protože funkce $F(K)$ může nabývat pouze hodnot v intervalu $(0, 1)$, je zřejmé, že zlomek c_s/c_z by neměl nabýt hodnoty větší než 1. Je ovšem málo pravděpodobné, že by se takový případ v praxi vyskytl. Veličina c_z je zde definována stejným způsobem jako u předcházejícího způsobu výpočtu.

Složitější situace by nastala, pokud by náklady z nedostatku zásob byly konstantní. Nákladově optimální hodnota pojistného faktoru by se v takovém případě musela vyhledat v tabulkách hustoty pravděpodobnosti normovaného normálního rozdělení. Vzhledem k tomu, že tato situace v praxi nemůže téměř nikdy nastat, nebudeme zde postup výpočtu uvádět. V případě nutnosti je uveden v citovaném díle.²⁷⁸

Z výše uvedených metod stanovování výše pojistného faktoru se jeví jako nejvhodnější pro praktické použití způsob dle vzorce (142). Zbývající dva způsoby neberou v úvahu velikost potřeby, ani velikost dodávky.

4.3.2.2 Stanovení pojistného faktoru přímo na základě výše nákladů na udržování a skladování zásob a nákladů z nedostatku zásob

Možný postup výpočtu uvádí L. UNČOVSKÝ. Při odvozování modelu se vychází z nákladů z nedostatku zásob, které vznikají tehdy, pokud je potřeba vyšší než $\mu + K \cdot \sigma_c$. Pravděpodobnost nedostatku zásob se rovná doplňkové distribuční funkci, kterou pro normální rozdělení dostaneme integrováním hustoty (144) od $\mu + K \cdot \sigma_c$ do ∞ .²⁷⁹

$$f(p) = \frac{1}{\sigma_c \cdot \sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{(p-\mu)^2}{2\sigma_c^2}} \quad (144)$$

Celkové náklady z nedostatku zásob se rovnají součinu uvedené doplňkové distribuční funkce, nákladů z nedostatku zásob c_z za jeden cyklus a počtu cyklů v , tj. dostaneme (145).²⁸⁰

²⁷⁷ MANN, Q. *Optimalizace zásob v praxi*. 1. vyd. Praha: SNTL, 1979. s. 92. ISBN neuvedeno

²⁷⁸ MANN, Q. *Optimalizace zásob v praxi*. 1. vyd. Praha: SNTL, 1979. s. 93. ISBN neuvedeno

²⁷⁹ UNČOVSKÝ, L. *Stochastické modely operační analýzy*. 1. vyd. Bratislava: ALFA, 1980. s. 249. ISBN neuvedeno

²⁸⁰ tamtéž, s. 249.

$$N_z = c_z \cdot v \cdot \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma_c}} \int_{K \cdot \sigma_c}^{\infty} e^{\frac{-(-p^2)}{2\sigma_c^2}} dp \quad (145)$$

Při stanovování nákladů na udržování a skladování zásob se berou v úvahu pouze náklady na držení pojistné zásoby. Náklady skladování se vypočítají jako $c_s \cdot K \cdot \sigma_c$.

Nákladová funkce se rovná výrazu (146).²⁸¹

$$N(x_p) = c_z \cdot v \cdot \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma_c}} \int_{K \cdot \sigma_c}^{\infty} e^{\frac{-(-p^2)}{2\sigma_c^2}} dp + c_s \cdot K \cdot \sigma_c \quad (146)$$

Za účelem nalezení minimální hodnoty K , funkci (146) zderivujeme podle K a derivaci položíme rovnou nule. Po úpravách dostaneme vzorec (147) pro optimální hodnotu pojistného faktoru K .²⁸²

$$K = \sqrt{2 \cdot \ln \frac{c_z \cdot v}{c_s \cdot \sigma_c \cdot \sqrt{2\pi}}} \quad (147)$$

Odpovídající hodnotu stupně úplnosti dodávky lze vyhledat v tab. č. 13, hodnota stupně pohotovosti dodávky se určí dle vztahu (140).

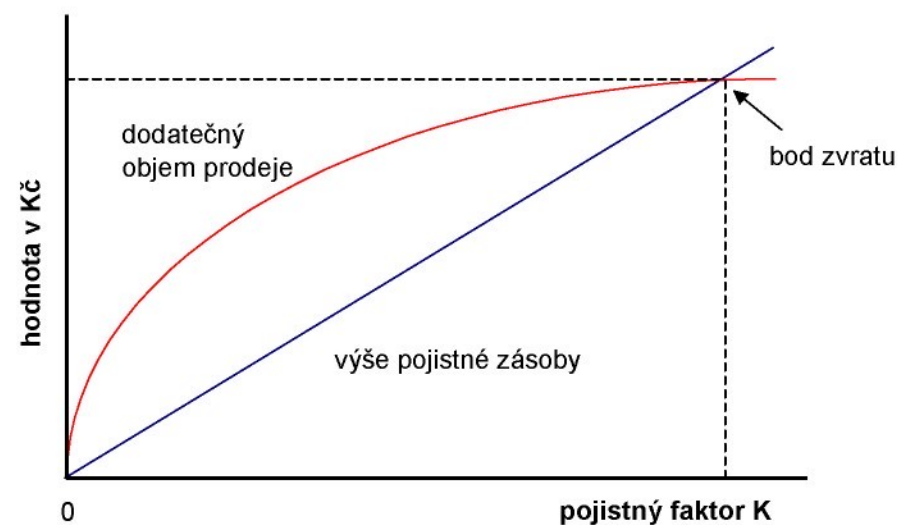
Zajímavý způsob určení optimální výše pojistného faktoru na základě analýzy marginálních nákladů a marginálních příjmů uvádí J. A. G. KRUPP.²⁸³

Základním předpokladem použití této metody je evidence neuspokojených objednávek zákazníků. Při úrovni $K = 0$ bude velikost neuspokojených požadavků maximální, neboť podnik neudrží žádnou pojistnou zásobu. Se zvyšující se velikostí K (tedy i s rostoucí velikostí pojistné zásoby) bude počet neuspokojených objednávek klesat. Vztah mezi výší K a dodatečně uspokojenými požadavky („zachráněnými“ prodeji) je nelineární. Zvýšení K o 1 % přinese vyšší přírůstek objemu prodeje při $K = 1$ než při $K = 4$. Graficky tuto závislost zobrazuje obr. č. 19.

²⁸¹ tamtéž, s. 250.

²⁸² tamtéž, s. 250.

²⁸³ KRUPP, J. A.G. Managing demand variations with safety stock. In *Journal of Business Forecasting Methods & Systems*. Summer 1997, Vol. 16, Issue 2, p. 8, 4 p. ISSN 0278-6087. In *EBCSO* [online]. Dostupné z: <<http://www.ehostvgw6.epnet.com>>



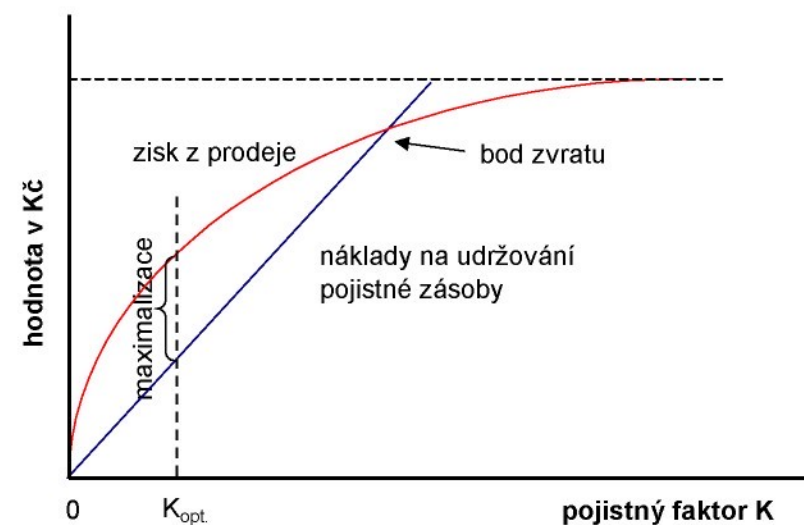
obr. č. 19 - Závislost objemu prodeje a výše pojistné zásoby na výši pojistného faktoru²⁸⁴

V bodě, ve kterém se obě křivky protnou, se celkový dodatečný objem prodeje právě rovná velikosti pojistné zásoby. Další zvyšování pojistné zásoby nad tuto mez již nepřináší žádný efekt. Naopak pod tímto bodem zvratu je efekt držení pojistné zásoby kladný.

Optimální úroveň pojistného faktoru však musí být stanovena na základě porovnání nákladů na držení pojistné zásoby a zisku z prodeje. Za tímto účelem se dodatečný objem prodeje vynásobí ziskovostí prodeje a velikost pojistné zásoby sazbou nákladů na držení a skladování zásob. Celkový efekt (příjem) je potom dán rozdílem zisku z prodeje a nákladů na držení pojistné zásoby (viz obr. č. 20). Všimněme si, že sklon obou křivek i vzdálenost mezi nimi je odlišná od obr. č. 19. Je tomu tak proto, že jsme absolutní veličiny prodeje a nákladů vynásobili určitými koeficienty. Křivky se nacházejí blíže k sobě z důvodu, že obvykle je ziskovost prodeje nižší než sazba nákladů na udržování a skladování zásob.²⁸⁵

²⁸⁴ tamtéž, s. 8 – 12.

²⁸⁵ tamtéž, s. 8 – 12.



obr. č. 20 - Stanovení optimální výše pojistného faktoru²⁸⁶

Optimální úroveň pojistného faktoru se nachází v bodě, ve kterém je maximální rozdíl mezi ziskem ze „zachráněných“ prodejů a náklady na držení pojistné zásoby. V tomto bodě obě veličiny rostou stejně rychle.

Tímto způsobem lze stanovit optimální výši pojistného faktoru bez ohledu na konkrétní veličinu charakterizující spolehlivost zabezpečení proti odchylkám. Samozřejmě lze velmi snadno pro takto stanovenou pojistnou zásobu propočítat odpovídající stupeň úplnosti nebo pohotovosti dodávky.

4.3.3 Stanovení pojistného faktoru bodovacím způsobem

Zjištění pojistného faktoru na základě kritéria nákladů je poměrně obtížné. Jeho stanovení autonomně, na základě zkušeností, skrývá nebezpečí subjektivního zkreslení. V teorii i v praxi se proto objevují snahy o určitou kvantifikaci hledisek pro určení pojistného faktoru, která nahradí nákladové kritérium. Vytvářejí se různé bodovací soustavy. Bodováním se vyjadřuje spolehlivost dodavatele, možnost záměny zdrojů materiálu, významnost materiálu v procesu spotřeby, charakter potřeby, důsledky nedostatku apod. Příklad takové bodovací soustavy (viz tab. č. 15) pro určení hodnoty pojistného faktoru uvádějí G. TOMEK a J. TOMEK.²⁸⁷

Tab. č. 15 se používá tak, že se konkrétní položce zásob přiřazují podle uvedených hledisek body a jejich součet zvětšený o základ 50 bodů udává optimální stupeň úplnosti dodávky, vyjádřený v procentech. Odpovídající hodnota pojistného faktoru se stanoví podle tab. č. 13.

²⁸⁶ KRUPP, J. A.G. Managing demand variations with safety stock. In *Journal of Business Forecasting Methods & Systems*. Summer 1997, Vol. 16, Issue 2, p. 8, 4 p. ISSN 0278-6087. In *EBSCO* [online]. Dostupné z: <<http://www.ehostvgw6.epnet.com>>

²⁸⁷ TOMEK, G., TOMEK, J. *Nákupní marketing*. 1. vyd. Praha: Grada Publishing, 1996. s. 84. ISBN 80-85623-96-X

Ukazatel	Bodové hodnocení
1. Charakter dodávek od dodavatele:	
1.1. Cykličnost výroby (dovozu) u výrobce	
- každý měsíc	1
- každý druhý měsíc	3
- čtvrtletně	6
- pololetně	9
- v delších obdobích	13
1.2. Interval dodávek od dodavatele (dodávkový cyklus)	
- týdně (běžně)	1
- měsíčně	2
- čtvrtletně	3
- pololetně	6
- v delších lhůtách	10
2. Možnosti náhradního opatřování:	
2.1. Postavení dodavatelů a dalších odběratelů	
- prodej také v maloobchodě	1
- více dodavatelů a více odběratelů	3
- monopolní dodavatel, více odběratelů, a naopak	6
- v tuzemsku monopolní dodavatel a monopolní odběratel	9
- výhradně z dovozu	13
2.2. Nahraditelnost jinými výrobky	
- výrobek je postradatelný	1
- výrobek je snadno nahraditelný	3
- výrobek je obtížně nahraditelný	5
- výrobek není nahraditelný	9
3. Technologická povaha výrobku:	
- používá se jen k režijní spotřebě	1
- používá se jak k režijní, tak k výrobní spotřebě	2
- používá se jen k výrobní spotřebě a jako materiál pro jediný výrobek	5
- používá se jen k výrobní spotřebě a jako materiál pro více výrobků	9

tab. č. 15 - Bodovací soustava pro určení pojistného faktoru²⁸⁸

Závěrem lze k jednotlivým metodám určování výše pojistného faktoru doporučit následující postup. U důležitých položek zásob (kategorie A) je nezbytné, aby podnik sledoval výši nákladů na udržování a skladování zásob i nákladů z nedostatku zásob. Pojistný faktor by proto měl být stanovován na základě kritéria nákladů. Jako nejvhodnější se jeví propočet dle vztahu (142). U důležitých položek zásob je také třeba znát stupeň pohotovosti dodávky dle (140), nestačí se spokojit s výpočtem pravděpodobnosti, že nedojde k vyčerpání zásoby. U takových položek zásob lze doporučit i výpočet průměrného počtu chybějících jednotek v případě, že dojde k deficitu zásoby.

²⁸⁸ TOMEK, G., TOMEK, J. *Nákupní marketing*. 1. vyd. Praha: Grada Publishing, 1996. s. 85. ISBN 80-85623-96-X

U středně a méně důležitých položek zásob (kategorie B a C) lze doporučit stanovování pojistného faktoru např. podle výše uvedeného bodovacího způsobu, případně autonomním způsobem dle kap. 4.3.1. V tomto případě je ale vhodné vypočítat pomocí vztahu (142) velikost nákladů z nedostatku zásob odpovídající této spolehlivosti zabezpečení a posoudit, zda výše těchto nákladů zhruba odpovídá realitě. V opačném případě je nutno výši pojistného faktoru dále korigovat do té míry, až bude odpovídat požadované spolehlivosti zabezpečení proti odchylkám.

5. Řízení pojistných zásob v logistických řetězcích

V předcházející kapitole 4 bylo uvedeno, že volba určité metody stanovení pojistné zásoby může mít závažný vliv na velikost pojistné zásoby. Významným faktorem ovlivňujícím celkovou výši pojistných zásob je ale i např. počet skladovacích lokalit nebo místo v hmotném toku, na kterém se zásoba nachází (viz kap. 3.1.4).

Obecně je známo, že hladina zásob se zvyšuje s počtem skladovacích lokalit. Při skladování položek s nízkým objemem prodeje v několika distribučních centrech je nutno celkovou poptávku po těchto produktech vydělit počtem lokalit. V každé lokalitě se musí udržovat určitá pojistná zásoba tohoto produktu. Pokud by se tento typ položek skladoval v nějakém centrálním zařízení, celková pojistná zásoba by byla podstatně nižší.²⁸⁹ Jak však bude ukázáno v kap. 5.1, předcházející tvrzení nemusí být vždy pravdivé za předpokladu, že skladový systém je řízen centrálně.

V první části této kapitoly si proto ukážeme, jaký vliv má centralizace zásob na celkovou výši pojistné zásoby. Ve druhé části kapitoly bude poukázáno na fakt, že snížení pojistných zásob nemusí být dosaženo pouze snížením počtu skladovacích míst, ale i vzájemnými přesuny zásob mezi jednotlivými lokalitami. Ve třetí části kapitoly se pokusíme nalézt optimální polohu bodu rozpojení s ohledem na náklady na držení pojistné zásoby.

5.1 Portfóliový efekt centralizace skladové sítě

Pod pojmem portfóliový efekt se v literatuře označuje relativní snížení výše pojistných zásob v důsledku konsolidace zásob. Nejjednodušším způsobem ho můžeme vyjádřit vzorcem (148).²⁹⁰

$$PE = 1 - \frac{\text{centralizovaná pojistná zásoba}}{\text{decentralizovaná pojistná zásoba}} \quad (148)$$

Jednoduchý model zásobovacího systému, ve kterém dochází ke snížení pojistných zásob, uvádí L. UNČOVSKÝ. Tento model předpokládá decentralizovaný systém, který se skládá z M skladů se stejnými podmínkami skladování, se stejným rozdělením spotřeby (poptávky) a stejnými náklady.²⁹¹ Velikost zásoby v jednom skladu se rovná (149).

$$x_c = \bar{x}_b + K \cdot \sigma_c \quad (149)$$

Souhrnné zásoby ve všech M skladech jsou dány výrazem (150).

$$M \cdot (\bar{x}_b + K \cdot \sigma_c) \quad (150)$$

²⁸⁹ LAMBERT, D. M., STOCK, J. R., ELLRAM, L. M. *Logistika*. 1. vyd. Praha: Computer Press, 2000. s. 170. ISBN 80-7226-221-1

²⁹⁰ TYAGI, R., DAS, CH. Extension of the square-root law for safety stock to demands with unequal variances. In *Journal of Business Logistics*. 1998, Vol. 19, Issue 2, p. 197, 7 p. ISSN 0735-3766. In *EBCSO* [online]. Dostupné z: <<http://www.ehostvgw6.epnet.com>>

²⁹¹ UNČOVSKÝ, L. *Stochastické modely operační analýzy*. 1. vyd. Bratislava: ALFA, 1980. s. 299. ISBN neuvedeno

Velikost celkové zásoby pro centralizovaný skladový systém dostaneme součtem průměrných běžných zásob a pojistných zásob za jednotlivé sklady. Podle teorie pravděpodobnosti však nelze počítat směrodatné odchylky, proto se ve vzorci (151) objevují rozptyly.

$$\sum_{i=1}^M x_{ci} = \sum_{i=1}^M \bar{x}_{bi} + K \cdot \sqrt{\sum_{i=1}^M \sigma_{ci}^2} \quad (151)$$

Snížení pojistných zásob (v absolutní výši) v důsledku centralizace je dáno vztahem (152).²⁹²

$$\Delta x_p = M \cdot (\bar{x}_b + K \cdot \sigma_c) - \left(\sum_{i=1}^M \bar{x}_{bi} + K \cdot \sqrt{\sum_{i=1}^M \sigma_{ci}^2} \right) = K \cdot \sigma_c \cdot (M - \sqrt{M}) \quad (152)$$

Výše uvedený model však není pro praktické využití příliš vhodný. V praxi nelze předpokládat, že např. ve všech distribučních skladech se bude udržovat stejná výše zásob určité položky. Obvykle výše zásob závisí na poptávce, která se může v jednotlivých lokalitách výrazně lišit. Rovněž tak variabilita poptávky může být v jednotlivých lokalitách různá. Tento model také neřeší stav, kdy se ukáže, že je výhodnější proces centralizace dovést místo k jednomu skladu např. ke dvěma skladům.

V dalším textu budeme proto uvažovat obecný distribuční systém, který se skládá z N lokálních decentralizovaných skladů. Poptávka v jednotlivých lokalitách má náhodný charakter s různě velkou variabilitou. Podnik uvažuje, že počet skladových míst sníží na počet M. Dále budeme předpokládat, že poptávky v jednotlivých lokalitách jsou vzájemně nezávislé, a pojistné faktory a pořizovací lhůty jsou stejné pro všechny lokality.

Označíme-li symbolem W_{ij} část poptávky přemístěnou z decentralizované lokality i ($i = 1, 2, \dots, N$) do centrálního skladu j ($j = 1, 2, \dots, M$), lze vzorec pro portfoliový efekt vyjádřit výrazem (153).²⁹³

$$PE = 1 - \frac{K \cdot \sqrt{t_p} \cdot \sum_{j=1}^M \sqrt{\sum_{i=1}^N W_{ij}^2 \cdot \sigma_{pi}^2}}{K \cdot \sqrt{t_p} \cdot \sum_{i=1}^N \sigma_{pi}} = 1 - \frac{\sum_{j=1}^M \sqrt{\sum_{i=1}^N W_{ij}^2 \cdot \sigma_{pi}^2}}{\sum_{i=1}^N \sigma_{pi}} \quad (153)$$

R. TYAGI a CH. DAS ukazují, že maximálního efektu je dosaženo v případě rovnosti veličin W_{ij} , viz vztah (154), kde a_j je část z každé decentralizované poptávky převedená do centrálního skladu j . Suma a_j pro $j = 1, \dots, M$ musí být samozřejmě rovna jedné.²⁹⁴

$$W_{1j} = W_{2j} = \dots = W_{nj} = a_j \text{ pro každé } 0 \leq a_j \leq 1 \quad (154)$$

²⁹² UNČOVSKÝ, L. *Stochastické modely operační analýzy*. 1. vyd. Bratislava: ALFA, 1980. s. 300. ISBN neuváděno

²⁹³ DAS, CH., TYAGI, R. Effect of correlated demands on safety stock centralization: Patterns of correlation versus degree of centralization. In *Journal of Business Logistics*. 1999, Vol. 20, Issue 1, p. 198, 9 p. ISSN 0735-3766. In *EBCSO* [online]. Dostupné z: <<http://www.ehostvgw6.epnet.com>>

²⁹⁴ tamtéž, s. 198.

Ukažme si princip portfoliového efektu na hypotetickém příkladu. Podnik má 3 regionální distribuční centra. Denní poptávka po určité položce zásob je v jednotlivých centrech 30, 226 a 2610 ks, odpovídající směrodatné odchylky denní poptávky jsou 1, 3 a 10 ks. Pořizovací lhůta zásob je 5 dnů. Pojistný faktor K je roven 2. Z příkladu je zřejmé značně nehomogenní chování zákazníků.

Ke stanovení velikosti pojistné zásoby se používá metoda M11, vzorec (57). Výše pojistných zásob v jednotlivých centrech je následující: 5, 14 a 45 ks.

Podnik hodlá snížit počet distribučních center na dvě. Každé centrum by mělo uspokojit polovinu celkové denní poptávky, tj. 1433 ks. Předpokládá se, že polovina každé původní poptávky se přesune do jednoho z center, tzn. $W_{11} = W_{21} = W_{31} = 0,5$ a $W_{12} = W_{22} = W_{32} = 0,5$.

Rozptyl poptávky během pořizovací lhůty pro každé distribuční centrum se určí podle vztahu (155).²⁹⁵

$$\sigma_{nj}^2 = t_p \cdot \sum_{i=1}^N W_{ij}^2 \cdot \sigma_{pi}^2 \quad (155)$$

Po dosazení do vzorce (155) získáme rozptyl poptávky během pořizovací lhůty pro každé centrum ve výši 27,5 ks² (hodnoty jsou pro obě distribuční centra stejné vzhledem k rovnosti W_{ij}). Po dosazení do vzorce (57) vypočítáme velikost pojistné zásoby pro každé distribuční centrum ve výši cca 24 ks. Celková pojistná zásoba se tedy sníží o 16 ks. Portfoliový efekt má hodnotu 25 %.

Pro jiné poměry veličin W_{ij} udává velikost portfoliového efektu tab. č. 16. Z tabulky je patrné, že maximální hodnoty portfoliového efektu je skutečně dosaženo v případě, že se z každého skladu uspokojuje stejná část původní poptávky.

W_{21}	W_{31}				
	0,00	0,33	0,50	0,67	1,00
0,00	0,218	0,236	0,223	0,200	0,068
0,33	0,191	0,250	0,248	0,237	0,133
0,50	0,164	0,247	0,251	0,247	0,164
0,67	0,133	0,237	0,248	0,250	0,191
1,00	0,068	0,200	0,223	0,236	0,218

tab. č. 16 - Velikost portfoliového efektu pro tři decentralizované a dva centralizované sklady s rozptyly $\sigma_{p1}^2 = 1$, $\sigma_{p2}^2 = 9$ a $\sigma_{p3}^2 = 100$ a $W_{11} = 0,50$ ²⁹⁶

Jak dále uvádějí R. TYAGI a CH. DAS, hodnota portfoliového efektu se zvyšuje se snižující se variabilitou poptávky na jednotlivých lokalitách. V případě, že by se ve výše uvedeném

²⁹⁵ DAS, CH., TYAGI, R. Effect of correlated demands on safety stock centralization: Patterns of correlation versus degree of centralization. In *Journal of Business Logistics*. 1999, Vol. 20, Issue 1, p. 205, 9 p. ISSN 0735-3766. In *EBCSO* [online]. Dostupné z: <<http://www.ehostvgw6.epnet.com>>

²⁹⁶ tamtéž, s. 201.

příkladu rozptýly poptávky rovnaly jedné, celková velikost pojistné zásoby by se snížila o 42,3 %.²⁹⁷

Pokud bychom v propočtu pokračovali dále a vytvořili pouze jedno centrální distribuční centrum, zjistili bychom, že je nutno udržovat opět pojistnou zásobu ve výši cca 48 ks. Docházíme tak ke klíčovému poznatku, že **portfóliový efekt není závislý na počtu centrálních skladů**.

Hlavní přínos portfóliového efektu spočívá v tom, že jestliže spravujeme distribuční systém centrálně a připouštíme možnost uspokojení poptávky zákazníka z jakéhokoliv skladu (a nezávisí na tom, zda zásoby přesunujeme podle potřeby z jednoho skladu do druhého nebo snižujeme počet skladů a z nich uspokojujeme původní poptávku), tak můžeme držet nižší hladinu pojistných zásob a dosáhneme stejné spolehlivosti zabezpečení proti odchylkám. Pokud uspokojujeme poptávku zákazníků striktně pouze z určitého místa, je nutné udržovat vyšší hladinu pojistné zásoby, neboť v případě vzniku deficitu nelze použít zásobu z jiného skladu.

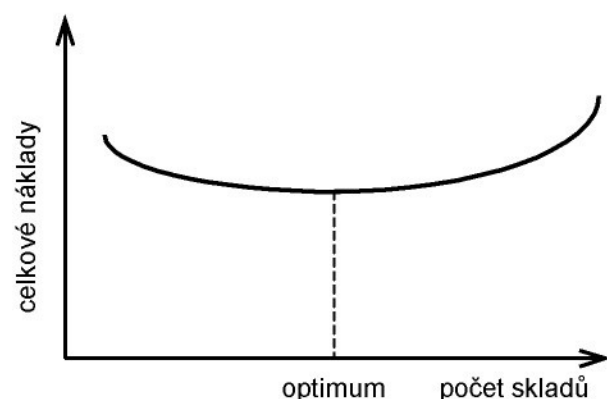
V našem příkladu to konkrétně znamená, že pro dosažení požadovaného stupně úplnosti dodávky α cca 98 % (pro $K = 2$) je nutné udržovat v celém distribučním systému pojistnou zásobu ve výši 48 ks a z tohoto pohledu je lhostejné, zda podnik bude mít jedno, dvě nebo tři regionální distribuční centra. Ke snížení pojistné zásoby tedy dochází v důsledku centralizace pojistných zásob, a nikoliv v důsledku koncentrace skladové sítě.

Optimální počet skladových míst, ze kterých bude uspokojována poptávka zákazníků, vyplývá z analýzy logistických nákladů. Jak uvádí P. PERNICA, čím koncentrovanější je skladová síť, tím:

- Klesají náklady na financování zásob ve skladech (např. v distribučních centrech – pozn. autora), i když na druhou stranu rostou tytéž náklady u odběratelů, takže celkové náklady na financování zásob mají klesající tendenci, s možnou výjimkou u extrémní koncentrace sítě.
- Klesají náklady na dopravní obsluhu centrálních skladů, avšak zároveň rostou náklady na rozvoz z těchto skladů k odběratelům. Celkové náklady na dopravu se ale snižují, opět s možností částečného zvyšování v krajní poloze koncentrace sítě.
- Náklady na skladování klesají.
- Celkové náklady systému vykazují převážně klesající tendenci (viz obr. č. 21) s tím, že se může ukázat jako výhodnější dovést koncentraci např. ke dvěma skladovým objektům než k jedinému objektu (z důvodu rizik technických závad, požáru apod.).²⁹⁸

²⁹⁷ tamtéž, s. 201.

²⁹⁸ PERNICA, P. *Logistický management. Teorie a podniková praxe*. 1. vyd. Praha: RADIX, 1998. s. 340. ISBN 80-86031-13-6



obr. č. 21 - Závislost celkových nákladů systému na počtu skladů²⁹⁹

Centralizace pojistných zásob je významným nástrojem snižování výše pojistných zásob udržovaných v distribučním systému a tedy i nákladů na udržování a skladování zásob. Při koncentraci skladové sítě se výše pojistných zásob může dokonce snižovat, i když jejich výše bezprostředně nezávisí na počtu skladů, ale spíše na přístupu managementu k řízení zásob. Hlavním poznatkem kap. 5.1 je skutečnost, že vytvoření centrálního distribučního centra neklade nároky na zvyšování celkové hladiny zásob, ale při pružném řízení zásob se zde dokonce otevírá prostor pro jejich snižování. Na druhé straně při menším počtu skladů (v podmínkách České republiky často jednomu skladu) rostou náklady na dopravu, takže stanovení optimálního počtu skladů musí být podloženo důslednou analýzou všech logistických nákladů.

5.2 Portfóliový efekt přesunů zásob mezi jednotlivými lokalitami

K přesunu zásob dochází v případě, kdy část zásilky zboží je odeslána k zákazníkovi z jiného než obvyklého skladovacího místa (viz obr. č. 22). Tato situace nastává, pokud je poptávka zákazníka vyšší než pohotová zásoba na primárním skladě. Přeprava zboží mezi lokalitami zvyšuje dopravní náklady a prodlužuje dobu potřebnou k vyřízení objednávky, ale na druhé straně se zvyšuje kvalita služeb pro zákazníky (za podmínky, že nedojde k překročení dohodnuté dodací lhůty) a snižuje se celková potřebná hladina pojistných zásob.³⁰⁰

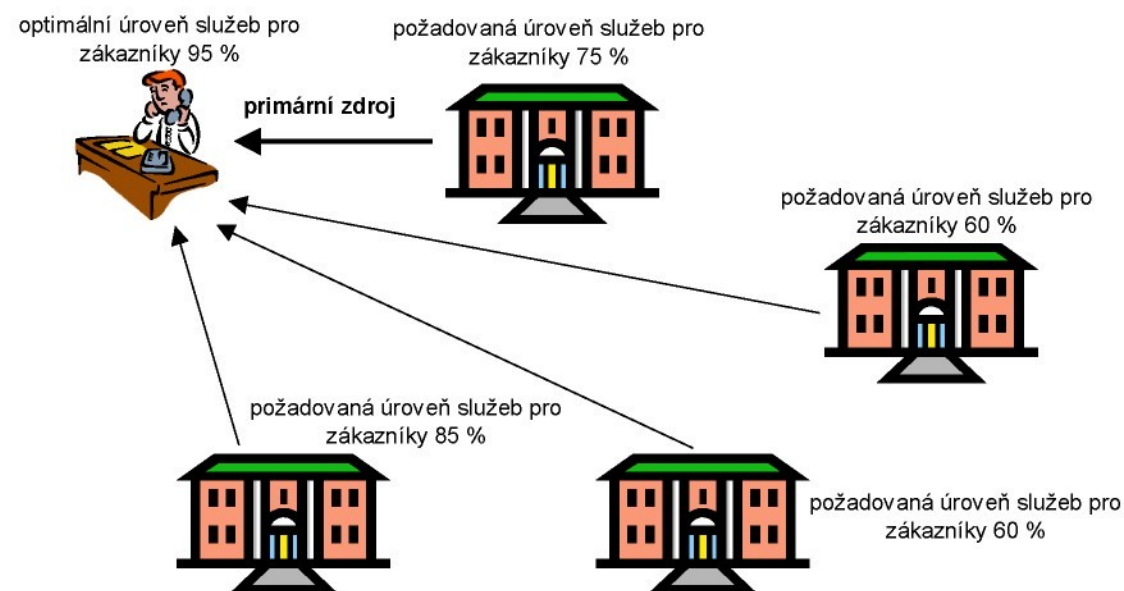
V zásadě existují dvě strategie, jak vyřídit objednávku zákazníka. V prvním případě obdrží zákazník několik zásilek z různých skladovacích lokalit. Celkové náklady této strategie jsou poměrně vysoké, protože přeprava malých zásilek bývá drahá, pohyb dílčích zásilek je nutno monitorovat a rostou tak administrativní náklady. Navíc roste riziko, že nějaká menší zásilka nedorazí k zákazníkovi včas. Výsledkem může být zhoršená úroveň služeb zákazníkům.

Druhá strategie spočívá v tom, že chybějící množství zboží se nejprve přepraví do primárního skladu, odkud je celá zásilka expedována k zákazníkovi. Nárůst přepravních nákladů v tomto případě nemusí být tak výrazný, neboť mezi jednotlivými sklady se obvykle přepravuje

²⁹⁹ PERNICA, P. *Logistický management. Teorie a podniková praxe*. 1. vyd. Praha: RADIX, 1998. s. 341. ISBN 80-86031-13-6

³⁰⁰ EVERS, P. T. The impact of transshipments on safety stock requirements. In *Journal of Business Logistics*. 1996, Vol. 17, Issue 1, p. 109, 25 p. ISSN 0735-3766. In EBCSO [online]. Dostupné z: <<http://www.ehostvgw6.epnet.com>>

několik položek zásob najednou. Kvalita služeb pro zákazníky v tomto případě bývá lepší než u první strategie.



obr. č. 22 - Optimální v. požadovaná úroveň služeb pro zákazníky³⁰¹

Rozhodování, zda je pro podnik tato strategie distribuce výrobků výhodná, musí být opět založeno na analýze celkových logistických nákladů. Je nutné porovnat zvýšení dopravních nákladů s úsporou nákladů na držení a skladování pojistných zásob. Samozřejmě nesmí dojít ke zhoršení kvality služeb pro zákazníky. Strategie je použitelná pouze v případě, že nedojde vlivem dodatečné přepravy k prodloužení dodací lhůty. Zásilka musí být dodána zákazníkovi do smlouvaného termínu i za cenu použití rychlejšího a nákladnějšího druhu dopravy.

Ke snížení celkové hladiny pojistných zásob v distribučním systému dochází v důsledku centralizovaného řízení zásob. V podstatě se jedná o specifický model portfoliového efektu (viz kap. 5.1). V předcházející kapitole se původní počet skladů N vlivem centralizace skladové sítě snížil na počet M . V případě přesunů zásob mezi sklady se samozřejmě počet skladů nemění, to znamená $N = M$.

Jak však bylo zdůvodněno v kap. 5.1, velikost snížení pojistných zásob nezávisí na počtu skladových lokalit. To znamená, že k vyčíslení portfoliového efektu pro případ přesunu zásob mezi sklady lze použít vzorec (153). Veličinu W_{ij} v tomto případě lze interpretovat jako podíl zásilky přepravené z lokality j do lokality i .³⁰² Maximálního efektu je opět dosaženo v případě rovnosti $W_{ij} = 1/N$, kdy je zásilka stejnoměrně vyřízena z jednotlivých lokalit.

Při použití vzorce (153) jsme předpokládali konstantní velikost pojistných faktorů a délek pořizovacích lhůt ve všech lokalitách. V praxi však může nastat případ, kdy např. v některých regionálních distribučních centrech je stanovována pojistná zásoba pro nižší stupeň

³⁰¹ LAVALLEE, I., RAYMOND, W. Utilizing forecast information to drive Solutia's supply chain. In *Journal of Business Forecasting Methods & Systems*. Summer 1998, Vol. 17, Issue 2, p. 7, 8 p. ISSN 0278-6087. In EBCSO [online]. Dostupné z: <<http://www.ehostvgw6.epnet.com>>

³⁰² EVERS, P. T. The impact of transshipments on safety stock requirements. In *Journal of Business Logistics*. 1996, Vol. 17, Issue 1, p. 109, 25 p. ISSN 0735-3766. In EBCSO [online]. Dostupné z: <<http://www.ehostvgw6.epnet.com>>

zabezpečení a v hlavním distribučním centru firmy je dimenzována pojistná zásoba pro vyšší stupeň zabezpečení (viz obr. č. 22). Rovněž tak délky pořizovacích lhůt se mohou v jednotlivých lokalitách lišit. Zákazníci také mohou odebírat zboží z různých lokalit, takže poptávky mohou být vzájemně korelované. Jestliže intenzitu závislosti poptávky mezi dvěma lokalitami změříme pomocí kovariance, pak CH. DAS a R. TYAGI uvádějí, že kladná kovariance zvyšuje hladinu pojistné zásoby a záporná hodnota kovariance naopak pojistnou zásobu snižuje.³⁰³

Pokud se vezmou v úvahu všechny tyto faktory, určí se velikost portfoliového efektu podle poměrně složitěho vztahu (156).³⁰⁴

$$PE = 1 - \frac{\sum_{j=1}^M \left(K_j \cdot \sqrt{t_{pj} \cdot \left[\sum_{i=1}^N (W_{ij}^2 \cdot \sigma_{pi}^2) + 2 \sum_{i=1}^N \sum_{l=1}^M W_{ij} \cdot W_{il} \cdot \text{cov}(p_{ij}) \right] + \sigma_{tpj}^2 \cdot \left(\sum_{i=1}^N W_{ij} \cdot \bar{p}_i \right)^2} \right)}{\sum_{i=1}^N \left(K_i \cdot \sqrt{t_{pi} \cdot \sigma_{pi}^2 + \bar{p}_i^2 \cdot \sigma_{tpi}^2} \right)} \quad (156)$$

Strategie pružného přemísťování zásob umožňuje podniku dosahovat stejné spolehlivosti zabezpečení proti vzniku deficitu zásob při celkově nižší hladině pojistných zásob jako v případě, kdy jsou objednávky zákazníků výhradně plněny z nejbližšího distribučního skladu a velikost pojistné zásoby je stanovována individuálně pro každou lokalitu zvlášť.

V praxi se obvykle volí diferencované strategie udržování zásob podle důležitosti jednotlivých položek zásob. Položky s vysokým objemem prodeje (kategorie A) různým zákazníkům se udržují ve větším počtu lokalit, tím dochází k úspoře dopravních nákladů. Naopak položky s nižším objemem prodeje (kategorie B a C) jsou skladovány v menším počtu lokalit. I když dopravní náklady u položek B a C budou větší, snížení zásob je obvykle natolik výrazné, že se tato selektivní skladovací politika podniku vyplatí. Management si může pokusně ověřit, jaké budou mít alternativní strategie řízení zásob dopad na zákaznický servis a rentabilitu podniku.³⁰⁵

5.3 Stanovení optimální polohy bodu rozpojení objednávkou zákazníka z hlediska nákladů na držení pojistné zásoby

V kap. 3.1.4 bylo uvedeno, že bod rozpojení je významným místem zásoby, která zabezpečuje uspokojování nezávislé poptávky. Nejistota v poptávce je zde tlumena pojistnou zásobou. Klíčovým problémem je stanovení optimální polohy bodu rozpojení v logistickém řetězci. Jedním z faktorů, který ovlivňuje umístění bodu rozpojení v logistickém řetězci jsou náklady na držení pojistné zásoby.

³⁰³ DAS, CH., TYAGI, R. Effect of correlated demands on safety stock centralization: Patterns of correlation versus degree of centralization. In *Journal of Business Logistics*. 1999, Vol. 20, Issue 1, p. 205, 9 p. ISSN 0735-3766. In *EBCSO* [online]. Dostupné z: <<http://www.ehostvgw6.epnet.com>>

³⁰⁴ EVERS, P. T. The impact of transshipments on safety stock requirements. In *Journal of Business Logistics*. 1996, Vol. 17, Issue 1, p. 109, 25 p. ISSN 0735-3766. In *EBCSO* [online]. Dostupné z: <<http://www.ehostvgw6.epnet.com>>

³⁰⁵ LAMBERT, D. M., STOCK, J. R., ELLRAM, L. M. *Logistika*. 1. vyd. Praha: Computer Press, 2000. s. 172. ISBN 80-7226-221-1

Následující text vychází z předpokladu, že velikost pojistné zásoby je stanovována metodou M23 popsanou v kap. 4.2.1. Pro zjednodušení nejprve uvažujme materiálový tok, který se skládá pouze ze dvou článků. První článek řetězce produkuje polotovary a navazující článek provádí dokončovací práce a prodává hotové výrobky zákazníkům. První článek řetězce objednává materiál od svých dodavatelů s pořizovací lhůtou t_{p1} , druhý článek objednává polotovary od prvního článku s pořizovací lhůtou t_{p2} . Potřeba polotovarů tedy závisí na poptávce po hotových výrobcích.³⁰⁶

V zásadě přicházejí v úvahu dvě možnosti udržování pojistné zásoby:

- bude se udržovat pouze pojistná zásoba hotových výrobků,
- bude se udržovat i rozpojovací pojistná zásoba polotovarů.

V prvním případě musí pojistná zásoba zabezpečovat ochranu před kolísáním poptávky během celkové pořizovací lhůty ($t_{p1} + t_{p2}$). Velikost pojistné zásoby (v jednotkách množství) se stanoví podle vztahu (157).³⁰⁷

$$x_p^f = K \cdot \sigma_p \cdot \sqrt{\sum_{i=0}^{t_{p1}+t_{p2}-1} (1+i \cdot \gamma)^2} \quad (157)$$

V případě, že se bude udržovat i rozpojovací pojistná zásoba polotovarů, se výše pojistné zásoby hotových výrobků stanoví podle vztahu (158) za předpokladu, že pojistná zásoba polotovarů poskytne vysokou spolehlivost zabezpečení během pořizovací lhůty t_{p1} .

$$x_p^f = K \cdot \sigma_p \cdot \sqrt{\sum_{i=0}^{t_{p2}-1} (1+i \cdot \gamma)^2} \quad (158)$$

Velikost pojistné zásoby polotovarů se určí podle vztahu (159).³⁰⁸

$$x_p^p = K \cdot \sigma_p \cdot \sqrt{\sum_{i=0}^{t_{p1}-1} (1+(t_{p2}+i) \cdot \gamma)^2} = K \cdot \sigma_p \cdot \sqrt{\sum_{i=t_{p2}}^{t_{p1}+t_{p2}-1} (1+i \cdot \gamma)^2} \quad (159)$$

Ze vzorců (157) až (159) je patrné, že sumace pod odmocninou ve vzorci (157) se rozpadá na dvě části (158) a (159), jestliže materiálový tok rozpojíme zásobou polotovarů. Pojistná zásoba hotových výrobků je odpovědná za prvních t_{p2} elementů této sumace, zatímco pojistná zásoba polotovarů musí pokrýt zbývajících t_{p1} elementů sumace.

Rozhodnutí, zda je výhodnější udržovat pouze pojistnou zásobu hotových výrobků nebo i pojistnou zásobu polotovarů, závisí na poměru nákladů na udržování obou těchto složek pojistné zásoby. Označme symbolem c_s^p náklady na udržování jednice zásoby polotovarů za

³⁰⁶ GRAVES, S. C. A single-item inventory model for a nonstationary demand process. In *Manufacturing & Service Operations Management*. January 1999, Vol. 1, Issue 1, p. 50, 12 p. ISSN 1523-4614. In *EBCSO* [online]. Dostupné z: <<http://www.ehostvgw6.epnet.com>>

³⁰⁷ tamtéž, s. 58.

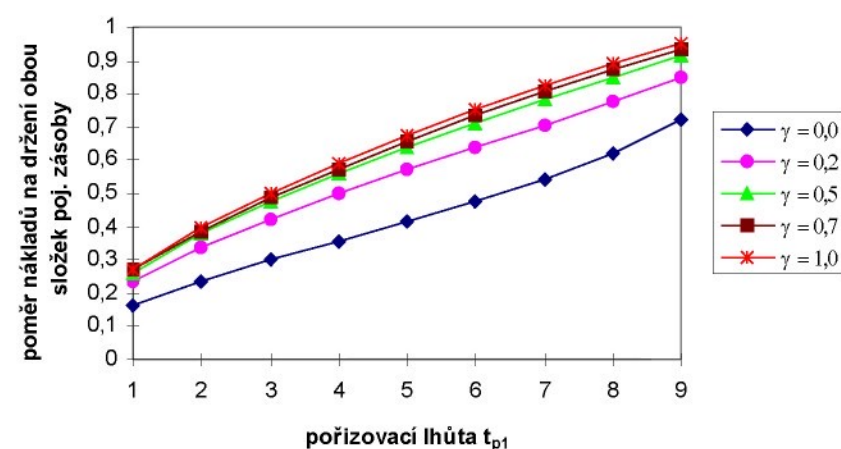
³⁰⁸ tamtéž, s. 58.

jednotku času a symbolem c_s^f náklady na udržování jednice zásoby hotových výrobků za jednotku času. Vzájemný poměr obou těchto nákladových položek označme symbolem h .

Hledáme odpověď na otázku, při jaké hodnotě h jsou náklady na obě varianty stejné. Lze odvodit, že tato hraniční hodnota je dána výrazem (160).³⁰⁹

$$h = \frac{\sqrt{\sum_{i=0}^{t_{p1}+t_{p2}-1} (1+i \cdot \gamma)^2} - \sqrt{\sum_{i=0}^{t_{p2}-1} (1+i \cdot \gamma)^2}}{\sqrt{\sum_{i=t_{p2}}^{t_{p1}+t_{p2}-1} (1+i \cdot \gamma)^2}} \quad (160)$$

Na obr. č. 23 jsou znázorněny vybrané hodnoty h v závislosti na velikosti parametru prognózy γ a na délce pořizovací lhůty t_{p1} . Celková délka pořizovací lhůty ($t_{p1} + t_{p2}$) je rovna 10.



obr. č. 23 - Poměr nákladů na držení obou složek pojistné zásoby, při kterém jsou celkové náklady na obě varianty stejné³¹⁰

Jestliže je poměr nákladů na udržování pojistné zásoby polotovarů k nákladům na udržování pojistné zásoby hotových výrobků vyšší než odpovídající hodnota h , pak se jako optimální řešení jeví udržovat pouze pojistnou zásobu hotových výrobků. Z obr. č. 23 je patrné, že výhodnost vytváření rozpojovací pojistné zásoby polotovarů se zvyšuje s prodlužováním pořizovací lhůty t_{p1} a rostoucí nestabilitou procesu poptávky.

Propočet hraniční hodnoty, při které jsou náklady na obě varianty stejné, lze využít při stanovování optimální polohy bodu rozpojení. Postup spočívá v porovnávání poměru nákladů c_s^p / c_s^f s hraničními hodnotami h na různých místech v materiálovém toku. Optimální poloha rozpojovací zásoby se bude nacházet tam, kde rozdíl obou hodnot bude maximální.

³⁰⁹ vlastní propočet

³¹⁰ GRAVES, S. C. A single-item inventory model for a nonstationary demand process. In *Manufacturing & Service Operations Management*. January 1999, Vol. 1, Issue 1, p. 50, 12 p. ISSN 1523-4614. In *EBCSO* [online]. Dostupné z: <<http://www.ehostvgw6.epnet.com>>

S posunem bodu rozpojení na začátek materiálového toku lze očekávat snižování nákladů c_s^p , neboť zásoba bude držena ve flexibilnější fázi výrobního procesu. Pokud zároveň dojde ke zkrácení pořizovací lhůty t_{p2} (vlivem zkracování průběžné doby výroby, zlepšením plánování a organizace výroby), lze v takovém případě i výrazně snížit pojistnou zásobu hotových výrobků.

6. Aplikace metod stanovení pojistné zásoby v podnikové praxi

V kap. 4 byl uveden přehled 26 metod stanovení velikosti pojistné zásoby, včetně jejich stručného zhodnocení a předpokladů použitelnosti. Cílem této kapitoly je ověření těchto hypotéz na konkrétních datech z podnikové praxe. Za tímto účelem byly získány z jedné firmy přehledy o velikostech a termínech dodávek určitých položek materiálu na sklad, údaje o denní, resp. měsíční výši spotřeby a o stavu skladové zásoby.

Struktura kap. 6 kopíruje v zásadě členění jednotlivých metod podle kap. 4. Nejprve budou aplikovány metody stanovení velikosti pojistné vhodné pro položky se stacionárním charakterem potřeby. V praxi je však prakticky nemožné nalézt položky, jejichž spotřeba v čase nekolísá. Nicméně se domnívám, že je vhodné prozkoumat použitelnost popsaných metod i pro položky s variabilnějším charakterem potřeby a porovnat výslednou velikost pojistné zásoby s velikostí vypočítanou metodami určenými pro položky s nestacionárním charakterem potřeby. Druhá část kap. 6 je věnována aplikaci metod na položky zásob se silně neustáleným charakterem spotřeby.

6.1 Aplikace metod stanovení velikosti pojistné zásoby pro položky se stacionárním charakterem potřeby

Metody popsané v kap. 4.1 byly aplikovány na data z jednoho podniku komunálních služeb. Z tohoto podniku byly získány údaje o intervalech a velikostech dodávek a o spotřebě tří druhů výbojek veřejného osvětlení (70 W, 150 W a 250 W) za poslední tři roky 1998 - 2000. Podnik nesleduje samostatně velikost pojistné zásoby. Na skladě je ponecháváno určité množství jako rezerva pro případ náhodně zvýšené spotřeby. Občas se však stává, že dojde k vyčerpání skladové zásoby a podnik musí čekat na novou dodávku výbojek. Z toho důvodu podnik v současné době řeší problém optimalizace velikosti pojistné zásoby. Průměrnou výši pojistné zásoby lze odhadnout podle vzorce (18) jako rozdíl celkové průměrné zásoby a průměrné obrátové zásoby v minulých obdobích.

Údaje o denních výdejích ze skladu byly agregovány za měsíc, neboť ne každý den jsou položky spotřebovávány. Tříletá časová řada byla použita, aby bylo možno stanovit průměrné sezónní indexy. Na druhou stranu se tím poněkud zvýšila intenzita kolísání měsíční spotřeby v důsledku existence trendu (i když nepříliš významného). Statistické zpracování časových řad bylo prováděno pomocí softwarových paketů KyPlot a STORM.

Z hlediska kategorizace dle metod ABC a XYZ se jedná o položky skupiny AY. Údaje o jednotlivých analyzovaných skladových položkách jsou pro přehlednost uvedeny v tabulkách a grafech pro každou položku samostatně. Grafy zachycují časový průběh stavu zásoby (celkové a pojistné), výše dodávek a výdejů ze skladu (spotřeby). Tabulky obsahují přehled hodnot veličin použitých při výpočtu velikosti pojistné zásoby a stanovené velikosti pojistné zásoby podle jednotlivých metod.

Denní přehledy vývoje skladových zásob a pomocné propočty jsou pro svou rozsáhlost zařazeny do příloh. Konkrétně se jedná o přílohy č. 4 až 12.

6.1.1 Výbojka 70 W

Pomocí vztahu (18) byla odhadnuta průměrná výše pojistné zásoby. Vzhledem k nesterilné velikosti dodávek (viz obr. č. 24) byla průměrná obrátová zásoba určena pomocí vztahu (21). Postup výpočtu je zřejmý z přílohy č. 4 a tab. č. 17. Velikosti dodávek a spotřeby jsou uvedeny na obr. č. 24, časový průběh stavu zásoby na obr. č. 25.

Velikost	Označení	M. j.	Velikost
Průměrná celková zásoba	$\bar{x}_c$	ks	48
Průměrná obrátová zásoba	$\bar{x}_b$	ks	50
Průměrná pojistná zásoba	$\bar{x}_p$	ks	- 2

tab. č. 17 - Odhad průměrné pojistné zásoby pro výbojku 70 W³¹¹

Z tab. č. 17 a obr. č. 25 je patrné, že podnik u této položky prakticky neudržoval žádnou pojistnou zásobu. V důsledku toho docházelo poměrně často k vyčerpání pohotovostní zásoby – v průběhu sledovaného období 1 095 dnů se po dobu 339 dnů nenacházel na skladu ani jeden kus výbojky. Na základě těchto informací lze stanovit dosažený stupeň pohotovosti dodávky na 69 %.

$$\beta = \frac{1095 - 339}{1095} \cdot 100 \approx 69\%$$

Průměrná měsíční spotřeba výbojky 70 W činí cca 117 ks. Směrodatná odchylka měsíční spotřeby je 47 ks (viz příl. č. 5). Variační koeficient měsíční spotřeby 0,40 je tedy poměrně vysoký. Příčinou by mohla být existence trendu nebo sezónního kolísání.

Z toho důvodu byla časová řada měsíční spotřeby proložena přímkou. Pro jiný typ trendové funkce bychom těžko hledali logické zdůvodnění. Odhady regresních parametrů jsou uvedeny v tab. č. 18.

Regression Coefficient		t(N-P-1;0,05) 2,0322445					
	Estimate	SE	t(cal)		P(T<=t(cal))	Lower 95%	Upper 95%
b0	86,39683	15,16814	5,695942***	(P<=0.001)	2,14E-06	55,571465	117,22219
b1:X	1,642214	0,7149	2,297122*	(P<=0.05)	0,027895057	0,1893612	3,0950661

tab. č. 18 - Odhady parametrů regresní přímky, odhady jejich směrodatných chyb, výsledky t-testů a intervaly spolehlivosti pro regresní parametry – výbojka 70 W

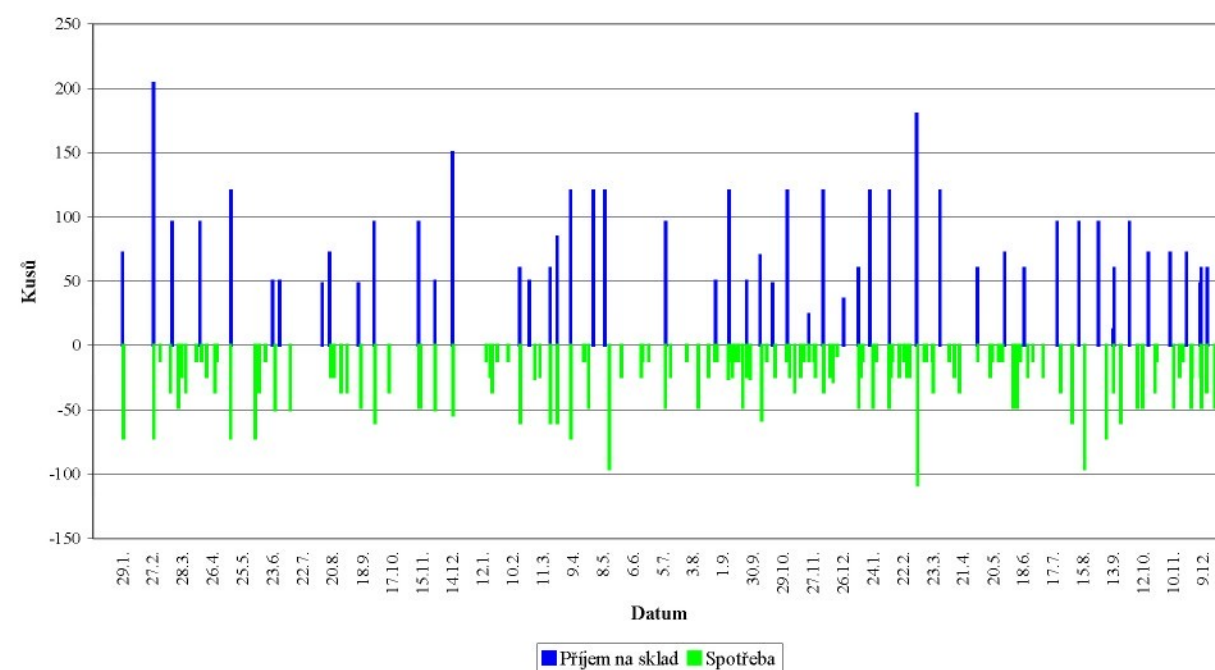
ANOVA Table for Regression

Factor	SS	Df	Ms	F(cal)		P(F<=F(cal))	F(0,05)
Regression	10477,32	1	10477,32	5,276770731*	(P<=0.05)	0	0
Residual	67508,9	34	1985,556				
Total	77986,22	35					

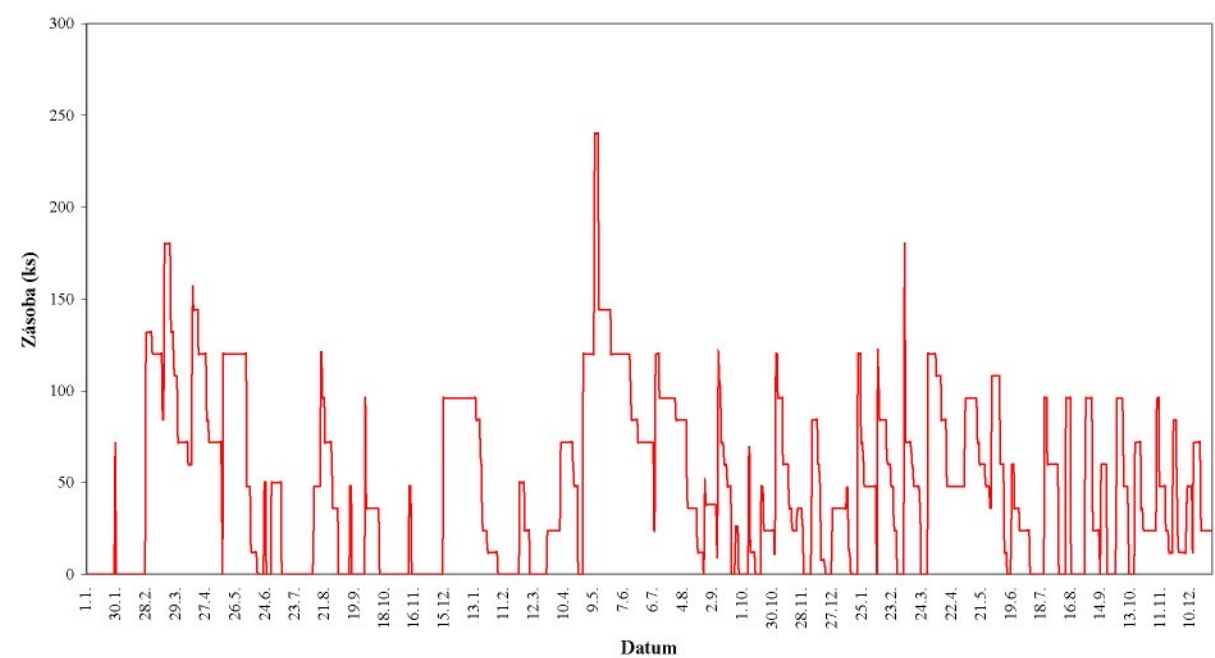
tab. č. 19 - Teoretický a reziduální součet čtverců pro přímkou a výsledek celkového F-testu – výbojka 70 W

³¹¹ Zdrojem následujících tabulek a obrázků jsou vlastní propočty autora s využitím tabulkového procesoru MS Excel 2000 a statistických paketů KyPlot a STORM.

obr. č. 24 - Velikosti dodávek na sklad a spotřeby položky - výbojka 70 W



obr. č. 25 - Časový průběh stavu zásoby - výbojka 70 W



Koeficient determinace je roven 0,13; koeficient korelace 0,37 a opravený koeficient determinace 0,11. Potvrdil se předpoklad o existenci statisticky významného trendu (parametr b_1 není možno považovat za nulový a celkový F-test je rovněž významný na hladině významnosti $\alpha = 5 \%$). Spotřeba výbojek roste v průměru měsíčně cca o 2 ks.

V další fázi byly stanoveny empirické sezónní indexy jako podíl původních a vyrovnaných hodnot řady – viz tab. č. 20.

Měsíc	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Sez. faktor	0,972	0,921	1,538	0,951	0,782	1,080	0,554	0,924	1,446	0,710	1,278	0,845

tab. č. 20 - Hodnoty sezónních faktorů – výbojka 70 W

Z tab. č. 20 je zřejmé, že během roku dochází k určitému sezónnímu kolísání spotřeby. Nižší spotřeba v červenci jde na vrub čerpání dovolených. V ostatních měsících roku mohou být příčinou kolísání i jiné, více méně náhodné, faktory – např. nedostatek výbojek v předcházejícím měsíci a čekání na dodávku od výrobce. Časová řada tří let je poměrně krátká, aby sezónní faktory nemohly být ovlivněny náhodnými vlivy.

Časovou řadu spotřeby výbojek 70 W není možno považovat za ustálenou, i když trend ani sezónní složka nejsou příliš výrazné. Neznamena to ovšem, že by velikost pojistné zásoby nemohla být stanovována pomocí metod uvedených v kap. 4.1. Existuje zde ale nebezpečí, že pojistná zásoba bude buď poměrně vysoká a bude zvyšovat podniku náklady na udržování a skladování zásob nebo, že daná metoda naopak nedokáže zcela reálně postihnout intenzitu kolísání a vypočtená pojistná zásoba bude nízká a tím bude zvyšovat náklady z nedostatku zásob.

V takových případech se někdy doporučuje časovou řadu spotřeby „zkrátit“ a charakteristiky polohy a variability počítat např. pouze z dvouleté nebo dokonce pouze roční časové řady údajů. Nevýhodou tohoto postupu je, že propočet může být ovlivněn výskytem několika málo extrémních hodnot. V našem případě budeme používat tříletou časovou řadu, i z důvodu, že některé metody pracují se sezónními faktory a v takovém případě prakticky ani nelze kratší časovou řadu použít.

V dalším textu jsou postupně propočítány velikosti pojistné zásoby podle jednotlivých metod M1 až M22. Hodnoty vstupních i výstupních veličin jsou přehledně uspořádány do tabulek. Pomocné propočty jsou uvedeny v příl. č. 4 a 5. Vypočtené velikosti pojistných zásob jsou zaokrouhleny na celé kusy. V některých případech nebylo možno přesně některé veličiny v podniku zjistit. V takovém případě bylo nutno je alespoň hrubě odhadnout. Týká se to i délky pořizovací lhůty. Průměrná délka dodací lhůty výbojek je 3 dny, časové úseky na začátku a na konci pořizovací lhůty (vystavení a odeslání objednávky, přejímka materiálu) trvají v průměru 2 dny. Průměrná délka pořizovací lhůty je tedy zhruba 5 dnů s kolísáním ± 2 dny.

Veličina	Označení	M. j.	Velikost
Prům. měsíční spotřeba	$\bar{p}$	ks	116,78
Prům. délka pořizovací lhůty	$\bar{t}_p$	měsíc	0,17
Pojistná zásoba	x_p	ks	10

tab. č. 21 - Velikost pojistné zásoby podle metody M1 – výbojka 70 W

U metody M2 se průměrná délka dodávkového cyklu počítá jako vážený aritmetický průměr. Vahami jsou velikosti dodávek.

Veličina	Označení	M. j.	Velikost
Prům. délka dodávkového cyklu	$\bar{t}_c$	den	22,09
Prům. délka nadprům. dod. cyklů		den	13,84
Prům. denní spotřeba	$\bar{p}$	ks	3,89
Pojistná zásoba	x_p	ks	54

tab. č. 22 - Velikost pojistné zásoby podle metody M2 – výbojka 70 W

U metody M3 byl výpočet pojistné zásoby proveden podle obou způsobů popsaných v kap. 4.1.1.3. V prvním případě propočet zahrnuje maximální délku dodávkového cyklu, resp. maximální spotřebu od průměrných hodnot – viz vztah (25). Ve druhém případě je kolísání charakterizováno pomocí průměrných absolutních odchylek – viz vzorec (28). Průměrná délka dodávkového cyklu se u metody M3, na rozdíl od metody M2, počítá pomocí prostého aritmetického průměru.

Veličina	Označení	M. j.	Velikost
Max. délka dodávkového cyklu	$t_{c \max}$	měsíc	2,17
Prům. délka dodávkového cyklu	$\bar{t}_c$	měsíc	0,72
Prům. měsíční spotřeba	$\bar{p}$	ks	116,78
Max. velikost měs. spotřeby	$p_{\max}$	ks	208
MAD dodávkového cyklu	A_{tc}	měsíc	0,34
MAD měsíční spotřeby	A_p	ks	42,62
Pojistná zásoba podle (25)	x_p	ks	235
Pojistná zásoba podle (28)	x_p	ks	70

tab. č. 23 - Velikost pojistné zásoby podle M3 – výbojka 70 W

U metody M4 byla průměrná délka dodávkového cyklu počítána jako vážený aritmetický průměr. Vahami byly velikosti jednotlivých dodávek. Množstevní norma velikosti pojistné zásoby je dána součinem časové normy a průměrné denní spotřeby výbojek.

Veličina	Označení	M. j.	Velikost
Prům. kladná odchylka dod. cyklu	$\overline{d_{tc}^+}$	den	15,16
Prům. záporná odchylka dodávek	$\overline{d_x^-}$	ks	27,69
Prům. záporná odchylka dodávek	$\overline{d_x^-}$	den	7,12
Prům. kladná odchylka spotřeby	$\overline{d_p^+}$	ks	40,38
Prům. kladná odchylka spotřeby	$\overline{d_p^+}$	den	10,38
Pojistná zásoba	x_p	den	32,66
Pojistná zásoba	x_p	ks	127

tab. č. 24 - Velikost pojistné zásoby podle M4 – výbojka 70 W

Další skupina metod M5 až M21 pracuje s pojistným faktorem. Z toho důvodu bylo potřeba stanovit optimální úroveň zabezpečení proti odchylkám. Vzhledem k tomu, že nebylo možné stanovit velikost nákladů na udržování a skladování zásob a nákladů z nedostatku zásob, byla velikost pojistného faktoru pro stupeň úplnosti dodávky určena autonomně na 95 %. Této spolehlivosti zabezpečení odpovídá podle tab. č. 13 velikost pojistného faktoru $K = 1,65$. Stupeň pohotovosti dodávky bude určen podle průměrné velikosti dodávek a celkové směrodatné odchylky u každé metody zvlášť (viz tab. č. 50).

Je nutné připomenout, že metody pracující s pojistným faktorem jsou založeny na předpokladu, že použité náhodné veličiny se řídí normálním rozdělením. Jelikož největší váhu v celkové směrodatné odchylce má obvykle odchylka spotřeby, byla testována normalita spotřeby. V tab. č. 25 je uvedeno empirické rozdělení spotřeby, které bylo získáno roztríděním 36 hodnot z příl. č. 5 do zvolených číselných intervalů a postup výpočtu.

Interval	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)
36 - 66	51	5	255	2 601	13 005	66	-1,155	0,124	0,124	4,462	5,603
66 - 96	81	10	810	6 561	65 610	96	-0,505	0,307	0,183	6,575	15,208
96 - 126	111	4	444	12 321	49 284	126	0,144	0,557	0,251	9,029	1,772
126 - 156	141	5	705	19 881	99 405	156	0,794	0,786	0,229	8,247	3,031
156 - 186	171	11	1 881	29 241	321 651	186	1,444	0,926	0,139	5,010	24,152
186 - 216	201	1	201	40 401	40 401	216	2,094	0,982	0,056	2,023	0,494
Součet	x	36	4 296	111 006	589 356	x	x	x	x	35,348	50,261

tab. č. 25 - Test normality pro spotřebu výbojky 70 W

Ve sloupci (1) jsou nahrazeny původní hodnoty středy zvolených intervalů, ve sloupci (2) jsou absolutní četnosti výskytu hodnot v jednotlivých intervalech, ve (3) sloupci jsou součiny středu intervalu a příslušné četnosti výskytu (ze součtu lze vypočítat průměrnou měsíční spotřebu 119,3 ks – odchylka od „přesné“ hodnoty 116,8 ks je způsobena zatříděním do intervalů), sloupec (4) obsahuje druhou mocninu spotřeb (zastoupených středy intervalů), sloupec (5) obsahuje součin druhého a čtvrtého sloupce (pro výpočet směrodatné odchylky měsíční spotřeby – 46,2 ks), ve sloupci (6) jsou uvedeny horní hranice intervalů p_i^H , ve sloupci (7) jsou vypočteny normované proměnné normálního rozdělení jako

$\frac{p_i^H - \bar{p}}{\sigma_p}$ a pro ně nalezeny statistickým softwarem hodnoty distribuční funkce (8), ve sloupci

(9) vypočteny její difference $\Delta_i = F_{i+1}(u) - F_i(u)$, ve sloupci (10) teoretické četnosti $n \cdot \Delta_i$ a konečně ve sloupci (11) podíl druhé mocniny empirických četností a teoretických četností.

Testové kritérium $G = 50,261 - 36 = 14,261$ má přibližně χ^2 rozdělení s $(k - 1) = 5$ stupni volnosti. Nulová hypotéza předpokládá, že základní soubor má v našem případě normální rozdělení. Volíme hladinu významnosti $\alpha = 5 \%$. V tabulkách³¹¹ vyhledáme kvantil $\chi^2_{0,95} [5] = 11,1$. Protože testová statistika G překročila kritickou mez, zamítá se nulová hypotéza. To značí, že normální rozdělení není vhodným modelem spotřeby výbojek.

Jelikož se nepotvrdil předpoklad o normalitě spotřeby, nelze považovat metody M5 až M21 za příliš vhodné pro stanovování velikosti pojistné zásoby. Z důvodu komparace s metodou M22 však pokusně vypočítáme velikosti pojistných zásob pomocí uvedených metod a porovnáme je s velikostí vypočítanou na základě skutečného rozdělení spotřeby.

U metody M5 byly v kap. 4.1.2.1.1 uvedeny tři základní modifikace výpočtu celkové směrodatné odchylky – viz vzorce (38) až (40). V prvním případě celková směrodatná odchylka zahrnuje pouze kolísání spotřeby, ve druhém případě navíc i kolísání dodávkového cyklu a ve třetím případě i kolísání velikosti dodávek. Se zvyšujícím se počtem odchylek roste samozřejmě i velikost pojistné zásoby.

Veličina	Označení	M. j.	Velikost
Sm. odchylka měsíční spotřeby	σ_p	ks	47,20
Sm. odchylka dodávkového cyklu	σ_{tc}	měsíc	0,46
Sm. odchylka dodávek	σ_x	ks	37,69
Prům. měsíční spotřeba	$\bar{p}$	ks	116,78
Pojistná zásoba K. (38)	x_p	ks	78
Pojistná zásoba K. (39)	x_p	ks	167
Pojistná zásoba K. (40)	x_p	ks	229

tab. č. 26 - Velikost pojistné zásoby podle M5 – výbojka 70 W

Metoda M6 zahrnuje kolísání délky dodací lhůty. Průměrná délka dodací lhůty byla podnikem odhadnuta na 3 dny, její kolísání zhruba na 2 dny.

Veličina	Označení	M. j.	Velikost
Sm. odchylka měsíční spotřeby	σ_p	ks	47,20
Sm. odchylka dodací lhůty	σ_{td}	měsíc	0,07
Prům. měsíční spotřeba	$\bar{p}$	ks	116,78
Pojistná zásoba	x_p	ks	91

tab. č. 27 - Velikost pojistné zásoby podle M6 – výbojka 70 W

³¹¹ např. CYHELSKÝ, L., KAHOUNOVÁ, J., HINDLS, R. *Elementární statistická analýza*. 1. vyd. Praha: Management Press, 1996. s. 290. ISBN 80-85943-18-2

Metoda M7 byla rovněž uvedena ve dvou variantách – pro pevnou délku a pro proměnlivou délku dodací lhůty.

Veličina	Označení	M. j.	Velikost
Sm. odchylka měsíční spotřeby	σ_p	ks	47,20
Sm. odchylka dodací lhůty	σ_{td}	měsíc	0,07
Prům. měsíční spotřeba	$\bar{p}$	ks	116,78
Prům. délka dodací lhůty	$\bar{t}_d$	měsíc	0,10
Pojistná zásoba podle (47)	x_p	ks	25
Pojistná zásoba podle (48)	x_p	ks	38

tab. č. 28 - Velikost pojistné zásoby podle M7 – výbojka 70 W

Veličina	Označení	M. j.	Velikost
Rozptyl měsíční spotřeby	σ_p^2	ks ²	2 228,18
Rozptyl dodávkového cyklu	σ_{tc}^2	měsíc ²	0,22
Prům. měsíční spotřeba	$\bar{p}$	ks	116,78
Prům. délka dodávkového cyklu	$\bar{t}_c$	měsíc	0,72
Pojistná zásoba	x_p	ks	112

tab. č. 29 - Velikost pojistné zásoby podle M8 – výbojka 70 W

U metody M9 bylo za hodnotu pojistného faktoru výjimečně dosazeno $K = 2,33$. Tato hodnota by dle autora této metody (viz kap. 4.1.2.1.5) měla zajistit spolehlivost zabezpečení ve výši 95 %.

Veličina	Označení	M. j.	Velikost
Délka pořizovací lhůty	t_p	měsíc	0,17
Prům. měsíční spotřeba	$\bar{p}$	ks	116,78
Pojistná zásoba	x_p	ks	11

tab. č. 30 - Velikost pojistné zásoby podle M9 – výbojka 70 W

Veličina	Označení	M. j.	Velikost
Sm. odchylka měsíční spotřeby	σ_p	ks	47,20
Sm. odchylka pořizovací lhůty	σ_{tp}	měsíc	0,07
Prům. měsíční spotřeba	$\bar{p}$	ks	116,78
Pojistná zásoba	x_p	ks	92

tab. č. 31 - Velikost pojistné zásoby podle M10 – výbojka 70 W

Metoda M11 byla uvedena rovněž ve dvou variantách. Pro spolehlivé dodavatele se doporučuje výpočet podle vztahu (57). U nespolehlivých dodavatelů se takto vypočítaná velikost pojistné zásoby doporučuje ještě zvýšit o 25 % - viz vztah (58).

Veličina	Označení	M. j.	Velikost
Sm. odchylka měsíční spotřeby	σ_p	ks	47,20
Délka pořizovací lhůty	t_p	měsíc	0,17
Pojistná zásoba podle (57)	x_p	ks	32
Pojistná zásoba podle (58)	x_p	ks	40

tab. č. 32 - Velikost pojistné zásoby podle M11 – výbojka 70 W

Metoda M12 používá k vyjádření intenzity kolísání spotřeby průměrnou absolutní odchylku. Z toho důvodu je nutno určit hodnotu pojistného faktoru z tab. č. 14. Požadovanému stupni úplnosti dodávky 95 % odpovídá velikost $K = 2,06$. Lze použít i druhý způsob výpočtu – průměrná absolutní odchylka spotřeby se přepočítá pomocí přibližného vzorce (60) na směrodatnou odchylku spotřeby a použije se pojistný faktor $K = 1,65$. Pro srovnání jsou v tab. č. 33 uvedeny oba způsoby výpočtu.

Veličina	Označení	M. j.	Velikost
Délka pořizovací lhůty	t_p	měsíc	0,17
MAD měsíční spotřeby	A_p	ks	42,62
Odhad sm. odchylky spotřeby	σ_p	ks	53,28
Pojistná zásoba podle MAD	x_p	ks	36
Pojistná zásoba podle odh. σ_p	x_p	ks	36

tab. č. 33 - Velikost pojistné zásoby podle M12 – výbojka 70 W

Z tab. č. 33 je patrné, že přibližný způsob výpočtu neovlivnil velikost pojistné zásoby, ale ve srovnání s metodou M11 došlo ke zvýšení pojistné zásoby o 4 ks.

Při stanovování velikosti pojistné zásoby podle metody M13 byl pro srovnání použit i způsob navrhovaný L. UNČOVSKÝM (viz kap. 4.1.2.1.9), který místo charakteristik pořizovací lhůty počítá s charakteristikami dodací lhůty. Srovnáme vzorce (61) a (63). Vlivem podhodnocené délky intervalu nejistoty samozřejmě dojde ke snížení výše pojistné zásoby, ale rovněž také ke snížení skutečné spolehlivosti zabezpečení proti odchylkám.

Veličina	Označení	M. j.	Velikost
Rozptyl měsíční spotřeby	σ_p^2	ks^2	2 228,18
Rozptyl pořizovací lhůty	σ_{tp}^2	měsíc^2	0,0044
Prům. měsíční spotřeba	$\bar{p}$	ks	116,78
Prům. délka pořizovací lhůty	$\bar{t}_p$	měsíc	0,17
Prům. délka dodací lhůty	$\bar{t}_d$	měsíc	0,10
Rozptyl dodací lhůty	σ_{td}^2	měsíc^2	0,0044
Pojistná zásoba podle (61)	x_p	ks	35
Pojistná zásoba podle (63)	x_p	ks	28

tab. č. 34 - Velikost pojistné zásoby podle M13 – výbojka 70 W

Metoda M14 zahrnuje náhodné výkyvy v dodávkách a náhodné výkyvy ve spotřebě. Náhodné výkyvy v dodávkách jsou zde vyjádřeny směrodatnou odchylkou rozdílů mezi kontrahovaným a skutečně dodaným množstvím. Náhodné výkyvy ve spotřebě jsou měřeny

směrodatnou odchylkou spotřeby. Co se týká rozdílů mezi kontrahovaným a dodaným množstvím, lze konstatovat, že dodavatel výbojek plní vždy objednané množství. Pouze ve výjimečných případech se stává, že dodavatel není schopen okamžitě vykryt celé požadované množství. V takovém případě je možné i částečné plnění a zbytek objednaného množství je dodán v nejbližším možném termínu. Rozdíl mezi kontrahovaným a skutečně dodaným množstvím je nutné v tomto případě chápat jako rozdíl mezi objednaným a včas dodaným množstvím.

Veličina	Označení	M. j.	Velikost
Rozptyl rozdílů v dodávkách	σ_r^2	ks ²	1 089,00
Rozptyl měsíční spotřeby	σ_p^2	ks ²	2 228,18
Prům. délka pořizovací lhůty	$\bar{t}_p$	měsíc	0,17
Pojistná zásoba	x_p	ks	39

tab. č. 35 - Velikost pojistné zásoby podle M14 – výbojka 70 W

Další skupina metod M15 až M18 předpokládá, že podnik porovnává předpovědi potřeb s jejich skutečnou velikostí. Sledovaný podnik však v současné době nevyužívá žádný modelový přístup ke konstrukci předpovědi spotřeby. Z toho důvodu bylo zvoleno náhradní řešení. Časová řada měsíčních spotřeb byla zkrácena na polovinu (dáno nastavením softwaru) a z těchto údajů byly zkonstruovány pseudopředpovědi. K výpočtu byl použit software STORM, modul Forecasting. Algoritmus výpočtu je založen na tříparametrickém Wintersovu exponenciálním vyrovnávání. Určitou nevýhodou tohoto postupu je, že v důsledku zkrácení řady na 18 měsíců nelze zahrnout do předpovědi sezónnost (sezónní faktory uvedené v tab. č. 36 nemají prakticky žádnou vypovídací schopnost). Na druhou stranu jsme si ověřili (viz tab. č. 20), že sezónní kolísání není příliš výrazné. Vhodný model pro konstrukci předpovědi byl vybrán na základě kritérií uvedených v tab. č. 36 a 38. Vzhledem ke zkrácení časové řady na polovinu přicházejí v úvahu pouze modely bez trendu nebo s trendem. Pro výbojku 70 W byl zvolen model s trendem.

INITIAL CONDITIONS FOR SERIES				
Component	Level Model	Trend Model	Seasonal Model	Trend-Seas Model
Level	100.3210	100.6619	99.8425	103.9399
Trend	N/A	0.1563	N/A	-0.0811
Seasonal 1	N/A	N/A	0.8578	0.8543
Seasonal 2	N/A	N/A	0.7455	0.7425
Seasonal 3	N/A	N/A	1.7491	1.7421
Seasonal 4	N/A	N/A	1.4505	1.4449
Seasonal 5	N/A	N/A	1.2039	1.1997
Seasonal 6	N/A	N/A	0.5885	0.5883
Seasonal 7	N/A	N/A	0.5137	0.5136
Seasonal 8	N/A	N/A	0.8640	0.8629
Seasonal 9	N/A	N/A	1.4829	1.4796
Seasonal 10	N/A	N/A	0.3711	0.3700
Seasonal 11	N/A	N/A	1.5065	1.5013
Seasonal 12	N/A	N/A	0.5577	0.5555
Above values are based on the first 18 periods of data				

tab. č. 36 - Základní charakteristiky zkoumaných modelů časové řady měsíční spotřeby – výbojka 70 W

TREND MODEL FITTING STATISTICS FOR SERIES SMOOTHING CONSTANTS USED: 0.10 (LEVEL), 0.10 (TREND)					
Period	Actual	Forecast	Error	Level	Trend
PERIOD 19	84	101	-17	99.1364	-1.188E-02
PERIOD 20	96	99	-3	98.8121	-4.313E-02
PERIOD 21	208	99	109	109.6921	1.0492
PERIOD 22	94	111	-17	109.0671	0.8818
PERIOD 23	168	110	58	115.7540	1.4623
PERIOD 24	120	117	3	117.4946	1.4901
PERIOD 25	168	119	49	123.8863	1.9803
PERIOD 26	168	126	42	130.0799	2.4016
PERIOD 27	180	132	48	137.2334	2.8768
PERIOD 28	72	140	-68	133.2991	2.1957
PERIOD 29	72	135	-63	129.1453	1.5607
PERIOD 30	144	131	13	132.0355	1.6937
PERIOD 31	60	134	-74	126.3562	0.9564
PERIOD 32	156	127	29	130.1814	1.2433
PERIOD 33	168	131	37	135.0822	1.6090
PERIOD 34	144	137	7	137.4221	1.6821
PERIOD 35	156	139	17	140.7937	1.8511
PERIOD 36	156	143	13	143.9803	1.9846

tab. č. 37 - Srovnání skutečných a předpovídaných hodnot měsíčních spotřeb – výbojka 70 W

MODEL FITTING / VALIDATION ERROR STATISTICS FOR SERIES				
Statistic	Level Model	Trend Model	Seasonal Model	Trend-Seas Model
Model Fitting Error Statistics for 18 periods from PERIOD 19				
Mean Err	11.3333	10.1667	1.8333	-9.7222
Mean % Err	-4.8084	-5.7073	-7.4013	-16.9993
Mean Absolute Err	39.0000	37.0556	55.2778	58.8333
Mean Abs % Err	34.0208	32.8178	49.0185	53.2036
Root Mean Sq Err	47.3462	46.7053	62.0587	69.4594
Model selected was Trend				

tab. č. 38 - Kritéria pro volbu modelu časové řady – výbojka 70 W

U metody M15 se přidržíme doporučení autora a budeme brát v úvahu pouze rozdíly mezi skutečnou a prognózovanou velikostí spotřeby za posledních šest měsíců (viz tab. č. 37) a rozdíly mezi skutečnou a očekávanou délkou pořizovací lhůty u posledních tří dodávek (tento rozdíl byl odhadnut v průměru na dva dny). Hodnota pojistného faktoru byla stanovena z tab. č. 3. Hodnoty pojistného faktoru jsou v této tabulce uvedeny pro požadovaný stupeň pohotovosti dodávky, nikoliv pro požadovaný stupeň úplnosti dodávky. Pro účely stanovení velikosti pojistné zásoby byla zvolena hodnota $K = 2$.

Veličina	Označení	M. j.	Velikost
Prům. kladný rozdíl skutečné a prognózované spotřeby	$\overline{e_p^+}$	ks	20,60
Prům. kladný rozdíl skutečné a očekávané pořizovací lhůty	$\overline{e_t^+}$	měsíc	0,07
Prům. měsíční spotřeba	$\overline{p}$	ks	116,78
Pojistná zásoba	x_p	ks	57

tab. č. 39 - Velikost pojistné zásoby podle M15 – výbojka 70 W

U metody M16 je doporučováno použít ke konstrukci předpovědi spotřeby jednoduché exponenciální vyrovnávání. V našem případě se však toto doporučení ukázalo jako neschůdné. Vzhledem ke kolísání spotřeby se totiž jako nejlepší hodnota vyrovnávací konstanty ukázala 1,00, pro kterou $M.S.E. = 32,74$. V této souvislosti je nutno upozornit, že u vzorce (80) jsou hodnoty vyrovnávací konstanty uvedeny v obráceném pořadí než je běžné ve statistické literatuře – obvykle se totiž první člen násobí výrazem $(1 - \gamma)$ a druhý člen γ .³¹² Jednoduché exponenciální vyrovnávání není vhodným modelem pro konstrukci předpovědi spotřeby, neboť trend nelze ani v krátkých úsecích řady považovat za konstantní. Z toho důvodu byly použity předpovědi vypočtené Wintersovým exponenciálním vyrovnáváním a uvedené v tab. č. 37.

³¹² např. HINDLS, R., KANOKOVÁ, J., NOVÁK, I. *Metody statistické analýzy pro ekonomy*. 1. vyd. Praha: Management Press, 1997. s. 129. ISBN 80-85943-44-1

Veličina	Označení	M. j.	Velikost
Rozptyl rozdílů v dodávkách	σ_r^2	ks ²	1 089,00
Rozptyl chyb v prognóze spotřeby	σ_e^2	ks ²	2 200,26
Prům. délka pořizovací lhůty	$\bar{t}_p$	měsíc	0,17
Pojistná zásoba	x_p	ks	39

tab. č. 40 - Velikost pojistné zásoby podle M16 – výbojka 70 W

Metoda M17 vychází z předpokladu, že nejlepším odhadem budoucí spotřeby je její průměrná velikost v minulosti. Při stanovování chyby předpovědi spotřeby se proto počítají odchylky skutečných velikostí spotřeby od průměrné spotřeby. Takový postup je ovšem vhodný pouze pro prakticky konstantní průběh spotřeby. V našem případě spotřeba výbojek poměrně značně kolísá. Z toho důvodu byly určeny, v souladu s doporučením autorů této metody (viz kap. 4.1.2.2.3), odchylky spotřeby jako rozdíl skutečných spotřeb a dvanáctiměsíčních klouzavých průměrů spotřeby (viz příl. č. 5).

Veličina	Označení	M. j.	Velikost
Chyba předpovědi spotřeby	D(p)	ks ²	2 167,18
Sm. odchylka pořizovací lhůty	σ_{tp}	měsíc	0,07
Prům. měsíční spotřeba	$\bar{p}$	ks	116,78
Interval nejistoty	t _n	měsíc	0,17
Pojistná zásoba	x_p	ks	34

tab. č. 41 - Velikost pojistné zásoby podle M17 – výbojka 70 W

Metoda M18 uvádí jako jeden ze zdrojů nejistoty střední chybu v prognóze velikosti spotřeby. Velikost této chyby byla kvantifikována pomocí střední absolutní chyby odhadu spotřeby. Velikosti předpovědi spotřeby byly převzaty z tab. č. 37. Veškeré hodnoty byly přepočítány na časový úsek průměrné spotřeby, protože výsledkem má být časová norma pojistné zásoby. Hodnota pojistného faktoru byla i v tomto případě stanovena na K = 1,65 pro srovnatelnost s ostatními uvedenými metodami. Přímý způsob určování pojistného faktoru popsán v kap. 4.1.2.2.4 se týká pouze stupně pohotovosti dodávky.

Veličina	Označení	M. j.	Velikost
Rozptyl měsíční spotřeby	σ_p^2	měsíc ²	0,16
Prům. délka pořizovací lhůty	$\bar{t}_p$	měsíc	0,17
Rozptyl pořizovací lhůty	σ_{tp}^2	měsíc ²	0,0044
M.A.E. prognózy spotřeby	MD	měsíc	0,3173
Pojistná zásoba	x_p	měsíc	0,38
Pojistná zásoba	x_p	ks	44

tab. č. 42 - Velikost pojistné zásoby podle M18 – výbojka 70 W

Další tři metody M19, M20 a M21 stanovují velikost pojistné zásoby bodovacím způsobem. Ve spolupráci s podnikem byla proto každá položka obodována podle hodnotících kritérií uvedených v tabulkách v kap. 4.1.2.3.

Kritérium	Počet bodů
Možnosti a počet náhradních zdrojů	5
Spolehlivost a úplnost dodávek	5
Pružnost, operativnost	3
Charakter spotřeby	7
Zaměnitelnost materiálu	9
Důsledky nekrytí spotřeby	5
Plánovatelnost	7
Základ	50
Celkem bodů	91

tab. č. 43 - Stanovení celkového počtu bodů pro určení pojistného faktoru – výbojka 70 W

Veličina	Označení	M. j.	Velikost
Celkový počet bodů	-	bod	91
Prům. délka dodávkového cyklu	$\bar{t}_c$	měsíc	cca 1
Koeficient při výpočtu z roční spotřeby	K	x	0,039
Plánovaná roční spotřeba	$\hat{p}_i$	ks	1 644
Pojistná zásoba	x_p	ks	64

tab. č. 44 - Velikost pojistné zásoby podle M19 – výbojka 70 W

Kritérium	Počet procentních bodů
Standardní materiál od tuz. dod. s několika nákupními možnostmi	- 20
Materiál dodávaný běžně	- 20
Materiál s malou možností přesunů a kompenzace	+ 20
Materiál používaný výhradně, bez možností náhrady	+ 20
Materiál, jehož nedostatek nemá z hl. nákladů vážné následky	- 20
Celková korekce	- 20

tab. č. 45 - Stanovení celkové procentní korekce pro určení pojistného faktoru – výbojka 70 W

Veličina	Označení	M. j.	Velikost
Celková korekce	-	%	- 20
Prům. délka dodávkového cyklu	$\bar{t}_c$	měsíc	cca 1
Koeficient při výpočtu z roční spotřeby	K	x	0,033
Plánovaná roční spotřeba	$\hat{p}_i$	ks	1 644
Pojistná zásoba	x_p	ks	54

tab. č. 46 - Velikost pojistné zásoby podle M20 – výbojka 70 W

Kritérium	Počet bodů
Možnost získání zdrojů	4
Spolehlivost a úplnost dodávek	4
Průběh spotřeby	8
Možnost záměny a důsledky nekrytí spotřeby	8
Celkem bodů	24

tab. č. 47 - Stanovení celkového počtu bodů pro určení koeficientu korekce pojistné zásoby – výbojka 70 W

Veličina	Označení	M. j.	Velikost
Prům. délka dodávkového cyklu	$\bar{t}_c$	den	21,54
Koeficient pojistné korekce	K_{kp}	x	0,40
Koeficient časové korekce	K_{kt}	x	1,00
Celkový pojistný faktor	K	x	0,024
Plánovaná roční spotřeba	$\hat{p}_i$	ks	1 644
Pojistná zásoba	x_p	ks	39

tab. č. 48 - Velikost pojistné zásoby podle M21 – výbojka 70 W

Pomocí bodovacího způsobu lze stanovit i optimální velikost pojistného faktoru. Položku obodujeme podle tab. č. 15 a výsledek zvětšený o 50 bodů udává optimální stupeň úplnosti dodávky.

Kritérium	Počet bodů
Charakter dodávek od dodavatele – cykličnost výroby	1
Charakter dodávek od dodavatele – interval dodávek	2
Možnosti náhradního opatřování – postavení dodavatelů	3
Možnosti náhradního opatřování – nahraditelnost jinými výrobky	5
Technologická povaha výrobku	5
Základ	50
Celkem bodů	66

tab. č. 49 - Stanovení optimálního stupně úplnosti dodávky – výbojka 70 W

Navrhovanému stupni úplnosti dodávky 66 % odpovídá podle tab. č. 13 hodnota pojistného faktoru cca 0,40. Velikost pojistného faktoru však byla stanovena na $K = 1,65$ pro stupeň úplnosti dodávky 95 %. Pravděpodobnost vzniku deficitu zásoby 34 % je dle vedení podniku neakceptovatelná. Důvodem stanovení takto nízkého stupně zabezpečení je pravděpodobně fakt, že tab. č. 15 byla zkonstruována pro výrobní materiály a tudíž není příliš vhodná pro specifický obor působnosti daného podniku.

Velikosti pojistných zásob stanovené pomocí metod M5 až M21 (s výjimkou metody M15) vycházejí z předpokladu, že spolehlivost zabezpečení proti odchylkám je vyjádřena stupněm úplnosti dodávky ve výši 95 %. Odpovídající stupeň pohotovosti dodávky získáme ze vztahu (140). K určení stupně pohotovosti dodávky je nutné znát velikost dodávky (použijeme průměrnou velikost dodávky 82,90 ks) a celkovou směrodatnou odchylku.

Při určování velikosti celkové směrodatné odchylky narážíme na problém, že každá z uvedených metod ji stanovuje odlišným, „správným“ způsobem. Hodnotu pomocné funkce $\tau(K = 1,65) = 0,0206$ získáme z příl. č. 1. Velikosti stupně pohotovosti dodávky uvedené v tab. č. 50 je nutné proto považovat za teoretické. Skutečně dosahovaný stupeň pohotovosti dodávky je nutno určit na základě podnikové evidence způsobem popsáním v kap. 3.1.7.2. Vysoký rozdíl mezi teoretickou a skutečně dosahovanou výší stupně pohotovosti dodávky svědčí o nesprávném způsobu stanovování celkové směrodatné odchylky vybranou metodou. Zhodnocení jednotlivých metod v tomto směru bude provedeno v kap. 6.1.4.

Metoda	Stupeň pohotovosti dodávky β	Metoda	Stupeň pohotovosti dodávky β
M5a	98,8	M12	99,5
M5b	97,5	M13a	99,5
M5c	96,6	M13b	99,6
M6	98,6	M14	99,4
M7a	99,6	M15	95,0
M7b	99,4	M16	99,4
M8	98,3	M17	99,5
M9	99,8	M18	99,3
M10	98,6	M19	99,0
M11a	99,5	M20	99,2
M11b	99,8	M21	99,4

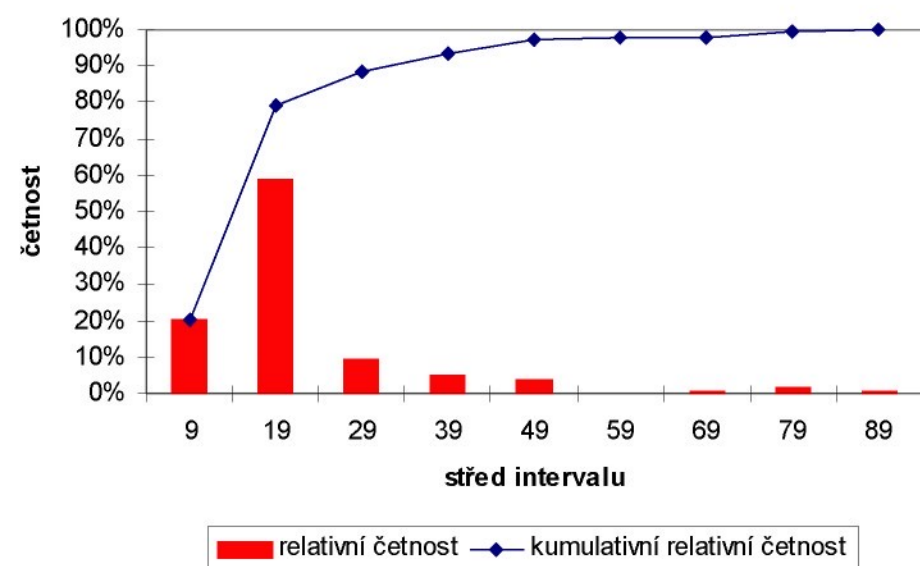
tab. č. 50 - Teoretické hodnoty stupně pohotovosti dodávky pro pojistné zásoby stanovené jednotlivými metodami (malá písmena u některých metod označují variantu výpočtu, viz tab. č. 26 až 48) – výbojka 70 W

Postupem uvedeným v tab. č. 25 jsme si ověřili, že spotřeba výbojek 70 W se neřídí normálním rozdělením. V následujícím textu je proto stanovena velikost pojistné zásoby na základě skutečného rozdělení náhodné veličiny spotřeby (metoda M22). Pomocné propočty jsou uvedeny v příl. č. 6.

Z tab. č. 51 a obr. č. 26 je patrné, že jestliže podnik např. požaduje spolehlivost zabezpečení proti odchylkám vyjádřenou stupněm úplnosti dodávky ve výši 93,5 %, je nutné udržovat pojistnou zásobu ve výši 44 ks. Obdobně pro spolehlivost zabezpečení ve výši 97,4 % je nutné udržovat pojistnou zásobu ve výši 54 ks. Velikost pojistné zásoby pro spolehlivost zabezpečení 95 % získáme aproximací – cca 48 ks výbojek.

Interval odchylek	Střed intervalu	Četnost		Kumul. četnost	
		absolutní	relativní	absolutní	relativní
4 - 14	9	224	0,205	224	0,205
14 - 24	19	642	0,588	866	0,794
24 - 34	29	102	0,093	968	0,887
34 - 44	39	52	0,048	1 020	0,935
44 - 54	49	43	0,039	1 063	0,974
54 - 64	59	2	0,002	1 065	0,976
64 - 74	69	5	0,005	1 070	0,981
74 - 84	79	15	0,014	1 085	0,995
84 - 94	89	6	0,005	1 091	1,000
Celkem	x	1 091	1,000	x	x

tab. č. 51 - Absolutní a relativní četnosti výskytu odchylek skutečné velikosti spotřeby během intervalu nejistoty od průměrné hodnoty spotřeby – výbojka 70 W



obr. č. 26 - Histogram relativních četností a křivka kumulativní četnosti pro absolutní hodnoty odchylek od průměrné pětidenní spotřeby výbojek 70 W

6.1.2 Výbojka 150 W

Další vybranou položkou zásob je výbojka 150 W. Položka je nakupována od stejného dodavatele jako výbojka 70 W. Dodací a pořizovací lhůty jsou shodné s výbojkou 70 W.

Vzhledem k tomu, že postup řešení je stejný jako u předcházející položky, nebude již blíže komentován. Nejprve bude odhadnuta průměrná výše stávající pojistné zásoby a stupeň pohotovosti dodávky (viz tab. č. 52 a příl. č. 7). Z tabulky je patrné, že u výbojky 150 W podnik udržuje na skladě určitou rezervu o průměrné výši cca 14 ks. Velikosti dodávek a spotřeby jsou uvedeny na obr. č. 27, časový průběh stavu zásoby na obr. č. 28.

Veličina	Označení	M. j.	Velikost
Průměrná celková zásoba	$\overline{x_c}$	ks	59
Průměrná obrátová zásoba	$\overline{x_b}$	ks	45
Průměrná pojistná zásoba	$\overline{x_p}$	ks	14

tab. č. 52 - Odhad průměrné pojistné zásoby pro výbojku 150 W

V důsledku držení určité pojistné zásoby nedocházelo tak často k vyčerpání pohotové zásoby jako u výbojky 70 W – v průběhu sledovaného období 1 095 dnů se po dobu 164 dnů nenacházel na skladu ani jeden kus výbojky. Na základě těchto informací lze stanovit dosažený stupeň pohotovosti dodávky na 85 %.

$$\beta = \frac{1095 - 164}{1095} \cdot 100 \approx 85 \%$$

Průměrná měsíční spotřeba výbojky 150 W činí cca 59 ks. Směrodatná odchylka měsíční spotřeby je 34 ks (viz příl. č. 8). Variační koeficient měsíční spotřeby 0,58 je tedy poměrně vysoký. Příčinou by mohla být opět existence trendu nebo sezónního kolísání.

Odhady regresních parametrů pro přímku jsou uvedeny v tab. č. 53.

Regression Coefficient				t(N-P-1;0,05) 2,0322445			
	Estimate	SE	t(cal)		P(T<=t(cal))	Lower 95%	Upper 95%
b0	85,83333	10,53312	8,148901*** (P<=0.001)		1,67E-09	64,42746	107,2392
b1:X	-1,46396	0,496444	-2,9489** (P<=0.05)		0,005733	-2,47286	-0,45507

tab. č. 53 - Odhady parametrů regresní přímky, odhady jejich směrodatných chyb, výsledky t-testů a intervaly spolehlivosti pro regresní parametry – výbojka 150 W

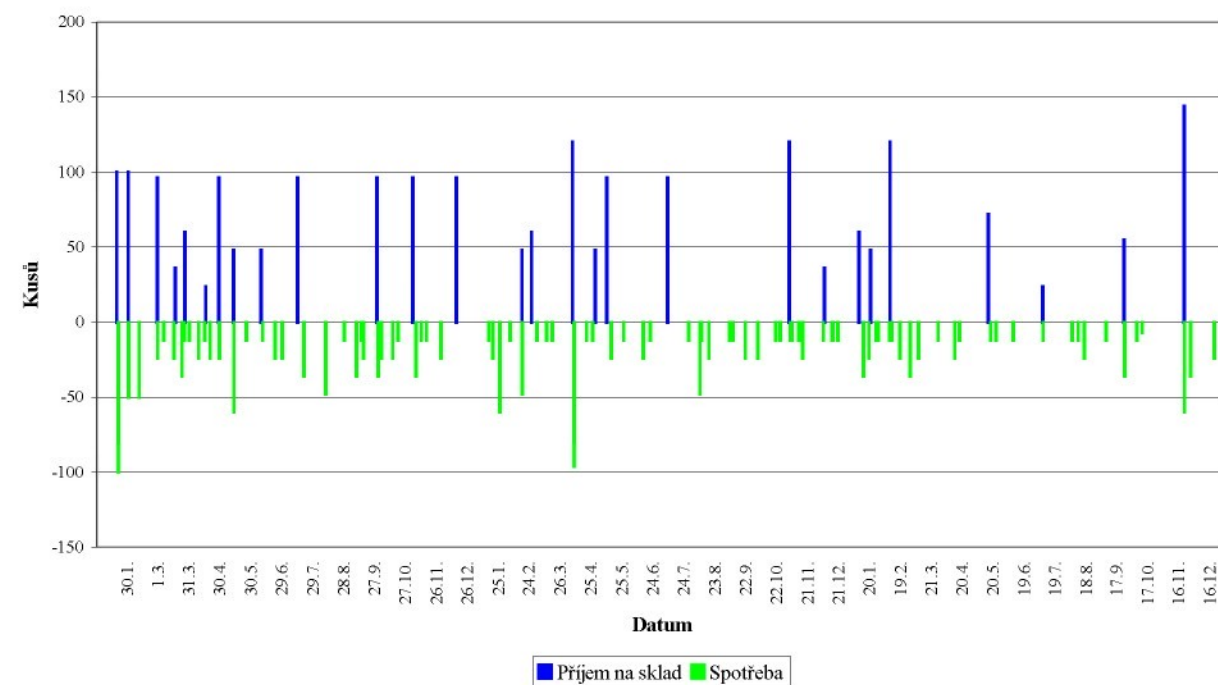
ANOVA Table for Regression

Factor	SS	Df	Ms	F(cal)		P(F<=F(cal))	F(0,05)
Regression	8326,295	1	8326,295	8,696015* (P<=0.05)		0	0
Residual	32554,45	34	957,484				
Total	40880,75	35					

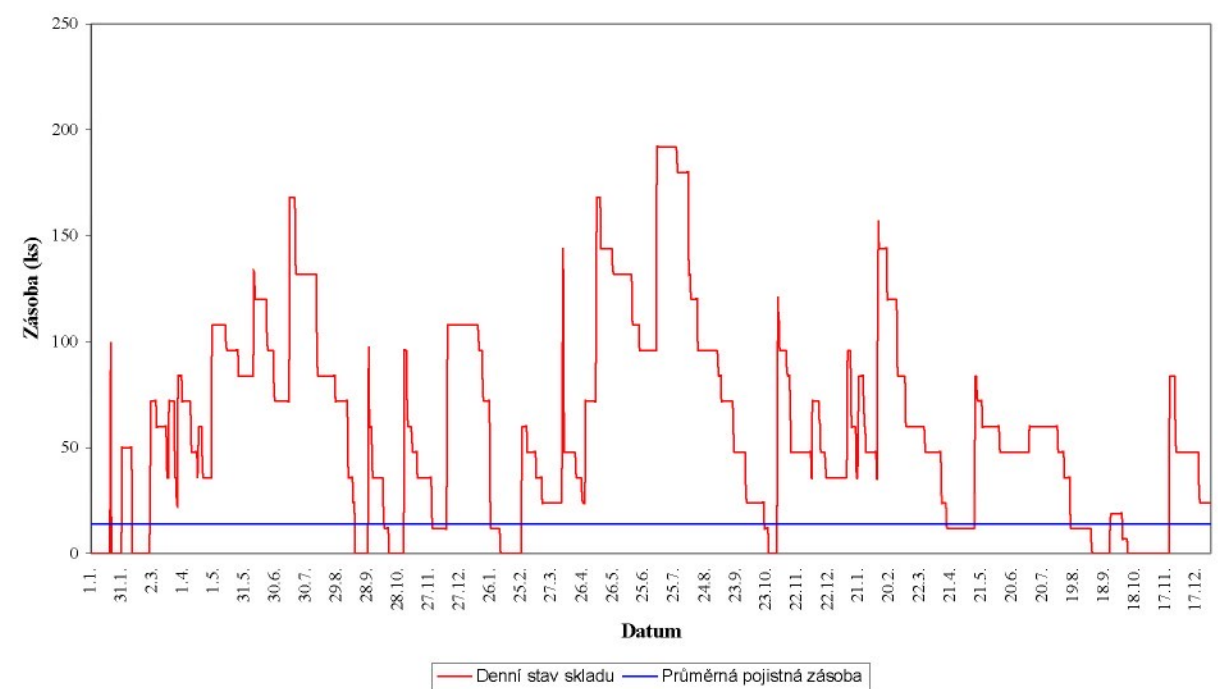
tab. č. 54 - Teoretický a reziduální součet čtverců pro přímku a výsledek celkového F-testu – výbojka 150 W

Koeficient determinace je roven 0,20; koeficient korelace -0,45 a opravený koeficient determinace 0,18. Potvrdil se předpoklad o existenci statisticky významného trendu (parametr b_1 není možno považovat za nulový a celkový F-test je rovněž významný na hladině významnosti $\alpha = 5 \%$). Spotřeba výbojek klesá v průměru měsíčně cca o 1,5 ks.

obr. č. 27 - Velikosti dodávek na sklad a spotřeby položky - výbojka 150 W



obr. č. 28 - Časový průběh stavu zásoby - výbojka 150 W



V další fázi byly stanoveny empirické sezónní indexy jako podíl původních a vyrovnaných hodnot řady – viz tab. č. 55.

Měsíc	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Sez. faktor	1,712	1,183	0,835	1,252	0,683	0,554	0,325	1,169	1,206	0,751	1,777	0,554

tab. č. 55 - Hodnoty sezónních faktorů – výbojka 150 W

Sezónní kolísání je u výbojky 150 W mnohem silnější než u výbojky 70 W. Opět se potvrdila velmi nízká spotřeba výbojek v červenci v důsledku čerpání dovolených – pouhých 32 % dlouhodobého normálu. Příčiny kolísání v ostatních měsících roku se však nedají logicky vysvětlit. Zřejmě zde působí soubor náhodných vlivů, které vyvolávají toto kolísání. Variabilita měsíční spotřeby je u výbojky 150 W značná, což bude mít negativní vliv na velikost pojistné zásoby.

V dalším textu jsou postupně propočítány velikosti pojistné zásoby podle jednotlivých metod M1 až M22. Hodnoty vstupních i výstupních veličin jsou přehledně uspořádány do tabulek. Pomocné propočty jsou uvedeny v příl. č. 7 a 8. Vypočtené velikosti pojistných zásob jsou zaokrouhleny na celé kusy.

Veličina	Označení	M. j.	Velikost
Prům. měsíční spotřeba	$\bar{p}$	ks	58,75
Prům. délka pořizovací lhůty	$\bar{t}_p$	měsíc	0,17
Pojistná zásoba	x_p	ks	5

tab. č. 56 - Velikost pojistné zásoby podle metody M1 – výbojka 150 W

Veličina	Označení	M. j.	Velikost
Prům. délka dodávkového cyklu	$\bar{t}_c$	den	40,23
Prům. délka nadprům. dod. cyklů		den	33,18
Prům. denní spotřeba	$\bar{p}$	ks	1,96
Pojistná zásoba	x_p	ks	65

tab. č. 57 - Velikost pojistné zásoby podle metody M2 – výbojka 150 W

Veličina	Označení	M. j.	Velikost
Max. délka dodávkového cyklu	$t_{c \max}$	měsíc	3,93
Prům. délka dodávkového cyklu	$\bar{t}_c$	měsíc	1,26
Prům. měsíční spotřeba	$\bar{p}$	ks	58,75
Max. velikost měs. spotřeby	$p_{\max}$	ks	150
MAD dodávkového cyklu	A_{tc}	měsíc	0,73
MAD měsíční spotřeby	A_p	ks	27,69
Pojistná zásoba podle (25)	x_p	ks	272
Pojistná zásoba podle (28)	x_p	ks	78

tab. č. 58 - Velikost pojistné zásoby podle M3 – výbojka 150 W

Veličina	Označení	M. j.	Velikost
Prům. kladná odchylka dod. cyklu	$\overline{d_{tc}^+}$	den	31,44
Prům. záporná odchylka dodávek	$\overline{d_x^-}$	ks	28,75
Prům. záporná odchylka dodávek	$\overline{d_x^-}$	den	14,67
Prům. kladná odchylka spotřeby	$\overline{d_p^+}$	ks	27,69
Prům. kladná odchylka spotřeby	$\overline{d_p^+}$	den	14,14
Pojistná zásoba	x_p	den	60,25
Pojistná zásoba	x_p	ks	118

tab. č. 59 - Velikost pojistné zásoby podle M4 – výbojka 150 W

Další skupina metod M5 až M21 pracuje s pojistným faktorem. Z důvodu srovnatelnosti byla velikost pojistného faktoru pro stupeň úplnosti dodávky určena na 95 %, stejně jako u výbojky 70 W. Této spolehlivosti zabezpečení odpovídá podle tab. č. 13 velikost pojistného faktoru $K = 1,65$. Stupeň pohotovosti dodávky bude určen podle průměrné velikosti dodávek a celkové směrodatné odchylky u každé metody zvlášť (viz tab. č. 85).

K ověření předpokladu, že spotřeba se řídí normálním rozdělením, byl proveden chí-kvadrát test dobré shody. V tab. č. 60 je uvedeno empirické rozdělení spotřeby, které bylo získáno roztríděním 36 hodnot z příl. č. 8 do zvolených číselných intervalů a postup výpočtu.

Interval	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)
0 - 25	12,5	7	87,5	156,25	1 093,75	25	-0,937	0,174	0,174	6,276	7,808
25 - 50	37,5	11	412,5	1 406,25	15 468,75	50	-0,170	0,432	0,258	9,289	13,026
50 - 75	62,5	7	437,5	3 906,25	27 343,75	75	0,596	0,725	0,292	10,519	4,658
75 - 100	87,5	8	700,0	7 656,25	61 250,00	100	1,363	0,914	0,189	6,806	9,404
100 - 125	112,5	2	225,0	12 656,25	25 312,50	125	2,130	0,983	0,070	2,514	1,591
125 - 150	137,5	1	137,5	18 906,25	18 906,25	150	2,897	0,998	0,015	0,529	1,890
Součet	x	36	2 000,00	44 687,50	149 375,00	x	x	x	x	35,932	38,378

tab. č. 60 - Test normality pro spotřebu výbojky 150 W

Hlavička tabulky č. 60 je identická s tab. č. 25.

Testové kritérium $G = 38,378 - 36 = 2,378$ má přibližně χ^2 rozdělení s $(k - 1) = 5$ stupni volnosti. Nulová hypotéza předpokládá, že základní soubor má v našem případě normální rozdělení. Volíme hladinu významnosti $\alpha = 5\%$. V tabulkách vyhledáme kvantil $\chi^2_{0,95}[5] = 11,1$. Protože testová statistika G nepřekročila kritickou mez, nezamítá se nulová hypotéza. To značí, že normální rozdělení je vhodným modelem spotřeby výbojek 150 W, na rozdíl od výbojek 70 W.

Veličina	Označení	M. j.	Velikost
Sm. odchylka měsíční spotřeby	σ_p	ks	34,18
Sm. odchylka dodávkového cyklu	σ_{tc}	měsíc	0,94
Sm. odchylka dodávek	σ_x	ks	32,51
Prům. měsíční spotřeba	$\bar{p}$	ks	58,75
Pojistná zásoba K . (38)	x_p	ks	56
Pojistná zásoba K . (39)	x_p	ks	148
Pojistná zásoba K . (40)	x_p	ks	201

tab. č. 61 - Velikost pojistné zásoby podle M5 – výbojka 150 W

Veličina	Označení	M. j.	Velikost
Sm. odchylka měsíční spotřeby	σ_p	ks	34,18
Sm. odchylka dodací lhůty	σ_{td}	měsíc	0,07
Prům. měsíční spotřeba	$\bar{p}$	ks	58,75
Pojistná zásoba	x_p	ks	63

tab. č. 62 - Velikost pojistné zásoby podle M6 – výbojka 150 W

Veličina	Označení	M. j.	Velikost
Sm. odchylka měsíční spotřeby	σ_p	ks	34,18
Sm. odchylka dodací lhůty	σ_{td}	měsíc	0,07
Prům. měsíční spotřeba	$\bar{p}$	ks	58,75
Prům. délka dodací lhůty	$\bar{t}_d$	měsíc	0,10
Pojistná zásoba podle (47)	x_p	ks	18
Pojistná zásoba podle (48)	x_p	ks	24

tab. č. 63 - Velikost pojistné zásoby podle M7 – výbojka 150 W

Veličina	Označení	M. j.	Velikost
Rozptyl měsíční spotřeby	σ_p^2	ks ²	1 168,02
Rozptyl dodávkového cyklu	σ_{tc}^2	měsíc ²	0,89
Prům. měsíční spotřeba	$\bar{p}$	ks	58,75
Prům. délka dodávkového cyklu	$\bar{t}_c$	měsíc	1,26
Pojistná zásoba	x_p	ks	111

tab. č. 64 - Velikost pojistné zásoby podle M8 – výbojka 150 W

U metody M9 bylo za hodnotu pojistného faktoru dosazeno $K = 2,33$. Tato hodnota by dle autora této metody (viz kap. 4.1.2.1.5) měla zajistit spolehlivost zabezpečení ve výši 95 %.

Veličina	Označení	M. j.	Velikost
Délka pořizovací lhůty	t_p	měsíc	0,17
Prům. měsíční spotřeba	$\bar{p}$	ks	58,75
Pojistná zásoba	x_p	ks	7

tab. č. 65 - Velikost pojistné zásoby podle M9 – výbojka 150 W

Veličina	Označení	M. j.	Velikost
Sm. odchylka měsíční spotřeby	σ_p	ks	34,18
Sm. odchylka pořizovací lhůty	σ_{tp}	měsíc	0,07
Prům. měsíční spotřeba	$\bar{p}$	ks	58,75
Pojistná zásoba	x_p	ks	63

tab. č. 66 - Velikost pojistné zásoby podle M10 – výbojka 150 W

Veličina	Označení	M. j.	Velikost
Sm. odchylka měsíční spotřeby	σ_p	ks	34,18
Délka pořizovací lhůty	t_p	měsíc	0,17
Pojistná zásoba podle (57)	x_p	ks	23
Pojistná zásoba podle (58)	x_p	ks	29

tab. č. 67 - Velikost pojistné zásoby podle M11 – výbojka 150 W

Veličina	Označení	M. j.	Velikost
Délka pořizovací lhůty	t_p	měsíc	0,17
MAD měsíční spotřeby	A_p	ks	27,69
Odhad sm. odchylky spotřeby	σ_p	ks	34,61
Pojistná zásoba podle MAD	x_p	ks	23
Pojistná zásoba podle odh. σ_p	x_p	ks	23

tab. č. 68 - Velikost pojistné zásoby podle M12 – výbojka 150 W

Veličina	Označení	M. j.	Velikost
Rozptyl měsíční spotřeby	σ_p^2	ks ²	1 168,02
Rozptyl pořizovací lhůty	σ_{tp}^2	měsíc ²	0,0044
Prům. měsíční spotřeba	$\bar{p}$	ks	58,75
Prům. délka pořizovací lhůty	$\bar{t}_p$	měsíc	0,17
Prům. délka dodací lhůty	$\bar{t}_d$	měsíc	0,10
Rozptyl dodací lhůty	σ_{td}^2	měsíc ²	0,0044
Pojistná zásoba podle (61)	x_p	ks	24
Pojistná zásoba podle (63)	x_p	ks	19

tab. č. 69 - Velikost pojistné zásoby podle M13 – výbojka 150 W

Vlivem podhodnocené délky intervalu nejistoty samozřejmě došlo v případě výpočtu podle vztahu (63) ke snížení výše pojistné zásoby, a rovněž také ke snížení skutečné spolehlivosti zabezpečení proti odchylkám.

Veličina	Označení	M. j.	Velikost
Rozptyl rozdílů v dodávkách	σ_r^2	ks^2	20,23
Rozptyl měsíční spotřeby	σ_p^2	ks^2	1 168,02
Prům. délka pořizovací lhůty	$\bar{t}_p$	měsíc	0,17
Pojistná zásoba	x_p	ks	23

tab. č. 70 - Velikost pojistné zásoby podle M14 – výbojka 150 W

Za účelem výpočtu pojistných zásob pomocí metod M15, M16 a M18 byly zkonstruovány stejným způsobem jako u výbojky 70 W pseudopředpovědi. K výpočtu byl použit software STORM, modul Forecasting. Algoritmus výpočtu je založen na tříparametrickém Wintersovu exponenciálním vyrovňování. Vhodný model pro konstrukci předpovědi byl vybrán na základě kritérií uvedených v tab. č. 71 a 73. Vzhledem ke zkrácení časové řady na polovinu přicházejí v úvahu pouze modely bez trendu nebo s trendem. Pro výbojku 150 W byl zvolen model s trendem.

INITIAL CONDITIONS FOR SERIES				
Component	Level Model	Trend Model	Seasonal Model	Trend-Seas Model
Level	64.6652	50.7685	65.8423	53.3385
Trend	N/A	-2.2638	N/A	-2.1157
Seasonal 1	N/A	N/A	1.6204	1.5996
Seasonal 2	N/A	N/A	0.9847	1.0152
Seasonal 3	N/A	N/A	0.6458	0.6814
Seasonal 4	N/A	N/A	1.8761	2.1114
Seasonal 5	N/A	N/A	0.6163	0.7101
Seasonal 6	N/A	N/A	0.6007	0.7253
Seasonal 7	N/A	N/A	0.5775	0.4925
Seasonal 8	N/A	N/A	0.9643	0.8454
Seasonal 9	N/A	N/A	1.7385	1.5689
Seasonal 10	N/A	N/A	0.9673	0.8995
Seasonal 11	N/A	N/A	1.3562	1.3010
Seasonal 12	N/A	N/A	0.0000	0.0000

Above values are based on the first 18 periods of data

tab. č. 71 - Základní charakteristiky zkoumaných modelů časové řady měsíční spotřeby – výbojka 150 W

TREND MODEL FITTING STATISTICS FOR SERIES SMOOTHING CONSTANTS USED: 0.10 (LEVEL), 0.10 (TREND)					
Period	Actual	Forecast	Error	Level	Trend
PERIOD 19	12	49	-37	44.8542	-2.629
PERIOD 20	84	42	42	46.4027	-2.211
PERIOD 21	48	44	4	44.5724	-2.173
PERIOD 22	48	42	6	42.9595	-2.117
PERIOD 23	72	41	31	43.9582	-1.805
PERIOD 24	48	42	6	42.7374	-1.747
PERIOD 25	96	41	55	46.4914	-1.197
PERIOD 26	84	45	39	49.1650	-0.810
PERIOD 27	36	48	-12	47.1197	-0.933
PERIOD 28	36	46	-10	45.1676	-1.035
PERIOD 29	24	44	-20	42.1191	-1.237
PERIOD 30	12	41	-29	37.9943	-1.525
PERIOD 31	12	36	-24	34.0220	-1.770
PERIOD 32	48	32	16	33.8267	-1.613
PERIOD 33	48	32	16	33.7927	-1.455
PERIOD 34	19	32	-13	31.0041	-1.588
PERIOD 35	96	29	67	36.0744	-0.922
PERIOD 36	24	35	-11	34.0369	-1.034

tab. č. 72 - Srovnání skutečných a předpovídaných hodnot měsíčních spotřeb – výbojka 150 W

MODEL FITTING / VALIDATION ERROR STATISTICS FOR SERIES				
Statistic	Level Model	Trend Model	Seasonal Model	Trend-Seas Model
Model Fitting Error Statistics for 18 periods from PERIOD 19				
Mean Err	-6.0000	7.0000	-7.8889	5.1667
Mean % Err	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Mean Absolute Err	26.5556	24.3333	23.1111	22.1667
Mean Abs % Err	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Root Mean Sq Err	30.1441	29.8887	31.1751	28.8742
Model selected was Trend				

tab. č. 73 - Kritéria pro volbu modelu časové řady – výbojka 150 W

U metody M15 se přidržíme doporučení autora a budeme brát v úvahu pouze rozdíly mezi skutečnou a prognózovanou velikostí spotřeby za posledních šest měsíců (viz tab. č. 72) a rozdíly mezi skutečnou a očekávanou délkou pořizovací lhůty u posledních tří dodávek (tento rozdíl byl odhadnut v průměru na dva dny). Hodnota pojistného faktoru byla stanovena z tab. č. 3. Hodnoty pojistného faktoru jsou v této tabulce uvedeny pro požadovaný stupeň pohotovosti dodávky, nikoliv pro požadovaný stupeň úplnosti dodávky. Pro účely stanovení velikosti pojistné zásoby byla zvolena hodnota $K = 2$.

Veličina	Označení	M. j.	Velikost
Prům. kladný rozdíl skutečné a prognózované spotřeby	$\overline{e_p^+}$	ks	33,00
Prům. kladný rozdíl skutečné a očekávané pořizovací lhůty	$\overline{e_t^+}$	měsíc	0,07
Prům. měsíční spotřeba	$\overline{p}$	ks	58,75
Pojistná zásoba	x_p	ks	74

tab. č. 74 - Velikost pojistné zásoby podle M15 – výbojka 150 W

U metody M16 je doporučováno použít ke konstrukci předpovědi spotřeby jednoduché exponenciální vyrovnávání. V našem případě se však toto doporučení ukázalo jako neschůdné. Vzhledem ke kolísání spotřeby se totiž jako nejlepší hodnota vyrovnávací konstanty ukázala 1,00, pro kterou M.S.E. = 102,23. Jednoduché exponenciální vyrovnávání není vhodným modelem pro konstrukci předpovědi spotřeby, neboť trend nelze ani v krátkých úsecích řady považovat za konstantní. Z toho důvodu byly použity předpovědi vypočtené Wintersovým exponenciálním vyrovnáváním a uvedené v tab. č. 72.

Veličina	Označení	M. j.	Velikost
Rozptyl rozdílů v dodávkách	σ_r^2	ks ²	20,23
Rozptyl chyb v prognóze spotřeby	σ_e^2	ks ²	894,00
Prům. délka pořizovací lhůty	$\overline{t_p}$	měsíc	0,17
Pojistná zásoba	x_p	ks	21

tab. č. 75 - Velikost pojistné zásoby podle M16 – výbojka 150 W

Metoda M17 vychází z předpokladu, že nejlepším odhadem budoucí spotřeby je její průměrná velikost v minulosti. V našem případě ovšem spotřeba výbojek značně kolísá. Z toho důvodu byly určeny, v souladu s doporučením autorů této metody (viz kap. 4.1.2.2.3), odchylky spotřeby jako rozdíl skutečných spotřeb a dvanáctiměsíčních klouzavých průměrů spotřeby (viz příl. č. 8).

Veličina	Označení	M. j.	Velikost
Chyba předpovědi spotřeby	D(p)	ks ²	1 024,31
Sm. odchylka pořizovací lhůty	σ_{tp}	měsíc	0,07
Prům. měsíční spotřeba	$\overline{p}$	ks	58,75
Interval nejistoty	t_n	měsíc	0,17
Pojistná zásoba	x_p	ks	23

tab. č. 76 - Velikost pojistné zásoby podle M17 – výbojka 150 W

Veličina	Označení	M. j.	Velikost
Rozptyl měsíční spotřeby	σ_p^2	měsíc ²	0,34
Prům. délka pořizovací lhůty	$\bar{t}_p$	měsíc	0,17
Rozptyl pořizovací lhůty	σ_{tp}^2	měsíc ²	0,0044
M.A.E. prognózy spotřeby	MD	měsíc	0,17
Pojistná zásoba	x_p	měsíc	0,45
Pojistná zásoba	x_p	ks	27

tab. č. 77 - Velikost pojistné zásoby podle M18 – výbojka 150 W

Další tři metody M19, M20 a M21 stanovují velikost pojistné zásoby bodovacím způsobem. Ve spolupráci s podnikem byla proto každá položka obodována podle hodnotících kritérií uvedených v tabulkách v kap. 4.1.2.3.

Kritérium	Počet bodů
Možnosti a počet náhradních zdrojů	5
Spolehlivost a úplnost dodávek	5
Pružnost, operativnost	3
Charakter spotřeby	9
Zaměnitelnost materiálu	9
Důsledky nekrytí spotřeby	5
Plánovatelnost	7
Základ	50
Celkem bodů	93

tab. č. 78 - Stanovení celkového počtu bodů pro určení pojistného faktoru – výbojka 150 W

Veličina	Označení	M. j.	Velikost
Celkový počet bodů	-	bod	93
Prům. délka dodávkového cyklu	$\bar{t}_c$	měsíc	cca 1
Koeficient při výpočtu z roční spotřeby	K	x	0,039
Plánovaná roční spotřeba	$\hat{p}_i$	ks	535
Pojistná zásoba	x_p	ks	21

tab. č. 79 - Velikost pojistné zásoby podle M19 – výbojka 150 W

Kritérium	Počet procentních bodů
Standardní materiál od tuz. dod. s několika nákupními možnostmi	- 20
Materiál dodávaný běžně	- 20
Materiál s malou možností přesunů a kompenzace	+ 20
Materiál používaný výhradně, bez možností náhrady	+ 20
Materiál, jehož nedostatek nemá z hl. nákladů vážné následky	- 20
Celková korekce	- 20

tab. č. 80 - Stanovení celkové procentní korekce pro určení pojistného faktoru – výbojka 150 W

Veličina	Označení	M. j.	Velikost
Celková korekce	-	%	- 20
Prům. délka dodávkového cyklu	$\bar{t}_c$	měsíc	cca 1
Koeficient při výpočtu z roční spotřeby	K	x	0,033
Plánovaná roční spotřeba	$\hat{p}_i$	ks	535
Pojistná zásoba	x_p	ks	18

tab. č. 81 - Velikost pojistné zásoby podle M20 – výbojka 150 W

Kritérium	Počet bodů
Možnost získání zdrojů	4
Spolehlivost a úplnost dodávek	4
Průběh spotřeby	8
Možnost záměny a důsledky nekrytí spotřeby	8
Celkem bodů	24

tab. č. 82 - Stanovení celkového počtu bodů pro určení koeficientu korekce pojistné zásoby – výbojka 150 W

Veličina	Označení	M. j.	Velikost
Prům. délka dodávkového cyklu	$\bar{t}_c$	den	37,68
Koeficient pojistné korekce	K_{kp}	x	0,40
Koeficient časové korekce	K_{kt}	x	0,90
Celkový pojistný faktor	K	x	0,038
Plánovaná roční spotřeba	$\hat{p}_i$	ks	535
Pojistná zásoba	x_p	ks	20

tab. č. 83 - Velikost pojistné zásoby podle M21 – výbojka 150 W

Pomocí bodovacího způsobu lze stanovit i optimální velikost pojistného faktoru. Položku obodujeme podle tab. č. 15 a výsledek zvětšený o 50 bodů udává optimální stupeň úplnosti dodávky.

Kritérium	Počet bodů
Charakter dodávek od dodavatele – cykličnost výroby	1
Charakter dodávek od dodavatele – interval dodávek	2
Možnosti náhradního opatřování – postavení dodavatelů	3
Možnosti náhradního opatřování – nahraditelnost jinými výrobky	5
Technologická povaha výrobku	5
Základ	50
Celkem bodů	66

tab. č. 84 - Stanovení optimálního stupně úplnosti dodávky – výbojka 150 W

Navrhovanému stupni úplnosti dodávky 66 % odpovídá podle tab. č. 13 hodnota pojistného faktoru cca 0,40. Velikost pojistného faktoru však byla stanovena na $K = 1,65$ pro stupeň úplnosti dodávky 95 %. Pravděpodobnost vzniku deficitu zásoby 34 % je dle vedení podniku neakceptovatelná. Důvodem stanovení takto nízkého stupně zabezpečení je pravděpodobně

fakt, že tab. č. 15 byla zkonstruována pro výrobní materiály a tudíž není příliš vhodná pro specifický obor působnosti daného podniku.

Velikosti pojistných zásob stanovené pomocí metod M5 až M21 (s výjimkou metody M15) vycházely z předpokladu, že spolehlivost zabezpečení proti odchylkám je vyjádřena stupněm úplnosti dodávky ve výši 95 %. Odpovídající stupeň pohotovosti dodávky získáme ze vztahu (140). K určení stupně pohotovosti dodávky je nutné znát velikost dodávky (použijeme průměrnou velikost dodávky 76,39 ks) a celkovou směrodatnou odchylku. Postup výpočtu je shodný s výbojkou 70 W. Hodnotu pomocné funkce $\tau(K = 1,65) = 0,0206$ získáme z příl. č. 1.

Metoda	Stupeň pohotovosti dodávky β	Metoda	Stupeň pohotovosti dodávky β
M5a	99,1	M12	99,6
M5b	97,6	M13a	99,6
M5c	96,7	M13b	99,7
M6	99,0	M14	99,6
M7a	99,7	M15	95,0
M7b	99,4	M16	99,7
M8	98,2	M17	99,6
M9	99,9	M18	99,6
M10	99,0	M19	99,7
M11a	99,6	M20	99,7
M11b	99,9	M21	99,7

tab. č. 85 - Teoretické hodnoty stupně pohotovosti dodávky pro pojistné zásoby stanovené jednotlivými metodami (malá písmena u některých metod označují variantu výpočtu, viz tab. č. 61 až 83) – výbojka 150 W

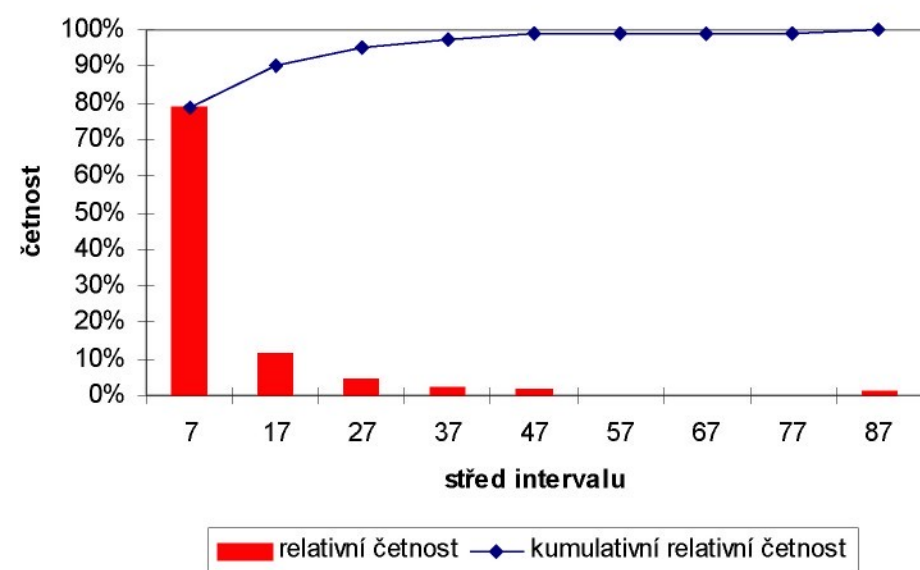
Podobně jako u výbojky 70 W je nutno upozornit, že výše stanovené stupně pohotovosti dodávky jsou vypočítány za předpokladu, že daná metoda určuje správně velikost celkové směrodatné odchylky. Zhodnocení jednotlivých metod v tomto směru bude provedeno v kap. 6.1.4.

Postupem uvedeným v tab. č. 60 jsme si ověřili, že spotřeba výbojek 150 W se řídí normálním rozdělením. V následujícím textu je pro porovnání stanovena velikost pojistné zásoby na základě skutečného rozdělení náhodné veličiny spotřeby (metoda M22). Pomocné propočty jsou uvedeny v příl. č. 9.

Z tab. č. 86 a obr. č. 29 je patrné, že jestliže podnik požaduje spolehlivost zabezpečení proti odchylkám vyjádřenou stupněm úplnosti dodávky ve výši 94,9 %, je nutné udržovat pojistnou zásobu ve výši 32 ks. Obdobně pro spolehlivost zabezpečení ve výši 97,3 % je nutné udržovat pojistnou zásobu ve výši 42 ks. Velikost pojistné zásoby pro podnikem požadovanou spolehlivost zabezpečení 95 % činí cca 33 ks výbojek.

Interval odchylek	Střed intervalu	Četnost		Kumul. četnost	
		absolutní	relativní	absolutní	relativní
2 - 12	7	858	0,786	858	0,786
12 - 22	17	127	0,116	985	0,903
22 - 32	27	50	0,046	1 035	0,949
32 - 42	37	26	0,024	1 061	0,973
42 - 52	47	20	0,018	1 081	0,991
52 - 62	57	0	0,000	1 081	0,991
62 - 72	67	0	0,000	1 081	0,991
72 - 82	77	0	0,000	1 081	0,991
82 - 92	87	10	0,009	1 091	1,000
Celkem	x	1 091	1,000	x	x

tab. č. 86 - Absolutní a relativní četnosti výskytu odchylek skutečné velikosti spotřeby během intervalu nejistoty od průměrné hodnoty spotřeby – výbojka 150 W



obr. č. 29 - Histogram relativních četností a křivka kumulativní četnosti pro absolutní hodnoty odchylek od průměrné pětidenní spotřeby výbojek 150 W

6.1.3 Výbojka 250 W

Třetí vybranou položkou zásob je výbojka 250 W. Položka je nakupována od stejného dodavatele jako výbojky 70 W a 150 W. Dodací a pořizovací lhůty jsou totožné s předcházejícími výbojkami.

Postup řešení je stejný jako u předcházejících položek. Nejprve bude odhadnuta průměrná výše stávající pojistné zásoby a stupeň pohotovosti dodávky (viz tab. č. 87 a příl. č. 10). Z tabulky je patrné, že u výbojky 250 W podnik udržuje na skladě určitou rezervu o průměrné výši cca 19 ks. Velikosti dodávek a spotřeby jsou uvedeny na obr. č. 30, časový průběh stavu zásoby na obr. č. 31.

Veličina	Označení	M. j.	Velikost
Průměrná celková zásoba	$\bar{x}_c$	ks	51
Průměrná obrátová zásoba	$\bar{x}_b$	ks	32
Průměrná pojistná zásoba	$\bar{x}_p$	ks	19

tab. č. 87 - Odhad průměrné pojistné zásoby pro výbojku 250 W

V průběhu sledovaného období 1 095 dnů se po dobu 158 dnů nenacházel na skladu ani jeden kus výbojky. Na základě těchto informací lze stanovit dosažený stupeň pohotovosti dodávky na 86 %.

$$\beta = \frac{1095 - 158}{1095} \cdot 100 \approx 86 \%$$

Průměrná měsíční spotřeba výbojky 250 W činí cca 38 ks. Směrodatná odchylka měsíční spotřeby je 25 ks (viz příl. č. 11). Variační koeficient měsíční spotřeby 0,66 je tedy poměrně vysoký. Příčinou by mohla být opět existence trendu nebo sezónního kolísání.

Odhady regresních parametrů pro přímku jsou uvedeny v tab. č. 88.

Regression Coefficient		t(N-P-1;0,05)		2,0322445			
	Estimate	SE	t(cal)		P(T<=t(cal))	Lower 95%	Upper 95%
b0	50,9507937	8,21666625	6,200908*** (P<=0.001)		4,73E-07	34,252519	67,64907
b1:X	-0,7105534	0,38726565	-1,8348N.S. (P>0.05)		0,075298	-1,497572	0,076465

tab. č. 88 - Odhady parametrů regresní přímky, odhady jejich směrodatných chyb, výsledky t-testů a intervaly spolehlivosti pro regresní parametry – výbojka 250 W

ANOVA Table for Regression

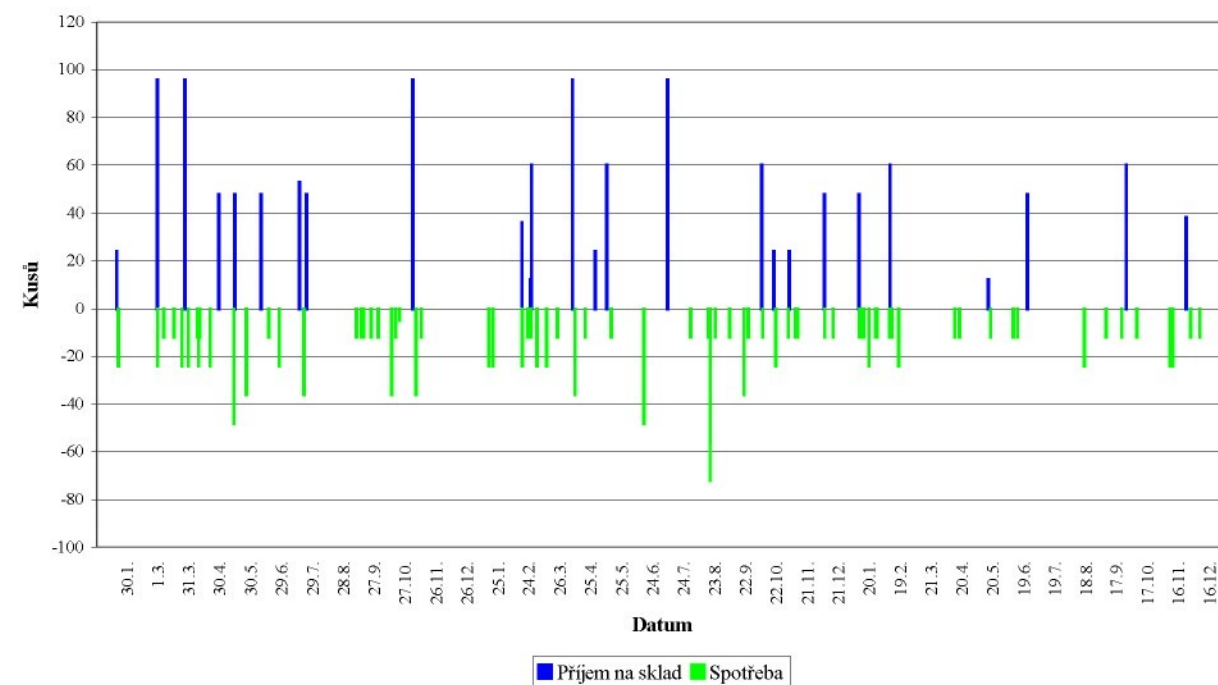
Factor	SS	Df	Ms	F(cal)		P(F<=F(cal))	F(0,05)
Regression	1961,48269	1	1961,483	3,366476	N.S. (P>0.05)	0	0
Residual	19810,1562	34	582,6517				
Total	21771,6389	35					

Caution: Regression is not significant.

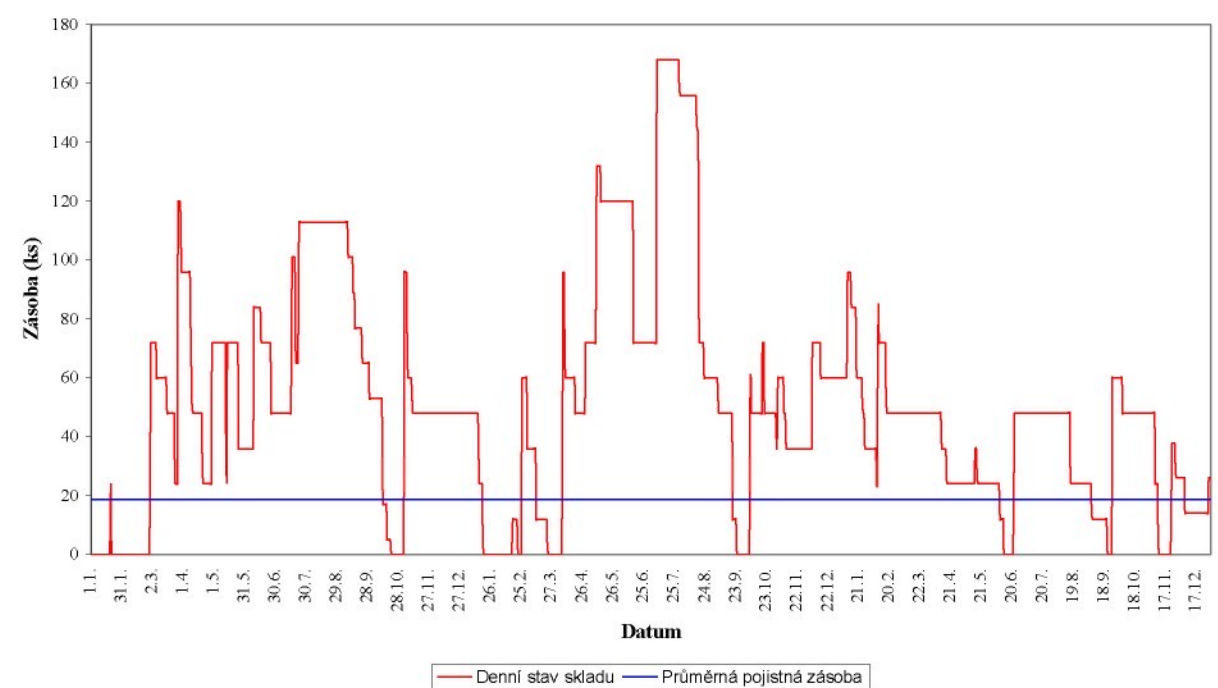
tab. č. 89 - Teoretický a reziduální součet čtverců pro přímku a výsledek celkového F-testu – výbojka 250 W

Koeficient determinace je roven 0,09; koeficient korelace -0,30 a opravený koeficient determinace 0,06. Nepotvrdil se předpoklad o existenci statisticky významného lineárního trendu (na hladině významnosti $\alpha = 5 \%$ nelze zamítnout hypotézu o nulové hodnotě parametru b_1 a celkový F-test rovněž není významný).

obr. č. 30 - Velikosti dodávek na sklad a spotřeby položky - výbojka 250 W



obr. č. 31 - Časový průběh stavu zásoby - výbojka 250 W



Vzhledem k tomu, že přímka není vhodným modelem k popisu dané časové řady, byly sezónní faktory vypočítány postupem uvedeným v kap. 4.2.4. jako podíl průměrné spotřeby v jednotlivých měsících k průměrné měsíční spotřebě za sledované období (viz také tab. č. 147).

Měsíc	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Sez. faktor	1,270	1,058	1,164	1,270	0,952	0,952	0,423	1,058	1,270	0,891	1,270	0,423

tab. č. 90 - Hodnoty sezónních faktorů – výbojka 250 W

Sezónní kolísání není u výbojky 250 W natolik výrazné jako výbojky 150 W a je zhruba srovnatelné s výbojkou 70 W. Podobně jako u výbojek 70 W a 150 W se potvrdila velmi nízká spotřeba výbojek v červenci v důsledku čerpání dovolených – pouhých 42 % dlouhodobého normálu. Příčiny kolísání v ostatních měsících roku jdou spíše na vrub náhodných vlivů. Variabilita měsíční spotřeby (charakterizovaná variačním koeficientem 0,66) je ovšem u výbojky 250 W značná, což bude mít negativní vliv na velikost pojistné zásoby.

V dalším textu jsou postupně propočítány velikosti pojistné zásoby podle jednotlivých metod M1 až M22. Hodnoty vstupních i výstupních veličin jsou přehledně uspořádány do tabulek. Pomocné propočty jsou uvedeny v příl. č. 10 a 11. Vypočtené velikosti pojistných zásob jsou zaokrouhleny na celé kusy.

Veličina	Označení	M. j.	Velikost
Prům. měsíční spotřeba	$\bar{p}$	ks	37,81
Prům. délka pořizovací lhůty	$\bar{t}_p$	měsíc	0,17
Pojistná zásoba	x_p	ks	3

tab. č. 91 - Velikost pojistné zásoby podle metody M1 – výbojka 250 W

Veličina	Označení	M. j.	Velikost
Prům. délka dodávkového cyklu	$\bar{t}_c$	den	43,39
Prům. délka nadprům. dod. cyklů		den	41,87
Prům. denní spotřeba	$\bar{p}$	ks	1,26
Pojistná zásoba	x_p	ks	53

tab. č. 92 - Velikost pojistné zásoby podle metody M2 – výbojka 250 W

Veličina	Označení	M. j.	Velikost
Max. délka dodávkového cyklu	$t_{c \max}$	měsíc	3,53
Prům. délka dodávkového cyklu	$\bar{t}_c$	měsíc	1,35
Prům. měsíční spotřeba	$\bar{p}$	ks	37,81
Max. velikost měs. spotřeby	$p_{\max}$	ks	96
MAD dodávkového cyklu	A_{tc}	měsíc	0,80
MAD měsíční spotřeby	A_p	ks	20,67
Pojistná zásoba podle (25)	x_p	ks	161
Pojistná zásoba podle (28)	x_p	ks	58

tab. č. 93 - Velikost pojistné zásoby podle M3 – výbojka 250 W

Veličina	Označení	M. j.	Velikost
Prům. kladná odchylka dod. cyklu	$\overline{d_{tc}^+}$	den	43,47
Prům. záporná odchylka dodávek	$\overline{d_x^-}$	ks	16,75
Prům. záporná odchylka dodávek	$\overline{d_x^-}$	den	13,29
Prům. kladná odchylka spotřeby	$\overline{d_p^+}$	ks	23,26
Prům. kladná odchylka spotřeby	$\overline{d_p^+}$	den	18,46
Pojistná zásoba	x_p	den	75,21
Pojistná zásoba	x_p	ks	95

tab. č. 94 - Velikost pojistné zásoby podle M4 – výbojka 250 W

Další skupina metod M5 až M21 pracuje s pojistným faktorem. Z důvodu srovnatelnosti byla velikost pojistného faktoru pro stupeň úplnosti dodávky určena na 95 %, stejně jako u výbojek 70 W a 150 W. Této spolehlivosti zabezpečení odpovídá podle tab. č. 13 velikost pojistného faktoru $K = 1,65$. Stupeň pohotovosti dodávky bude určen podle průměrné velikosti dodávek a celkové směrodatné odchylky u každé metody zvlášť (viz tab. č. 120).

K ověření předpokladu, že spotřeba se řídí normálním rozdělením, byl proveden chí-kvadrát test dobré shody. V tab. č. 95 je uvedeno empirické rozdělení spotřeby, které bylo získáno roztríděním 36 hodnot z příl. č. 11 do zvolených číselných intervalů a postup výpočtu.

Interval	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)
0 - 25	12,5	16	200,0	156,25	2 500,00	25	-0,415	0,339	0,339	12,202	20,981
25 - 50	37,5	10	375,0	1 406,25	14 062,50	50	0,653	0,743	0,404	14,548	6,874
50 - 75	62,5	8	500,0	3 906,25	31 250,00	75	1,721	0,957	0,214	7,716	8,295
75 - 100	87,5	2	175,0	7 656,25	15 312,50	100	2,789	0,997	0,040	1,440	2,778
Součet	x	36	1 250,00	13 125,00	63 125,00	x	x	x	x	35,905	38,928

tab. č. 95 - Test normality pro spotřebu výbojky 250 W

Hlavička tabulky č. 95 je identická s tab. č. 25.

Testové kritérium $G = 38,928 - 36 = 2,928$ má přibližně χ^2 rozdělení s $(k - 1) = 3$ stupni volnosti. Nulová hypotéza předpokládá, že základní soubor má v našem případě normální rozdělení. Volíme hladinu významnosti $\alpha = 5 \%$. V tabulkách vyhledáme kvantil $\chi^2_{0,95} [3] = 7,81$. Protože testová statistika G nepřekročila kritickou mez, nezamítá se nulová hypotéza. To značí, že normální rozdělení je vhodným modelem spotřeby výbojek 250 W, podobně jako u výbojek 150 W, na rozdíl od výbojek 70 W.

Veličina	Označení	M. j.	Velikost
Sm. odchylka měsíční spotřeby	σ_p	ks	24,94
Sm. odchylka dodávkového cyklu	σ_{tc}	měsíc	1,05
Sm. odchylka dodávek	σ_x	ks	26,07
Prům. měsíční spotřeba	$\bar{p}$	ks	37,81
Pojistná zásoba K . (38)	x_p	ks	41
Pojistná zásoba K . (39)	x_p	ks	106
Pojistná zásoba K . (40)	x_p	ks	149

tab. č. 96 - Velikost pojistné zásoby podle M5 – výbojka 250 W

Veličina	Označení	M. j.	Velikost
Sm. odchylka měsíční spotřeby	σ_p	ks	24,94
Sm. odchylka dodací lhůty	σ_{td}	měsíc	0,07
Prům. měsíční spotřeba	$\bar{p}$	ks	37,81
Pojistná zásoba	x_p	ks	45

tab. č. 97 - Velikost pojistné zásoby podle M6 – výbojka 250 W

Veličina	Označení	M. j.	Velikost
Sm. odchylka měsíční spotřeby	σ_p	ks	24,94
Sm. odchylka dodací lhůty	σ_{td}	měsíc	0,07
Prům. měsíční spotřeba	$\bar{p}$	ks	37,81
Prům. délka dodací lhůty	$\bar{t}_d$	měsíc	0,10
Pojistná zásoba podle (47)	x_p	ks	13
Pojistná zásoba podle (48)	x_p	ks	17

tab. č. 98 - Velikost pojistné zásoby podle M7 – výbojka 250 W

Veličina	Označení	M. j.	Velikost
Rozptyl měsíční spotřeby	σ_p^2	ks ²	622,05
Rozptyl dodávkového cyklu	σ_{tc}^2	měsíc ²	1,09
Prům. měsíční spotřeba	$\bar{p}$	ks	37,81
Prům. délka dodávkového cyklu	$\bar{t}_c$	měsíc	1,35
Pojistná zásoba	x_p	ks	81

tab. č. 99 - Velikost pojistné zásoby podle M8 – výbojka 250 W

U metody M9 bylo za hodnotu pojistného faktoru dosazeno $K = 2,33$. Tato hodnota by dle autora této metody (viz kap. 4.1.2.1.5) měla zajistit spolehlivost zabezpečení ve výši 95 %.

Veličina	Označení	M. j.	Velikost
Délka pořizovací lhůty	t_p	měsíc	0,17
Prům. měsíční spotřeba	$\bar{p}$	ks	37,81
Pojistná zásoba	x_p	ks	4

tab. č. 100 - Velikost pojistné zásoby podle M9 – výbojka 250 W

Veličina	Označení	M. j.	Velikost
Sm. odchylka měsíční spotřeby	σ_p	ks	24,94
Sm. odchylka pořizovací lhůty	σ_{tp}	měsíc	0,07
Prům. měsíční spotřeba	$\bar{p}$	ks	37,81
Pojistná zásoba	x_p	ks	45

tab. č. 101 - Velikost pojistné zásoby podle M10 – výbojka 250 W

Veličina	Označení	M. j.	Velikost
Sm. odchylka měsíční spotřeby	σ_p	ks	24,94
Délka pořizovací lhůty	t_p	měsíc	0,17
Pojistná zásoba podle (57)	x_p	ks	17
Pojistná zásoba podle (58)	x_p	ks	21

tab. č. 102 - Velikost pojistné zásoby podle M11 – výbojka 250 W

Veličina	Označení	M. j.	Velikost
Délka pořizovací lhůty	t_p	měsíc	0,17
MAD měsíční spotřeby	A_p	ks	20,67
Odhad sm. odchylky spotřeby	σ_p	ks	25,84
Pojistná zásoba podle MAD	x_p	ks	17
Pojistná zásoba podle odh. σ_p	x_p	ks	17

tab. č. 103 - Velikost pojistné zásoby podle M12 – výbojka 250 W

Veličina	Označení	M. j.	Velikost
Rozptyl měsíční spotřeby	σ_p^2	ks ²	622,05
Rozptyl pořizovací lhůty	σ_{tp}^2	měsíc ²	0,0044
Prům. měsíční spotřeba	$\bar{p}$	ks	37,81
Prům. délka pořizovací lhůty	$\bar{t}_p$	měsíc	0,17
Prům. délka dodací lhůty	$\bar{t}_d$	měsíc	0,10
Rozptyl dodací lhůty	σ_{td}^2	měsíc ²	0,0044
Pojistná zásoba podle (61)	x_p	ks	17
Pojistná zásoba podle (63)	x_p	ks	14

tab. č. 104 - Velikost pojistné zásoby podle M13 – výbojka 250 W

Vlivem podhodnocené délky intervalu nejistoty samozřejmě došlo v případě výpočtu podle vztahu (63) ke snížení výše pojistné zásoby, a rovněž také ke snížení skutečné spolehlivosti zabezpečení proti odchylkám.

Veličina	Označení	M. j.	Velikost
Rozptyl rozdílů v dodávkách	σ_r^2	ks^2	11,90
Rozptyl měsíční spotřeby	σ_p^2	ks^2	622,05
Prům. délka pořizovací lhůty	$\bar{t}_p$	měsíc	0,17
Pojistná zásoba	x_p	ks	17

tab. č. 105 - Velikost pojistné zásoby podle M14 – výbojka 250 W

Za účelem výpočtu pojistných zásob pomocí metod M15, M16 a M18 byly zkonstruovány stejným způsobem jako u výbojek 70 W a 150 W pseudopředpovědi. K výpočtu byl použit software STORM, modul Forecasting. Algoritmus výpočtu je založen na tříparametrickém Wintersovu exponenciálním vyrovňování. Vhodný model pro konstrukci předpovědi byl vybrán na základě kritérií uvedených v tab. č. 106 a 108. Vzhledem ke zkrácení časové řady na polovinu přicházejí v úvahu pouze modely bez trendu nebo s trendem. Pro výbojku 250 W byl zvolen model s trendem.

INITIAL CONDITIONS FOR SERIES				
Component	Level Model	Trend Model	Seasonal Model	Trend-Seas Model
Level	41.7293	37.5688	44.5461	43.4344
Trend	N/A	-0.6257	N/A	-0.7300
Seasonal 1	N/A	N/A	1.1670	1.1633
Seasonal 2	N/A	N/A	1.1719	1.1879
Seasonal 3	N/A	N/A	1.5707	1.6094
Seasonal 4	N/A	N/A	1.2848	1.3415
Seasonal 5	N/A	N/A	0.4033	0.4276
Seasonal 6	N/A	N/A	1.1758	1.2858
Seasonal 7	N/A	N/A	0.9077	0.8335
Seasonal 8	N/A	N/A	0.0000	0.0000
Seasonal 9	N/A	N/A	1.5163	1.4332
Seasonal 10	N/A	N/A	1.3423	1.2876
Seasonal 11	N/A	N/A	1.2182	1.1865
Seasonal 12	N/A	N/A	0.0000	0.0000

Above values are based on the first 18 periods of data

tab. č. 106 - Základní charakteristiky zkoumaných modelů časové řady měsíční spotřeby – výbojka 250 W

TREND MODEL FITTING STATISTICS FOR SERIES SMOOTHING CONSTANTS USED: 0.10 (LEVEL), 0.10 (TREND)					
Period	Actual	Forecast	Error	Level	Trend
PERIOD 19	12	37	-25	34.4488	-0.875
PERIOD 20	96	34	62	39.8163	-0.251
PERIOD 21	60	40	20	41.6089	-4.652E-02
PERIOD 22	36	42	-6	41.0061	-0.102
PERIOD 23	36	41	-5	40.4136	-0.151
PERIOD 24	24	40	-16	38.6362	-0.314
PERIOD 25	72	38	34	41.6901	0.0230
PERIOD 26	48	42	6	42.3418	0.0858
PERIOD 27	0	42	-42	38.1849	-0.338
PERIOD 28	24	38	-14	36.4618	-0.477
PERIOD 29	12	36	-24	33.5864	-0.717
PERIOD 30	24	33	-9	31.9827	-0.805
PERIOD 31	0	31	-31	28.0595	-1.117
PERIOD 32	24	27	-3	26.6481	-1.147
PERIOD 33	24	26	-2	25.3513	-1.162
PERIOD 34	12	24	-12	22.9707	-1.284
PERIOD 35	60	22	38	25.5184	-0.900
PERIOD 36	24	25	-1	24.5562	-0.907

tab. č. 107 - Srovnání skutečných a předpovídaných hodnot měsíčních spotřeb – výbojka 250 W

MODEL FITTING / VALIDATION ERROR STATISTICS FOR SERIES				
Statistic	Level Model	Trend Model	Seasonal Model	Trend-Seas Model
Model Fitting Error Statistics for 18 periods from PERIOD 19				
Mean Err	-6.0000	-1.6667	2.1111	1.2778
Mean % Err	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Mean Absolute Err	21.3333	19.4444	21.4444	22.6111
Mean Abs % Err	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Root Mean Sq Err	25.6385	25.3399	32.6326	32.2964
Model selected was Trend				

tab. č. 108 - Kritéria pro volbu modelu časové řady – výbojka 250 W

U metody M15 se přidržíme doporučení autora a budeme brát v úvahu pouze rozdíly mezi skutečnou a prognózovanou velikostí spotřeby za posledních šest měsíců (viz tab. č. 107) a rozdíly mezi skutečnou a očekávanou délkou pořizovací lhůty u posledních tří dodávek (tento rozdíl byl odhadnut v průměru na dva dny). Hodnota pojistného faktoru byla stanovena z tab. č. 3. Hodnoty pojistného faktoru jsou v této tabulce uvedeny pro požadovaný stupeň pohotovosti dodávky, nikoliv pro požadovaný stupeň úplnosti dodávky. Pro účely stanovení velikosti pojistné zásoby byla zvolena hodnota $K = 2$.

Veličina	Označení	M. j.	Velikost
Prům. kladný rozdíl skutečné a prognózované spotřeby	$\overline{e_p^+}$	ks	38,00
Prům. kladný rozdíl skutečné a očekávané pořizovací lhůty	$\overline{e_t^+}$	měsíc	0,07
Prům. měsíční spotřeba	$\overline{p}$	ks	37,81
Pojistná zásoba	x_p	ks	81

tab. č. 109 - Velikost pojistné zásoby podle M15 – výbojka 250 W

U metody M16 je doporučováno použít ke konstrukci předpovědi spotřeby jednoduché exponenciální vyrovnávání. V našem případě se však toto doporučení ukázalo jako neschůdné. Vzhledem ke kolísání spotřeby se totiž jako nejlepší hodnota vyrovnávací konstanty ukázala 1,00, pro kterou M.S.E. = 21,78. Jednoduché exponenciální vyrovnávání není vhodným modelem pro konstrukci předpovědi spotřeby, neboť trend nelze ani v krátkých úsecích řady považovat za konstantní. Z toho důvodu byly použity předpovědi vypočtené Wintersovým exponenciálním vyrovnáváním a uvedené v tab. č. 107.

Veličina	Označení	M. j.	Velikost
Rozptyl rozdílů v dodávkách	σ_r^2	ks ²	11,90
Rozptyl chyb v prognóze spotřeby	σ_e^2	ks ²	676,94
Prům. délka pořizovací lhůty	$\overline{t_p}$	měsíc	0,17
Pojistná zásoba	x_p	ks	18

tab. č. 110 - Velikost pojistné zásoby podle M16 – výbojka 250 W

Metoda M17 vychází z předpokladu, že nejlepším odhadem budoucí spotřeby je její průměrná velikost v minulosti. V našem případě ovšem spotřeba výbojek značně kolísá. Z toho důvodu byly určeny, v souladu s doporučením autorů této metody (viz kap. 4.1.2.2.3), odchylky spotřeby jako rozdíl skutečných spotřeb a dvanáctiměsíčních klouzavých průměrů spotřeby (viz příl. č. 11).

Veličina	Označení	M. j.	Velikost
Chyba předpovědi spotřeby	D(p)	ks ²	537,12
Sm. odchylka pořizovací lhůty	σ_{tp}	měsíc	0,07
Prům. měsíční spotřeba	$\overline{p}$	ks	37,81
Interval nejistoty	t_n	měsíc	0,17
Pojistná zásoba	x_p	ks	16

tab. č. 111 - Velikost pojistné zásoby podle M17 – výbojka 250 W

Veličina	Označení	M. j.	Velikost
Rozptyl měsíční spotřeby	σ_p^2	měsíc ²	0,44
Prům. délka pořizovací lhůty	$\bar{t}_p$	měsíc	0,17
Rozptyl pořizovací lhůty	σ_{tp}^2	měsíc ²	0,0044
M.A.E. prognózy spotřeby	MD	měsíc	0,51
Pojistná zásoba	x_p	měsíc	0,37
Pojistná zásoba	x_p	ks	14

tab. č. 112 - Velikost pojistné zásoby podle M18 – výbojka 250 W

Další tři metody M19, M20 a M21 stanovují velikost pojistné zásoby bodovacím způsobem. Ve spolupráci s podnikem byla proto každá položka obodována podle hodnotících kritérií uvedených v tabulkách v kap. 4.1.2.3.

Kritérium	Počet bodů
Možnosti a počet náhradních zdrojů	5
Spolehlivost a úplnost dodávek	5
Pružnost, operativnost	5
Charakter spotřeby	9
Zaměnitelnost materiálu	9
Důsledky nekrytí spotřeby	5
Plánovatelnost	7
Základ	50
Celkem bodů	95

tab. č. 113 - Stanovení celkového počtu bodů pro určení pojistného faktoru – výbojka 250 W

Veličina	Označení	M. j.	Velikost
Celkový počet bodů	x	bod	95
Prům. délka dodávkového cyklu	$\bar{t}_c$	měsíc	cca 1
Koeficient při výpočtu z roční spotřeby	K	x	0,044
Plánovaná roční spotřeba	$\hat{p}_i$	ks	324
Pojistná zásoba	x_p	ks	14

tab. č. 114 - Velikost pojistné zásoby podle M19 – výbojka 250 W

Kritérium	Počet procentních bodů
Standardní materiál od tuz. dod. s několika nákupními možnostmi	- 20
Materiál dodávaný běžně	- 20
Materiál s malou možností přesunů a kompenzace	+ 20
Materiál používaný výhradně, bez možností náhrady	+ 20
Materiál, jehož nedostatek nemá z hl. nákladů vážné následky	- 20
Celková korekce	- 20

tab. č. 115 - Stanovení celkové procentní korekce pro určení pojistného faktoru – výbojka 250 W

Veličina	Označení	M. j.	Velikost
Celková korekce	x	%	- 20
Prům. délka dodávkového cyklu	$\bar{t}_c$	měsíc	cca 1
Koeficient při výpočtu z roční spotřeby	K	x	0,033
Plánovaná roční spotřeba	$\hat{p}_i$	ks	324
Pojistná zásoba	x_p	ks	11

tab. č. 116 - Velikost pojistné zásoby podle M20 – výbojka 250 W

Kritérium	Počet bodů
Možnost získání zdrojů	4
Spolehlivost a úplnost dodávek	8
Průběh spotřeby	8
Možnost záměny a důsledky nekrytí spotřeby	8
Celkem bodů	28

tab. č. 117 - Stanovení celkového počtu bodů pro určení koeficientu korekce pojistné zásoby – výbojka 250 W

Veličina	Označení	M. j.	Velikost
Prům. délka dodávkového cyklu	$\bar{t}_c$	den	40,48
Koeficient pojistné korekce	K _{kp}	x	0,60
Koeficient časové korekce	K _{kt}	x	0,90
Celkový pojistný faktor	K	x	0,061
Plánovaná roční spotřeba	$\hat{p}_i$	ks	324
Pojistná zásoba	x_p	ks	20

tab. č. 118 - Velikost pojistné zásoby podle M21 – výbojka 250 W

Pomocí bodovacího způsobu lze stanovit i optimální velikost pojistného faktoru. Položku obodujeme podle tab. č. 15 a výsledek zvětšený o 50 bodů udává optimální stupeň úplnosti dodávky.

Kritérium	Počet bodů
Charakter dodávek od dodavatele – cykličnost výroby	1
Charakter dodávek od dodavatele – interval dodávek	2
Možnosti náhradního opatřování – postavení dodavatelů	3
Možnosti náhradního opatřování – nahraditelnost jinými výrobky	5
Technologická povaha výrobku	5
Základ	50
Celkem bodů	66

tab. č. 119 - Stanovení optimálního stupně úplnosti dodávky – výbojka 250 W

Navrhovanému stupni úplnosti dodávky 66 % odpovídá podle tab. č. 13 hodnota pojistného faktoru cca 0,40. Velikost pojistného faktoru však byla stanovena na K = 1,65 pro stupeň úplnosti dodávky 95 %. Pravděpodobnost vzniku deficitu zásoby 34 % je dle vedení podniku neakceptovatelná. Důvodem stanovení takto nízkého stupně zabezpečení je pravděpodobně

fakt, že tab. č. 15 byla zkonstruována pro výrobní materiály a tudíž není příliš vhodná pro specifický obor působnosti daného podniku.

Velikosti pojistných zásob stanovené pomocí metod M5 až M21 (s výjimkou metody M15) vycházely z předpokladu, že spolehlivost zabezpečení proti odchylkám je vyjádřena stupněm úplnosti dodávky ve výši 95 %. Odpovídající stupeň pohotovosti dodávky získáme ze vztahu (140). K určení stupně pohotovosti dodávky je nutné znát velikost dodávky (použijeme průměrnou velikost dodávky 51,37 ks) a celkovou směrodatnou odchylku. Postup výpočtu je shodný s výbojkami 70 W a 150 W. Hodnotu pomocné funkce $\tau(K = 1,65) = 0,0206$ získáme z příl. č. 1.

Metoda	Stupeň pohotovosti dodávky β	Metoda	Stupeň pohotovosti dodávky β
M5a	99,0	M12	99,6
M5b	97,4	M13a	99,6
M5c	96,4	M13b	99,7
M6	98,9	M14	99,6
M7a	99,7	M15	95,0
M7b	99,6	M16	99,6
M8	98,0	M17	99,6
M9	99,9	M18	99,7
M10	98,9	M19	99,7
M11a	99,6	M20	99,7
M11b	99,8	M21	99,5

tab. č. 120 - Teoretické hodnoty stupně pohotovosti dodávky pro pojistné zásoby stanovené jednotlivými metodami (malá písmena u některých metod označují variantu výpočtu, viz tab. č. 96 až 118) – výbojka 250 W

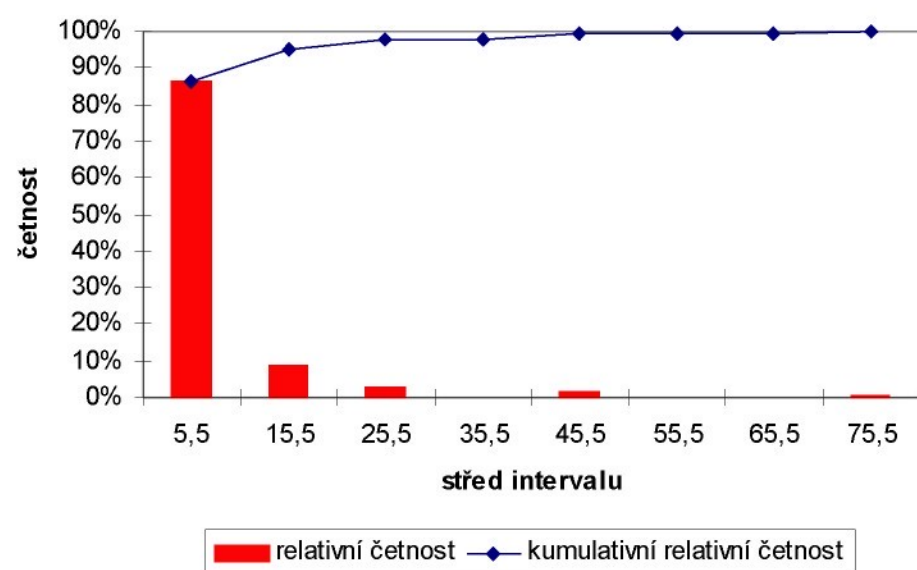
Podobně jako u výbojek 70 W a 150 W je nutno upozornit, že výše stanovené stupně pohotovosti dodávky jsou vypočítány za předpokladu, že daná metoda určuje správně velikost celkové směrodatné odchylky. Zhodnocení jednotlivých metod v tomto směru bude provedeno v kap. 6.1.4.

Postupem uvedeným v tab. č. 95 jsme si ověřili, že spotřeba výbojek 250 W se řídí normálním rozdělením. V následujícím textu je pro porovnání stanovena velikost pojistné zásoby na základě skutečného rozdělení náhodné veličiny spotřeby (metoda M22). Pomocné propočty jsou uvedeny v příl. č. 12.

Z tab. č. 121 a obr. č. 32 je patrné, že jestliže podnik požaduje spolehlivost zabezpečení proti odchylkám vyjádřenou stupněm úplnosti dodávky ve výši 95,1 % (zhruba odpovídá podnikem požadované spolehlivosti zabezpečení proti odchylkám), je nutné udržovat pojistnou zásobu ve výši 20 ks. Obdobně pro spolehlivost zabezpečení ve výši 97,9 % je nutné udržovat pojistnou zásobu ve výši 30 ks.

Interval odchylek	Střed intervalu	Četnost		Kumul. četnost	
		absolutní	relativní	absolutní	relativní
1 - 10	5,5	942	0,863	942	0,863
10 - 20	15,5	96	0,088	1 038	0,951
20 - 30	25,5	30	0,027	1 068	0,979
30 - 40	35,5	0	0,000	1 068	0,979
40 - 50	45,5	18	0,016	1 086	0,995
50 - 60	55,5	0	0,000	1 086	0,995
60 - 70	65,5	2	0,002	1 088	0,997
70 - 80	75,5	3	0,003	1 091	1,000
Celkem	x	1 091	1,000	x	x

tab. č. 121 - Absolutní a relativní četnosti výskytu odchylek skutečné velikosti spotřeby během intervalu nejistoty od průměrné hodnoty spotřeby – výbojka 250 W



obr. č. 32 - Histogram relativních četností a křivka kumulativní četnosti pro absolutní hodnoty odchylek od průměrné pětidenní spotřeby výbojek 250 W

6.1.4 Zhodnocení jednotlivých metod

V předcházejících třech kapitolách byly postupně aplikovány jednotlivé metody stanovení velikosti pojistné zásoby na tři vybrané položky zásob. Položky se lišily tendencí spotřeby. U položky 70 W byl prokázán rostoucí trend spotřeby, u výbojky 150 W klesající trend spotřeby a u výbojky 250 W trend spotřeby nebyl významný.

Velikosti pojistných zásob vypočítané pomocí jednotlivých metod jsou přehledně uspořádány do tab. č. 122. Z této tabulky je patrné značné variační rozpětí velikostí pojistných zásob vypočítaných pomocí jednotlivých metod. Cílem této kapitoly je proto určit, která metoda nebo metody dokáží nejlépe postihnout odchylky v průběhu zásobovacího cyklu. Za účelem zhodnocení jednotlivých metod je nutné nejprve určit „správnou“ velikost pojistné zásoby.

Nejprve se pokusíme odhadnout velikost celkové směrodatné odchylky na základě podnikové evidence. V kap. 6.1.1 bylo uvedeno, že u výbojky 70 W podnik prakticky neudržuje žádnou

pojistnou zásobu a stupeň pohotovosti dodávky, zjištěný z denního stavu skladu, byl odhadnut na 69 %. Z toho vyplývá, že pojistný faktor $K = 0$ a hodnota pomocné funkce $\tau(0) = 0,3989$. Průměrná velikost dodávky z příl. č. 4 je 82,90 ks. Ze vzorce (136) určíme velikost celkové směrodatné odchylky na 64,42 ks. Stupni úplnosti dodávky 95 % ($K = 1,65$) by měla odpovídat pojistná zásoba cca 106 ks. Podobně pro výbojku 150 W je známa dosavadní průměrná pojistná zásoba ve výši 14 ks a stupeň pohotovosti dodávky 85 % (viz kap. 6.1.2). Tomu odpovídá pojistný faktor $K = 0,32$ a $\tau(0,32) = 0,2592$. Celková směrodatná odchylka pro výbojku 150 W je 44,21 ks a pojistná zásoba pro $K = 1,65$ je cca 73 ks. U výbojky 250 W podnik udržoval průměrnou pojistnou zásobu ve výši 19 ks, čemuž odpovídal stupeň pohotovosti dodávky 86 % (viz kap. 6.1.3). Tomu odpovídá pojistný faktor $K = 0,51$ a $\tau(0,51) = 0,1947$. Celková směrodatná odchylka činí 36,94 ks a pojistná zásoba pro $K = 1,65$ je cca 61 ks.

Metoda	Výbojka 70 W	Výbojka 150 W	Výbojka 250 W
M1	10	5	3
M2	54	65	53
M3a	235	272	161
M3b	70	78	58
M4	127	118	95
M5a	78	56	41
M5b	167	148	106
M5c	229	201	149
M6	91	63	45
M7a	25	18	13
M7b	38	24	17
M8	112	111	81
M9	11	7	4
M10	92	63	45
M11a	32	23	17
M11b	40	29	21
M12	36	23	17
M13a	35	24	17
M13b	28	19	14
M14	39	23	17
M15	57	74	81
M16	39	21	18
M17	34	23	16
M18	44	27	14
M19	64	21	14
M20	54	18	11
M21	39	20	20
M22	48	33	20
MAX	235	272	161
MIN	10	5	3
R	225	267	158

tab. č. 122 - Porovnání výsledků jednotlivých metod

Z tab. č. 122 je patrné, že odhadnuté hodnotě pojistné zásoby 106 ks u výbojky 70 W se nejvíce blíží velikost pojistné zásoby zjištěná metodou M8 (rozdíl + 6 ks), následují metody

M10 (rozdíl – 14 ks) a M6 (rozdíl – 15 ks). U výbojky 150 W se nejvíce blíží odhadnuté hodnotě „správné“ pojistné zásoby 73 ks metoda M15 (rozdíl + 1 ks), následují metody M3b (rozdíl + 5 ks), M2 (rozdíl – 8 ks) a M6 a M10 (rozdíl – 10 ks). U výbojky 250 W se jako nejpřesnější odhadnuté hodnotě 61 ks jeví metoda M3b (rozdíl –3 ks), následují M2 (rozdíl –8 ks) a M6 a M10 (rozdíl – 16 ks).

Z výsledků je patrné, že neexistuje žádná univerzální metoda pro stanovení velikosti pojistné zásoby. Jako obecně nejpřesnější se jeví metody M6 a M10. Jelikož metody M6 a M10 se liší pouze tím, že první metoda – nesprávně – zahrnuje kolísání délky dodací lhůty a druhá metoda – správně - kolísání délky pořizovací lhůty, lze konstatovat, že **nejlépe vyhověla metoda M10.**

Velikost pojistné zásoby vychází v důsledku značného kolísání spotřeby vysoká. V další fázi jsme se proto pokusili odhadnout velikost deficitu zásoby ve dnech, kdy se na skladu nenacházely žádné výbojky. Velikost deficitu byla odhadnuta podle výše výdeje, který následoval po nejbližší příští dodávce k doplnění zásoby. Výsledky jsou uspořádány do tab. č. 123 až 125.

Velikost deficitu (ks)	Počet dodávkových cyklů	Kumul. počet dodávkových cyklů
12	1	1
24	5	6
36	3	9
48	6	15
50	3	18
58	1	19
60	3	22
72	3	25
96	1	26
108	1	27
120	1	28

tab. č. 123 - Odhadnutá výše deficitu výbojky 70 W

Z tab. č. 123 vyplývá, že maximální výše deficitu zásoby výbojky 70 W byla 120 ks. To znamená, že není logické držet vyšší pojistnou zásobu. Z tohoto pohledu můžeme vyloučit metody M3a, M4, M5b a M5c. Pojistnou zásobu jsme dimenzovali pro stupeň úplnosti dodávky 95 % - tzn. požadujeme, aby v 95 % cyklů nedošlo k vyčerpání zásoby. V průběhu sledovaného období 36 měsíců došlo 51 krát k doplnění zásoby. Z toho v 28 cyklech byla zásoba zcela vyčerpána. Tomu odpovídá dosažený stupeň úplnosti dodávky cca 45 %. Jestliže vedení podniku požaduje dodávkovou úplnost 95 %, musí pojistná zásoba pokrýt cca 49 dodávkových cyklů. Z tabulky č. 123 lze vyčíst (23 cyklů v nichž nedošlo k deficitu zásoby + 26 dalších cyklů), že v takovém případě by musela být držena pojistná zásoba ve výši cca 96 ks.

Velikost deficitu (ks)	Počet dodávkových cyklů	Kumul. počet dodávkových cyklů
12	1	1
24	1	2
36	3	5
50	1	6
60	2	8
100	1	9

tab. č. 124 - Odhadnutá výše deficitu výbojky 150 W

Maximální výše deficitu zásoby výbojek 150 W byla 100 ks (viz tab. č. 124). Bylo by proto nevhodné udržovat vyšší pojistnou zásobu než 100 ks. Z tohoto pohledu můžeme vyloučit metody M3a, M4, M5b, M5c a M8. V průběhu sledovaného období došlo 28 krát k doplnění zásoby. Z toho v 9 cyklech byla zásoba zcela vyčerpána. Tomu odpovídá stupeň úplnosti dodávky cca 68 %. Pro požadovanou dodávkovou úplnost 95 % musí pojistná zásoba pokrýt asi 27 cyklů. V takovém případě by bylo nutno udržovat pojistnou zásobu ve výši cca 60 ks.

Velikost deficitu (ks)	Počet dodávkových cyklů	Kumul. počet dodávkových cyklů
12	3	3
24	5	8
36	2	10

tab. č. 125 - Odhadnutá výše deficitu výbojky 250 W

Maximální výše deficitu zásoby výbojek 250 W byla pouze 36 ks (viz tab. č. 125). V průběhu sledovaného období došlo 27 krát k doplnění zásoby, z toho v 10 cyklech byla zásoba zcela vyčerpána. Tomu odpovídá stupeň úplnosti dodávky cca 63 %. V tomto případě se dostáváme do rozporu s velkým počtem metod (M2, M3a, M3b, M4, M5a, M5b, M5c, M6, M8, M10, M15), ale i s naší předchozí úvahou, v níž byla doporučena pojistná zásoba 61 ks. Pro požadovanou dodávkovou úplnost 95 % je nutné, aby pojistná zásoba pokryla asi 26 cyklů. V takovém případě by bylo nutno udržovat pojistnou zásobu pouze ve výši cca 36 ks. Poměrně značný rozdíl může být ovšem způsoben nepřesností v odhadu výše deficitu.

Na základě výše uvedených úvah lze doporučit, aby podnik u výbojky 70 W udržoval pojistnou zásobu o výši cca 100 ks, u výbojky 150 W pojistnou zásobu cca 65 ks a u výbojky 250 W pojistnou zásobu o výši cca 45 ks a výši pojistných zásob korigoval podle dosahovaných stupňů úplnosti a pohotovosti dodávky. Vzhledem ke značnému kolísání spotřeby lze podniku doporučit proměnlivou výši pojistné zásoby v návaznosti na měnící se velikost spotřeby během roku. Postup výpočtu bude proveden v kap. 6.2.

V dalším textu je uvedeno stručné zhodnocení použitelnosti metod M1 až M22.

Metoda M1 se ukázala jako zcela nepoužitelná. Potvrdil se tak předpoklad, že u položek s krátkou pořizovací lhůtou a vysoce kolísající spotřebou bude pojistná zásoba nedostatečná.

Výsledky **metody M2** byly poměrně uspokojivé u výbojek 150 W a 250 W. U výbojky 70 W byl výsledek zhruba poloviční oproti doporučené hodnotě. Příznivé výsledky lze zdůvodnit

poměrně značným kolísáním délek dodávkových cyklů, které tato metoda bere jako hlavní zdroj nejistoty. Celkově však metodu M2 nelze doporučit k běžné aplikaci, protože neuvažuje obvykle nejsilnější faktor nejistoty – kolísání spotřeby, resp. poptávky.

Metoda M3 byla uvažována ve dvou modifikacích. První modifikaci M3a, která pracuje mj. s maximální délkou dodávkového cyklu a maximální velikostí spotřeby, nelze doporučit k praktické aplikaci, neboť v důsledku výskytu extrémních hodnot vyšla pojistná zásoba ve všech případech jako zdaleka nejvyšší. Druhá modifikace M3b, která používá průměrných absolutních odchylek dodávkových cyklů a spotřeby, poskytovala mnohem lepší výsledky. U výbojky 70 W vyšla pojistná zásoba zhruba o 30 % nižší než doporučená, u výbojek 150 W a 250 W zhruba o 20 % vyšší než doporučená velikost.

Výsledky **metody M4** byly čtvrté nejvyšší po metodách M3a, M5b a M5c. Příčinou je, že metoda uvažuje všechny tři zdroje nejistoty. Pro každý zdroj nejistoty je vytvářena vlastní část pojistné zásoby. Metoda neuvažuje s tím, že jednotlivé části pojistné zásoby se mohou ve své funkci vzájemně zastupovat. Z toho důvodu není pro praktické použití vhodná.

Metoda M5 vystupovala ve třech modifikacích. Nejlepší výsledky byly dosaženy u metody M5a, kde výše pojistné zásoby byla u výbojky 70 W nižší o cca 22 %, u výbojky 150 W nižší cca o 9 % a u výbojky 250 W rovněž nižší cca o 9 %. Závažným nedostatkem metody M5a je ovšem fakt, že kolísání poptávky zde není vztaženo k intervalu nejistoty. U metod M5b a M5c byly velikosti pojistné zásoby velmi vysoké. Příčinou je, že metoda uvažuje jako faktor nejistoty kolísání dodávkového cyklu místo kolísání intervalu nejistoty (rozdíl těchto veličin byl u výbojky 70 W cca 12 dnů, u výbojky 150 W cca 26 dnů a u výbojky 250 W cca 29 dnů). Metoda rovněž neuvažuje, že jednotlivé části pojistné zásoby se mohou ve své funkci vzájemně zastupovat. Z těchto důvodů nelze žádnou z variant metody M5 doporučit k praktické aplikaci.

Metoda M6 poskytovala vcelku uspokojivé výsledky. Vypočtené velikosti pojistné zásoby se prakticky shodují s doporučenými hodnotami. Vzhledem k tomu, že intervalem nejistoty je u této metody délka dodací lhůty, místo délky pořizovací lhůty, nelze však tuto metodu doporučit k praktické aplikaci. Po odstranění zmiňovaného nedostatku dostáváme metodu M10, kterou lze doporučit k použití.

Velikosti pojistných zásob vypočtených některou z **metod M7** patřily k nejnižším. Příčinu je nutno hledat v tom, že obě varianty M7a i M7b uvažují jako interval nejistoty délku dodací lhůty místo délky pořizovací lhůty. Vzhledem k chybné konstrukci této metody ji nelze doporučit k praktické aplikaci.

Metoda M8 patří k těm, které nadhodnocují velikost pojistné zásoby. Velikost pojistné zásoby u výbojky 70 W vyšla zhruba o 12 % vyšší, u výbojky 150 W zhruba o 70 % vyšší a u výbojky 250 W o zhruba 80 % vyšší než jsou doporučené hodnoty. Příčina je stejná jako u metody M5 – značný rozdíl mezi průměrnou délkou (a variabilitou) délky dodávkového cyklu a délky pořizovací lhůty. Z důvodu chybné konstrukce nelze metodu M8 doporučit k praktické aplikaci.

Metoda M9 se ukázala jako naprosto nepoužitelná. Příčinou je chybná konstrukce vzorce (50), který nepočítá s variabilitou spotřeby ani délky pořizovací lhůty. V důsledku toho jsou velikosti pojistných zásob velmi nízké a neodpovídají požadované spolehlivosti zabezpečení proti odchylkám.

Výsledky **metody M10** se prakticky shodují u všech výbojek s doporučenými hodnotami. Přestože vzorec (53) je pouze přibližný, neboť nepočítá s možností zástupu části pojistné zásoby určené ke krytí výkyvů ve spotřebě s částí určenou ke krytí výkyvů v pořizovací lhůtě, lze tuto metodu doporučit k praktické aplikaci.

Metoda M11 vystupovala ve dvou variantách. Výsledky varianty M11a byly zhruba na úrovni 35 % doporučených hodnot, u varianty M11b na 45 % doporučených hodnot. Příčinu je nutno hledat v konstrukci této metody. Metoda uvažuje konstantní délku intervalu nejistoty a nebere v úvahu kolísání velikosti dodávek. Z toho důvodu je tato metoda použitelná spíše výjimečně – v případech, kdy nedochází k výkyvům v dodávkách a pořizovacích lhůtách.

Výsledky **metody M12** jsou srovnatelné s metodou M11a, a to vzhledem k velmi podobné konstrukci výpočetního vztahu. Pro použití v praxi platí stejné hodnocení jako u předcházející metody.

Metoda M13 byla použita ve dvou modifikacích. Metoda M13b vedla k podhodnocení výše pojistné zásoby, neboť nezahrnuje časové úseky na začátku a na konci délky pořizovací lhůty. Z toho důvodu nelze použití metody M13b doporučit. Metoda M13a doporučuje stanovit výši pojistné zásoby zhruba na úrovni 35 % doporučených hodnot. Jednou z příčin může být skutečnost, že ve sledovaném podniku dochází ke značnému kolísání velikosti dodávek, což tato metoda nerespektuje. Vzhledem k tomu, že vztah (61) je po formální stránce v pořádku, lze metodu M13a doporučit k použití v případech, kdy kolísání dodávek není významným zdrojem nejistoty.

Výsledky **metody M14** byly obdobné jako u metody M13. Metoda M14 zahrnuje kolísání velikosti dodávek i spotřeby, ale za předpokladu konstantní délky intervalu nejistoty, což nebyl náš případ. V důsledku toho vycházejí velikosti pojistných zásob jako poměrně nízké, zhruba na 40 % doporučených hodnot. Metodu lze proto doporučit pro položky zásob, u kterých nedochází ke kolísání délky pořizovací lhůty.

Metoda M15 poskytovala nevyrovnané výsledky. U výbojky 70 W je vypočtená pojistná zásoba zhruba o 40 % nižší než doporučená, u výbojky 150 W je vyšší cca o 15 % a u výbojky 250 W je vyšší cca o 80 %. Příčinou je zřejmě skutečnost, že metoda zahrnuje kolísání spotřeby pouze během posledních šesti měsíců. V důsledku tohoto „zkrácení“ časové řady nedokáže metoda dostatečně postihnout kolísání spotřeby během celého roku. Vzhledem i ke zcela specifickému způsobu určování výše pojistného faktoru není metoda M15 příliš vhodná k praktické aplikaci.

Metoda M16 uvádí nižší velikosti pojistné zásoby, zhruba na úrovni 30 až 40 % doporučených hodnot. Příčinu je nutno hledat ve způsobu konstrukce této metody. Metoda M16 předpokládá, že podnik prognózuje výši budoucí spotřeby, a že rozdíly mezi prognózovanými a skutečnými hodnotami nejsou příliš velké. Rovněž počítá s konstantní délkou pořizovací lhůty. Tyto předpoklady nebyly v našem podniku splněny. Metodu M16 je možno doporučit pro položky zásob, u kterých je spotřeba ustálená v čase a u nichž nedochází k velkým výkyvům v délce pořizovací lhůty.

Výsledky **metody M17** se pohybují na úrovni 35 % doporučených hodnot. Příčinu tohoto stavu je nutno hledat v konstrukci vztahu (89) pro chybu předpovědi spotřeby. Tento vzorec je vhodný pro ustálenou spotřebu. Pro neustálenou spotřebu jsou vhodnější vzorce (121), resp.

(134). Propočet bude proveden v kap. 6.2. Metodu M17 je možno doporučit pro položky zásob s ustálenou spotřebou. Další podmínkou je, že u těchto položek nedochází ke kolísání velikosti dodávek.

Podobné výsledky byly zjištěny u **metody M18**. Vypočtené velikosti pojistných zásob se pohybují okolo 30 až 40 % doporučených hodnot. Důvodem je málo přesný způsob určování předpovědi spotřeby. Metodu M18 lze doporučit pro podnik, který má zaveden systém prognózování výše budoucí spotřeby nebo poptávky. Rozdíly mezi prognózovanou a skutečnou spotřebou by neměly být příliš velké. V opačném případě není metoda vhodná.

Další tři **metody M19, M20 a M21** stanovovaly výši pojistné zásoby bodovacím způsobem. Metody poskytovaly značně nevyrovnané výsledky. Metoda M19 stanovila výši pojistné zásoby u výbojky 70 W na 64 %, u výbojky 150 W na 32 % a u výbojky 250 W na 31 % doporučené hodnoty. Metoda M20 určila výši pojistné zásoby u výbojky 70 W na 54 %, u výbojky 150 W na 28 % a u výbojky 250 W na 24 % doporučené hodnoty. Pomocí metody M21 byla stanovena pojistná zásoba u výbojky 70 W na 39 %, u výbojky 150 W na 30 %, a u výbojky 250 W na 44 % doporučené hodnoty. Potvrdil se tak předpoklad o značné subjektivnosti hodnocení položek zásob pomocí daných bodovacích kritérií. Bodovací metody lze doporučit pro stanovování pojistné zásoby pouze u málo důležitých položek kategorie C.

Poslední hodnocenou **metodou** byla **M22**. Tato metoda určila velikosti pojistných zásob zhruba na úrovni 50 % doporučených hodnot. Metoda pracuje se skutečným rozdělením spotřeby. Kromě kolísání spotřeby však nezahrnuje žádný další zdroj nejistoty. Lze ji proto doporučit pro položky zásob, jejichž spotřeba nebo poptávka se neřídí normálním rozdělením a u kterých nedochází ke kolísání délky pořizovací lhůty a kolísání velikosti dodávek.

Z výše uvedeného hodnocení je patrné, že neexistuje metoda, která by univerzálně vyhovovala pro všechny položky zásob.

Jako málo vhodné pro praktické použití se ukázaly metody M1, M2, M3a, M4, M5, M6, M7, M8, M9 a M15. Nejlepší výsledky poskytovala metoda M10. Ostatní metody jsou použitelné pouze ve specifických případech. Pro položky zásob, u kterých prakticky nedochází ke kolísání pořizovacích lhůt a velikostí dodávek lze doporučit metody M11 a M12. V případě, že se spotřeba, resp. poptávka po dané skladové položce neřídí normálním rozdělením, lze použít metodu M22. Pro položky, u kterých není významným zdrojem nejistoty kolísání velikosti dodávek, ale kolísání délky pořizovací lhůty a velikosti spotřeby, lze použít metodu M13a. Pro kolísající velikosti dodávek je naopak vhodná metoda M14. Pro podniky, které mají zaveden systém prognózování budoucí spotřeby, resp. poptávky lze doporučit použití metod M16, M17 a M18. U méně důležitých položek zásob kategorie C, příp. B je možno uvažovat i o použití bodovacích metod M19, M20, M21. V některých případech lze u těchto skladových položek použít i metodu M3b.

6.2 Aplikace metod stanovení velikosti pojistné zásoby pro položky s nestacionárním charakterem potřeby

V kap. 6.1.1, 6.1.2 a 6.1.3 jsme si ověřili, že spotřebu výbojek není možno považovat za ustálenou. Podle předpokladů uvedených v kap. 4.2 by se pro takové položky zásob měly používat speciální metody. Cílem této kapitoly je ověřit, která z metod M23 až M26 nejlépe reaguje na měnící se charakter spotřeby výbojek. Struktura kap. 6.2 je v zásadě shodná se strukturou kap. 6.1. Uvedené metody M23 až M26 jsou postupně aplikovány na jednotlivé druhy výbojek. Zhodnocení jednotlivých metod je provedeno v kap. 6.2.4.

6.2.1 Výbojka 70 W

Nejprve bude použita metoda M23. Metoda M23 je založena na předpokladu, že časová řada spotřeby se proloží pomocí jednoduchého exponenciálního vyrovňování a určí se optimální hodnota vyrovňovací konstanty. V kap. 6.1.1 bylo uvedeno, že pro výbojku 70 W se nejnížší průměrné čtvercové chyby dosáhne u konstanty $\gamma = 1,00$. Velikost pojistné zásoby se proto vypočítá podle vzorce (105) pro zcela nahodilý charakter spotřeby. Pro srovnatelnost s předcházející kapitolou byla opět volena hodnota pojistného faktoru $K = 1,65$ pro stupeň úplnosti dodávky 95 %.

Veličina	Označení	M. j.	Velikost
Sm. odchylka měsíční spotřeby	σ_p	ks	47,20
Délka pořizovací lhůty	t_p	měsíc	0,17
Pojistná zásoba	x_p	ks	105

tab. č. 126 - Velikost pojistné zásoby podle M23 – výbojka 70 W

Metodu M23 lze považovat za variantu metody M11a pro neustálenou spotřebu. Porovnáním hodnot z tab. č. 122 a 126 zjistíme, že zvýšení velikosti pojistné zásoby oproti metodě M11a činí 73 ks.

Metoda M24 stanovuje pojistnou zásobu pro plánovanou úroveň spotřeby. Z toho důvodu je nutno určit výši spotřeby pro budoucí období. Ke konstrukci předpovědi na následujících 12 měsících byla použita rovnice přímky odvozená v tab. č. 18 a sezónní faktory z tab. č. 20. Odhadované velikosti předpovědi jsou uspořádány do tab. č. 127.

Měsíc	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48
Spotřeba	143	137	231	145	120	168	87	147	232	115	209	140

tab. č. 127 - Plánovaná velikost spotřeby výbojky 70 W v roce 2001

Klouzavá průměrná chyba předpovědi spotřeby TBM se určí na základě údajů z tab. č. 37. Propočet je uveden v tab. č. 128. Kvalitu předpovědi posoudíme pomocí veličiny FETS (109).

$$FETS = \frac{-183}{667} = -0,2744$$

Záporná hodnota FETS nás informuje, že častěji docházelo k tomu, že předpovídaná spotřeba byla nižší než skutečná spotřeba. Tento nedostatek předpovědi je ovšem již zahrnut do absolutních odchylek ABS a tedy i do propočtu velikosti pojistné zásoby. V kap. 4.2.2 bylo

zdůvodněno, že v takovém případě není nutno velikost pojistné zásoby dále upravovat tlumícím faktorem. Hodnota pojistného faktoru se určí z tab. č. 14. Požadovanému stupni úplnosti dodávky 95 % odpovídá pojistný faktor $K = 2,06$. Z tab. č. 128 je patrné, že velikost pojistné zásoby se přizpůsobuje měnící se velikosti spotřeby během roku.

Období	Skutečnost	Předpověď	Chyba	ABS	TBAD	TBM
19	84	101	17	17	0,168317	
20	96	99	3	3	0,030303	
21	208	99	-109	109	1,10101	
22	94	111	17	17	0,153153	
23	168	110	-58	58	0,527273	
24	120	117	-3	3	0,025641	
25	168	119	-49	49	0,411765	
26	168	126	-42	42	0,333333	
27	180	132	-48	48	0,363636	
28	72	140	68	68	0,485714	
29	72	135	63	63	0,466667	
30	144	131	-13	13	0,099237	0,347171
31	60	134	74	74	0,552239	0,379164
32	156	127	-29	29	0,228346	0,395668
33	168	131	-37	37	0,282443	0,327454
34	144	137	-7	7	0,051095	0,318949
35	156	139	-17	17	0,122302	0,285202
36	156	143	-13	13	0,090909	0,290641
SUMA	2 414	2 231	-183	667	x	x

tab. č. 128 - Výpočet klouzavé průměrné chyby předpovědi spotřeby – výbojka 70 W

Měsíc	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48
Pojistná zásoba	33	57	35	29	41	21	36	57	28	51	34	40

tab. č. 129 - Velikost pojistné zásoby podle M24 – výbojka 70 W

U metody M25 je nejprve nutné proložit časovou řadu měsíční spotřeby jednoduchým exponenciálním vyrovnáváním s konstantou $\gamma = 0,05$ (viz kap. 4.2.3) a vypočítat empirické průměrné sezónní indexy, resp. po standardizaci sezónní faktory. Výpočet je proveden v příl. č. 5. Sezónní faktory vypočítané pomocí exponenciálního vyrovnávání jsou uvedeny v tab. č. 130. Pokud je porovnáme se sezónními faktory určenými při použití lineárního trendu (viz tab. č. 20), zjistíme že rozdíly nejsou příliš výrazné.

Měsíc	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Sez. faktor	0,938	0,897	1,446	0,904	0,767	1,028	0,579	0,973	1,480	0,765	1,321	0,906

tab. č. 130 - Hodnoty sezónních faktorů určené pomocí exponenciálního vyrovnávání – výbojka 70 W

Očekávaná výše chyby v prognóze velikosti dodávek F_t byla odhadnuta pomocí směrodatné odchylky rozdílů mezi kontrahovaným a skutečně dodaným množstvím podle vztahu (84) – viz tab. č. 40. Na rozdíl od metody M24 je metoda M25 založena na analýze minulých údajů

o spotřebě. Jelikož jednoduché exponenciální vyrovňování není vhodným modelem ke konstrukci předpovědi na příští rok, jsou v příl. č. 5 stanoveny velikosti pojistné zásoby pro uplynulé měsíce. Velikosti pojistné zásoby pro jednotlivé měsíce roku 2000 jsou také uvedeny v tabulce 131.

Měsíc	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Pojistná zásoba	61	62	93	61	52	67	40	63	89	52	81	59

tab. č. 131 - Velikosti pojistné zásoby podle M25 v jednotlivých měsících roku 2000 – výbojka 70 W

Vzhledem k tomu, že rostoucí trend spotřeby výbojek 70 W není příliš výrazný, lze předpokládat, že velikosti pojistné zásoby pro rok 2001 budou zhruba odpovídat velikosti pojistné zásoby v roce 2000.

Poslední uvedenou metodou byla M26. Jelikož v části 6.1.1 bylo zjištěno, že spotřeba výbojky 70 W má sezónní charakter s kladným trendem, bude použit výpočet uvedený v druhé části kap. 4.2.4. Nejprve se stanoví sezónnost a teprve potom trend. Průměrné sezónní indexy vypočítané dle vztahu (123) jsou uvedeny v tab. č. 132. Na rozdíl od sezónních faktorů, které byly určeny v tab. č. 20 a 130, průměrné sezónní indexy uvedené v tab. č. 132 zahrnují i trend. Jelikož však trend není výrazný, hodnoty sezónních faktorů se příliš neodlišují od hodnot uvedených v tab. č. 20 a 130.

Měsíc	Skutečná spotřeba					Pr. sez. indexy	Očištěná spotřeba		
	1998	1999	2000	Suma	Průměr		1998	1999	2000
1	72	84	168	324	108,000	0,925	77,852	90,827	181,654
2	72	72	168	312	104,000	0,891	80,846	80,846	188,641
3	156	170	180	506	168,667	1,444	108,008	117,701	124,625
4	96	144	72	312	104,000	0,891	107,795	161,692	80,846
5	72	120	72	264	88,000	0,754	95,545	159,242	95,545
6	170	48	144	362	120,667	1,033	164,521	46,453	139,359
7	50	84	60	194	64,667	0,554	90,292	151,691	108,351
8	84	96	156	336	112,000	0,959	87,583	100,095	162,655
9	144	208	168	520	173,333	1,484	97,015	140,133	113,185
10	36	94	144	274	91,333	0,782	46,029	120,187	184,117
11	146	168	156	470	156,667	1,342	108,827	125,226	116,281
12	54	120	156	330	110,000	0,942	57,327	127,394	165,612
SUMA	1152	1408	1644	4204	116,778	12,000	1121,64	1421,48	1660,87

tab. č. 132 - Průměrné sezónní indexy a očištěné spotřeby výbojky 70 W

V dalším kroku se hledá předpověď sumární spotřeby na rok 2001. Za tím účelem zkonstruujeme lineární vyrovňovací funkci. Odhady parametrů přímky byly získány metodou nejmenších čtverců. Rovnice přímky má podobu:

$$\hat{Sp}_k = 282 \cdot k + 813,33$$

Předpověď spotřeby na celý rok 2001 činí ($k = 4$) 1 941 ks. Pro srovnání u metody M24 předpověď spotřeby činila 1 874 ks.

Očekávaná očištěná spotřeba pro všechny měsíce roku 2001 má velikost cca 162 ks. Reziduální rozptyl očištěných spotřeb má velikost $3\,724\text{ ks}^2$. Na základě reziduálního rozptylu odhadneme chybu předpovědi spotřeby $D_1(p)$ a velikost pojistné zásoby určíme podle vztahu (116) – viz tab. č. 133.

Měsíc 2001	Předpověď spotřeby	Chyba prognózy	Pojistná zásoba
1	150	3 185,57	41
2	144	2 953,97	40
3	234	7 769,59	65
4	144	2 953,97	40
5	122	2 114,97	34
6	167	3 976,62	46
7	90	1 142,09	25
8	155	3 425,91	43
9	240	8 205,48	66
10	127	2 278,23	35
11	217	6 703,36	60
12	152	3 304,65	42

tab. č. 133 - Předpovědi spotřeby, chyby prognózy a velikosti pojistné zásoby podle M26 – výbojka 70 W

6.2.2 Výbojka 150 W

Druhou položkou zásob je výbojka 150 W. Postup řešení je totožný s výbojkou 70 W, a proto nebude blíže komentován.

U metody M23 se časová řada spotřeby proloží opět pomocí jednoduchého exponenciálního vyrovňování a určí se optimální hodnota vyrovňovací konstanty. V kap. 6.1.2 bylo uvedeno, že pro výbojku 150 W se nejnižší průměrné čtvercové chyby dosáhne u konstanty $\gamma = 1,00$. Velikost pojistné zásoby se proto vypočítá podle vzorce (105) pro zcela nahodilý charakter spotřeby.

Veličina	Označení	M. j.	Velikost
Sm. odchylka měsíční spotřeby	σ_p	ks	34,18
Délka pořizovací lhůty	t_p	měsíc	0,17
Pojistná zásoba	x_p	ks	76

tab. č. 134 - Velikost pojistné zásoby podle M23 – výbojka 150 W

Porovnáním hodnot z tab. č. 122 a 134 zjistíme, že zvýšení velikosti pojistné zásoby oproti metodě M11a činí 53 ks.

Pro metodu M24 je nutno určit výši spotřeby pro budoucí období. Ke konstrukci předpovědi na následujících 12 měsících byla použita rovnice přímky odvozená v tab. č. 53 a sezónní faktory z tab. č. 55. Odhadované velikosti předpovědi jsou uspořádány do tab. č. 135.

Měsíc	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48
Spotřeba	54	36	24	34	18	13	7	25	24	13	30	9

tab. č. 135 - Plánovaná velikost spotřeby výbojky 150 W v roce 2001

Klouzavá průměrná chyba předpovědi spotřeby TBM se určí na základě údajů z tab. č. 72. Propočet je uveden v tab. č. 136. Kvalitu předpovědi posoudíme pomocí veličiny FETS (109).

$$FETS = \frac{-126}{438} = -0,2877$$

Záporná hodnota FETS nás informuje, že častěji docházelo k tomu, že předpovídaná spotřeba byla nižší než skutečná spotřeba. Tento nedostatek předpovědi je ovšem již zahrnut do absolutních odchylek ABS a tedy i do propočtu velikosti pojistné zásoby. V kap. 4.2.2 bylo zdůvodněno, že v takovém případě není nutno velikost pojistné zásoby dále upravovat tlumícím faktorem. Z tab. č. 137 je patrné, že velikost pojistné zásoby se přizpůsobuje měnící se velikosti spotřeby během roku.

Období	Skutečnost	Předpověď	Chyba	ABS	TBAD	TBM
19	12	49	37	37	0,755102	
20	84	42	-42	42	1,000000	
21	48	44	-4	4	0,090909	
22	48	42	-6	6	0,142857	
23	72	41	-31	31	0,756098	
24	48	42	-6	6	0,142857	
25	96	41	-55	55	1,341463	
26	84	45	-39	39	0,866667	
27	36	48	12	12	0,250000	
28	36	46	10	10	0,217391	
29	24	44	20	20	0,454545	
30	12	41	29	29	0,707317	0,560434
31	12	36	24	24	0,666667	0,553064
32	48	32	-16	16	0,500000	0,511398
33	48	32	-16	16	0,500000	0,545489
34	19	32	13	13	0,40625	0,567438
35	96	29	-67	67	2,310345	0,696959
36	24	35	11	11	0,314286	0,711244
SUMA	847	721	-126	438	x	x

tab. č. 136 - Výpočet klouzavé průměrné chyby předpovědi spotřeby – výbojka 150 W

Měsíc	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48
Pojistná zásoba	21	14	20	11	8	4	15	14	8	18	5	14

tab. č. 137 - Velikost pojistné zásoby podle M24 – výbojka 150 W

U metody M25 byla časová řada měsíční spotřeby proložena jednoduchým exponenciálním vyrovnáváním s konstantou $\gamma = 0,05$ (viz kap. 4.2.3) a vypočítány empirické průměrné sezónní indexy, resp. po standardizaci sezónní faktory. Výpočet je proveden v příl. č. 8. Sezónní faktory vypočítané pomocí exponenciálního vyrovnávání jsou uvedeny v tab. č. 138.

Pokud je porovnáme se sezónními faktory určenými při použití lineárního trendu (viz tab. č. 55), zjistíme že rozdíly ani v tomto případě nejsou příliš výrazné.

Měsíc	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Sez. faktor	1,826	1,195	0,889	1,290	0,711	0,587	0,342	1,158	1,192	0,750	1,578	0,480

tab. č. 138 - Hodnoty sezónních faktorů určené pomocí exponenciálního vyrovnávání – výbojka 150 W

Očekávaná výše chyby v prognóze velikosti dodávek F_t byla odhadnuta pomocí směrodatné odchylky rozdílů mezi kontrahovaným a skutečně dodaným množstvím podle vztahu (84) – viz tab. č. 75. Velikosti pojistné zásoby pro jednotlivé měsíce roku 2000 jsou uvedeny v tabulce 139.

Měsíc	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Pojistná zásoba	88	55	42	65	36	30	20	56	58	37	74	22

tab. č. 139 - Velikosti pojistné zásoby podle M25 v jednotlivých měsících roku 2000 – výbojka 150 W

Vzhledem k tomu, že klesající trend spotřeby výbojek 150 W není příliš výrazný, lze předpokládat, že velikosti pojistné zásoby pro rok 2001 budou zhruba odpovídat velikosti pojistné zásoby v roce 2000.

Poslední uvedenou metodou byla M26. Jelikož v části 6.1.2 bylo zjištěno, že spotřeba výbojky 150 W má sezónní charakter se záporným trendem, bude použit výpočet uvedený v druhé části kap. 4.2.4. Nejprve se stanoví sezónnost a teprve potom trend. Průměrné sezónní indexy vypočítané dle vztahu (123) jsou uvedeny v tab. č. 140. Pokud porovnáme velikosti sezónních faktorů uvedených v tab. č. 55, 138 a 140, lze konstatovat, že jejich výše se výrazně neliší.

Měsíc	Skutečná spotřeba					Pr. sez. indexy	Očištěná spotřeba		
	1998	1999	2000	Suma	Průměr		1998	1999	2000
1	150	96	96	342	114,000	1,940	77,303	49,474	49,474
2	74	60	84	218	72,667	1,237	59,828	48,509	67,913
3	96	36	36	168	56,000	0,953	100,714	37,768	37,768
4	84	120	36	240	80,000	1,362	61,688	88,125	26,438
5	72	36	24	132	44,000	0,749	96,136	48,068	32,045
6	60	36	12	108	36,000	0,613	97,917	58,750	19,583
7	36	12	12	60	20,000	0,340	105,750	35,250	35,250
8	60	84	48	192	64,000	1,089	55,078	77,109	44,063
9	108	48	48	204	68,000	1,157	93,309	41,471	41,471
10	60	48	19	127	42,333	0,721	83,268	66,614	26,368
11	84	72	96	252	84,000	1,430	58,750	50,357	67,143
12	0	48	24	72	24,000	0,409	0,000	117,500	58,750
SUMA	884	696	535	2115	58,750	12,000	889,740	718,995	506,265

tab. č. 140 - Průměrné sezónní indexy a očištěné spotřeby výbojky 150 W

V dalším kroku se hledá předpověď sumární spotřeby na rok 2001. Za tím účelem zkonstruuujeme lineární vyrovnávací funkci. Odhady parametrů přímky byly získány metodou nejmenších čtverců. Rovnice přímky má podobu:

$$\hat{Sp}_k = -174,5 \cdot k + 1054$$

Předpověď spotřeby na celý rok 2001 činí ($k = 4$) 356 ks. Pro srovnání u metody M24 předpověď spotřeby činila 288 ks. Odhad 356 ks je možno dle vedení podniku považovat za reálnější.

Očekávaná očištěná spotřeba pro všechny měsíce roku 2001 má velikost cca 30 ks. Reziduální rozptyl očištěných spotřeb má velikost 1 680 ks². Na základě reziduálního rozptylu odhadneme chybu předpovědi spotřeby $D_t(p)$ a velikost pojistné zásoby určíme podle vztahu (116) – viz tab. č. 141. Z tab. č. 141 je patrné, že velikost pojistné zásoby výbojky 150 W se pohybuje zhruba na úrovni měsíční spotřeby.

Měsíc 2001	Předpověď spotřeby	Chyba prognózy	Pojistná zásoba
1	58	6 324,88	54
2	37	2 569,88	34
3	28	1 526,23	26
4	40	3 114,75	38
5	22	942,21	21
6	18	630,74	17
7	10	194,67	9
8	32	1 993,44	30
9	34	2 250,40	32
10	21	872,18	20
11	42	3 434,01	40
12	12	280,33	11

tab. č. 141 - Předpovědi spotřeby, chyby prognózy a velikosti pojistné zásoby podle M26 – výbojka 150 W

6.2.3 Výbojka 250 W

Třetí položkou zásob je výbojka 250 W. Na rozdíl od předcházejících položek zásob nebyl u výbojky 250 W zjištěn statisticky významný trend. Z toho vyplývá poněkud odlišný způsob konstrukce předpovědi spotřeby na rok 2001.

U metody M23 se časová řada spotřeby proloží opět pomocí jednoduchého exponenciálního vyrovnávání a určí se optimální hodnota vyrovnávací konstanty. V kap. 6.1.3 bylo uvedeno, že pro výbojku 250 W se nejnižší průměrné čtvercové chyby dosáhne u konstanty $\gamma = 1,00$. Velikost pojistné zásoby se proto vypočítá podle vzorce (105) pro zcela nahodilý charakter spotřeby.

Veličina	Označení	M. j.	Velikost
Sm. odchylka měsíční spotřeby	σ_p	ks	24,94
Délka pořizovací lhůty	t_p	měsíc	0,17
Pojistná zásoba	x_p	ks	56

tab. č. 142 - Velikost pojistné zásoby podle M23 – výbojka 250 W

Porovnáním hodnot z tab. č. 122 a 142 zjistíme, že zvýšení velikosti pojistné zásoby oproti metodě M11a činí 39 ks.

Pro metodu M24 je nutno určit výši spotřeby pro budoucí období. Jelikož ke konstrukci předpovědí na následujících 12 měsíců nelze použít rovnici přímky odvozenou v tab. č. 88, stanovíme předpověď spotřeby na rok 2001 na základě průměrné spotřeby z minulých třech let a přihlídneme k sezónním faktorům uvedeným v tab. č. 90. Postup je tím totožný s metodou M26. Odhadované velikosti předpovědi jsou uspořádány do tab. č. 143.

Měsíc	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48
Spotřeba	48	40	44	48	36	36	16	40	48	34	48	16

tab. č. 143 - Plánovaná velikost spotřeby výbojky 250 W v roce 2001

Klouzavá průměrná chyba předpovědi spotřeby TBM se určí na základě údajů z tab. č. 107. Propočet je uveden v tab. č. 143. Kvalitu předpovědi posoudíme pomocí veličiny FETS (109).

$$FETS = \frac{30}{350} = 0,0857$$

Kladná hodnota FETS nás informuje, že častěji docházelo k tomu, že předpovídaná spotřeba byla vyšší než skutečná spotřeba. V důsledku toho jsou i vyšší absolutní odchylky ABS a pojistná zásoba. V takovém případě se doporučuje (viz kap. 4.2.2), vypočtenou pojistnou zásobu korigovat tlumícím faktorem. Hodnotu tlumícího faktoru určíme dle vztahu (110). Vyjdeme-li z předpokladu, že chyba předpovědi se nezvyšuje, pak bude tlumící faktor roven 0,9143.

Období	Skutečnost	Předpověď	Chyba	ABS	TBAD	TBM
19	12	37	25	25	0,675676	
20	96	34	-62	62	1,823529	
21	60	40	-20	20	0,500000	
22	36	42	6	6	0,142857	
23	36	41	5	5	0,121951	
24	24	40	16	16	0,400000	
25	72	38	-34	34	0,894737	
26	48	42	-6	6	0,142857	
27	0	42	42	42	1,000000	
28	24	38	14	14	0,368421	
29	12	36	24	24	0,666667	
30	24	33	9	9	0,272727	0,584119
31	0	31	31	31	1,000000	0,611146
32	24	27	3	3	0,111111	0,468444
33	24	26	2	2	0,076923	0,433188
34	12	24	12	12	0,500000	0,46295
35	60	22	-38	38	1,727273	0,596726
36	24	25	1	1	0,040000	0,566726
SUMA	588	618	30	350	x	x

tab. č. 144 - Výpočet klouzavé průměrné chyby předpovědi spotřeby – výbojka 250 W

Měsíc	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48
Pojistná zásoba	17	19	21	16	16	7	17	21	15	21	7	21

tab. č. 145 - Velikost pojistné zásoby podle M24 – výbojka 250 W

U metody M25 byla časová řada měsíční spotřeby proložena jednoduchým exponenciálním vyrovnáváním s konstantou $\gamma = 0,05$ (viz kap. 4.2.3) a vypočítány empirické průměrné sezónní indexy, resp. po standardizaci sezónní faktory. Výpočet je proveden v příl. č. 11. Sezónní faktory vypočítané pomocí exponenciálního vyrovnávání jsou uvedeny v tab. č. 146. Pokud je porovnáme se sezónními faktory určenými při použití modelu konstantní sezónnosti (viz tab. č. 90 a 148), zjistíme že rozdíly nejsou příliš výrazné.

Měsíc	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Sez. faktor	1,251	1,043	1,100	1,215	0,874	0,955	0,398	1,106	1,285	0,893	1,386	0,491

tab. č. 146 - Hodnoty sezónních faktorů určené pomocí exponenciálního vyrovnávání – výbojka 250 W

Očekávaná výše chyby v prognóze velikosti dodávek F_t byla odhadnuta pomocí směrodatné odchylky rozdílů mezi kontrahovaným a skutečně dodaným množstvím podle vztahu (84) – viz tab. č. 110. Velikosti pojistné zásoby pro jednotlivé měsíce roku 2000 jsou uvedeny v tabulce 147.

Měsíc	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Pojistná zásoba	46	37	43	49	36	39	16	45	53	37	56	19

tab. č. 147 - Velikosti pojistné zásoby podle M25 v jednotlivých měsících roku 2000 – výbojka 250 W

Vzhledem k tomu, že trend spotřeby výbojek 250 W není významný, lze předpokládat, že velikosti pojistné zásoby pro rok 2001 budou zhruba odpovídat velikosti pojistné zásoby v roce 2000.

Poslední uvedenou metodou byla M26. Jelikož v části 6.1.3 bylo zjištěno, že spotřeba výbojky 250 W má sezónní charakter bez trendu, nebude se konstruovat lineární vyrovnávací funkce jako u výbojek 70 W a 150 W. Předpověď spotřeby na příští rok se určí totožným způsobem jako u metody M24 (viz tab. č. 143). Průměrné sezónní indexy (resp. faktory) byly uvedeny v tab. č. 90. Postup výpočtu je zřejmý z tab. č. 148.

Měsíc	Skutečná spotřeba					Pr. sez. indexy	Očištěná spotřeba		
	1998	1999	2000	Suma	Průměr		1998	1999	2000
1	24	48	72	144	48,00	1,270	18,903	37,806	56,708
2	24	48	48	120	40,00	1,058	22,683	45,367	45,367
3	72	60	0	132	44,00	1,164	61,864	51,553	0
4	72	48	24	144	48,00	1,270	56,708	37,806	18,903
5	84	12	12	108	36,00	0,952	88,213	12,602	12,602
6	36	48	24	108	36,00	0,952	37,806	50,407	25,204
7	36	12	0	48	16,00	0,423	85,063	28,354	0
8	0	96	24	120	40,00	1,058	0	90,733	22,683
9	60	60	24	144	48,00	1,270	47,257	47,257	18,903
10	53	36	12	101	33,67	0,891	59,516	40,426	13,475
11	48	36	60	144	48,00	1,270	37,806	28,354	47,257
12	0	24	24	48	16,00	0,423	0	56,708	56,708
SUMA	509	528	324	1361	37,81	12,000	515,817	527,373	317,810

tab. č. 148 - Průměrné sezónní indexy a očištěné spotřeby výbojky 250 W

Předpověď sumární spotřeby na rok 2001 se rovná průměrné spotřebě za poslední tři roky, tj. 454 ks. Předpověď spotřeby je totožná jako u metody M24.

Očekávaná očištěná spotřeba pro všechny měsíce roku 2001 má velikost cca 38 ks. Reziduální rozptyl očištěných spotřeb má velikost 613 ks². Na základě reziduálního rozptylu odhadneme chybu předpovědi spotřeby $D_t(p)$ a velikost pojistné zásoby určíme podle vztahu (116) – viz tab. č. 149. Z tab. č. 149 je patrné, že velikost pojistné zásoby výbojky 250 W se pohybuje zhruba na úrovni půlměsíční spotřeby.

Měsíc 2001	Předpověď spotřeby	Chyba prognózy	Pojistná zásoba
1	48	988,61	22
2	40	686,54	18
3	44	830,71	20
4	48	988,61	22
5	36	556,10	16
6	36	556,10	16
7	16	109,85	7
8	40	686,54	18
9	48	988,61	22
10	34	486,34	15
11	48	988,61	22
12	16	109,85	7

tab. č. 149 - Předpovědi spotřeby, chyby prognózy a velikosti pojistné zásoby podle M26 – výbojka 250 W

6.2.4 Zhodnocení jednotlivých metod

Podobně jako v kap. 6.1.4 se nyní pokusíme zhodnotit metody M23 až M26. Připomeňme, že v kap. 6.1.4 jsme odhadli „správnou“ velikost pojistné zásoby u výbojky 70 W na cca 100 ks, u výbojky 150 W na cca 65 ks a u výbojky 250 W na cca 45 ks.

Velikosti pojistných zásob vypočítané pomocí jednotlivých metod jsou přehledně uspořádány do tab. č. 150 až 152. Na rozdíl od kap. 6.1.4 bylo nutno pro každou skladovou položku vytvořit samostatnou tabulku, neboť výše pojistné zásoby, s výjimkou metody M23, během roku kolísá.

Z tab. č. 150 až 152 je patrné značné variační rozpětí velikostí pojistných zásob vypočítaných pomocí jednotlivých metod. Cílem této kapitoly je proto určit, která metoda dokáže nejlépe postihnout odchylky v průběhu zásobovacího cyklu.

Metoda	Měsíc												Průměr
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
M23	105	105	105	105	105	105	105	105	105	105	105	105	105,00
M24	33	57	35	29	41	21	36	57	28	51	34	40	38,50
M25	61	62	93	61	52	67	40	63	89	52	81	59	65,00
M26	41	40	65	40	34	46	25	43	66	35	60	42	44,75
MAX	105	105	105	105	105	105	105	105	105	105	105	105	105,00
MIN	33	40	35	29	34	21	25	43	28	35	34	40	38,50
R	72	65	70	76	71	84	80	62	77	70	71	65	66,50

tab. č. 150 - Porovnání výsledků metod M23 až M26 pro výbojku 70 W

Metoda	Měsíc												Průměr
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
M23	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76,00
M24	21	14	20	11	8	4	15	14	8	18	5	14	12,67
M25	88	55	42	65	36	30	20	56	58	37	74	22	48,58
M26	54	34	26	38	21	17	9	30	32	20	40	11	27,67
MAX	88	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76,00
MIN	21	14	20	11	8	4	9	14	8	18	5	11	12,67
R	67	62	56	65	68	72	67	62	68	58	71	65	63,33

tab. č. 151 - Porovnání výsledků metod M23 až M26 pro výbojku 150 W

Metoda	Měsíc												Průměr
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
M23	56	56	56	56	56	56	56	56	56	56	56	56	56,00
M24	17	19	21	16	16	7	17	21	15	21	7	21	16,50
M25	46	37	43	49	36	39	16	45	53	37	56	19	39,67
M26	22	18	20	22	16	16	7	18	22	15	22	7	17,08
MAX	56	56	56	56	56	56	56	56	56	56	56	56	56,00
MIN	17	18	20	16	16	7	7	18	15	15	7	7	16,50
R	39	38	36	40	40	49	49	38	41	41	49	49	39,50

tab. č. 152 - Porovnání výsledků metod M23 až M26 pro výbojku 250 W

Pro stanovení optimální výše pojistné zásoby byl použit následující simulační postup. Výše stanovené velikosti pojistných zásob podle jednotlivých metod byly zpětně aplikovány na časovou řadu příjmů a výdejů (vč. neuspokojených požadavků na výdej) ve skladu. U jednotlivých metod byla zjišťována velikost a četnost deficitu. Výsledky byly uspořádány do obr. č. 33 až 44. Takový postup je sice poněkud zjednodušující, protože předpokládá, že u sledovaných položek nedošlo ke změnám v tendenci vývoje spotřeby, nicméně nám ukáže, jak jednotlivé metody dokázaly zareagovat na měnící se výši spotřeby.

Pro každou položku zásob byly vypočítány stupně úplnosti a pohotovosti dodávky. Souhrnné výsledky jsou uvedeny pro každou položku zvlášť v tab. č. 153 až 155. Pro srovnání jsou uvedeny i charakteristiky pro metodu M10, která byla vyhodnocena jako nejlepší z první skupiny metod M1 až M22.

	Metoda M23	Metoda M24	Metoda M25	Metoda M26	Metoda M10
Stupeň úplnosti dodávky	96,08	60,78	88,24	74,51	94,12
Stupeň pohotovosti dodávky	98,63	81,37	93,79	87,85	98,08
Max. výše deficitu zásoby	15	91	33	55	28
Prům. výše deficitu zásoby	10,20	27,51	14,59	23,74	20,57

tab. č. 153 - Základní charakteristiky skladu pro výbojku 70 W

	Metoda M23	Metoda M24	Metoda M25	Metoda M26	Metoda M10
Stupeň úplnosti dodávky	96,43	67,86	92,86	78,57	96,43
Stupeň pohotovosti dodávky	98,26	87,03	96,44	89,77	98,26
Max. výše deficitu zásoby	24	79	23	46	37
Prům. výše deficitu zásoby	24,00	37,92	17,64	22,77	37,00

tab. č. 154 - Základní charakteristiky skladu pro výbojku 150 W

	Metoda M23	Metoda M24	Metoda M25	Metoda M26	Metoda M10
Stupeň úplnosti dodávky	100	74,07	100	77,78	100
Stupeň pohotovosti dodávky	100	88,04	100	89,13	100
Max. výše deficitu zásoby	0	29	0	21	0
Prům. výše deficitu zásoby	0	8,88	0	7,24	0

tab. č. 155 - Základní charakteristiky skladu pro výbojku 250 W

Z tab. č. 153 až 155 je patrné, že nejlepších výsledků bylo dosahováno **metodou M23**. U všech tří výbojek byl dosažený stupeň úplnosti dodávky vyšší než požadovaný (95%). Velikosti pojistné zásoby stanovené pomocí metody M23 zhruba odpovídaly doporučeným hodnotám v kap. 6.1.4. Velmi dobré výsledky poskytovala i jednoduchá metoda M10.

Metoda M24 zajišťovala z uvedených čtyř metod nejnižší spolehlivost zabezpečení proti odchylkám. Příčinou je, že metoda M24 nepokrývá kolísání velikosti dodávek ani kolísání délky pořizovací lhůty. Vzhledem k tomu, že dosažený stupeň úplnosti dodávky byl u metody M24 o 20 až 35 % nižší než požadovaný, nelze ji doporučit pro praktickou aplikaci.

Metoda M25 poskytovala vcelku uspokojivé výsledky. U výbojek 70 W a 150 W byl dosažený stupeň úplnosti dodávky nižší než požadovaný, avšak stupeň pohotovosti dodávky byl poměrně vysoký. U výbojky 250 W byly dokonce dosaženy stupně úplnosti a pohotovosti dodávky 100 %. Metodu M25 je proto možno považovat za alternativu konstantní výše pojistné zásoby stanovené pomocí metod M10 nebo M23.

Spolehlivost zabezpečení proti odchylkám u **metody M26** se pohybovala mezi úrovní metod M24 a 25. Odchylka od požadovaného stupně úplnosti dodávky byla však značná. Dosažený stupeň úplnosti dodávky byl cca o 15 až 20 % nižší než požadovaný. Metoda proto není příliš vhodná pro praktickou aplikaci.

V praxi bychom se asi rozhodovali mezi metodami M10, M23 a M25. Kritériem volby by měly být náklady na udržování a skladování pojistné zásoby a náklady z nedostatku zásoby.

Bohužel velikost těchto nákladových položek nelze v daném podniku přesně určit z důvodu chybějící evidence.

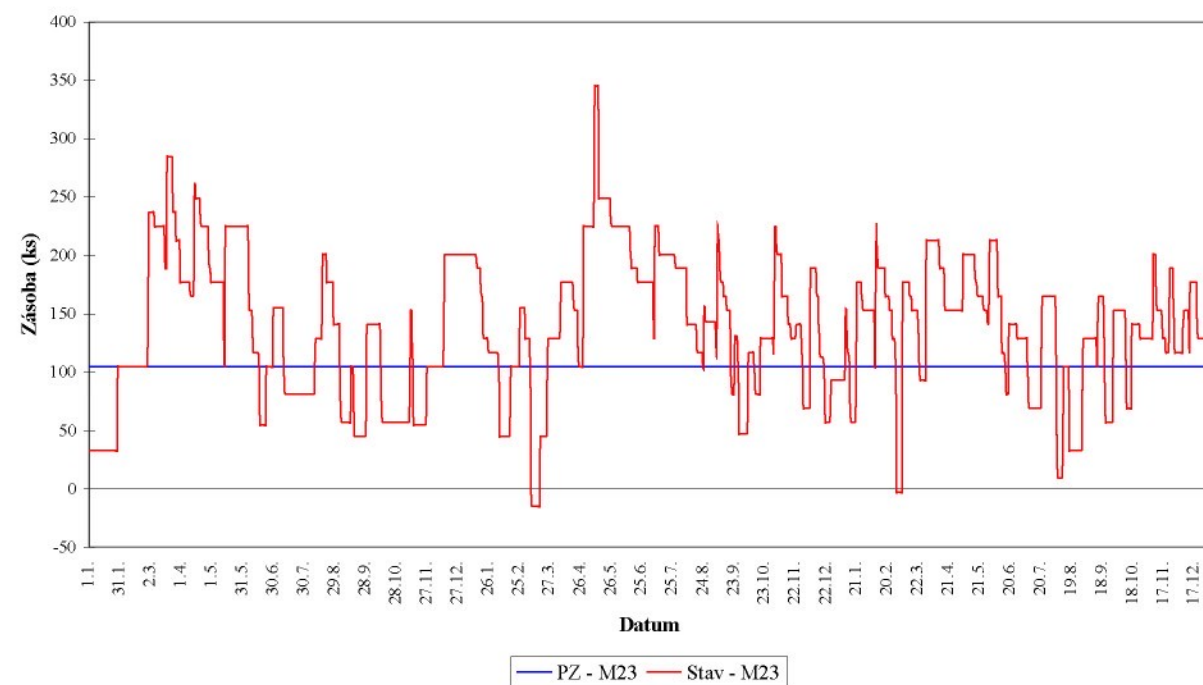
Vyjdeme-li z obecného poznatku, že náklady na udržování a skladování zásob se pohybují okolo 35 % z ceny zásob, lze tyto náklady u výbojky 70 W odhadnout na 91 Kč/rok (cena výbojky 70 W je 260 Kč/ks), u výbojky 150 W na 128,80 Kč/rok (cena 368 Kč/ks) a u výbojky 250 W na 143,50 Kč/rok (cena 410 Kč/ks). Jestliže vedení podniku požaduje stupeň úplnosti dodávky 95 %, odpovídají tomu náklady z nedostatku u výbojky 70 W ve výši 108 Kč/ks (viz vztah (142)), u výbojky 150 W ve výši 279 Kč/ks a u výbojky 250 W ve výši 325 Kč/ks. Kalkulace celkových nákladů za tři roky pro metody M10, M23 a M25 je uvedena v tab. č. 156.

Výbojka	Náklady na skladování poj. zás.			Náklady z nedostatku zásoby			Náklady celkem		
	M23	M25	M10	M23	M25	M10	M23	M25	M10
70 W	28 665	17 723	25 116	1 944	10 908	5 184	30 609	28 631	30 300
150 W	29 366	18 718	24 343	6 696	9 765	10 323	36 062	28 483	34 666
250 W	24 108	17 041	19 373	0	0	0	24 108	17 041	19 373
Celkem	82 139	53 482	68 832	8 640	20 673	15 507	90 779	74 155	84 339

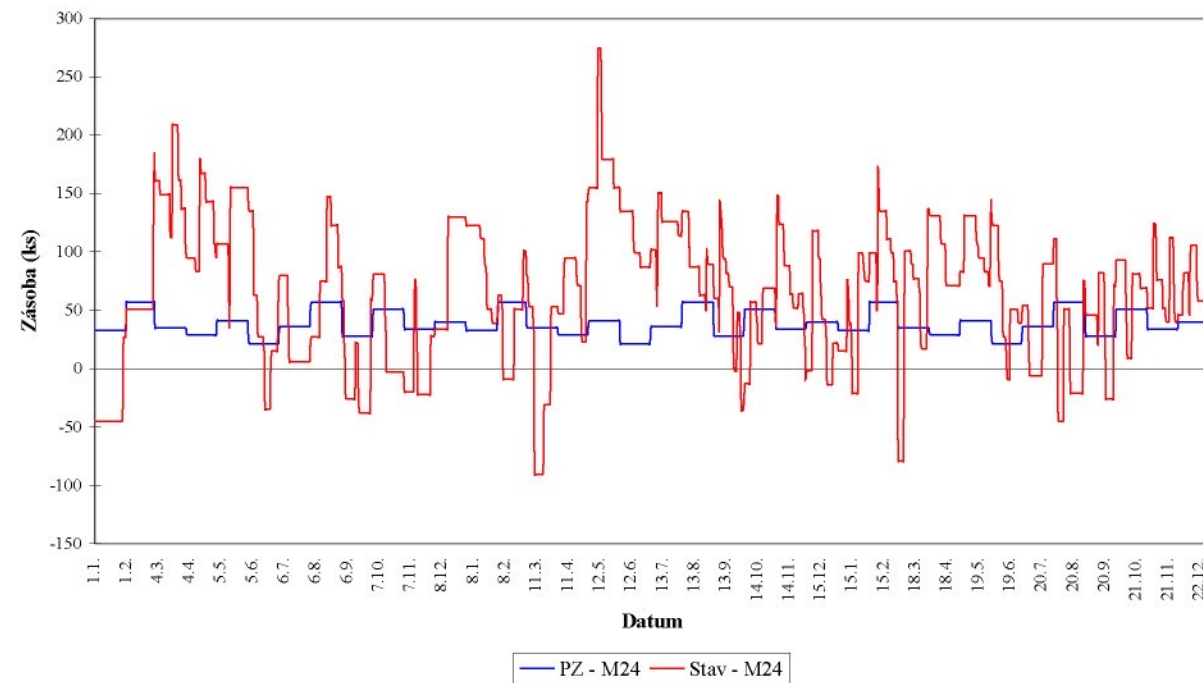
tab. č. 156 - Srovnání výše nákladů na udržování a skladování pojistné zásoby a nákladů z nedostatku zásoby mezi metodami M23, M25 a M10 (údaje v Kč)

Na základě údajů z tab. č. 156 lze konstatovat, že za dané úrovně jednotlivých nákladových složek by bylo pro podnik výhodné udržovat pojistnou zásobu u všech výbojek na úrovni podle metody M25.

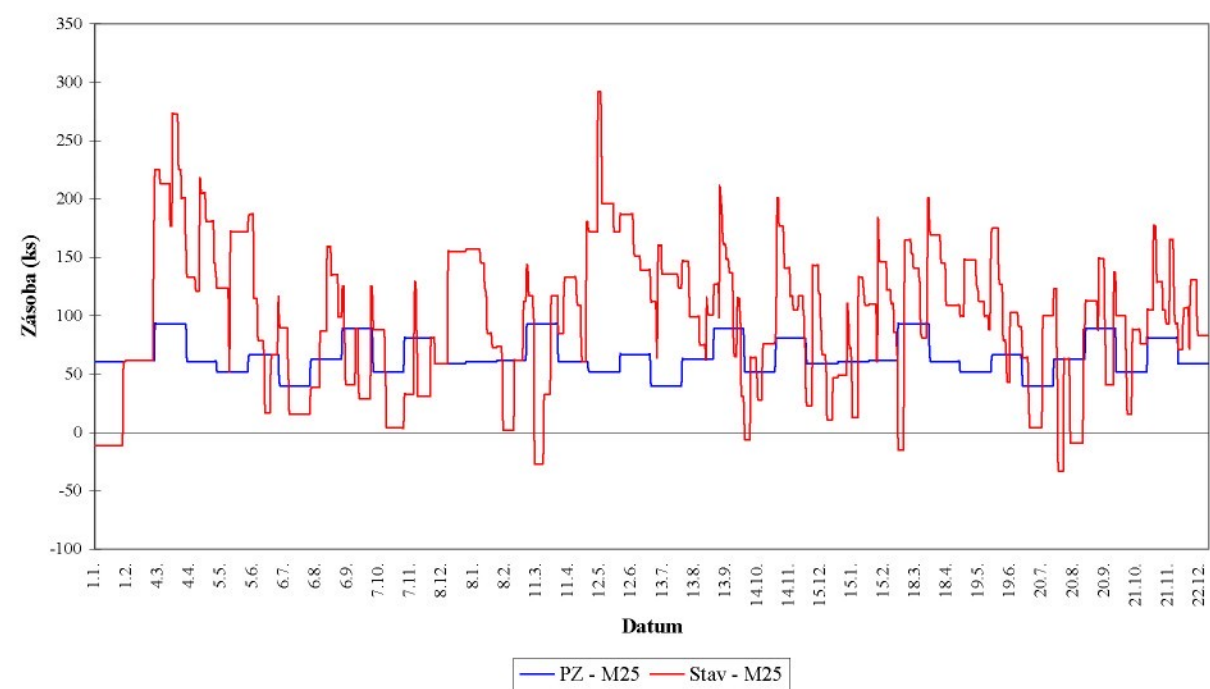
obr. č. 33 - Časový průběh stavu zásoby výbojky 70 W při pojistné zásobě podle metody M23



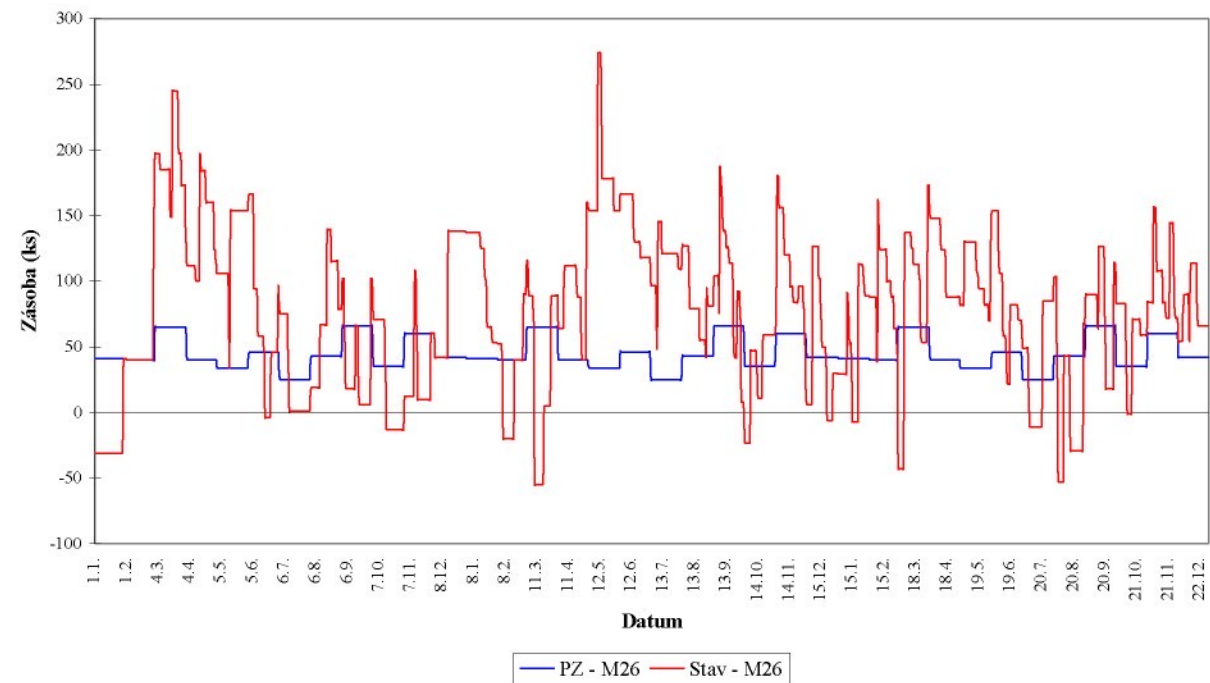
obr. č. 34 - Časový průběh stavu zásoby výbojky 70 W při pojistné zásobě podle metody M24



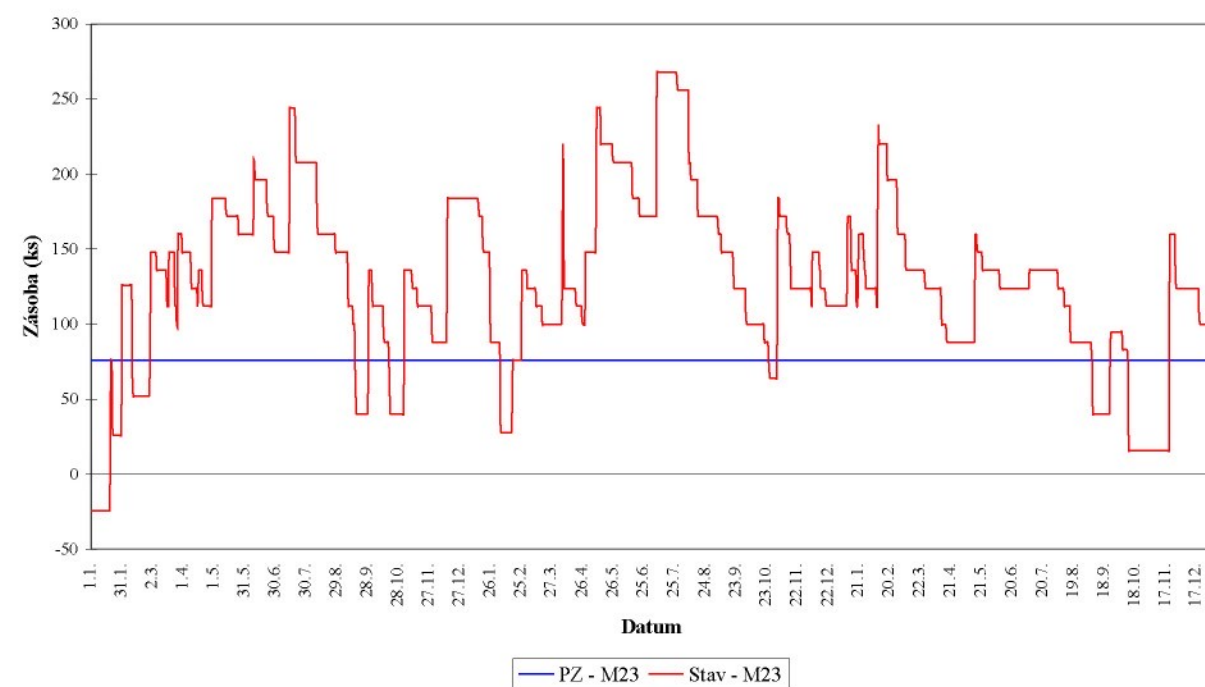
obr. č. 35 - Časový průběh stavu zásoby výbojky 70 W při pojistné zásobě podle metody M25



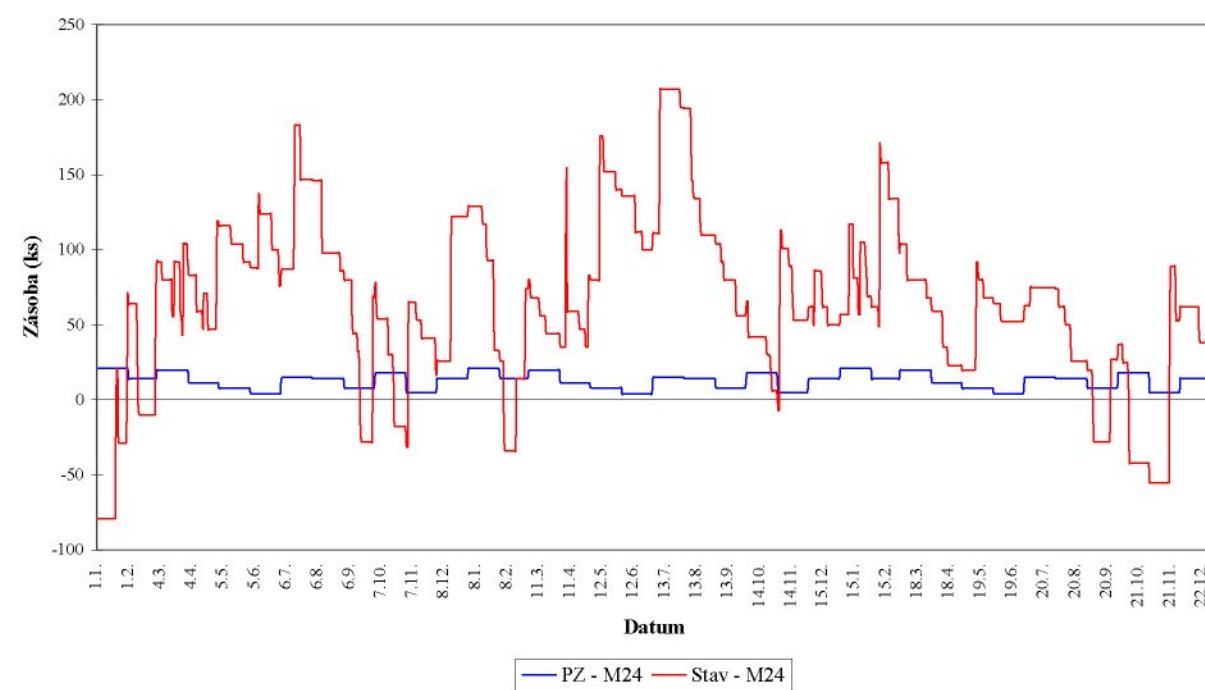
obr. č. 36 - Časový průběh stavu zásoby výbojky 70 W při pojistné zásobě podle metody M26



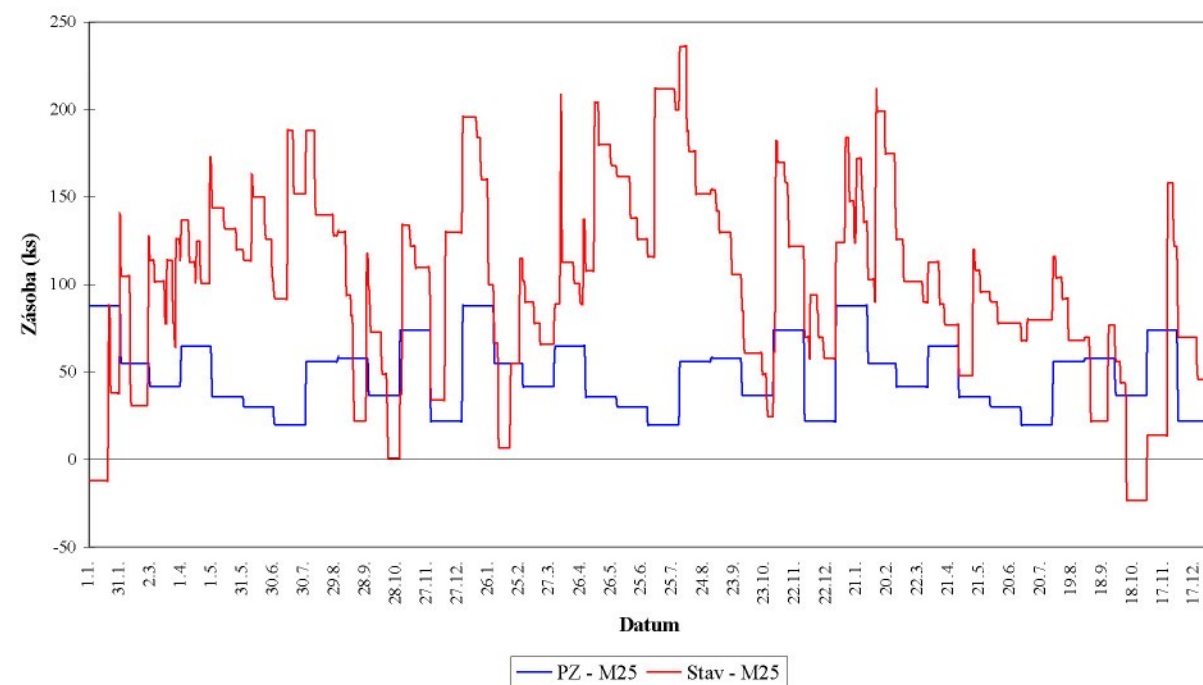
obr. č. 37 - Časový průběh stavu zásoby výbojky 150 W při pojistné zásobě podle metody M23



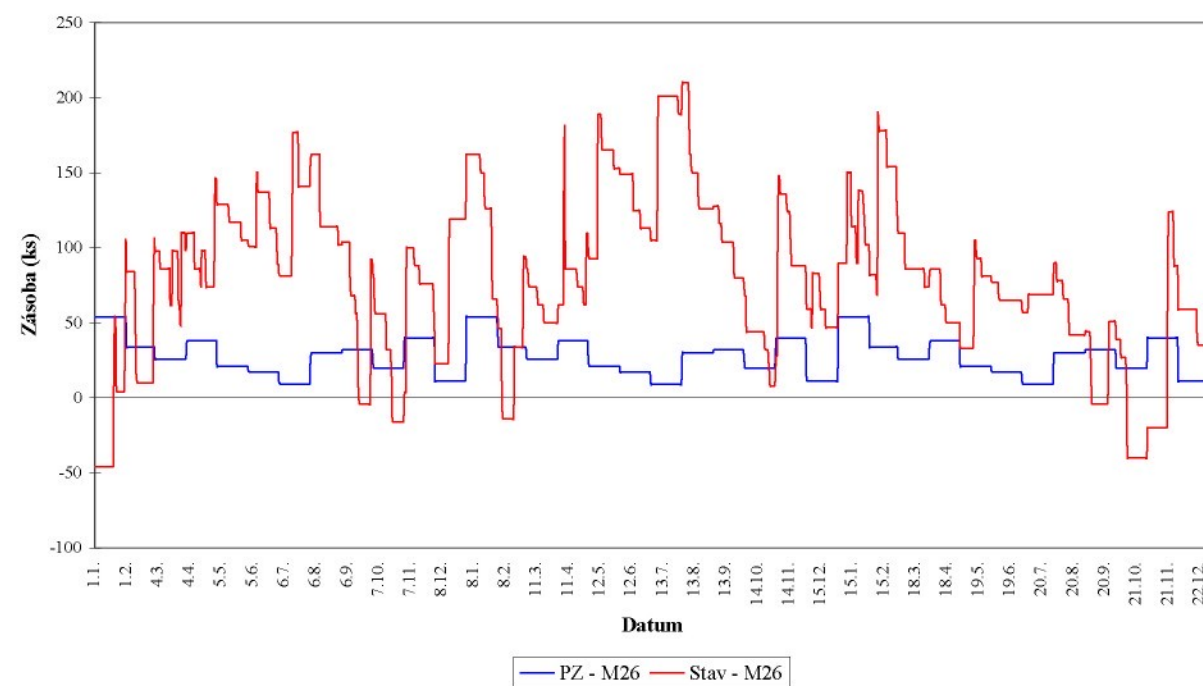
obr. č. 38 - Časový průběh stavu zásoby výbojky 150 W při pojistné zásobě podle metody M24



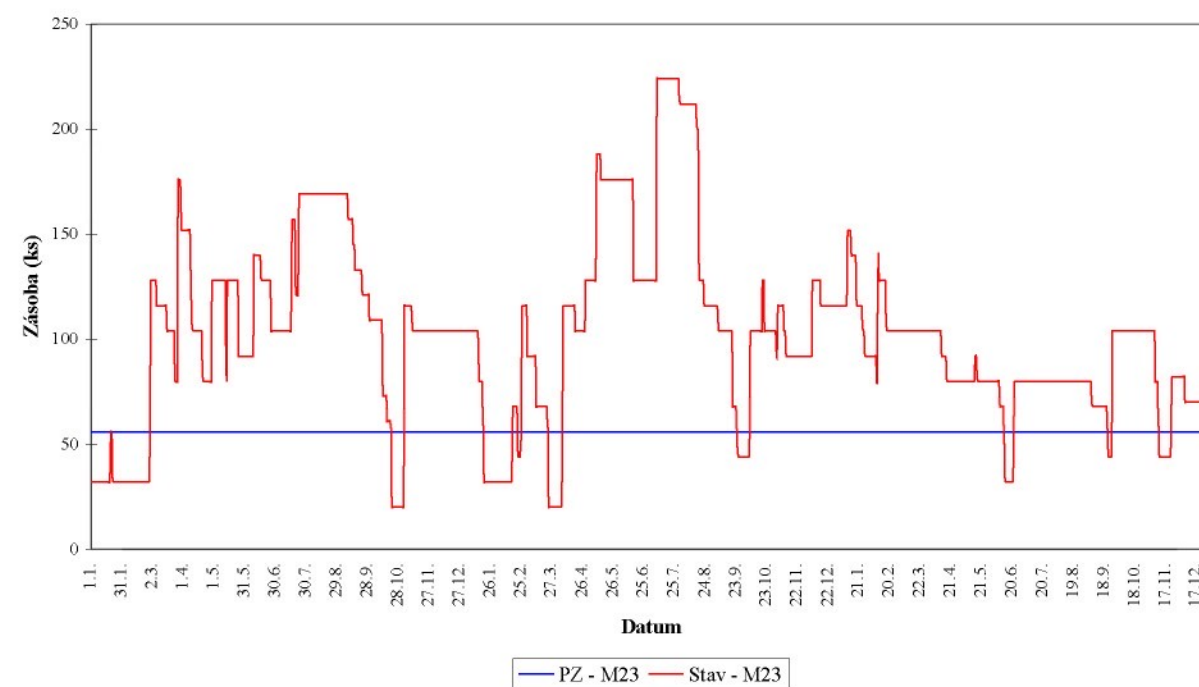
obr. č. 39 - Časový průběh stavu zásoby výbojky 150 W při pojistné zásobě podle metody M25



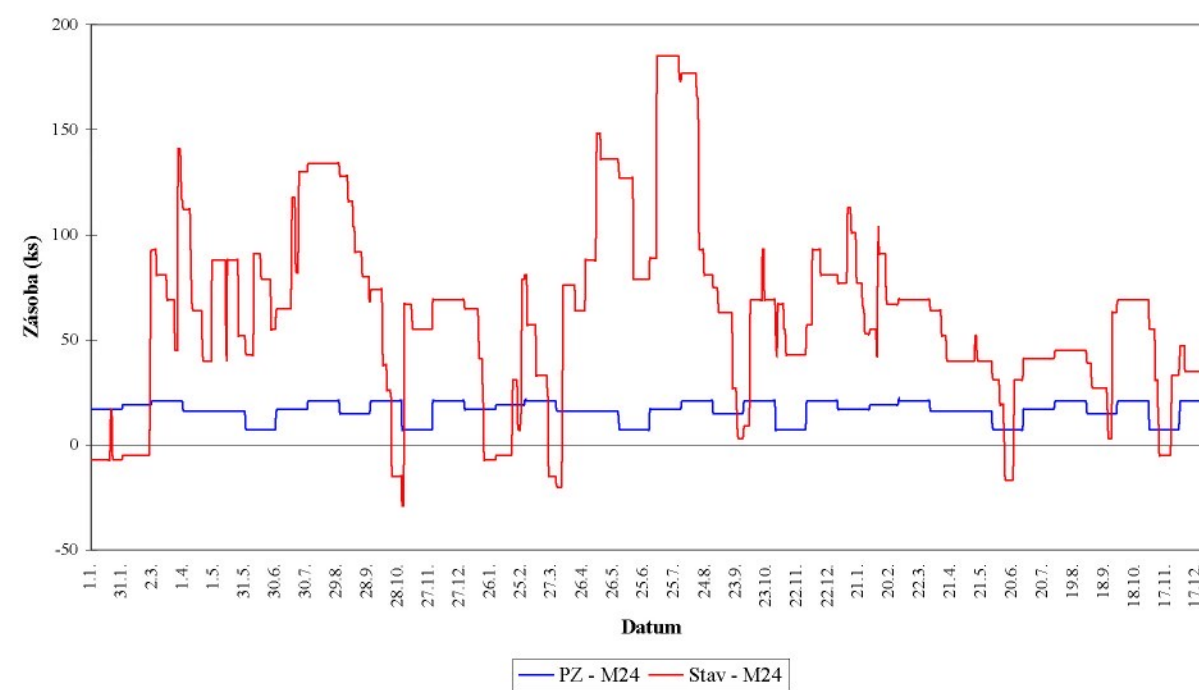
obr. č. 40 - Časový průběh stavu zásoby výbojky 150 W při pojistné zásobě podle metody M26



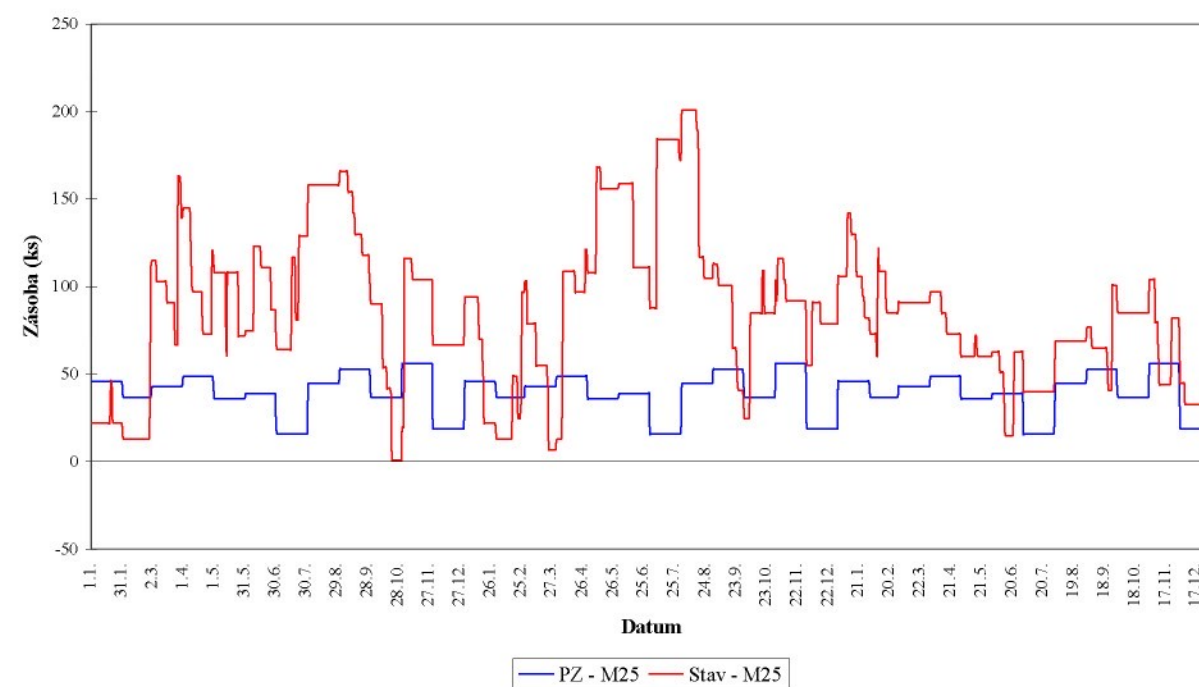
obr. č. 41 - Časový průběh stavu zásoby výbojky 250 W při pojistné zásobě podle metody M23



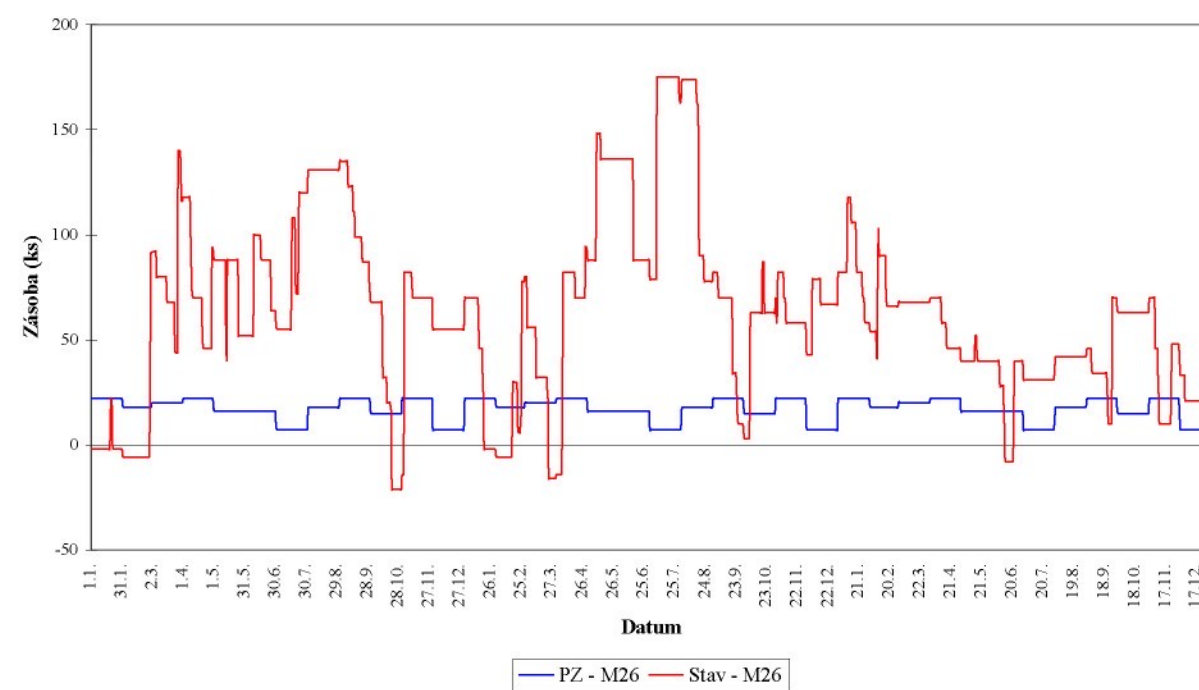
obr. č. 42 - Časový průběh stavu zásoby výbojky 250 W při pojistné zásobě podle metody M24



obr. č. 43 - Časový průběh stavu zásoby výbojky 250 W při pojistné zásobě podle metody M25



obr. č. 44 - Časový průběh stavu zásoby výbojky 250 W při pojistné zásobě podle metody M26



7. Doporučení pro stanovování optimální výše pojistné zásoby v podniku

Cílem podniku by mělo být udržování takové pojistné zásoby, která povede k minimalizaci celkových nákladů daných součtem nákladů na udržování a skladování pojistné zásoby a nákladů z nedostatku zásob, event. i dalších nákladových složek (např. nákladů na dopravu ve skladové síti). Z předcházejícího textu je zřejmé, že toho podnik může dosáhnout především dvěma způsoby:

- výběrem vhodné metody stanovení pojistné zásoby,
- redukcí odchylek v průběhu zásobovacího procesu.

První opatření se může jevit jako čistě technická záležitost. Jak však vyplývá z tab. č. 122, 150, 151 a 152, volba určité metody výpočtu může podstatně ovlivnit výši pojistné zásoby, a to jak v pozitivním, tak i negativním slova smyslu. Příliš nízkou úroveň pojistné zásoby obvykle podnik identifikuje velmi brzy, neboť v takovém případě bude docházet velmi často ke vzniku deficitu skladové zásoby. V řadě našich průmyslových podniků se však častěji setkáváme s druhým extrémem – příliš vysokou pojistnou zásobou. Vysoká pojistná zásoba generuje do značné míry „skryté“ náklady, a proto bezprostředně není nucen ji podnik redukovat. V delším časovém horizontu však ohrožuje konkurenceschopnost podniku, protože kapitál vázaný v zásobách by podnik mohl investovat do svého rozvoje.

Jednou z příčin tohoto stavu je i nesprávný způsob stanovování pojistné zásoby. V kap. 6 bylo provedeno zhodnocení 26 základních metod stanovování pojistné zásoby. Z tohoto počtu bylo 11 metod označeno za nevhodné pro praktické použití, nejčastěji z důvodu chybné konstrukce výpočetního vztahu. Ostatní metody lze použít, ovšem nikoliv univerzálně pro všechny položky zásob.

Vzhledem k tomu, že manažeři se mohou po prostudování odborné literatury dostat do potíží, kterou metodu aplikovat, pokusili jsme se zbylých 15 metod rozčlenit podle vhodnosti použití pro jednotlivé skupiny zásob. Jako vodítka byla zvolena klasifikace zásob podle metod ABC a XYZ, které byly popsány v kap. 3.1.2. Nižší uvedenou tab. č. 157 nelze ovšem chápat dogmaticky. Výběr správné metody výpočtu totiž závisí i na dalších faktorech, např. na převažujícím zdroji nejistoty v průběhu zásobovacího procesu. Vhodnost použití vybrané metody je proto vždy nutno v praxi ověřit, nejlépe na základě výpočtu skutečně dosahovaného stupně úplnosti nebo pohotovosti dodávky. Jestliže je dlouhodobě dosahováno nižšího než požadovaného stupně úplnosti (pohotovosti) dodávky, svědčí to o tom, že byla vybrána nesprávná metoda výpočtu. V takovém případě je žádoucí způsob určování pojistné zásoby změnit.

Je třeba ovšem upozornit, že u položek zásob s velmi nepravidelným průběhem potřeby (kategorie Z) je stanovování pojistné zásoby velmi obtížné. Pro dosažení požadované spolehlivosti zabezpečení proti odchylkám je nutné u těchto položek udržovat velmi vysokou pojistnou zásobu. V takovém případě lze podniku doporučit, ještě před vlastním stanovením pojistné zásoby, aby se pokusil redukovat příčiny kolísání velikosti spotřeby (poptávky), dodávek, event. i kolísání délky pořizovací lhůty.

Kategorie zásob	Velmi vhodné metody	Středně vhodné metody	Nevhodné metody
AX	M10, M13a, M17	M11, M12, M16, M18, M22, M23, M25	M3b, M14, M19, M20, M21
AY	M10, M23, M25	M11, M12, M13a, M16, M17, M18, M22	M3b, M14, M19, M20, M21
AZ	M23, M25	M10	M3b, M11, M12, M13a, M14, M16, M17, M18, M19, M20, M21, M22
BX	M10	M3b, M11, M12, M13a, M14, M16, M17, M18, M19, M20, M21, M22, M23, M25	
BY	M10, M23	M3b, M11, M12, M13a, M14, M16, M17, M18, M19, M20, M21, M22, M25	
BZ	M10, M23	M3b, M19, M20, M21, M22, M25	M11, M12, M13a, M14, M16, M17, M18
CX	M10	M3b, M11, M12, M13a, M14, M19, M20, M21, M23	M16, M17, M18, M22, M25
CY	M10, M23	M3b, M11, M12, M13a, M14, M19, M20, M21	M16, M17, M18, M22, M25
CZ	M10, M23	M3b, M19, M20, M21	M11, M12, M13a, M14, M16, M17, M18, M22, M25

tab. č. 157 - Vhodnost použití jednotlivých metod stanovení velikosti pojistné zásoby v závislosti na charakteru položky zásob

Základní příčinou nutnosti udržovat pojistnou zásobu jsou odchylky, které vznikají v průběhu zásobovacího procesu. Nutnou podmínkou snižování pojistných zásob je proto redukce těchto odchylek.

K odchylkám dochází na obou „koncích“ materiálového toku – na straně výstupu z podniku, kde pojistná zásoba do jisté míry eliminuje kolísání poptávky po finální produkci a na straně vstupu do podniku, kde pojistná zásoba pokrývá výkyvy v množství a termínech dodávek materiálu do podniku. Důležitým faktorem ovlivňujícím velikost pojistné zásoby je i délka pořizovací lhůty, která bezprostředně determinuje délku intervalu nejistoty.

Jednou z cest, jak omezit variabilitu poptávky je změnit vztah mezi dodavatelem a zákazníkem a výrobu pružně přizpůsobovat měnící se poptávce. Jednoduše řečeno, jestliže

není poptávka po určitém výrobě, zastaví se výroba a obnoví se až v okamžiku výskytu poptávky. Na tomto principu je založen např. systém KANBAN.

Zákazník zašle dodavateli kartičku (jap. kanban), která plní funkci objednávky. Příchod kartičky je pro dodavatele impulsem pro zahájení výroby. Dodavatel naplní vyrobeným množstvím určený přepravní prostředek, připojí kartu a vše odešle zákazníkovi, který zkontroluje počet a druh výrobků. Kanban nemusí fungovat jen mezi zákazníkem a dodavatelem (někdy se hovoří o tzv. externím kanbanu), ale i na stejném principu uvnitř podniku (tzv. interní kanban). Hlavní výhodou tohoto systému je, že žádné pracoviště nemůže vyrábět, nemá-li k tomu oprávnění (kartu). Prakticky tím odpadá nutnost vytváření zásob, neboť činnosti dodavatele a zákazníka jsou synchronní a výrobní kapacity jsou vyvážené. Podmínkou správné funkce systému je neexistence zmetků. Systém ovšem není použitelný univerzálně. Typicky se uplatňuje v sériové výrobě s rovnoměrným a jednosměrným materiálovým tokem, při opakované výrobě dílů s velkou setrvačností v odbytě. V současné době se tento systém používá nejčastěji v automobilovém průmyslu mezi dodavateli dílů a montážními závody. Podrobnější informace k systému KANBAN lze nalézt např. v dílech P. PERNICI,³¹³ J. KOŠTURIKA a M. GREGORA,³¹⁴ nebo G. TOMKA a V. VÁVROVÉ.³¹⁵

V řetězcích spotřebního zboží se začínají v poslední době uplatňovat logistické principy jako Quick Response (rychlá odezva) nebo Efficient Consumer Response (efektivní odpověď zákazníkovi), které jsou založeny na sdílení informací o poptávce, objednávkách a zásobách mezi všemi články logistického řetězce. Tyto technologie využívají elektronickou výměnu dat (EDI) mezi články řetězce (výrobci, velkoobchody, maloobchodní prodejny) a automatickou identifikaci zboží na bázi čárových kódů. Zásoby se tak doplňují průběžně na základě znalosti stavu zásob u zákazníků a předpovědi jejich poptávky, klesá riziko jejich neprodejnosti a zastarání. ECR rozšiřuje spolupráci mezi články logistického řetězce o společný product management a podporu prodeje. Blíže se těmto systémům věnují např. P. PERNICA,³¹⁶ D. M. LAMBERT a kol.³¹⁷

Všem těmto systémům (někdy se hovoří o logistických technologiích) je společné, že se snaží integrovaně řídit rozsáhlé logistické řetězce a tím eliminovat řetězcové efekty (viz Forresterův efekt - kap. 3.1.4), ke kterým dochází při postupném předávání informací o změně poptávky konečného zákazníka mezi články řetězce. Stále více se ukazuje, že klasický způsob řízení toků zboží (viz obr. 45) vede k nutnosti udržování vysokých pojistných zásob, protože v důsledku špatné spolupráce článků v logistickém řetězci se zvyšuje variabilita poptávky. Integrace předpovědi poptávky do všech článků řetězce zvyšuje její přesnost, snižuje variabilitu a vytváří předpoklady pro snižování pojistných zásob. Schéma integrovaného řízení předpovědi v řetězci je uvedeno na obr. č. 46.

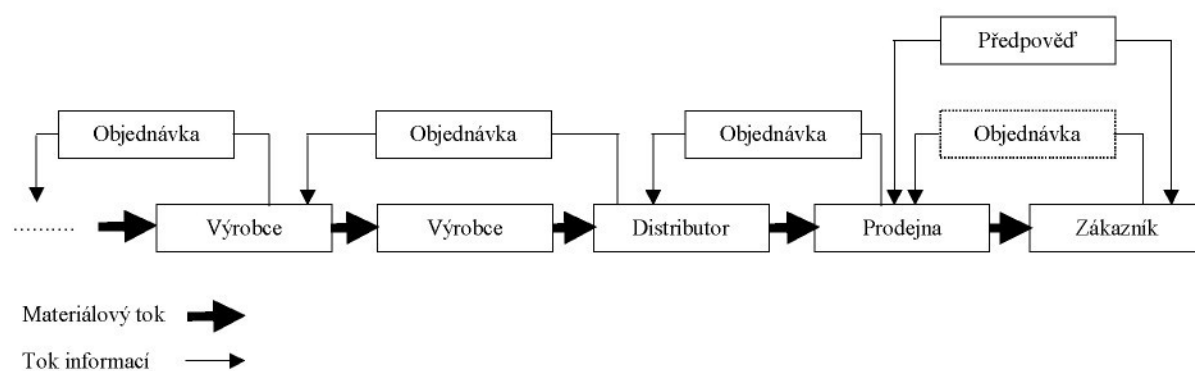
³¹³ PERNICA, P. *Logistický management. Teorie a podniková praxe*. 1. vyd. Praha: RADIX, 1998. s. 330. ISBN 80-86031-13-6

³¹⁴ KOŠTURIK, J., GREGOR, M. *Podnik v roce 2001. Revoluce v podnikové kultuře*. 1. vyd. Praha: Grada, 1993. s. 139. ISBN 80-7169-003-1

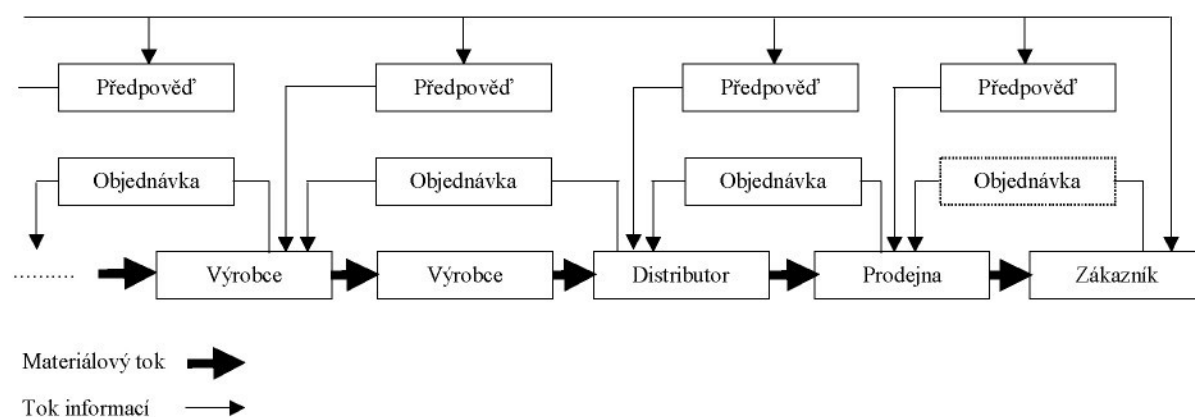
³¹⁵ TOMEK, G., VÁVROVÁ, V. *Řízení výroby*. 1. vyd. Praha: Grada Publishing, 1999. s. 347. ISBN 80-7169-578-5

³¹⁶ PERNICA, P. *Logistický management. Teorie a podniková praxe*. 1. vyd. Praha: RADIX, 1998. s. 335. ISBN 80-86031-13-6

³¹⁷ LAMBERT, D. M., STOCK, J. R., ELLRAM, L. M. *Logistika*. 1. vyd. Praha: Computer Press, 2000. s. 28. ISBN 80-7226-221-1



obr. č. 45 - Klasický tok informací v logistickém řetězci³¹⁸



obr. č. 46 - Integrace předpovědí v řetězci³¹⁹

Omezit kolísání velikosti a termínů dodávek lze podobnými opatření jako u poptávky. U klíčových součástí kategorie A přichází v úvahu vedle Kanbanu použití systému Just in Time, při kterém na sebe články v logistickém řetězci navazují jen s minimální pojistnou zásobou (často představující rezervu jen na několik hodin výroby). Dodávky materiálu přicházejí velmi často, i několikrát za den, podle požadavků odebírajícího článku. Just in Time však představuje více než jen pouhý koncept ke snižování zásob. Hlavní důraz je kladen na odstranění veškerých neekonomických činností, které nepřidávají hodnotu výrobku, na zjednodušení materiálových a informačních toků uvnitř podniku i mezi podniky. Samozřejmostí je vysoká jakost výrobků. Koncept Just in Time předpokládá, že dodavatelé materiálu synchronizují svoji činnost s potřebami zákazníků a výrobky jim odesílají v dohodnuté frekvenci (tzv. synchronizační strategie) nebo se výrobky produkují ve větších dávkách, které se dočasně uskladní a ze skladu se postupně odesílají podle odvolávek zákazníků (tzv. emancipační strategie). Blíže viz P. PERNICA³²⁰ nebo M. KERKOVSKÝ.³²¹ Systém Just in Time nelze ovšem použít ve všech případech a u všech položek zásob. Většinou selhává při dlouhých přepravních vzdálenostech nebo složitém sortimentu.

³¹⁸ GROS, I., GROSOVÁ, S. Struktury informačních toků v dodavatelských řetězcích. In *Logistika. Měsíčník pro dopravu, skladování, distribuci a balení*. č. 6 (červen 2001), roč. 7, s. 42 - 43. ISSN 1211-0957

³¹⁹ tamtéž

³²⁰ PERNICA, P. *Logistický management. Teorie a podniková praxe*. 1. vyd. Praha: RADIX, 1998. s. 215, 245, 331. ISBN 80-86031-13-6

³²¹ KERKOVSKÝ, M. *Moderní přístupy k řízení výroby*. 1. vyd. Praha: C. H. Beck, 2001. s. 61. ISBN 80-7179-471-6

V takovém případě lze doporučit nákup materiálu pro konkrétní zakázku. Jak bylo uvedeno v kap. 3.1.3, u položek se závislou poptávkou není prakticky nutné udržovat pojistnou zásobu. Skladování je v tomto případě pouze krátkodobé a prakticky bez rizika budoucí neprodejnosti výrobku.

U méně důležitých položek kategorie B a C může být ekonomicky výhodné předat jejich opatřování outsourcingové firmě. Znakem těchto položek totiž bývá silně kolísající sporadická spotřeba. V důsledku toho vychází pojistná zásoba poměrně vysoká. Celkové snížení zásob při outsourcingu bude sice poměrně nízké, neboť na celkové hodnotě spotřeby materiálu se tyto položky podílejí jen malým procentem, avšak může být dosaženo významné úspory nákladů na pořízení zásob (velký počet dodavatelů nahradí jedna – outsourcingová – firma), nákladů na skladování (položky kategorie B a C mohou zabírat velkou část skladové plochy), snížení nákupních cen apod. Těchto úspor je obvykle dosahováno u běžných položek režijního charakteru, které může outsourcingový partner dodávat většímu počtu firem. Vlivem centralizovaného řízení zásob (viz portfoliový efekt – kap. 5) může udržovat outsourcingová firma nižší hladinu pojistných zásob a při nákupu může dosáhnout množstevních slev. Naproti tomu outsourcing nebývá ekonomicky výhodný při dodávkách unikátních dílů. Rozhodnutí, zda bude podnik nakupovat určitou položku (skupinu položek) sám nebo zda nákup svěří externí firmě, musí být podloženo důslednou analýzou nákladů na nákupní proces.

Důležitým nástrojem snižování pojistné zásoby je i redukce délky a variability pořizovací lhůty. Většina podniků dle našich zkušeností však tuto veličinu nesleduje, nebo ji nesprávně zaměňuje s dodací lhůtou. To vede k tomu, že nejsou evidovány časové úseky na začátku a konci pořizovací lhůty. U nakupovaných materiálů sem zahrnujeme zejména dobu potřebnou na přípravu a vystavení objednávky, na přejímku a kontrolu dodávky. Pro zkrácení samotné dodací lhůty lze doporučit omezení počtu dodavatelů. S těmito strategickými dodavateli by se měly uzavírat dlouhodobé rámcové kontrakty. Odvolávky dílčích dodávek pak mohou mít krátké dodací lhůty. Vedlejším efektem dlouhodobé spolupráce s několika spolehlivými dodavateli je i zkrácení času potřebného na přípravu a vyhotovení objednávky a na kontrolu jakosti dodaného materiálu. Tím lze dosáhnout podstatného zkrácení délky i variability pořizovací lhůty.

U vlastních výrobků je stěžejní složkou pořizovací lhůty průběžná doba výroby. V logistických řetězcích s přetržitými toky, s vytvářením „rozpojovacích“ zásob v jednotlivých člancích toku, je průběžná doba velmi dlouhá. Hlavním nástrojem redukce průběžné doby výroby je odstranění veškerých neúčelných dopravních a manipulačních operací, zkrácení přestavovacích, zpracovacích časů a čekacích dob mezi operacemi.

8. Závěr

Cílem doktorské práce bylo sestavit co nejúplnější přehled metod stanovení velikosti pojistné zásoby, včetně otestování jejich použitelnosti na podnikových datech a uvedení předpokladů, za nichž mohou být jednotlivé metody aplikovány v praxi.

Výsledky doktorské práce lze rozdělit do několika podskupin – identifikace faktorů ovlivňujících velikost a způsob výpočtu pojistné zásoby (kap. 3.1), přehled metod stanovení velikosti pojistné zásoby, včetně uvedení obecných předpokladů jejich použitelnosti (kap. 4), vliv přístupu k řízení zásob na velikost pojistných zásob v logistických řetězcích (kap. 5), zhodnocení použitelnosti jednotlivých metod stanovení pojistné zásoby (kap. 6) a uvedení doporučení pro aplikaci daných metod pro jednotlivé skupiny zásob (kap. 7).

Pro drahé a důležité položky zásob s relativně rovnoměrnou poptávkou, u kterých nelze připustit vyčerpání skladové zásoby, lze doporučit Q – systém řízení zásob, u kterého je stav zásoby prakticky monitorován průběžně. Výhodou tohoto systému je nižší průměrná zásoba ve srovnání s alternativním P – systémem, protože pojistnou zásobu stačí dimenzovat jen proti nepříznivým důsledkům vyšší spotřeby během intervalu pořízení zásob. Naproti tomu u P – systému řízení zásob se zásoba kontroluje pouze periodicky v předem stanovených intervalech. Pojistná zásoba zde musí být vyšší, protože musí pokrýt kolísání v poptávce během celého objednávacího cyklu. P – systém řízení zásob je vhodný pro položky zásob vyznačující se silně kolísající spotřebou nebo při odběru většího počtu různých položek od jednoho dodavatele, kdy lze realizovat úspory objednávacích a dopravních nákladů.

Sortiment zásob je žádoucí rozdělit do několika podskupin na základě analýz ABC a XYZ. Dostaneme tím mřížku o devíti polích. Pro každé pole se stanovuje optimální zásobovací strategie a způsob určování pojistné zásoby. Pro klíčové položky zásob s ustálenou spotřebou lze uvažovat o koncepci zásobování synchronního s výrobou s velmi nízkou výší pojistných zásob. Méně důležité položky zásob je účelné rozdělit do několika podobných podkategorií podle frekvence doplňování zásob. Pro každou podkategorii se stanoví jednotná časová norma pojistné zásoby. Množstevní norma konkrétní položky se dostane vynásobením časové normy průměrnou očekávanou potřebou za zvolenou časovou jednotku. Pro každou kategorii zásob je vhodné stanovit odlišnou spolehlivost zabezpečení proti odchylkám (např. pro položky kategorie A stupeň pohotovosti dodávky ve výši 98 %, pro kategorii B 95 %, pro kategorii C 90 % - konkrétní hodnoty je třeba určit podle specifických podmínek podniku), která se prostřednictvím pojistného faktoru promítá do výše pojistné zásoby. V případě nestacionárního charakteru potřeby je vhodné aplikovat metody, které pružně přizpůsobují velikost pojistné zásoby měnící se výši potřeby a pokusit se redukovat příčiny kolísání změnou dodavatelsko – odběratelských vztahů.

Je nutné upozornit, že pojistná zásoba se vytváří pouze u hotových výrobků a těch nakupovaných položek, k jejichž zásobě proniká nezávislá poptávka – u výrobních podniků se jedná převážně o pomocné a režijní materiály a díly vstupující do výrobků montovaných na zakázku. U položek se závislou poptávkou se pojistná zásoba vytváří jen výjimečně kvůli nejisté výtěžnosti některých výrobních fází. Nezávislá poptávka se „přeměňuje“ na závislou poptávku v bodě rozpojení.

Posun bodu rozpojení proti proudu hmotného toku je významným nástrojem snižování velikosti pojistné zásoby, zejména u složitých výrobků s velkým počtem variant. Při takovém posunu dochází ke snížení zásob hotových výrobků. Zásoba rozpracované výroby se sice

zvýší, ale vzhledem k tomu, že zásoba je držena ve flexibilnější fázi výrobního procesu s nižší variabilitou potřeby, je její nárůst podstatně menší v důsledku držení nižší pojistné zásoby. K tomuto závěru jsme dospěli i v kap. 5.3. Důležitým faktorem, který ovlivňuje umístění bodu rozpojení v hmotném toku je poměr nákladů na držení jednotky pojistné zásoby rozpracovaných výrobků k nákladům na držení jednotky pojistné zásoby hotových výrobků. Jestliže je tento poměr vyšší než hraniční hodnota, při které jsou náklady na obě varianty stejně vysoké, je optimálním řešením udržování pouze pojistné zásoby hotových výrobků a opačně.

Dalším problémem, který souvisí s pojistnými zásobami v každém článku logistického řetězce je fakt, že každá změna poptávky na konečném trhu je postupným předáváním zesilována, pokud logistický řetězec sdružuje řadu nezávislých článků sdílejících jen minimum informací. To vede k nutnosti udržování vysokých pojistných zásob, protože v důsledku špatné spolupráce jednotlivých článků v řetězci se zvyšuje variabilita poptávky. Z toho důvodu je žádoucí přejít od tradičního systému zásobování vycházejícího z předpovědi poptávky na systém tažený skutečnou poptávkou, ve kterém předcházející článek řetězce odesílá dávku odebírajícímu článku až v okamžiku a v množství, které odebírající článek potřebuje. Pro sdílení informací o poptávce, objednávkách a zásobách mezi všemi články logistického řetězce lze doporučit zavádění systémů QR a ECR.

Pojistná zásoba musí být tím vyšší, čím delší je období, pro které jsou prováděny odhady budoucí potřeby a čím méně spolehlivý je odhad budoucí potřeby. Toto období nazývané jako interval nejistoty je nejvíce ovlivněno délkou pořizovací lhůty. Pro snížení pojistných zásob je třeba redukovat délku pořizovací lhůty. Toho lze dosáhnout omezením počtu dodavatelů, uzavíráním dlouhodobých kontraktů, tím zkrácení dob potřebných na přípravu a vyhotovení objednávek, kontrolu jakosti materiálu od dodavatelů, u vlastních výrobků pak především zkracováním průběžné doby výroby lepší organizací výroby. Zkrácením pořizovací lhůty se dosáhne i zvýšení přesnosti odhadu budoucí potřeby.

Pojistná zásoba je ovlivněna průměrnou výší obrátové zásoby. Zde platí, že při vyšší obrátové zásobě bude při dané výši pojistné zásoby zabezpečeno uspokojení potřeby s vyšší pravděpodobností než při nižší obrátové zásobě. Roste tím ovšem riziko zastarání a nepoužitelnosti zásob. Na druhé straně při objednávání nízkých dodávek roste počet časových úseků, v nichž hrozí nebezpečí nedostatku zásob, ale zásobu lze operativně doplňovat a klesá riziko její budoucí nepoužitelnosti. Tuto druhou variantu lze jednoznačně doporučit u klíčových položek zásob. Podmínkou je vybudování strategického partnerství mezi dodavateli a zákazníkem.

Jedním z klíčových faktorů působících na velikost pojistné zásoby je požadovaná spolehlivost zabezpečení proti vzniku nedostatku zásob. Tuto spolehlivost lze měřit prostřednictvím stupně úplnosti nebo pohotovosti dodávky, přičemž druhý způsob je obecně považován za výstižnější. Spolehlivost zabezpečení se liší podle důležitosti dané položky zásob a promítá se do výše pojistné zásoby prostřednictvím pojistného faktoru. Lze doporučit, aby se optimální stupeň zabezpečení stanovoval na základě kritéria nákladů. Jednotlivé složky nákladů by se ovšem neměly posuzovat izolovaně, ale v kontextu celkových nákladů logistického systému. Optimální spolehlivost zabezpečení je potom dána minimem celkových nákladů, které zahrnují náklady na skladování a udržování zásob, náklady z nedostatku zásob a náklady na dodání.

Jádrum doktorské práce byla analýza jednotlivých metod stanovení velikosti pojistné zásoby. Celkem bylo rešerší v literatuře a na internetu objeveno 26 základních metod, některé z nich se vyskytovaly i v několika variantách. Jelikož je celá problematika metod stanovování pojistných zásob v literatuře popisována značně nepřehledně, bylo nutno vytvořit určitý klasifikační systém. Metody byly rozděleny do dvou hlavních skupin. První skupinu tvoří metody, které lze doporučit pro položky zásob se stacionárním charakterem potřeby. Do této kategorie byly zahrnuty 22 metody, které byly ještě rozděleny na metody, které nepoužívají k vyjádření spolehlivosti zabezpečení pojistný faktor (4 metody – M1 až M4) a na metody používající k vyjádření spolehlivosti zabezpečení pojistný faktor (17 metod – M5 až M21). Metody pracující s pojistným faktorem lze dále členit na metody založené na analýze údajů o minulé potřebě (10 metod – M5 až M14), metody založené na analýze chyb v předpovědi potřeby (4 metody – M15 až M18) a bodovací metody (3 metody – M19 až M21). Samostatnou „kategorii“ představuje metoda M22, která stanovuje pojistnou zásobu podle skutečného rozdělení potřeby. Tato metoda je založena na analýze údajů o minulé potřebě, ale nepoužívá pojistný faktor. Nelze ji ovšem ani zařadit mezi metody M1 až M4, neboť velikost pojistné zásoby u metody M22 závisí na požadované spolehlivosti zabezpečení.

Druhou skupinu tvoří metody, které lze doporučit pro položky zásob s nestacionárním charakterem potřeby. Do této kategorie spadají 4 metody (M23 až M26).

Vzhledem k tomu, že i pro optimalizaci výše pojistného faktoru existuje několik metod, byla tato problematika vyčleněna do samostatné podkapitoly. V zásadě je možné stanovovat velikost pojistného faktoru autonomně bez kritéria nákladů, optimalizací na základě nákladového kritéria nebo bodovacím způsobem. Způsob určování pojistného faktoru závisí i na tom, zda je spolehlivost zabezpečení vyjádřena stupněm úplnosti nebo pohotovosti dodávky.

U důležitých položek zásob kategorie A by měl být pojistný faktor stanovován na základě kritéria nákladů. U těchto položek je také třeba znát stupeň pohotovosti dodávky, nestačí se spokojit s výpočtem pravděpodobnosti, že nedojde k vyčerpání zásoby. Pro středně a méně důležité položky zásob kategorie B a C lze doporučit stanovování pojistného faktoru bodovacím způsobem, v krajním případě i autonomně. V případě autonomního stanovení pojistného faktoru je vhodné odhadnout velikost nákladů na udržování a skladování zásob a pomocí vztahu (142) určit velikost nákladů z nedostatku zásob odpovídající této spolehlivosti zabezpečení a posoudit, nakolik je výše těchto nákladů reálná.

Hlavním výsledkem kap. 5 bylo zjištění, že v případě centrálního řízení distribučního systému je možno dosáhnout významného snížení pojistných zásob v důsledku existence tzv. portfoliového efektu. Nezávisí přitom, zda zásoby jsou přesunovány podle potřeby z jednoho skladu do druhého nebo je koncentrována skladová síť do menšího počtu jednotek. Portfoliový efekt není závislý na počtu skladovacích lokalit, ale na strategii řízení zásob. Optimální počet skladových míst je dán minimem celkových nákladů logistického systému, které zahrnují náklady na financování zásob, náklady na dopravní obsluhu skladů a náklady na skladování zásob.

Všech 26 metod stanovení velikosti pojistné zásoby bylo aplikováno na data z jednoho podniku, který v současné době řeší problematiku stanovení optimální výše pojistných zásob. Cílem bylo ověřit použitelnost jednotlivých metod. Ukázalo se, že v praxi naráží aplikace některých metod na řadu úskalí. Často nebývají splněny podmínky, na kterých jsou metody založeny. Týká se to např. předpokladu o normalitě rozdělení spotřeby (poptávky), ustálenosti

průběhu spotřeby (poptávky), nevýznamnosti některých faktorů nejistoty (např. předpoklad konstantní délky intervalu nejistoty, neexistence kolísání dodávek apod.).

Po provedení výpočtů bylo zjištěno značné variační rozpětí velikostí pojistných zásob stanovených pomocí jednotlivých metod. Minimální hodnoty pojistných zásob se pohybovaly okolo několika málo kusů, maximální hodnoty v řádech sta kusů. Z toho bylo zřejmé, že některé metody musí být chybné. Za účelem zhodnocení jednotlivých metod bylo nutné odhadnout správnou velikost pojistné zásoby na základě údajů o průměrné výši pojistné zásoby (lépe řečeno určité skladové rezervy, neboť podnik zatím výši pojistné zásoby samostatně nesledoval a ani nenormoval) udržované v posledních třech letech a dosahovaných stupňů pohotovosti a úplnosti dodávky.

Z výsledků je patrné (tab. č. 122, 150, 151, 152), že v podstatě neexistuje žádná univerzální metoda stanovení velikosti pojistné zásoby. Jako zcela chybné a pro použití v praxi nevhodné metody byly určeny M1, M2, M3a, M4, M5, M6, M7, M8, M9, M13b, M15, M24 a M26 – tj. celkem 11 základních metod z 26 zkoumaných a navíc 2 varianty základních metod. Nejčastější příčinou byla chybná konstrukce výpočetního vztahu a nesprávně určená délka intervalu nejistoty (záměna pořizovací lhůty s dodávkovým cyklem).

Zbýlých 15 metod bylo rozčleněno podle vhodnosti použití pro jednotlivé skupiny zásob na základě kombinace klasifikací podle metod ABC a XYZ. Jako obecně nejpřesnější byly identifikovány metody M10 a M23, které lze prakticky použít u všech položek zásob. U položek zásob se silně kolísající spotřebou (poptávkou) však bude pojistná zásoba podle těchto metod vysoká. V takovém případě lze doporučit jako alternativu metodu M25, která stanovuje pojistnou zásobu variabilně v závislosti na měnící se výši spotřeby (poptávky) během roku. Kritériem volby by měly být náklady na udržování a skladování zásob a náklady z nedostatku zásob.

Pro velmi důležité položky zásob kategorie A s rovnoměrnou spotřebou (poptávkou) lze doporučit, vedle zmiňovaných metod M10 a M23, i metody M13a a M17, za předpokladu prakticky konstantní délky intervalu nejistoty i metody M11, M12, M16. Jestliže se spotřeba (poptávka) neřídí normálním rozdělením, je vhodné použít metodu M22. V takovém případě je nutné alespoň odhadnout intenzitu odchylek v délce pořizovací lhůty, event. i ve velikosti dodávek a upravit o jejich výši pojistnou zásobu, neboť metoda M22 s těmito zdroji nejistoty nepočítá. V případě variabilnějšího charakteru spotřeby (poptávky) přichází v úvahu metoda M25. Výhodou této metody je skutečnost, že časová řada je popsána pomocí exponenciálního vyrovnávání, takže propočet lze poměrně snadno aktualizovat.

Pro méně důležité položky kategorie B a C nejsou metody M13a, M14, M16, M17, M18 a M25 příliš vhodné, protože jsou náročné na přesnost vstupních údajů a objem výpočetních prací. Pro některé levné, ale důležité položky však mohou být i tyto metody užitečné. Méně významné položky je vhodné rozdělit do několika podskupin, např. podle účelu použití, charakteru spotřeby nebo frekvence doplňování. Pro tyto položky lze pomocí metod M10 nebo M23 (příp. i dalších M11, M12, lze-li považovat interval nejistoty za konstantní) stanovit časové normy pojistné zásoby. Množstevní norma se pak dostane vynásobením časové normy průměrnou spotřebou (poptávkou).

V praxi je důležité se u významných položek neomezovat pouze na jednorázový propočet normy velikosti pojistné zásoby. Normu velikosti pojistné zásoby je třeba periodicky aktualizovat, např. čtvrtletně a vždy při změně vývojové tendence. Je nutné sledovat

dosahovanou úroveň služeb zákazníkům, evidovat a zjišťovat četnost a velikost čerpání z pojistné zásoby. U méně důležitých položek zásob by se měla revidovat pojistná zásoba ročně. Pojistná zásoba u položek kategorie B a C může být i vyšší, neboť tyto položky se podílejí na hodnotě celkové zásoby a spotřeby pouze malým procentem.

Na závěr lze konstatovat, že problematiku řízení pojistných zásob, ač je samostatně značně rozsáhlá, nelze chápat izolovaně, ale vždy v kontextu řízení celého zásobovacího systému. Chybné přístupy k řízení ostatních složek zásob se promítnou do vysoké hladiny pojistných zásob, bez ohledu na zvolenou metodiku výpočtu. Ta v takovém případě pouze zajistí, že bude dosaženo požadované spolehlivosti zabezpečení proti odchylkám. Jestliže je cílem podniku snížení pojistných zásob, je nutno v první řadě zjednodušit a zracionalizovat podnikové i mimopodnikové materiálové a informační toky. Výsledkem potom bude i snížení pojistných zásob, ke kterému dojde v důsledku redukce kolísání poptávky, dodávek a pořizovacích lhůt.

Seznam použité literatury

- [1] BLAHA, P. *Průmyslové odbytové organizace*. 1. vyd. Praha: SNTL, 1982. ISBN neuvedeno
- [2] BURSTINER, I. *Základy maloobchodního podnikání*. 1. vyd. Praha: Victoria Publishing, 1994. ISBN 80-85605-55-4
- [3] COLEMAN, B. J. Determining the correct service level target. In *Production and Inventory Management Journal*. First quarter 2000, Vol. 41, Issue 1, p. 19, 5 p. ISSN 0897-8336. In *ProQuest* [online]. Dostupné z: <<http://www.proquest.umi.com>>
- [4] COYLE, J. J., BARDI, E. J., LANGLEY, C. J. *The Management of Business Logistics*. 5th ed. St. Paul: West Publishing Company, 1992. ISBN 0-314-93364-6
- [5] CYHELSKÝ, L., KAHOUNOVÁ, J., HINDLS, R. *Elementární statistická analýza*. 1. vyd. Praha: Management Press, 1996. ISBN 80-85943-18-2
- [6] DAS, CH., TYAGI, R. Effect of correlated demands on safety stock centralization: Patterns of correlation versus degree of centralization. In *Journal of Business Logistics*. 1999, Vol. 20, Issue 1, p. 205, 9 p. ISSN 0735-3766. In *EBCSO* [online]. Dostupné z: <<http://www.ehostvgw6.epnet.com>>
- [7] DÍAZ-ADENSO, B. How many units will be short when stockout occurs? In *International Journal of Operations & Production Management*. 1996, Vol. 16, Issue 4, p. 112, 7 p. ISSN 0144-3577. In *EBCSO* [online]. Dostupné z: <<http://www.ehostvgw6.epnet.com>>
- [8] EVERS, P. T.: The effect of lead times on safety stocks. In *Production and Inventory Management Journal*. Second quarter 1999, Vol. 40, Issue 2, p. 6, 5 p. ISSN 0897-8336. In *ProQuest* [online]. Dostupné z: <<http://www.proquest.umi.com>>
- [9] EVERS, P. T. The impact of transshipments on safety stock requirements. In *Journal of Business Logistics*. 1996, Vol. 17, Issue 1, p. 109, 25 p. ISSN 0735-3766. In *EBCSO* [online]. Dostupné z: <<http://www.ehostvgw6.epnet.com>>
- [10] FAWCETT, P., Mc LEISH, R. E., OGDEN, I. D. *Logistics Management*. 1st ed. London: Pitman Publishing, 1992. ISBN 0-7121-1193-X
- [11] GRAVES, S. C. A single-item inventory model for a nonstationary demand process. In *Manufacturing & Service Operations Management*. January 1999, Vol. 1, Issue 1, p. 50, 12 p. ISSN 1523-4614. In *EBCSO* [online]. Dostupné z: <<http://www.ehostvgw6.epnet.com>>
- [12] GROS, I. *Logistika*. 1. vyd. Praha: VŠCHT, 1996. ISBN 80-7080-262-6
- [13] GROS, I., GROSOVÁ, S. Struktury informačních toků v dodavatelských řetězcích. In *Logistika. Měsíčník pro dopravu, skladování, distribuci a balení*. č. 6 (červen 2001), roč. 7, s. 42 - 43. ISSN 1211-0957
- [14] HINDLS, R., KAŇOKOVÁ, J., NOVÁK, I. *Metody statistické analýzy pro ekonomy*. 1. vyd. Praha: Management Press, 1997. ISBN 80-85943-44-1

- [15] HORÁKOVÁ, H., KUBÁT, J. *Řízení zásob. Logistické pojetí, metody, aplikace, praktické úlohy*. 3. vyd. Praha: Profess Consulting, 1999. ISBN 80-85235-55-2
- [16] CHASE, R. B., AQUILANO, N. J. *Production and Operations Management. Manufacturing and Services*. 7th ed. Chicago: Irwin, 1995. ISBN 0-256-14023-5
- [17] CHRISTOFER, M. *Logistika v marketingu*. 1. vyd. Praha: Management Press, 2000. ISBN 80-7261-007-4
- [18] CHRISTOPHER, M. *Logistics. The strategic issues*. 3rd ed. London: Chapman & Hall, 1995. ISBN 0-412-59770-5
- [19] JABLONSKÝ, J. *Operační výzkum*. 2. vyd. Praha: Vysoká škola ekonomická, 1998. ISBN 80-7079-597-2
- [20] KEŘKOVSKÝ, M. *Moderní přístupy k řízení výroby*. 1. vyd. Praha: C. H. Beck, 2001. ISBN 80-7179-471-6
- [21] KISS, I., KASTELOVIČ, E. *K metódam rozhodovania typu Make or Buy v logistike zásobovania*. In *Logistika 2000. Zborník príspevkov pre III. ročník medzinárodnej konferencie*. Červen 2000, Košice: EXPO-EDUC. Dom techniky ZSVTS, Slovensko. s. 66 – 72. ISBN 80-88941-14-8
- [22] KOŠTURIK, J., GREGOR, M. *Podnik v roce 2001. Revoluce v podnikové kultuře*. 1. vyd. Praha: Grada, 1993. ISBN 80-7169-003-1
- [23] KRAJČOVIČ, M. Určovanie výšky poistnej zásoby podľa skutočného rozdelenia náhodnej veličiny dopytu. In *Logistika. Měsíčník pro dopravu, skladování, distribuci a balení*. č. 5 (květen 1999), roč. 5, s. 49. ISSN 1211-0957
- [24] KRUPP, J. A.G. Managing demand variations with safety stock. In *Journal of Business Forecasting Methods & Systems*. Summer 1997, Vol. 16, Issue 2, p. 8, 4 p. ISSN 0278-6087. In *EBCSO* [online]. Dostupné z: <<http://www.ehostvgw6.epnet.com>>
- [25] KUBÁT, J. K objektivnímu výběru dodavatele. In *Logistika. Měsíčník pro dopravu, skladování, distribuci a balení*. č. 10 (říjen 1999), roč. 5, s. 27. ISSN 1211-0957
- [26] KUBÁT, J. O bodu rozpojení objednávkou zákazníka. In *Logistika. Měsíčník pro dopravu, skladování, distribuci a balení*. č. 4 (duben 1996), roč. 2, s. 30. ISSN 1211-0957
- [27] KUBÁT, J. O pojistné zásobě v objednacích systémech. In *Logistika. Měsíčník pro dopravu, skladování, distribuci a balení*. č. 6 (červen 2001), roč. 7, s. 48 - 49. ISSN 1211-0957
- [28] KUBÁT, J. Outsourcing opatrování dílů kategorie C. In *Logistika. Měsíčník pro dopravu, skladování, distribuci a balení*. č. 3 (březen 2001), roč. 7, s. 10 - 11. ISSN 1211-0957

- [29] LAMBERT, D. M., STOCK, J. R., ELLRAM, L. M. *Logistika*. 1. vyd. Praha: Computer Press, 2000. ISBN 80-7226-221-1
- [30] LAUBER, J., HUŠEK, R.: *Operační výzkum*. 1. vyd. Praha: MŠMT, 1990. ISBN neuvedeno
- [31] LAVALLEE, I., RAYMOND, W. Utilizing forecast information to drive Solutia's supply chain. In *Journal of Business Forecasting Methods & Systems*. Summer 1998, Vol. 17, Issue 2, p. 7, 8 p. ISSN 0278-6087. In *EBCSO* [online]. Dostupné z: <<http://www.ehostvgw6.epnet.com>>
- [32] LÍBAL, V., KUBÁT, J. a kol. *ABC logistiky v podnikání*. 1. vyd. Praha: NADATUR, 1994. ISBN 80-85884-11-9
- [33] MANN, Q. *Optimalizace zásob v praxi*. 1. vyd. Praha: SNTL, 1979. ISBN neuvedeno
- [34] PERNICA, P. *Logistický management. Teorie a podniková praxe*. 1. vyd. Praha: RADIX, 1998. ISBN 80-86031-13-6
- [35] PIASECKI, D. Optimizing economic order quantity. In *IIE Solutions*. Jan 2001, Vol. 33, Issue 1, p. 30, 10 p. ISSN 1085-1259 In *ProQuest* [online]. Dostupné z: <<http://www.proquest.umi.com>>
- [36] PRAŽSKÁ, L., JINDRA, J. a kol. *Obchodní podnikání. Retail management*. 1. vyd. Praha: Management Press, Ringier ČR, 1997. ISBN 80-85943-48-4
- [37] SANDVIG, J. CH. Calculating safety stock. In *IIE Solutions*. Dec. 1998, Vol. 30, Issue 12, p. 28, 2 p. ISSN 1085-1259. In *EBCSO* [online]. Dostupné z: <<http://www.ehostvgw6.epnet.com>>
- [38] SANDVIG, J. CH., REISTAD, A. Safety stock decision support tool. In *Production and Inventory Management Journal*. Fourth quarter 2000, Vol. 41, Issue 4, p. 8, 3 p. ISSN 0897-8336. In *ProQuest* [online]. Dostupné z: <<http://www.proquest.umi.com>>
- [39] SEDLÁČEK, R. Objektivní výběr dodavatele. In *Logistika. Měsíčník pro dopravu, skladování, distribuci a balení*. č. 6 (červen 1999), roč. 5, s. 26 - 27. ISSN 1211-0957
- [40] SCHREIBFEDER, J. *A new look at safety stock*. [online]. Coppell (Texas, USA): EIM, 1999 [cit. 2000-10-9]. Dostupné z: <<http://www.effectiveinventory.com/article29.html>>
- [41] SCHULTE, CH. *Logistika*. 1. vyd. Praha: Victoria Publishing, 1994. ISBN 80-85605-87-2
- [42] SYNEK, M. a kol. *Ekonomika a řízení podniku*. 1. vyd. Praha: Vysoká škola ekonomická, 1997. ISBN 80-7079-496-8
- [43] SYNEK, M. a kol. *Manažerská ekonomika*. 2., přepracované a rozšířené vydání. Praha: Grada Publishing, 2000. ISBN 80-247-9069-6

- [44] TER - MANUELIANC, A. *Matematické modely řízení zásob*. 1. vyd. Praha: Institut řízení, 1980. ISBN neuvedeno.
- [45] TOMEK, J., HOFMAN, J. *Moderní řízení nákupu podniku*. 1. vyd. Praha: Management Press, 1999. ISBN 80-85943-73-5
- [46] TOMEK, G., TOMEK, J. *Nákupní marketing*. 1. vyd. Praha: Grada Publishing, 1996. ISBN 80-85623-96-X
- [47] TOMEK, G., VÁVROVÁ, V. *Řízení výroby*. 1. vyd. Praha: Grada Publishing, 1999. ISBN 80-7169-578-5
- [48] TYAGI, R., DAS, CH. Extension of the square-root law for safety stock to demands with unequal variances. In *Journal of Business Logistics*. 1998, Vol. 19, Issue 2, p. 197, 7 p. ISSN 0735-3766. In *EBCSO* [online]. Dostupné z: <<http://www.ehostvgw6.epnet.com>>
- [49] UNČOVSKÝ, L. *Stochastické modely operační analýzy*. 1. vyd. Bratislava: ALFA, 1980. ISBN neuvedeno
- [50] VAN OYEN, H. *A logistic typology for resource sustainment operations*. [online]. Eindhoven: University of Technology/Baan Development [cit. 2001-06-27]. Dostupné z: <http://www.tm.tue.nl/vakgr/it/proj/bp568/logi_typ.pdf>
- [51] WEISS, H. J., GERSHON, M. E. *Production and Operations Management*. 2nd ed. Massachusetts: Allyn and Bacon, 1989. ISBN 0-205-11724-4
- [52] WÖHE, G. *Úvod do podnikového hospodářství*. 1. vyd. v ČR. Praha: C. H. Beck, 1995. ISBN 80-7179-014-1
- [53] ZENG, A. Z. Efficiency of using fill-rate criterion to determine safety stock: A theoretical perspective and a case study. In *Production and Inventory Management Journal*. Second quarter 2000, Vol. 41, Issue 2, p. 41, 4 p. ISSN 0897-8336. In *ProQuest* [online]. Dostupné z: <<http://www.proquest.umi.com>>
- [54] ZIMOLA, B. *Operační výzkum*. 1. vyd. Zlín: Fakulta managementu a ekonomiky ve Zlíně VUT v Brně, 1999. ISBN 80-214-1394-8
- [55] ZINN, W., MARMORSTEIN, H. Comparing two alternative methods of determining safety stock levels: The demand and the forecast systems. In *Journal of Business Logistics*. 1990, Vol. 11, Issue 1, p. 95, 16 p. ISSN 0735-3766. In *EBCSO* [online]. Dostupné z: <<http://www.ehostvgw6.epnet.com>>

Seznam příloh

- Příloha č. 1: Hodnoty pomocné servisní funkce $\square(K)$ pro pojistný faktor
- Příloha č. 2: Hodnoty funkce očekávaného počtu chybějících jednotek zásoby $h(K)$ pro pojistný faktor
- Příloha č. 3: Závislost časové normy pojistné zásoby na stupni pohotovosti dodávky, variačním koeficientu potřeby a průměrné pořizovací lhůtě při měsíčním objednávání
- Příloha č. 4: Vstupní data a pomocné propočty pro výbojku 70 W
- Příloha č. 5: Měsíční data spotřeby a pomocné propočty pro výbojku 70 W
- Příloha č. 6: Pomocné propočty pro stanovení pojistné zásoby podle skutečného rozdělení spotřeby výbojek 70 W
- Příloha č. 7: Vstupní data a pomocné propočty pro výbojku 150 W
- Příloha č. 8: Měsíční data spotřeby a pomocné propočty pro výbojku 150 W
- Příloha č. 9: Pomocné propočty pro stanovení pojistné zásoby podle skutečného rozdělení spotřeby výbojek 150 W
- Příloha č. 10: Vstupní data a pomocné propočty pro výbojku 250 W
- Příloha č. 11: Měsíční data spotřeby a pomocné propočty pro výbojku 250 W
- Příloha č. 12: Pomocné propočty pro stanovení pojistné zásoby podle skutečného rozdělení spotřeby výbojek 250 W
- Příloha č. 13: Seznam publikační činnosti doktoranda

K	,00	,01	,02	,03	,04	,05	,06	,07	,08	,09
-0,4	0,6304	0,6370	0,6436	0,6503	0,6569	0,6637	0,6704	0,6772	0,6840	0,6909
-0,3	0,5668	0,5730	0,5792	0,5855	0,5918	0,5981	0,6045	0,6109	0,6174	0,6239
-0,2	0,5069	0,5127	0,5186	0,5244	0,5304	0,5363	0,5424	0,5484	0,5545	0,5606
-0,1	0,4509	0,4564	0,4618	0,4673	0,4728	0,4784	0,4840	0,4897	0,4954	0,5011
-0,0	0,3989	0,4040	0,4090	0,4141	0,4193	0,4244	0,4297	0,4349	0,4402	0,4456
0,0	0,3989	0,3940	0,3890	0,3841	0,3793	0,3744	0,3697	0,3649	0,3602	0,3556
0,1	0,3509	0,3464	0,3418	0,3373	0,3328	0,3284	0,3240	0,3197	0,3154	0,3111
0,2	0,3069	0,3027	0,2986	0,2944	0,2904	0,2863	0,2824	0,2784	0,2745	0,2706
0,3	0,2668	0,2630	0,2592	0,2555	0,2518	0,2481	0,2445	0,2409	0,2374	0,2339
0,4	0,2304	0,2270	0,2236	0,2203	0,2169	0,2137	0,2104	0,2072	0,2040	0,2009
0,5	0,1978	0,1947	0,1917	0,1887	0,1857	0,1828	0,1799	0,1771	0,1742	0,1714
0,6	0,1687	0,1659	0,1633	0,1606	0,1580	0,1554	0,1528	0,1503	0,1478	0,1453
0,7	0,1429	0,1405	0,1381	0,1358	0,1334	0,1312	0,1289	0,1267	0,1245	0,1223
0,8	0,1202	0,1181	0,1160	0,1140	0,1120	0,1100	0,1080	0,1061	0,1042	0,1023
0,9	0,1004	0,0986	0,0968	0,0950	0,0933	0,0916	0,0899	0,0882	0,0865	0,0849
1,0	0,0833	0,0817	0,0802	0,0787	0,0772	0,0757	0,0742	0,0728	0,0714	0,0700
1,1	0,0686	0,0673	0,0659	0,0646	0,0634	0,0621	0,0609	0,0596	0,0584	0,0573
1,2	0,0561	0,0550	0,0538	0,0527	0,0517	0,0506	0,0495	0,0485	0,0475	0,0465
1,3	0,0455	0,0446	0,0436	0,0427	0,0418	0,0409	0,0400	0,0392	0,0383	0,0375
1,4	0,0367	0,0359	0,0351	0,0343	0,0336	0,0328	0,0321	0,0314	0,0307	0,0300
1,5	0,0293	0,0286	0,0280	0,0274	0,0267	0,0261	0,0255	0,0249	0,0244	0,0238
1,6	0,0232	0,0227	0,0222	0,0216	0,0211	0,0206	0,0201	0,0197	0,0192	0,0187
1,7	0,0183	0,0178	0,0174	0,0170	0,0166	0,0162	0,0158	0,0154	0,0150	0,0146
1,8	0,0143	0,0139	0,0136	0,0132	0,0129	0,0126	0,0123	0,0119	0,0116	0,0113
1,9	0,0111	0,0108	0,0105	0,0102	0,0100	0,0097	0,0094	0,0092	0,0090	0,0087
2,0	0,0085	0,0083	0,0080	0,0078	0,0076	0,0074	0,0072	0,0070	0,0068	0,0066
2,1	0,0065	0,0063	0,0061	0,0060	0,0058	0,0056	0,0055	0,0053	0,0052	0,0050
2,2	0,0049	0,0047	0,0046	0,0045	0,0044	0,0042	0,0041	0,0040	0,0039	0,0038
2,3	0,0037	0,0036	0,0035	0,0034	0,0033	0,0032	0,0031	0,0030	0,0029	0,0028
2,4	0,0027	0,0026	0,0026	0,0025	0,0024	0,0023	0,0023	0,0022	0,0021	0,0021

³²² HORÁKOVÁ, H., KUBÁT, J. *Řízení zásob. Logistické pojetí, metody, aplikace, praktické úlohy*. 3. vyd. Praha: Profess Consulting, 1999. s. 179. ISBN 80-85235-55-2

Příloha č. 2: Hodnoty funkce očekávaného počtu chybějících jednotek zásoby $h(K)$ pro pojistný faktor (část 1.)³²³

K	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0.0	0.7978846	0.7942616	0.7906804	0.7870808	0.7835224	0.7799857	0.7764701	0.7729755	0.7695020	0.7660493
0.1	0.7826173	0.7792063	0.7558154	0.7524453	0.7490962	0.7457656	0.7424560	0.7391663	0.7358965	0.7326462
0.2	0.7294157	0.7262050	0.7230132	0.7198409	0.7166880	0.7135539	0.7104389	0.7073426	0.7042650	0.7012063
0.3	0.6981658	0.6951439	0.6921402	0.6891548	0.6861874	0.6832379	0.6803061	0.6773926	0.6744963	0.6716175
0.4	0.6887559	0.6859120	0.6830853	0.6802756	0.6574828	0.6547072	0.6519483	0.6492058	0.6464801	0.6437707
0.5	0.6410779	0.6384012	0.6357405	0.6330961	0.6304675	0.6278547	0.6252578	0.6226766	0.6201109	0.6175608
0.6	0.6150256	0.6125059	0.6100013	0.6075121	0.6050374	0.6025780	0.6001329	0.5977029	0.5952873	0.5928862
0.7	0.5904993	0.5881267	0.5857687	0.5834244	0.5810942	0.5787777	0.5764756	0.5741869	0.5719119	0.5696502
0.8	0.5674021	0.5651674	0.5629463	0.5607381	0.5585430	0.5563609	0.5541921	0.5520358	0.5498921	0.5477615
0.9	0.5458429	0.5435372	0.5412438	0.5389633	0.5372941	0.5352378	0.5331933	0.5311613	0.5291406	0.5271322
1.0	0.5251353	0.5231504	0.5211764	0.5192145	0.5172641	0.5153245	0.5133971	0.5114802	0.5095747	0.5076804
1.1	0.5057969	0.5039247	0.5020627	0.5002123	0.4983719	0.4965423	0.4947238	0.4929153	0.4911172	0.4893294
1.2	0.4875514	0.4857847	0.4840280	0.4822805	0.4805433	0.4788168	0.4770996	0.4753920	0.4736937	0.4720046
1.3	0.4703281	0.4686591	0.4669992	0.4653500	0.4637089	0.4620768	0.4604544	0.4588422	0.4572382	0.4556430
1.4	0.4540564	0.4524800	0.4509124	0.4493527	0.4478011	0.4462588	0.4447265	0.4432044	0.4416849	0.4401772
1.5	0.4386772	0.4371864	0.4357027	0.4342278	0.4327616	0.4313018	0.4298525	0.4284096	0.4269754	0.4255473
1.6	0.4241295	0.4227181	0.4213140	0.4199188	0.4185309	0.4171492	0.4157772	0.4144105	0.4130515	0.4117018
1.7	0.4103577	0.4090218	0.4076931	0.4063699	0.4050550	0.4037474	0.4024472	0.4011536	0.3998668	0.3985868
1.8	0.3973136	0.3960464	0.3947875	0.3935345	0.3922868	0.3910463	0.3898157	0.3885868	0.3873604	0.3861333
1.9	0.3849445	0.3837443	0.3825513	0.3813620	0.3801823	0.3790043	0.3778357	0.3766708	0.3755104	0.3743598

(Continued)

K	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
2.0	0.3732159	0.3720763	0.3709437	0.3698124	0.3686929	0.3675763	0.3664647	0.3653608	0.3642579	0.3631676
2.1	0.3620776	0.3609918	0.3599188	0.3588491	0.3577776	0.3567206	0.3556670	0.3546129	0.3535720	0.3525287
2.2	0.3514967	0.3504641	0.3494405	0.3484235	0.3474074	0.3464027	0.3453982	0.3443958	0.3434066	0.3424123
2.3	0.3414385	0.3404505	0.3394651	0.3384810	0.3375475	0.3365932	0.3356279	0.3346863	0.3337338	0.3327912
2.4	0.3318572	0.3309303	0.3300001	0.3290657	0.3281632	0.3272526	0.3263326	0.3254288	0.3245345	0.3236316
2.5	0.3227370	0.3218533	0.3209775	0.3200890	0.3192184	0.3183565	0.3174870	0.3166237	0.3157692	0.3147120
2.6	0.3140607	0.3132027	0.3123621	0.3115337	0.3106892	0.3098683	0.3090350	0.3082054	0.3074001	0.3065834
2.7	0.3057686	0.3049461	0.3041573	0.3033757	0.3025716	0.3017652	0.3009690	0.3001998	0.2994223	0.2986263
2.8	0.2978748	0.2970812	0.2963101	0.2955658	0.2948087	0.2940530	0.2932978	0.2925355	0.2917923	0.2910383
2.9	0.2903312	0.2895799	0.2888241	0.2881165	0.2873682	0.2866763	0.2859186	0.2852249	0.2844851	0.2838196
3.0	0.2830580	0.2824222	0.2816676	0.2809944	0.2803280	0.2795839	0.2789373	0.2782397	0.2775845	0.2768884
3.1	0.2761471	0.2754971	0.2747981	0.2741418	0.2734898	0.2727829	0.2721855	0.2715822	0.2709125	0.2701714
3.2	0.2695386	0.2688468	0.2683307	0.2676898	0.2670235	0.2663778	0.2656614	0.2652036	0.2645472	0.2638249
3.3	0.2633429	0.2625937	0.2619417	0.2614002	0.2608827	0.2603841	0.2598889	0.2593913	0.2588781	0.2577968
3.4	0.2570495	0.2564655	0.2558481	0.2554671	0.2547287	0.2543703	0.2536097	0.2532667	0.2524930	0.2517598
3.5	0.2515047	0.2507809	0.2502316	0.2497593	0.2488755	0.2487019	0.2481121	0.2476190	0.2467986	0.2462189
3.6	0.2457573	0.2449379	0.2443991	0.2441778	0.2435803	0.2433257	0.2426645	0.2415498	0.2418524	0.2408563
3.7	0.2402597	0.2403474	0.2399558	0.2392894	0.2380434	0.2375565	0.2376470	0.2365196	0.2359693	0.2350597
3.8	0.2348066	0.2345323	0.2338830	0.2340093	0.2332503	0.2318104	0.2328042	0.2316176	0.2318007	0.2315389
3.9	0.2307692	0.2294372	0.2279909	0.2282352	0.2285012	0.2276214	0.2266666	0.2256267	0.2260899	0.2272727

³²³ DÍAZ-ADENSO, B. How many units will be short when stockout occurs? In *International Journal of Operations & Production Management*. 1996, Vol. 16, Issue 4, p. 112, 7 p. ISSN 0144-3577. In *EBCSO* [online]. Dostupné z: <<http://www.chostvgy6.epnet.com>>

Příloha č. 2: Hodnoty funkce očekávaného počtu chybějících jednotek zásoby $h(K)$ pro pojistný faktor (část 2.)³²⁴

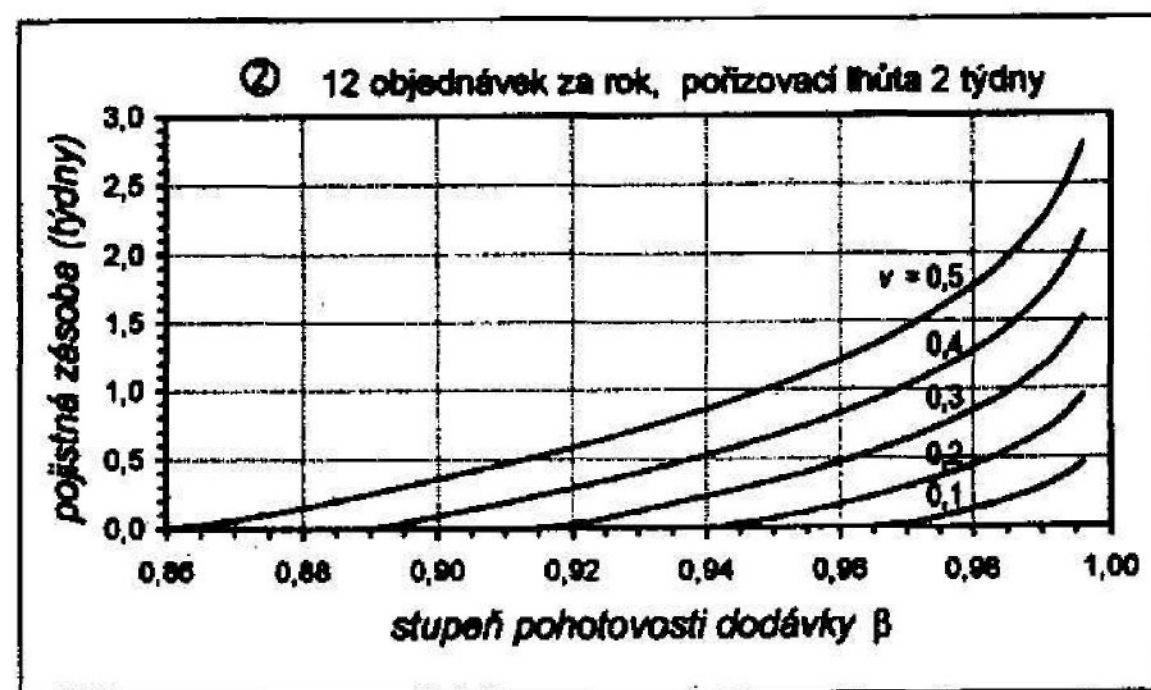
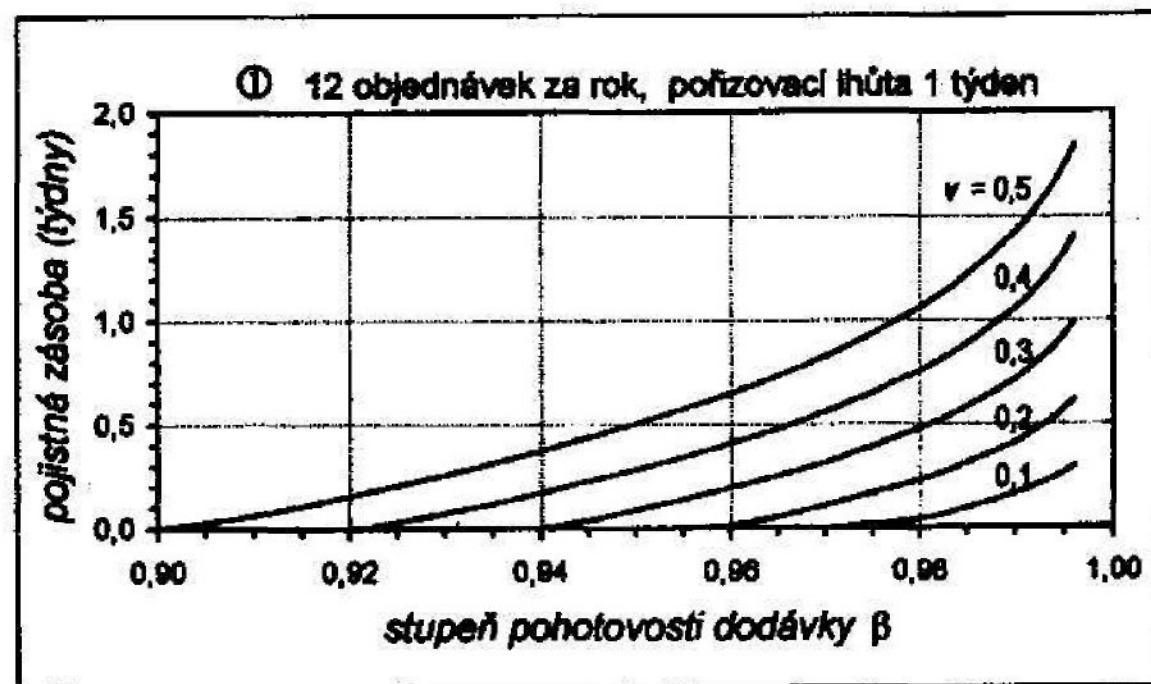
K	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
-0.0	0.7978846	0.8015291	0.8051960	0.8088845	0.8125954	0.8163285	0.8200839	0.8238618	0.8276623	0.8314856
-0.1	0.8353317	0.8382008	0.8410928	0.8440081	0.8469466	0.8499086	0.8528940	0.8558932	0.8589060	0.8619326
-0.2	0.8650731	0.8679178	0.8707866	0.8736797	0.8765973	0.8795394	0.8825060	0.8854972	0.8885130	0.8915534
-0.3	0.8946170	0.8975821	0.8995487	0.9025307	0.9055281	0.9085409	0.9115690	0.9146124	0.9176712	0.9207454
-0.4	0.9238327	0.9268911	0.9299625	0.9330478	0.9361470	0.9392601	0.9423870	0.9455278	0.9486824	0.9518508
-0.5	0.9550334	0.9581957	0.9613719	0.9645620	0.9677660	0.9709839	0.9742157	0.9774614	0.9807210	0.9839945
-0.6	0.9872819	0.9905452	0.9938234	0.9971164	1.0004242	1.0037468	1.0070842	1.0104364	1.0138033	1.0171849
-0.7	1.0205813	1.0239857	1.0274055	1.0308407	1.0342913	1.0377573	1.0412387	1.0447355	1.0482477	1.0517752
-0.8	1.0553184	1.0588521	1.0624013	1.0659660	1.0695462	1.0731418	1.0767528	1.0803792	1.0840210	1.0876782
-0.9	1.0913506	1.0950033	1.0986764	1.1023699	1.1060838	1.1098081	1.1135428	1.1172878	1.1210431	1.1248087
-1.0	1.1285846	1.1323591	1.1361540	1.1399693	1.1437950	1.1476310	1.1514772	1.1553336	1.1591902	1.1630570
-1.1	1.1669339	1.1708033	1.1746927	1.1786020	1.1825312	1.1864803	1.1904493	1.1944382	1.1984370	1.2024458
-1.2	1.2064645	1.2104939	1.2145432	1.2186124	1.2227015	1.2268105	1.2309394	1.2350882	1.2392569	1.2434456
-1.3	1.2476542	1.2518639	1.2560936	1.2603433	1.2646130	1.2689027	1.2732124	1.2775420	1.2818916	1.2862612
-1.4	1.2906508	1.2950705	1.2995142	1.3039819	1.3084736	1.3129892	1.3175287	1.3220921	1.3266794	1.3312906
-1.5	1.3359257	1.3405744	1.3452468	1.3499429	1.3546627	1.3594062	1.3641734	1.3689643	1.3737789	1.3786172
-1.6	1.3834801	1.3883576	1.3932587	1.3981834	1.4031317	1.4081036	1.4130990	1.4181180	1.4231605	1.4282265
-1.7	1.4333160	1.4383849	1.4434777	1.4485944	1.4537350	1.4589094	1.4641076	1.4693296	1.4745754	1.4798450
-1.8	1.4851384	1.4904742	1.4958334	1.5012160	1.5066220	1.5120514	1.5175042	1.5229804	1.5284799	1.5339927
-1.9	1.5395188	1.5450764	1.5506614	1.5562738	1.5619146	1.5675837	1.5732811	1.5789968	1.5847308	1.5904831

(Continued)

K	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
-2.0	2.0552477	2.0641215	2.0730136	2.0819236	2.0908515	2.0997970	2.1087601	2.1177406	2.1267380	2.1357524
-2.1	2.1447835	2.1538313	2.1628954	2.1719757	2.1810719	2.1901840	2.1993116	2.2084547	2.2176130	2.2267864
-2.2	2.2359746	2.2451776	2.2543951	2.2636267	2.2728727	2.2821325	2.2914059	2.3006930	2.3099936	2.3193073
-2.3	2.3288341	2.3379737	2.3471325	2.3563108	2.3655087	2.3747262	2.3839634	2.3932202	2.4024966	2.4117924
-2.4	2.4225794	2.4320382	2.4415077	2.4509878	2.4604785	2.4699798	2.4794917	2.4890135	2.4985450	2.5080867
-2.5	2.5176378	2.5271985	2.5367693	2.5463475	2.5559338	2.5655282	2.5751308	2.5847416	2.5943606	2.6040007
-2.6	2.6136466	2.6232938	2.6329490	2.6426118	2.6522824	2.6619609	2.6716455	2.6813361	2.6910327	2.7007354
-2.7	2.7104572	2.7201771	2.7299034	2.7396363	2.7493755	2.7591208	2.7688722	2.7786293	2.7883923	2.7981612
-2.8	2.8079356	2.8177156	2.8275008	2.8372914	2.8470871	2.8568879	2.8666934	2.8765041	2.8863200	2.8961419
-2.9	2.9059636	2.9157924	2.9256259	2.9354633	2.9453051	2.9551509	2.9650005	2.9748542	2.9847115	2.9945730
-3.0	3.0044377	3.0143061	3.0241782	3.0340536	3.0439322	3.0538140	3.0636992	3.0735874	3.0834787	3.0933729
-3.1	3.1032699	3.1131697	3.1230726	3.1329778	3.1428857	3.1527966	3.1627094	3.1726251	3.1825431	3.1924633
-3.2	3.2023855	3.2123105	3.2222374	3.2321664	3.2420974	3.2520301	3.2619652	3.2719019	3.2818405	3.2917810
-3.3	3.3017233	3.3116673	3.3216129	3.3315600	3.3415089	3.3514594	3.3614111	3.3713642	3.3813189	3.3912753
-3.4	3.4012324	3.4111912	3.4211513	3.4311126	3.4410751	3.4510386	3.4610033	3.4709690	3.4809359	3.4909038
-3.5	3.5008728	3.5108429	3.5208137	3.5307855	3.5407583	3.5507317	3.5607061	3.5706815	3.5806575	3.5906342
-3.6	3.6006119	3.6105902	3.6205693	3.6305490	3.6405294	3.6505104	3.6604921	3.6704745	3.6804573	3.6904406
-3.7	3.7004248	3.7104092	3.7203943	3.7303798	3.7403660	3.7503525	3.7603398	3.7703269	3.7803148	3.7903031
-3.8	3.8002921	3.8102811	3.8202704	3.8302600	3.8402504	3.8502412	3.8602320	3.8702231	3.8802146	3.8902064
-3.9	3.9001986	3.9101912	3.9201837	3.9301767	3.9401696	3.9501633	3.9601570	3.9701506	3.9801451	3.9901391

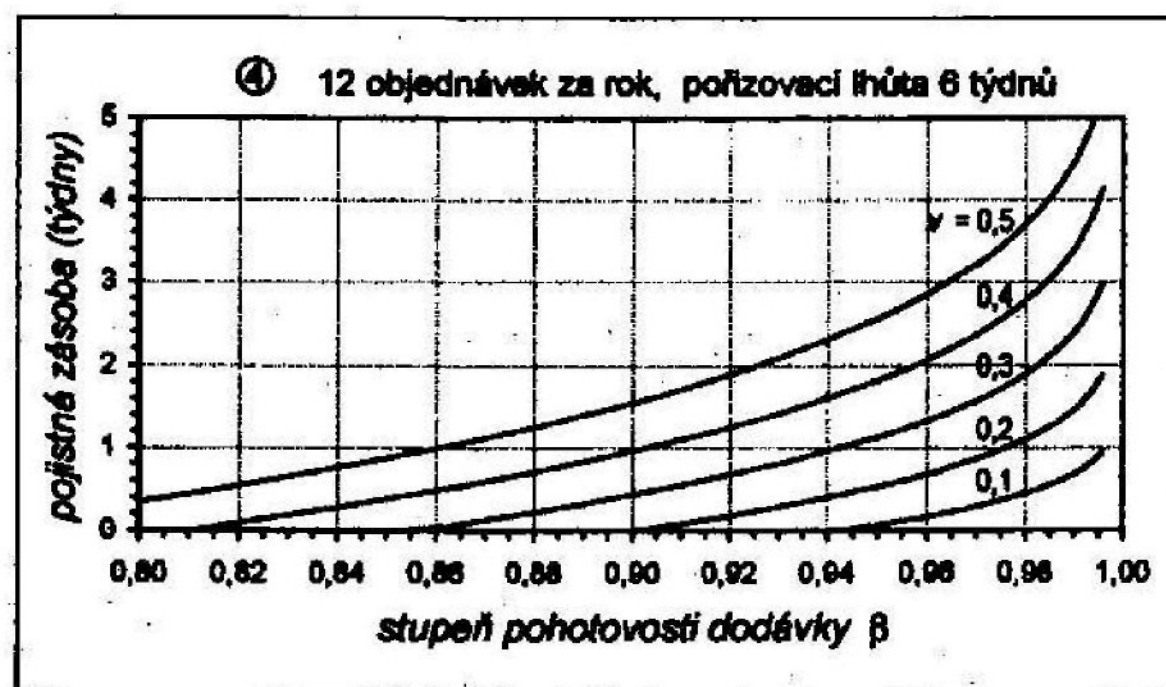
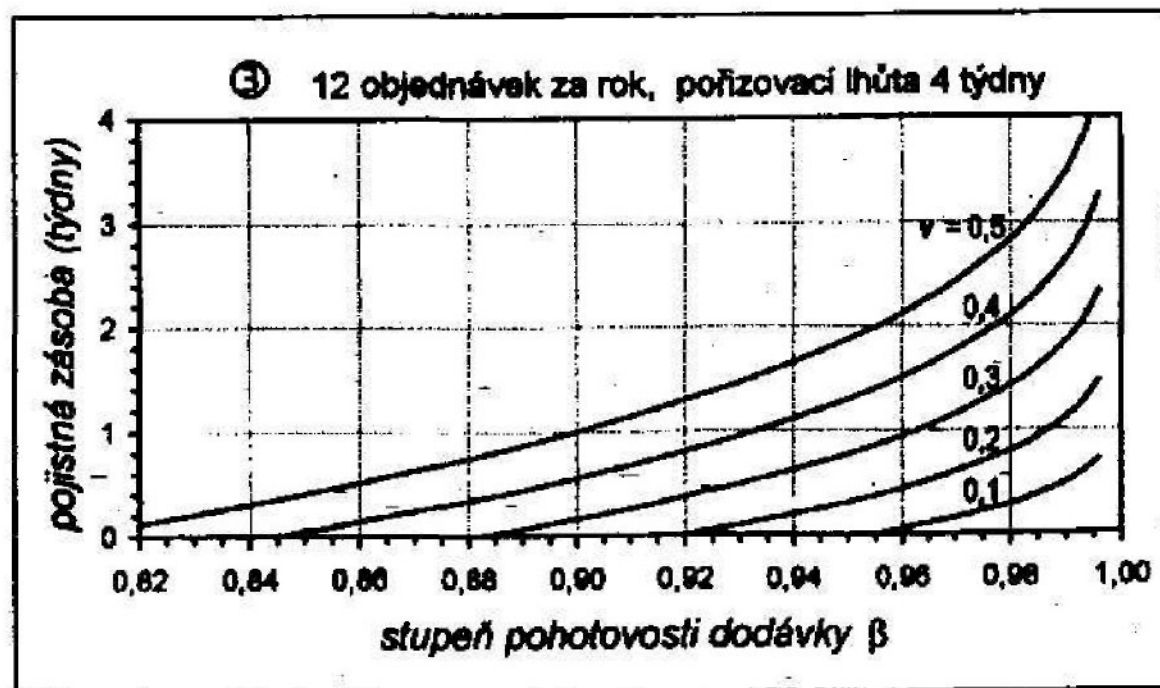
³²⁴ DÍAZ-ADENSO, B. How many units will be short when stockout occurs? In *International Journal of Operations & Production Management*. 1996, Vol. 16, Issue 4, p. 112, 7 p. ISSN 0144-3577. In *EBCSO* [online]. Dostupné z: <<http://www.chostvlgw6.epnet.com>>

Příloha č. 3: Závislost časové normy pojistné zásoby na stupni pohotovosti dodávky, variačním koeficientu potřeby a průměrné pořizovací lhůtě při měsíčním objednávání (část 1.)³²⁵



³²⁵ KUBÁT, J. O pojistné zásobě v objednacích systémech. In *Logistika. Měsíčník pro dopravu, skladování, distribuci a balení*. č. 6 (červen 2001), roč. 7, s. 48 - 49. ISSN 1211-0957

Příloha č. 3: Závislost časové normy pojistné zásoby na stupni pohotovosti dodávky, variačním koeficientu potřeby a průměrné pořizovací lhůtě při měsíčním objednávání (část 2.)³²⁶



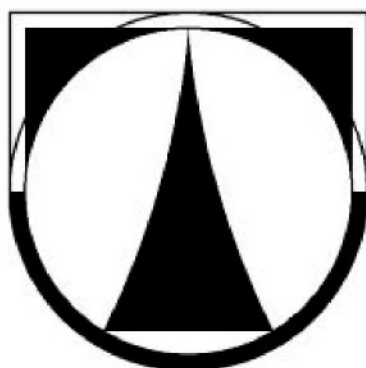
³²⁶ KUBÁT, J. O pojistné zásobě v objednacích systémech. In *Logistika. Měsíčník pro dopravu, skladování, distribuci a balení*. č. 6 (červen 2001), roč. 7, s. 48 - 49. ISSN 1211-0957

Seznam publikační činnosti doktoranda

- [1] ŽIŽKA, M.: Economic Value Added. *E + M Ekonomie a Management*, 1998, roč. 1, č. 1, s. 12 – 17. ISSN 1212 – 3609
- [2] ŽIŽKA, M.: Analýza závislosti mezi výší průměrné hrubé měsíční mzdy a mírou nezaměstnanosti v České republice. *E + M Ekonomie a Management*, 1999, roč. 2, č. 3, s. 34 – 37. ISSN 1212 – 3609
- [3] ŽIŽKA, M.: Financování regionálních kulturních institucí. In *Vědecká pojednání*. Liberec: Středisko pro koordinaci výzkumu na vysokých školách v Euroregionu Nisa, 1999, s. 62 – 67. ISBN 80 – 7083 – 353 – X
- [4] ŽIŽKA, M., PEŠKOVÁ, R., RYDVALOVÁ, P.: Projektový management realizace vydávání odborného periodika. In *Management '99. Sborník referátů. 2. díl – Management ve výuce a vzdělávání*. Plzeň: Fakulta ekonomická ZČU Plzeň, 1999, s. 97 – 104. ISBN 80 – 7082 – 579 – 0
- [5] SIXTA, J., KUBIAS, S., ŽIŽKA, M.: Analýza využívání informačního systému ve výrobní organizaci z pohledu logistiky. In *Ekonomické problémy transformace hospodářství České republiky s přihlédnutím ke specifickým Euroregionu Nisa [Výzkumná zpráva]*. Liberec: Hospodářská fakulta TU v Liberci, 1999, s. 141 – 194.
- [6] ŽIŽKA, M.: Stanovení polohy bodu rozpojení objednávkou zákazníka ve výrobním podniku. In *Logistika v teorii a praxi*. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2000, s. 80 – 85. ISBN 80 – 7083 – 385 – 8
- [7] ŽIŽKA, M., KROUŽELOVÁ, K., PECKA, M.: Využití logistiky v podnicích v české části Euroregionu Nisa. In *MANAG 2000 – 2. díl. „Management Generally“. Sborník referátů*. Cheb: Hospodářská akademie, Plzeň: Fakulta ekonomická ZČU, 2000, s. 343 – 348. ISBN 80 – 7082 – 647 - 9
- [8] SIXTA, J., KUBIAS, S., ŽIŽKA, M.: Využití logistiky v řízení výrobních organizací v Euroregionu Nisa. In *Ekonomické problémy transformace hospodářství České republiky s přihlédnutím ke specifickým Euroregionu Nisa [Výzkumná zpráva]*. Liberec: Hospodářská fakulta TU v Liberci, 2000, 49 s.
- [9] ŽIŽKA, M., KROUŽELOVÁ, K., PECKA, M.: Využití logistiky jako filozofie řízení výrobních organizací I. *E + M Ekonomie a Management*, 2000, roč. 3, č. 4, s. 24 – 26. ISSN 1212 – 3609
- [10] ŽIŽKA, M.: Funktion des Entkopplungspunktes in der Logistikkette der Produktionsbetriebe. In *Zborník príspevkov pre III. ročník medzinárodnej konferencie LOGISTIKA 2000*. Košice: EXPO-EDUC s.r.o. Dom techniky ZSVTS (Slovensko), 2000, s. 140 – 144. ISBN 80 – 88941 – 14 - 8
- [11] ŽIŽKA, M., KROUŽELOVÁ, K., PECKA, M.: Využití logistiky jako filozofie řízení výrobních organizací II. *E + M Ekonomie a Management*, 2001, roč. 4, č. 1, s. 15 – 19. ISSN 1212 – 3609

- [12] ŽIŽKA, M.: Logistics Approach to Managing a Company. In *Sborník příspěvků z 1. Mezinárodní konference studentů doktorských studijních programů IMEA 2001*. Pardubice: Univerzita Pardubice, 2001, s. 390 – 394. ISBN 80 – 7194 – 347 – 9
- [13] ŽIŽKA, M.: Stanovení normy velikosti pojistné zásoby z hlediska stupně úplnosti a stupně pohotovosti dodávky. *E + M Ekonomie a Management*, 2001, roč. 4, mimoř. číslo, s. 46 – 51. ISSN 1212 - 3609
- [14] SIXTA, J., ŽIŽKA, M.: Stav logistiky v ČR. Využití logistiky v řízení výrobních organizací v české části Euroregionu Nisa. In *Sborník z VI. mezinárodní logistické konference LOGISTIKA – obor 21. století*. Praha: Česká logistická asociace a Vysoká škola ekonomická v Praze, 2001, s. 31 – 36. ISBN neuvedeno
- [15] ŽIŽKA, M., KROUŽELOVÁ, K., PECKA, M.: Logistics as a Philosophy of Company Administration in the Czech Part of the Nisa Euroregion. *E + M Ekonomie a Management*, 2001, Vol. 4, Issue special, s. 29 - 33. ISSN 1212 – 3609
- [16] ŽIŽKA, M., JIRÁNEK, P.: Aplikace metod stanovení pojistné zásoby v automobilovém průmyslu. In *Sborník z V. mezinárodní konference Hospodářské šance pro 3. tisíciletí*. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2001, s. 280 – 285. ISBN 80-7083-201-X
- [17] SIXTA, J., ŽIŽKA, M., KUBIAS, S.: Prosazuje se logistika v české části Euroregionu Nisa do řízení výrobních organizací? In *Ekonomické problémy transformace hospodářství České republiky s přihlédnutím ke specifickým Euroregionu Nisa - Sborník prací výzkumného záměru*. Liberec: Hospodářská fakulta TU v Liberci, 2001, s. 128 – 140. ISBN 80-7083-540-0
- [18] SIXTA, J., KUBIAS, S., ŽIŽKA, M.: Uplatnění logistiky při zvyšování konkurenceschopnosti podniků v české části Euroregionu Nisa. In *Ekonomické problémy transformace hospodářství České republiky s přihlédnutím ke specifickým Euroregionu Nisa [Výzkumná zpráva]*. Liberec: Hospodářská fakulta TU v Liberci, 2001, 24 s.
- [19] SIXTA, J., ŽIŽKA, M.: Aplikace metod stanovení pojistné zásoby v podnikové praxi. In *Sborník referátů z mezinárodní konference Logistické řízení podniku*. Ostrava: VŠB – TU, 2001, s. 142 – 146. ISBN 80-238-7644-9
- [20] SIXTA, J., ŽIŽKA, M.: Co dříve implementovat – informační systém nebo logistiku jako filozofii řízení? In *Praktické příklady logistických podsystémů ve výrobních podnicích*. Praha: Česká společnost pro manipulaci s materiálem – logistiku, 2001, 6 str. ISBN neuvedeno
- [21] ŽIŽKA, M.: Postavení logistiky v malých a středních firmách. *E + M Ekonomie a Management*, 2001, roč. 4, č. 4, s. 24 - 26. ISSN 1212 - 3609

Technická univerzita v Liberci
Hospodářská fakulta



AUTOREFERÁT
DOKTORSKÉ DISERTAČNÍ PRÁCE

2002

Ing. Miroslav Žižka

Technická univerzita v Liberci

Hospodářská fakulta

Studijní program:

6208V – Ekonomika a management

Studijní obor:

Organizace a řízení podniků

Metody stanovení normy velikosti pojistné zásoby

Ing. Miroslav Žižka

Autoreferát doktorské disertační práce k získání
akademického titulu „doktor (Ph.D.)“

V Liberci, 31. 1. 2002

Doktorská disertační práce byla vypracována v kombinovaném studiu na katedře podnikové ekonomiky Hospodářské fakulty Technické univerzity v Liberci.

Uchazeč: Ing. Miroslav Žižka
Hospodářská fakulta TU v Liberci
Katedra podnikové ekonomiky
Hálkova 6
461 17 Liberec 1

Školitel: doc. Ing. Josef Sixta, CSc.
Hospodářská fakulta TU v Liberci
Katedra podnikové ekonomiky
Hálkova 6
461 17 Liberec 1

Oponenti: prof. Ing. Ivan Gros, CSc.
Fakulta chemicko-inženýrská VŠCHT Praha
Ústav ekonomiky a řízení chemického a potravinářského průmyslu

prof. Ing. Gustav Tomek, DrSc.
Fakulta elektrotechnická ČVUT Praha
Katedra ekonomiky, manažerství a humanitních věd

Autoreferát byl rozeslán dne: 31. 1. 2002

S doktorskou disertační prací je možno se seznámit na katedře podnikové ekonomiky Hospodářské fakulty TU v Liberci.

prof. Ing. Jan Ehleman, CSc.
předseda oborové rady

Obsah

1. Předmět a cíl práce	4
2. Přehled současného stavu problematiky	5
2.1 Stručná charakteristika jednotlivých metod.....	7
3. Postup řešení	10
4. Přehled dosažených výsledků.....	15
5. Seznam použité literatury	20
6. Resumé	21
7. Summary	22
8. Publikace v průběhu doktorského studia.....	23

1. Předmět a cíl práce

Cílem doktorské práce bylo sestavit co nejúplnější přehled metod stanovení velikosti pojistné zásoby, včetně otestování jejich použitelnosti na podnikových datech a uvedení předpokladů, za nichž mohou být jednotlivé metody aplikovány v praxi.

Přestože pojistná zásoba je pouze jednou z mnoha skupin zásob udržovaných v podniku, její velikost v řadě podniků dosahuje až 50 % celkové zásoby.¹ Podle J. CH. SANDVIGA a A. REISTADOVÉ se náklady na držení pojistných zásob odhadují na 20 až 40 % z průměrné hodnoty skladovaných zásob.²

Odhad nákladů na držení pojistných zásob v českých firmách je velmi obtížný, protože firmy tyto náklady často vůbec nesledují. Nicméně dle našich údajů získaných spoluprací s hospodářskou sférou, ať již formou hospodářské činnosti nebo vedením diplomových prací, se velikost nákladů na udržování a skladování (všech, nejen pojistných) zásob pohybuje od 18 do 37 % z hodnoty průměrného stavu skladovaných zásob. Je tedy zřejmé, že správné stanovení velikosti pojistné zásoby může vést k podstatnému snížení nákladů podniku.

Účelem pojistné zásoby je do určité míry zachycovat odchylky skutečného průběhu zásobovacího procesu od průběhu, který byl očekáván či plánován.³ Tyto odchylky mohou vznikat na straně vstupu (v termínech dodávky, množství dodaných výrobků) i na straně výstupu (velikost poptávky či spotřeby). Vznik odchylek ilustruje obr. č. 1. Odchylky vyvolávají jak zvětšení, tak zmenšení zásoby oproti očekávanému či plánovanému stavu. Při propočtu normy velikosti pojistné zásoby nás zajímají odchylky zmenšující zásobu (opožděné nebo menší dodávky, vyšší čerpání ze zásob či kratší termíny odběru ze zásoby).

Velikost i způsob výpočtu pojistné zásoby je ovlivněn řadou faktorů. Mezi nejdůležitější faktory patří:

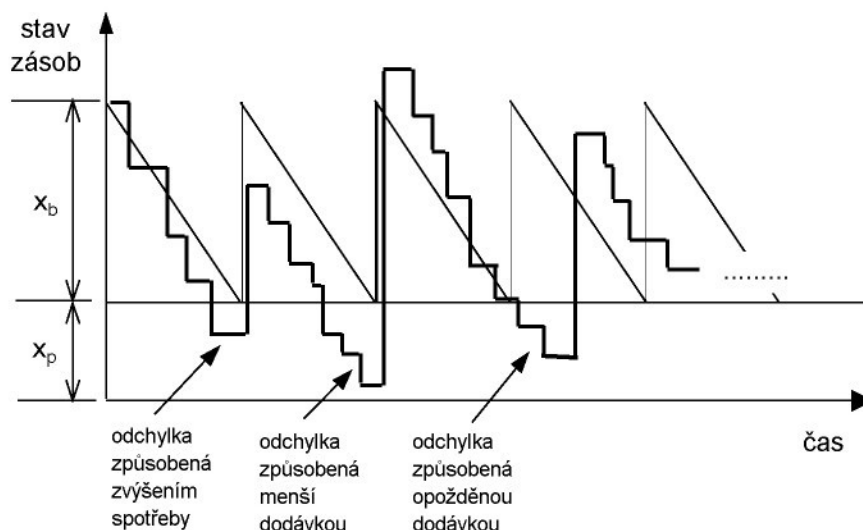
- používaný objednávací systém podniku,
- důležitost dané položky v sortimentu zásob,
- charakter poptávky po dané položce zásob,
- umístění bodu rozpojení v logistickém řetězci,
- délka období, pro které jsou prováděny odhady budoucí potřeby a přesnost těchto odhadů,
- průměrná výše obrátové zásoby,
- spolehlivost zabezpečení proti vzniku nedostatku zásob,
- intenzita odchylek,
- velikost nákladů na udržování a skladování zásob,

¹ SANDVIG, J. CH. Calculating safety stock. In *IIE Solutions*. Dec. 1998, Vol. 30, Issue 12, p. 28, 2 p. ISSN 1085-1259. In *EBCSO* [online]. Dostupné z: <<http://www.ehostvgw6.epnet.com>>. Stejný údaj uveden i v: SANDVIG, J. CH., REISTAD, A. Safety stock decision support tool. In *Production and Inventory Management Journal*. Fourth quarter 2000, Vol. 41, Issue 4, p. 8, 3 p. ISSN 0897-8336. In *ProQuest* [online]. Dostupné z: <<http://www.proquest.umi.com>>

² SANDVIG, J. CH., REISTAD, A. Safety stock decision support tool. In *Production and Inventory Management Journal*. Fourth quarter 2000, Vol. 41, Issue 4, p. 8, 3 p. ISSN 0897-8336. In *ProQuest* [online]. Dostupné z: <<http://www.proquest.umi.com>>

³ HORÁKOVÁ, H., KUBÁT, J. *Řízení zásob. Logistické pojetí, metody, aplikace, praktické úlohy*. 3. vyd. Praha: Profess Consulting, 1999, s. 168. ISBN 80-85235-55-2

- velikost nákladů z nedostatku zásob,
- zvolené kritérium optimality,
- jakost materiálu a spolehlivost dodavatele.



obr. č. 1 - Odchytky v průběhu pohybu zásob⁴

Legenda k obr. č. 1:

- x_b velikost obrátové zásoby,
 x_p velikost pojistné zásoby.

2. Přehled současného stavu problematiky

V literatuře lze nalézt celou řadu přístupů a metod pro stanovení velikosti pojistné zásoby, od velmi jednoduchých postupů až po složité, na přesnost vstupních údajů a objem výpočetních operací velmi náročné, metody. Při jejich aplikaci pak často obdržíme výsledky lišící se i o několik set procent. Příčinu této skutečnosti lze spatřovat v tom, že problematika řízení zásob je velmi různorodá a prakticky pro každý podnik, ale i pro každou položku, resp. skupinu položek je nutné nalézt individuální řešení vyhovující specifickým podmínkách podniku.

Rozdíly mezi jednotlivými metodami lze v zásadě shrnout do tří skupin. Metody se liší:

- počtem druhů uvažovaných odchylek od průměrných či plánovaných hodnot – odchylka ve spotřebě, odchylka od dodávkového cyklu (resp. v délce pořizovací lhůty – pozn. autora), odchylka od velikosti dodávky,
- způsobem vyjádření uvedených odchylek – absolutním rozdílem, průměrným absolutním rozdílem, směrodatnou odchylkou, rozptylem, popř. jinými charakteristikami variability,

⁴ TOMEK, J., HOFMAN, J. *Moderní řízení nákupu podniku*. 1. vyd. Praha: Management Press, 1999, s. 194. ISBN 80-85943-73-5

- způsobem, jakým se zjišťuje a stanovuje požadovaný stupeň krytí propočtených odchylek.⁵

Dle zkušeností autora předkládané práce i zkušeností autorů v odborné literatuře⁶ celá řada našich podniků stanovuje velikost pojistné zásoby „nějakým“, víceméně intuitivním odhadem, vycházejícím ze zkušeností pracovníků v útvaru řízení zásob. Tento přístup je však nutno považovat za chybný, protože obvykle vede k udržování nadměrných pojistných zásob z obavy, aby nedošlo k vyčerpání pohotové zásoby a zhoršení úrovně služeb pro zákazníky. Tento stav souvisí i s tím, že podniky často neznají velikost nákladů na udržování a skladování zásob a nákladů z nedostatku zásob. Lze se dokonce setkat i s tím, že podniky nestanovují samostatně velikost pojistné zásoby a pojistná zásoba je zahrnuta do celkové zásoby jako určitý polštář tlumící případné výkyvy v dodávkách a poptávce. V takovém případě je nutné před vlastní optimalizací pojistné zásoby alespoň odhadnout její průměrnou výši jako rozdíl celkové průměrné zásoby a průměrné obrátové zásoby v minulém období.

Jádrem doktorské práce byla analýza jednotlivých metod stanovení velikosti pojistné zásoby. Celkem bylo rešerší v literatuře a na internetu objeveno **26 základních metod**, některé z nich se vyskytovaly i v několika variantách. Jelikož je celá problematika metod stanovování pojistných zásob v literatuře popisována značně nepřehledně, bylo nutno vytvořit určitý klasifikační systém. Metody byly rozděleny do dvou hlavních skupin.

První skupinu tvoří metody, které lze doporučit pro položky zásob se stacionárním charakterem potřeby. Do této kategorie byly zahrnuty 22 metody, které byly ještě rozděleny na metody, které nepoužívají k vyjádření spolehlivosti zabezpečení pojistný faktor (4 metody – M1 až M4) a na metody používající k vyjádření spolehlivosti zabezpečení pojistný faktor (17 metod – M5 až M21). Metody pracující s pojistným faktorem lze dále členit na metody založené na analýze údajů o minulé potřebě (10 metod – M5 až M14), metody založené na analýze chyb v předpovědi potřeby (4 metody – M15 až M18) a bodovací metody (3 metody – M19 až M21). Samostatnou „kategorii“ představuje metoda M22, která stanovuje pojistnou zásobu podle skutečného rozdělení potřeby. Tato metoda je založena na analýze údajů o minulé potřebě, ale nepoužívá pojistný faktor. Nelze ji ovšem ani zařadit mezi metody M1 až M4, neboť velikost pojistné zásoby u metody M22 závisí na požadované spolehlivosti zabezpečení.

Druhou skupinu tvoří metody, které lze doporučit pro položky zásob s nestacionárním charakterem potřeby. Do této kategorie spadají 4 metody (M23 až M26).

⁵ TOMEK, G., VÁVROVÁ, V. *Řízení výroby*. 1. vyd. Praha: Grada Publishing, 1999. s. 141. ISBN 80-7169-578-5

⁶ KUBÁT, J. K objektivnímu výběru dodavatele. In *Logistika. Měsíčník pro dopravu, skladování, distribuci a balení*. č. 10 (říjen 1999), roč. 5, s. 27. ISSN 1211-0957

2.1 Stručná charakteristika jednotlivých metod

První skupina metod je vhodná pro položky zásob se stejnoměrnou ustálenou potřebou (podle analýzy XYZ se jedná o položky kategorie X, příp. i o některé položky kategorie Y).

Tuto skupinu metod lze dále rozdělit do dvou základních podskupin:

1. Metody, které nepoužívají k vyjádření spolehlivosti zabezpečení proti odchylkám pojistný faktor. Do této skupiny byly zařazeny následující metody:

- metoda stanovení velikosti pojistné zásoby na úrovni 50 % poptávky během pořizovací lhůty (M1),
- metoda pracující s kladnými odchylkami od průměrné délky dodávkového cyklu (tzv. statistická metoda – M2),
- rozdílová metoda (M3),
- metoda pracující s průměrnou kladnou odchylkou délky dodávkového cyklu, průměrnou zápornou odchylkou velikosti dodávek a průměrnou kladnou odchylkou velikosti prodeje (M4).

2. Metody, které používají k vyjádření spolehlivosti zabezpečení pro odchylkám pojistný faktor. Jedná se o nejrozsáhlejší skupinu metod. Velikost pojistné zásoby u těchto metod závisí kromě intenzity odchylek i na dalším faktoru – stupni zabezpečení proti odchylkám. Vliv tohoto faktoru se promítá do velikosti pojistné zásoby prostřednictvím pojistného faktoru.

Pojistný faktor lze definovat jako určitý počet odchylek odpovídající určitému procentu krytí požadavků,⁷ které je vyjádřeno buď stupněm úplnosti nebo stupněm pohotovosti dodávky. Za předpokladu, že náhodně proměnné veličiny, které v pojistné zásobě používáme, se řídí normálním rozdělením pravděpodobnosti, lze pojistný faktor definovat jako kvantil distribuční funkce normovaného normálního rozdělení. Tento předpoklad je však nutné ověřit např. pomocí chí-kvadrát testu dobré shody nebo Kolmogorovova-Smirnovova testu, jinak bude velikost pojistné zásoby dimenzovaná chybně.

Optimální velikost pojistného faktoru lze stanovit několika způsoby:

- autonomně bez kritéria nákladů,
- optimalizací na základě kritéria nákladů,
- bodovacím způsobem.

Metody využívající k vyjádření stupně spolehlivosti zabezpečení proti odchylkám pojistný faktor lze ještě dále rozdělit do dvou základních skupin:

- metody založené na analýze údajů o minulé potřebě (tzv. demand system),

⁷ TOMEK, G., TOMEK, J. *Nákupní marketing*. 1. vyd. Praha: Grada Publishing, 1996. s. 79. ISBN 80-85623-96-X

- metody založené na analýze chyb v předpovědi potřeby (tzv. forecast system⁸).

Zcela specifickou kategorií představují metody stanovení velikosti pojistné zásoby bodovacím způsobem.

Mezi metody založené na analýze údajů o minulé potřebě byly zařazeny:

- metoda pracující se směrodatnou odchylkou velikosti potřeby, směrodatnou odchylkou délky dodávkového cyklu, směrodatnou odchylkou velikosti dodávek a průměrnou velikostí potřeby (M5),
- metoda pracující se směrodatnou odchylkou velikosti potřeby, směrodatnou odchylkou délky dodací lhůty a průměrnou velikostí potřeby (M6),
- metoda pracující se směrodatnou odchylkou velikosti potřeby, směrodatnou odchylkou délky dodací lhůty, průměrnou velikostí potřeby a délkou dodací lhůty (M7),
- metoda pracující s rozptylem velikosti potřeby, rozptylem délky dodávkového cyklu, průměrnou velikostí potřeby a průměrnou délkou dodávkového cyklu (M8),
- metoda pracující s intervalem nejistoty a průměrnou velikostí prodeje (M9),
- metoda pracující se směrodatnou odchylkou velikosti potřeby, směrodatnou odchylkou délky pořizovací lhůty a průměrnou velikostí potřeby (M10),
- metoda pracující se směrodatnou odchylkou velikosti potřeby během intervalu nejistoty (M11),
- metoda pracující s průměrnou absolutní odchylkou velikosti potřeby a intervalem nejistoty (M12),
- metoda pracující s rozptylem velikosti potřeby, rozptylem délky pořizovací lhůty, průměrnou velikostí potřeby a průměrnou délkou pořizovací lhůty (M13),
- metoda pracující s rozptylem velikosti potřeby, rozptylem velikosti rozdílů mezi kontrahovaným a skutečně dodaným množstvím a intervalem nejistoty (M14).

Do skupiny metod založených na analýze chyb v předpovědi potřeby byly zařazeny:

- metoda pracující s průměrnou kladnou odchylkou velikosti prognózované potřeby, průměrnou kladnou odchylkou očekávané délky pořizovací lhůty a průměrnou velikostí potřeby (M15),
- metoda pracující s rozptylem velikosti rozdílů mezi kontrahovaným a skutečně dodaným množstvím, rozptylem velikosti chyb v prognóze velikosti potřeby a intervalem nejistoty (M16),
- metoda pracující s rozptylem velikosti potřeby za interval nejistoty, rozptylem délky pořizovací lhůty a průměrnou velikostí potřeby (M17),

⁸ ZINN, W., MARMORSTEIN, H. Comparing two alternative methods of determining safety stock levels: The demand and the forecast systems. In *Journal of Business Logistics*. 1990, Vol. 11, Issue 1, p. 95, 16 p. ISSN 0735-3766. In *EBCSO* [online]. Dostupné z: <<http://www.ehostvgw6.epnet.com>>

- metoda pracující s rozptylem velikosti potřeby, rozptylem délky pořizovací lhůty, střední chybou v prognóze potřeby a průměrnou délkou pořizovací lhůty (M18).

Poměrně značným problémem výpočtu pojistné zásoby podle předchozích metod je pracné zjišťování a výpočet charakteristik variability (rozptylů, směrodatných odchylek, absolutních odchylek, průměrných absolutních odchylek). Tyto výpočty jsou navíc často nepřesné z důvodů neúplných údajů, nestabilních časových řad apod. To vedlo k myšlence vypočítat pojistnou zásobu přímo z plánované velikosti potřeby.⁹ Z toho důvodu byly vyvinuty následující bodovací metody:

- metoda, která stanoví pojistný faktor vázaný při propočtu na rozsah plánované potřeby (M19),
- metoda stanovení velikosti pojistné zásoby pomocí skupinových pojistných faktorů (M20),
- zjednodušená bodovací metoda s korigujícími faktory (M21).

Při stanovování velikosti pojistné zásoby se často vychází z předpokladu normálního rozdělení použitých náhodných veličin. Tento předpoklad by měl být otestován, např. již zmíněným testem dobré shody. Bohužel autor předkládané práce se nesetkal s tím, že by v podnikové praxi byl tento test prováděn. Pokud podnik používá pro stanovování velikosti pojistné zásoby některou z výše uvedených exaktních metod, mlčky se předpokládá, že tato metoda je pro daný sortiment zásob vhodná a nezkoumají se předpoklady jejího použití. V řadě případů tak dochází k tomu, že velikost pojistné zásoby je dimenzována chybně a neodpovídá požadované spolehlivosti zabezpečení proti odchylkám.

Jedním z možných řešení je určit velikost pojistné zásoby na základě skutečného rozdělení. V takovém případě nemusíme provádět testování, že náhodný výběr údajů o velikosti potřeby pochází z normálního rozdělení. Metoda je použitelná i v případě, že by se prokázalo, že výběr se řídí jiným teoretickým rozdělením, např. exponenciálním. V doktorské disertační práci je tato metoda označena jako M22.

Za předpokladu **stacionárního charakteru** potřeby je **velikost pojistné zásoby fixní**. Bohužel se lze často setkat s přístupem, že výše popsané metody se aplikují i na položky zásob s nestacionárním charakterem potřeby. Takový postup je nutno považovat za chybný. Jestliže např. dojde ke zvýšení poptávky po určité položce zásob, pak při fixní velikosti pojistné zásoby dojde k zhoršení poskytované úrovně služeb pro zákazníky. Opačně v případě poklesu poptávky (typicky k tomu dochází na konci životního cyklu výrobku) budeme udržovat zbytečně vysokou pojistnou zásobu.¹⁰

V případě nestacionární potřeby by se proto měla pojistná zásoba pružně přizpůsobovat měnící se velikosti potřeby.

Pro položky zásob s nestacionárním charakterem potřeby byly nalezeny tyto metody:

⁹ TOMEK, G., TOMEK, J. *Nákupní marketing*. 1. vyd. Praha: Grada Publishing, 1996. s. 84. ISBN 80-85623-96-X

¹⁰ KRUPP, J. A.G. Managing demand variations with safety stock. In *Journal of Business Forecasting Methods & Systems*. Summer 1997, Vol. 16, Issue 2, p. 8, 4 p. ISSN 0278-6087. In EBCSO [online]. Dostupné z: <<http://www.ehostvgw6.epnet.com>>

- metoda pracující se směrodatnou odchylkou velikosti potřeby během pořizovací lhůty a parametrem prognózy (M23),
- metoda pracující s klouzavou průměrnou chybou předpovědi potřeby (M24),
- metoda pracující s očekávanou výší chyby v prognóze velikosti dodávek, očekávanou výší chyby v prognóze velikosti potřeby, sezónními faktory a intervalem nejistoty (M25),
- metoda pracující s proměnlivou chybou předpovědi potřeby, rozptylem délky pořizovací lhůty a intervalem nejistoty (M26).

3. Postup řešení

Výše uvedené metody byly aplikovány na data z jednoho podniku komunálních služeb. Z tohoto podniku byly získány údaje o intervalech a velikostech dodávek a o spotřebě tří druhů výbojek veřejného osvětlení (70 W, 150 W a 250 W) za poslední tři roky 1998 - 2000. Podnik nesleduje samostatně velikost pojistné zásoby. Na skladě je ponecháváno určité množství jako rezerva pro případ náhodně zvýšené spotřeby. Průměrnou výší této rezervy lze odhadnout jako rozdíl celkové průměrné zásoby a průměrné obrátové zásoby v minulých obdobích. Občas se však stává, že dojde k vyčerpání skladové zásoby a podnik musí čekat na novou dodávku výbojek. Z toho důvodu podnik v současné době řeší problém optimalizace velikosti pojistné zásoby.

Tříletá časová řada byla použita, aby bylo možno stanovit průměrné sezónní indexy. Na druhou stranu se tím poněkud zvýšila intenzita kolísání měsíční spotřeby v důsledku existence trendu (i když nepříliš významného). Statistické zpracování časových řad bylo prováděno pomocí softwarových paketů KyPlot a STORM.

Základní charakteristiky vybraných položek jsou uvedeny v tabulce č. 1.

Veličina	Měrná jednotka	Výbojka 70 W	Výbojka 150 W	Výbojka 250 W
Průměrná celková zásoba	ks	48	59	51
Průměrná obrátová zásoba	ks	50	45	32
Průměrná skladová rezerva	ks	-2	14	19
Průměrná měsíční spotřeba	ks	117	59	38
Sm. odchylka měsíční spotřeby	ks	47	34	25
Variační koef. měsíční spotřeby		0,40	0,58	0,66
Stupeň úplnosti dodávky	%	45	68	63
Stupeň pohotovosti dodávky	%	69	85	86

Tab. č. 1 – Základní charakteristiky vybraných položek zásob

Pro metody, které pracují s pojistným faktorem bylo potřeba stanovit optimální úroveň zabezpečení proti odchylkám. Vzhledem k tomu, že nebylo možné stanovit velikost nákladů na udržování a skladování zásob a nákladů z nedostatku zásob, byla velikost pojistného faktoru pro stupeň úplnosti dodávky určena autonomně na 95 %. Této spolehlivosti

zabezpečení odpovídá podle tabulky kvantilů distribuční funkce normovaného normálního rozdělení¹¹ velikost pojistného faktoru $K = 1,65$.

Velikosti pojistných zásob vypočítané pomocí jednotlivých metod jsou přehledně uspořádány do tab. č. 2 až 5. Malá písmena u některých metod označují variantu metody. Pro metody, které byly určeny pro položky zásob s nestacionárním charakterem potřeby, bylo nutno pro každou položku vytvořit samostatnou tabulku, neboť výše pojistné zásoby, s výjimkou metody M23 během roku kolísá.

Metoda	Výbojka 70 W	Výbojka 150 W	Výbojka 250 W
M1	10	5	3
M2	54	65	53
M3a	235	272	161
M3b	70	78	58
M4	127	118	95
M5a	78	56	41
M5b	167	148	106
M5c	229	201	149
M6	91	63	45
M7a	25	18	13
M7b	38	24	17
M8	112	111	81
M9	11	7	4
M10	92	63	45
M11a	32	23	17
M11b	40	29	21
M12	36	23	17
M13a	35	24	17
M13b	28	19	14
M14	39	23	17
M15	57	74	81
M16	39	21	18
M17	34	23	16
M18	44	27	14
M19	64	21	14
M20	54	18	11
M21	39	20	20
M22	48	33	20
MAX	235	272	161
MIN	10	5	3
R	225	267	158

Tab. č. 2 - Porovnání výsledků metod M1 až M22

¹¹ např. CYHELSKÝ, L., KAHOUNOVÁ, J., HINDLS, R. *Elementární statistická analýza*. 1. vyd. Praha: Management Press, 1996, s. 288. ISBN 80-85943-18-2

Metoda	Měsíc												Průměr
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
M23	105	105	105	105	105	105	105	105	105	105	105	105	105,00
M24	33	57	35	29	41	21	36	57	28	51	34	40	38,50
M25	61	62	93	61	52	67	40	63	89	52	81	59	65,00
M26	41	40	65	40	34	46	25	43	66	35	60	42	44,75
MAX	105	105	105	105	105	105	105	105	105	105	105	105	105,00
MIN	33	40	35	29	34	21	25	43	28	35	34	40	38,50
R	72	65	70	76	71	84	80	62	77	70	71	65	66,50

Tab. č. 3 - Porovnání výsledků metod M23 až M26 pro výbojku 70 W

Metoda	Měsíc												Průměr
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
M23	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76,00
M24	21	14	20	11	8	4	15	14	8	18	5	14	12,67
M25	88	55	42	65	36	30	20	56	58	37	74	22	48,58
M26	54	34	26	38	21	17	9	30	32	20	40	11	27,67
MAX	88	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76,00
MIN	21	14	20	11	8	4	9	14	8	18	5	11	12,67
R	67	62	56	65	68	72	67	62	68	58	71	65	63,33

Tab. č. 4 - Porovnání výsledků metod M23 až M26 pro výbojku 150 W

Metoda	Měsíc												Průměr
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
M23	56	56	56	56	56	56	56	56	56	56	56	56	56,00
M24	17	19	21	16	16	7	17	21	15	21	7	21	16,50
M25	46	37	43	49	36	39	16	45	53	37	56	19	39,67
M26	22	18	20	22	16	16	7	18	22	15	22	7	17,08
MAX	56	56	56	56	56	56	56	56	56	56	56	56	56,00
MIN	17	18	20	16	16	7	7	18	15	15	7	7	16,50
R	39	38	36	40	40	49	49	38	41	41	49	49	39,50

Tab. č. 5 - Porovnání výsledků metod M23 až M26 pro výbojku 250 W

Z tabulek č. 2 až 5 je patrné značné variační rozpětí velikostí pojistných zásob vypočítaných pomocí jednotlivých metod. Bylo proto nutné určit, která metoda nebo metody dokáží nejlépe postihnout odchylky v průběhu zásobovacího cyklu. Za účelem zhodnocení jednotlivých metod bylo nutné nejprve stanovit „správnou“ velikost pojistné zásoby.

V další fázi jsme se proto pokusili odhadnout velikost deficitu zásoby ve dnech, kdy se na skladu nenacházely žádné výbojky. Velikost deficitu byla odhadnuta podle výše výdeje, který následoval po nejbližší příští dodávce k doplnění zásoby. Výsledky jsou uspořádány do tab. č. 6 až 8.

Velikost deficitu (ks)	Počet dodávkových cyklů	Kumul. počet dodávkových cyklů
12	1	1
24	5	6
36	3	9
48	6	15
50	3	18
58	1	19
60	3	22
72	3	25
96	1	26
108	1	27
120	1	28

Tab. č. 6 - Odhadnutá výše deficitu výbojky 70 W

Z tab. č. 6 vyplývá, že maximální výše deficitu zásoby výbojky 70 W byla 120 ks. To znamená, že není logické držet vyšší pojistnou zásobu. Z tohoto pohledu můžeme vyloučit metody M3a, M4, M5b a M5c. Pojistnou zásobu jsme dimenzovali pro stupeň úplnosti dodávky 95 % - tzn. požadujeme, aby v 95 % cyklů nedošlo k vyčerpání zásoby. V průběhu sledovaného období 36 měsíců došlo 51 krát k doplnění zásoby. Z toho v 28 cyklech byla zásoba zcela vyčerpána. Tomu odpovídá dosažený stupeň úplnosti dodávky cca 45 %. Jestliže vedení podniku požaduje dodávkovou úplnost 95 %, musí pojistná zásoba pokrýt cca 49 dodávkových cyklů. Z tabulky č. 6 lze vyčíst (23 cyklů v nichž nedošlo k deficitu zásoby + 26 dalších cyklů), že v takovém případě by musela být držena pojistná zásoba ve výši cca 96 ks.

Velikost deficitu (ks)	Počet dodávkových cyklů	Kumul. počet dodávkových cyklů
12	1	1
24	1	2
36	3	5
50	1	6
60	2	8
100	1	9

Tab. č. 7 - Odhadnutá výše deficitu výbojky 150 W

Maximální výše deficitu zásoby výbojek 150 W byla 100 ks (viz tab. č. 7). Bylo by proto nevhodné udržovat vyšší pojistnou zásobu než 100 ks. Z tohoto pohledu můžeme vyloučit metody M3a, M4, M5b, M5c a M8. V průběhu sledovaného období došlo 28 krát k doplnění zásoby. Z toho v 9 cyklech byla zásoba zcela vyčerpána. Tomu odpovídá stupeň úplnosti dodávky cca 68 %. Pro požadovanou dodávkovou úplnost 95 % musí pojistná zásoba pokrýt asi 27 cyklů. V takovém případě by bylo nutno udržovat pojistnou zásobu ve výši cca 60 ks.

Velikost deficitu (ks)	Počet dodávkových cyklů	Kumul. počet dodávkových cyklů
12	3	3
24	5	8
36	2	10

Tab. č. 8 - Odhadnutá výše deficitu výbojky 250 W

Maximální výše deficitu zásoby výbojek 250 W byla pouze 36 ks (viz tab. č. 8). V průběhu sledovaného období došlo 27 krát k doplnění zásoby, z toho v 10 cyklech byla zásoba zcela vyčerpána. Tomu odpovídá stupeň úplnosti dodávky cca 63 %. V tomto případě se dostáváme do rozporu s velkým počtem metod (M2, M3a, M3b, M4, M5a, M5b, M5c, M6, M8, M10, M15). Pro požadovanou dodávkovou úplnost 95 % je nutné, aby pojistná zásoba pokryla asi 26 cyklů. V takovém případě by bylo nutno udržovat pojistnou zásobu ve výši cca 36 ks.

Na základě výše uvedených úvah lze doporučit, aby podnik u výbojky 70 W udržoval pojistnou zásobu o výši cca 96 ks, u výbojky 150 W pojistnou zásobu cca 60 ks a u výbojky 250 W pojistnou zásobu o výši cca 36 ks a výši pojistných zásob korigoval podle dosahovaných stupňů úplnosti a pohotovosti dodávky. Vzhledem ke značnému kolísání spotřeby lze podniku doporučit proměnlivou výši pojistné zásoby v návaznosti na měnící se velikost spotřeby během roku. Výše uvedený postup lze také chápat jako jednoduchou metodu stanovení výše pojistné zásoby.

Z tab. č. 2 až 5 je patrné, že v podstatě neexistuje žádná univerzální metoda pro stanovování velikosti pojistné zásoby. Jako obecně nejpřesnější lze označit z metod, které stanovují fixní velikost pojistné zásoby M10 a M23 a z metod, které stanovují variabilní velikost pojistné zásoby M25. Kritériem volby by měly být náklady na udržování a skladování pojistné zásoby a náklady z nedostatku zásoby. Bohužel velikost těchto nákladových položek nelze v daném podniku přesně určit z důvodu chybějící evidence.

Vydeme-li z obecného poznatku, že náklady na udržování a skladování zásob se pohybují okolo 35 % z ceny zásob, lze tyto náklady u výbojky 70 W odhadnout na 91 Kč/rok (cena výbojky 70 W je 260 Kč/ks), u výbojky 150 W na 128,80 Kč/rok (cena 368 Kč/ks) a u výbojky 250 W na 143,50 Kč/rok (cena 410 Kč/ks). Jestliže vedení podniku požaduje stupeň úplnosti dodávky 95 %, odpovídají tomu náklady z nedostatku u výbojky 70 W ve výši 108 Kč/ks (viz vztah (142) na s. 95 v disertační práci), u výbojky 150 W ve výši 279 Kč/ks a u výbojky 250 W ve výši 325 Kč/ks. Kalkulace celkových nákladů za tři roky pro metody M23, M25 a M10 je uvedena v tab. č. 9.

Výbojka	Náklady na skladování poj. zás.			Náklady z nedostatku zásoby			Náklady celkem		
	M23	M25	M10	M23	M25	M10	M23	M25	M10
70 W	28 665	17 723	25 116	1 944	10 908	5 184	30 609	28 631	30 300
150 W	29 366	18 718	24 343	6 696	9 765	10 323	36 062	28 483	34 666
250 W	24 108	17 041	19 373	0	0	0	24 108	17 041	19 373
Celkem	82 139	53 482	68 832	8 640	20 673	15 507	90 779	74 155	84 339

Tab. č. 9 - Srovnání výše nákladů na udržování a skladování pojistné zásoby a nákladů z nedostatku zásoby mezi metodami M23, M25 a M10 (údaje v Kč)

Na základě údajů z tab. č. 9 lze konstatovat, že za dané úrovně jednotlivých nákladových složek by bylo pro podnik výhodné udržovat pojistnou zásobu u všech výbojek na úrovni podle metody M25.

4. Přehled dosažených výsledků

Cílem doktorské práce bylo sestavit co nejúplnější přehled metod stanovení velikosti pojistné zásoby, včetně otestování jejich použitelnosti na podnikových datech a uvedení předpokladů, za nichž mohou být jednotlivé metody aplikovány v praxi.

Výsledky doktorské práce lze rozdělit do několika podskupin – identifikace faktorů ovlivňujících velikost a způsob výpočtu pojistné zásoby, přehled metod stanovení velikosti pojistné zásoby, včetně uvedení obecných předpokladů jejich použitelnosti, vliv přístupu k řízení zásob na velikost pojistných zásob v logistických řetězcích, zhodnocení použitelnosti jednotlivých metod stanovení pojistné zásoby a uvedení doporučení pro aplikaci daných metod pro jednotlivé skupiny zásob.

Pro drahé a důležité položky zásob s relativně rovnoměrnou poptávkou, u kterých nelze připustit vyčerpání skladové zásoby, lze doporučit Q – systém řízení zásob, u kterého je stav zásoby prakticky monitorován průběžně. Výhodou tohoto systému je nižší průměrná zásoba ve srovnání s alternativním P – systémem, protože pojistnou zásobu stačí dimenzovat jen proti nepříznivým důsledkům vyšší spotřeby během intervalu pořízení zásob. Naproti tomu u P – systému řízení zásob se zásoba kontroluje pouze periodicky v předem stanovených intervalech. Pojistná zásoba zde musí být vyšší, protože musí pokrýt kolísání v poptávce během celého objednacího cyklu. P – systém řízení zásob je vhodný pro položky zásob vyznačující se silně kolísající spotřebou nebo při odběru většího počtu různých položek od jednoho dodavatele, kdy lze realizovat úspory objednacích a dopravních nákladů.

Sortiment zásob je žádoucí rozdělit do několika podskupin na základě analýz ABC a XYZ. Dostaneme tím mřížku o devíti polích. Pro každé pole se stanovuje optimální zásobovací strategie a způsob určování pojistné zásoby. Pro klíčové položky zásob s ustálenou spotřebou lze uvažovat o koncepci zásobování synchronního s výrobou s velmi nízkou výší pojistných zásob. Méně důležité položky zásob je účelné rozdělit do několika podobných podkategorií podle frekvence doplňování zásob. Pro každou podkategorii se stanoví jednotná časová norma pojistné zásoby. Množstevní norma konkrétní položky se dostane vynásobením časové normy průměrnou očekávanou potřebou za zvolenou časovou jednotku. Pro každou kategorii zásob je vhodné stanovit odlišnou spolehlivost zabezpečení proti odchýlkám (např. pro položky kategorie A stupeň pohotovosti dodávky ve výši 98 %, pro kategorii B 95 %, pro kategorii C 90 % - konkrétní hodnoty je třeba určit podle specifických podmínek podniku), která se prostřednictvím pojistného faktoru promítá do výše pojistné zásoby. V případě nestacionárního charakteru potřeby je vhodné aplikovat metody, které pružně přizpůsobují velikost pojistné zásoby měnící se výši potřeby a pokusit se redukovat příčiny kolísání změnou dodavatelsko – odběratelských vztahů.

Je nutné upozornit, že pojistná zásoba se vytváří pouze u hotových výrobků a těch nakupovaných položek, k jejichž zásobě proniká nezávislá poptávka – u výrobních podniků se jedná převážně o pomocné a režijní materiály a díly vstupující do výrobků montovaných na zakázku. U položek se závislou poptávkou se pojistná zásoba vytváří jen výjimečně kvůli

nejisté výtěžnosti některých výrobních fází. Nezávislá poptávka se „přeměňuje“ na závislou poptávku v bodě rozpojení.

Posun bodu rozpojení proti proudu hmotného toku je významným nástrojem snižování velikosti pojistné zásoby, zejména u složitých výrobků s velkým počtem variant. Při takovém posunu dochází ke snížení zásob hotových výrobků. Zásoba rozpracované výroby se sice zvýší, ale vzhledem k tomu, že zásoba je držena ve flexibilnější fázi výrobního procesu s nižší variabilitou potřeby, je její nárůst podstatně menší v důsledku držení nižší pojistné zásoby. Důležitým faktorem, který ovlivňuje umístění bodu rozpojení v hmotném toku je poměr nákladů na držení jednotky pojistné zásoby rozpracovaných výrobků k nákladům na držení jednotky pojistné zásoby hotových výrobků. Jestliže je tento poměr vyšší než hraniční hodnota, při které jsou náklady na obě varianty stejně vysoké, je optimálním řešením udržování pouze pojistné zásoby hotových výrobků a opačně.

Dalším problémem, který souvisí s pojistnými zásobami v každém článku logistického řetězce je fakt, že každá změna poptávky na konečném trhu je postupným předáváním zesilována, pokud logistický řetězec sdružuje řadu nezávislých článků sdílejících jen minimum informací. To vede k nutnosti udržování vysokých pojistných zásob, protože v důsledku špatné spolupráce jednotlivých článků v řetězci se zvyšuje variabilita poptávky. Z toho důvodu je žádoucí přejít od tradičního systému zásobování vycházejícího z předpovědi poptávky na systém tažený skutečnou poptávkou, ve kterém předcházející článek řetězce odesílá dávku odebírajícímu článku až v okamžiku a v množství, které odebírající článek potřebuje. Pro sdílení informací o poptávce, objednávkách a zásobách mezi všemi články logistického řetězce lze doporučit zavádění systémů QR a ECR.

Pojistná zásoba musí být tím vyšší, čím delší je období, pro které jsou prováděny odhady budoucí potřeby a čím méně spolehlivý je odhad budoucí potřeby. Toto období nazývané jako interval nejistoty je nejvíce ovlivněno délkou pořizovací lhůty. Pro snížení pojistných zásob je třeba redukovat délku pořizovací lhůty. Toho lze dosáhnout omezením počtu dodavatelů, uzavíráním dlouhodobých kontraktů, tím zkrácení dob potřebných na přípravu a vyhotovení objednávek, kontrolu jakosti materiálu od dodavatelů, u vlastních výrobků pak především zkrácením průběžné doby výroby lepší organizací výroby. Zkrácením pořizovací lhůty se dosáhne i zvýšení přesnosti odhadu budoucí potřeby.

Pojistná zásoba je ovlivněna průměrnou výší obrátové zásoby. Zde platí, že při vyšší obrátové zásobě bude při dané výši pojistné zásoby zabezpečeno uspokojení potřeby s vyšší pravděpodobností než při nižší obrátové zásobě. Roste tím ovšem riziko zastarání a nepoužitelnosti zásob. Na druhé straně při objednávání nízkých dodávek roste počet časových úseků, v nichž hrozí nebezpečí nedostatku zásob, ale zásobu lze operativně doplňovat a klesá riziko její budoucí nepoužitelnosti. Tuto druhou variantu lze jednoznačně doporučit u klíčových položek zásob. Podmínkou je vybudování strategického partnerství mezi dodavateli a zákazníkem.

Jedním z klíčových faktorů působících na velikost pojistné zásoby je požadovaná spolehlivost zabezpečení proti vzniku nedostatku zásob. Tuto spolehlivost lze měřit prostřednictvím stupně úplnosti nebo pohotovosti dodávky, přičemž druhý způsob je obecně považován za výstižnější. Spolehlivost zabezpečení se liší podle důležitosti dané položky zásob a promítá se do výše pojistné zásoby prostřednictvím pojistného faktoru. Lze doporučit, aby se optimální stupeň zabezpečení stanovoval na základě kritéria nákladů. Jednotlivé složky nákladů by se ovšem neměly posuzovat izolovaně, ale v kontextu celkových nákladů logistického systému.

Optimální spolehlivost zabezpečení je potom dána minimem celkových nákladů, které zahrnují náklady na skladování a udržování zásob, náklady z nedostatku zásob a náklady na dodání.

Jádrem doktorské práce byla analýza jednotlivých metod stanovení velikosti pojistné zásoby. Celkem bylo rešerší v literatuře a na internetu objeveno 26 základních metod, některé z nich se vyskytovaly i v několika variantách. Jelikož je celá problematika metod stanovování pojistných zásob v literatuře popisována značně nepřehledně, bylo nutno vytvořit určitý klasifikační systém. Metody byly rozděleny do dvou hlavních skupin. První skupinu tvoří metody, které lze doporučit pro položky zásob se stacionárním charakterem potřeby. Do této kategorie byly zahrnuty 22 metody, které byly ještě rozděleny na metody, které nepoužívají k vyjádření spolehlivosti zabezpečení pojistný faktor (4 metody – M1 až M4) a na metody používající k vyjádření spolehlivosti zabezpečení pojistný faktor (17 metod – M5 až M21). Metody pracující s pojistným faktorem lze dále členit na metody založené na analýze údajů o minulé potřebě (10 metod – M5 až M14), metody založené na analýze chyb v předpovědi potřeby (4 metody – M15 až M18) a bodovací metody (3 metody – M19 až M21). Samostatnou „kategorii“ představuje metoda M22, která stanovuje pojistnou zásobu podle skutečného rozdělení potřeby. Tato metoda je založena na analýze údajů o minulé potřebě, ale nepoužívá pojistný faktor. Nelze ji ovšem ani zařadit mezi metody M1 až M4, neboť velikost pojistné zásoby u metody M22 závisí na požadované spolehlivosti zabezpečení.

Druhou skupinu tvoří metody, které lze doporučit pro položky zásob s nestacionárním charakterem potřeby. Do této kategorie spadají 4 metody (M23 až M26).

Vzhledem k tomu, že i pro optimalizaci výše pojistného faktoru existuje několik metod, byla tato problematika vyčleněna do samostatné podkapitoly. V zásadě je možné stanovovat velikost pojistného faktoru autonomně bez kritéria nákladů, optimalizací na základě nákladového kritéria nebo bodovacím způsobem. Způsob určování pojistného faktoru závisí i na tom, zda je spolehlivost zabezpečení vyjádřena stupněm úplnosti nebo pohotovosti dodávky.

U důležitých položek zásob kategorie A by měl být pojistný faktor stanovován na základě kritéria nákladů. U těchto položek je také třeba znát stupeň pohotovosti dodávky, nestačí se spokojit s výpočtem pravděpodobnosti, že nedojde k vyčerpání zásoby. Pro středně a méně důležité položky zásob kategorie B a C lze doporučit stanovování pojistného faktoru bodovacím způsobem, v krajním případě i autonomně. V případě autonomního stanovení pojistného faktoru je vhodné odhadnout velikost nákladů na udržování a skladování zásob a pomocí vztahu (142), který je uveden na s. 95 doktorské disertační práce, určit velikost nákladů z nedostatku zásob odpovídající této spolehlivosti zabezpečení a posoudit, nakolik je výše těchto nákladů reálná.

Dalším výsledkem bylo zjištění, že v případě centrálního řízení distribučního systému je možno dosáhnout významného snížení pojistných zásob v důsledku existence tzv. portfoliového efektu. Nezávisí přitom, zda zásoby jsou přesunovány podle potřeby z jednoho skladu do druhého nebo je koncentrována skladová síť do menšího počtu jednotek. Portfoliový efekt není závislý na počtu skladovacích lokalit, ale na strategii řízení zásob. Optimální počet skladových míst je dán minimem celkových nákladů logistického systému, které zahrnují náklady na financování zásob, náklady na dopravní obsluhu skladů a náklady na skladování zásob.

Všech 26 metod stanovení velikosti pojistné zásoby bylo aplikováno na data z konkrétního podniku, který v současné době řeší problematiku stanovení optimální výše pojistných zásob. Cílem bylo ověřit použitelnost jednotlivých metod. Ukázalo se, že v praxi naráží aplikace některých metod na řadu úskalí. Často nebyvají splněny podmínky, na kterých jsou metody založeny. Týká se to např. předpokladu o normalitě rozdělení spotřeby (poptávky), ustálenosti průběhu spotřeby (poptávky), nevýznamnosti některých faktorů nejistoty (např. předpoklad konstantní délky intervalu nejistoty, neexistence kolísání dodávek apod.).

Po provedení výpočtů bylo zjištěno značné variační rozpětí velikostí pojistných zásob stanovených pomocí jednotlivých metod. Minimální hodnoty pojistných zásob se pohybovaly okolo několika málo kusů, maximální hodnoty v řádech sta kusů. Z toho bylo zřejmé, že některé metody musí být chybné. Za účelem zhodnocení jednotlivých metod bylo nutné odhadnout správnou velikost pojistné zásoby na základě údajů o průměrné výši pojistné zásoby (lépe řečeno určité skladové rezervy, neboť podnik zatím výši pojistné zásoby samostatně nesledoval a ani nenormoval) udržované v posledních třech letech a dosahovaných stupňů pohotovosti a úplnosti dodávky.

Z výsledků je patrné (tab. č. 2 až 5), že v podstatě neexistuje žádná univerzální metoda stanovení velikosti pojistné zásoby. Jako zcela chybné a pro použití v praxi nevhodné metody byly určeny M1, M2, M3a, M4, M5, M6, M7, M8, M9, M13b, M15, M24 a M26 – tj. celkem 11 základních metod z 26 zkoumaných a navíc 2 varianty základních metod. Nejčastější příčinou byla chybná konstrukce výpočetního vztahu a nesprávně určená délka intervalu nejistoty (záměna pořizovací lhůty s dodávkovým cyklem).

Zbylých 15 metod bylo rozčleněno podle vhodnosti použití pro jednotlivé skupiny zásob na základě kombinace klasifikací podle metod ABC a XYZ. Jako obecně nej přesnější byly identifikovány metody M10 a M23, které lze prakticky použít u všech položek zásob. U položek zásob se silně kolísající spotřebou (poptávkou) však bude pojistná zásoba podle těchto metod vysoká. V takovém případě lze doporučit jako alternativu metodu M25, která stanovuje pojistnou zásobu variabilně v závislosti na měnící se výši spotřeby (poptávky) během roku. Kritériem volby by měly být náklady na udržování a skladování zásob a náklady z nedostatku zásob.

Pro velmi důležité položky zásob kategorie A s rovnoměrnou spotřebou (poptávkou) lze doporučit, vedle zmiňovaných metod M10 a M23, i metody M13a a M17, za předpokladu prakticky konstantní délky intervalu nejistoty i metody M11, M12, M16. Jestliže se spotřeba (poptávka) neřídí normálním rozdělením, je vhodné použít metodu M22. V takovém případě je nutné alespoň odhadnout intenzitu odchylek v délce pořizovací lhůty, event. i ve velikosti dodávek a upravit o jejich výši pojistnou zásobu, neboť metoda M22 s těmito zdroji nejistoty nepočítá. V případě variabilnějšího charakteru spotřeby (poptávky) přichází v úvahu metoda M25. Výhodou této metody je skutečnost, že časová řada je popsána pomocí exponenciálního vyrovňávání, takže propočet lze poměrně snadno aktualizovat.

Pro méně důležité položky kategorie B a C nejsou metody M13a, M14, M16, M17, M18 a M25 příliš vhodné, protože jsou náročné na přesnost vstupních údajů a objem výpočetních prací. Pro některé levné, ale důležité položky však mohou být i tyto metody užitečné. Méně významné položky je vhodné rozdělit do několika podskupin, např. podle účelu použití, charakteru spotřeby nebo frekvence doplňování. Pro tyto položky lze pomocí metod M10 nebo M23 (příp. i dalších M11, M12, lze-li považovat interval nejistoty za konstantní)

stanovit časové normy pojistné zásoby. Množstevní norma se pak dostane vynásobením časové normy průměrnou spotřebou (poptávkou).

V praxi je důležité se u významných položek neomezovat pouze na jednorázový propočet normy velikosti pojistné zásoby. Normu velikosti pojistné zásoby je třeba periodicky aktualizovat, např. čtvrtletně a vždy při změně vývojové tendence. Je nutné sledovat dosahovanou úroveň služeb zákazníkům, evidovat a zjišťovat četnost a velikost čerpání z pojistné zásoby. U méně důležitých položek zásob by se měla revidovat pojistná zásoba ročně. Pojistná zásoba u položek kategorie B a C může být i vyšší, neboť tyto položky se podílejí na hodnotě celkové zásoby a spotřeby pouze malým procentem.

Na závěr lze konstatovat, že problematiku řízení pojistných zásob, ač je samostatně značně rozsáhlá, nelze chápat izolovaně, ale vždy v kontextu řízení celého zásobovacího systému. Chybné přístupy k řízení ostatních složek zásob se promítnou do vysoké hladiny pojistných zásob, bez ohledu na zvolenou metodiku výpočtu. Ta v takovém případě pouze zajistí, že bude dosaženo požadované spolehlivosti zabezpečení proti odchýlkám. Jestliže je cílem podniku snížení pojistných zásob, je nutno v první řadě zjednodušit a zracionalizovat podnikové i mimopodnikové materiálové a informační toky. Výsledkem potom bude i snížení pojistných zásob, ke kterému dojde v důsledku redukce kolísání poptávky, dodávek a pořizovacích lhůt.

5. Seznam použité literatury

V seznamu použité literatury na s. 198 – 201 v doktorské disertační práci je uvedeno 55 použitých informačních pramenů. V autoreferátu byly citovány tyto prameny:

- [1] CYHELSKÝ, L., KAHOUNOVÁ, J., HINDLS, R. *Elementární statistická analýza*. 1. vyd. Praha: Management Press, 1996. ISBN 80-85943-18-2
- [2] HORÁKOVÁ, H., KUBÁT, J. *Řízení zásob. Logistické pojetí, metody, aplikace, praktické úlohy*. 3. vyd. Praha: Profess Consulting, 1999. ISBN 80-85235-55-2
- [3] KRUPP, J. A.G. Managing demand variations with safety stock. In *Journal of Business Forecasting Methods & Systems*. Summer 1997, Vol. 16, Issue 2, p. 8, 4 p. ISSN 0278-6087. In *EBCSO* [online]. Dostupné z: <<http://www.ehostvgw6.epnet.com>>
- [4] KUBÁT, J. K objektivnímu výběru dodavatele. In *Logistika. Měsíčník pro dopravu, skladování, distribuci a balení*. č. 10 (říjen 1999), roč. 5, s. 27. ISSN 1211-0957
- [5] SANDVIG, J. CH. Calculating safety stock. In *IIE Solutions*. Dec. 1998, Vol. 30, Issue 12, p. 28, 2 p. ISSN 1085-1259. In *EBCSO* [online]. Dostupné z: <<http://www.ehostvgw6.epnet.com>>
- [6] SANDVIG, J. CH., REISTAD, A. Safety stock decision support tool. In *Production and Inventory Management Journal*. Fourth quarter 2000, Vol. 41, Issue 4, p. 8, 3 p. ISSN 0897-8336. In *ProQuest* [online]. Dostupné z: <<http://www.proquest.umi.com>>
- [7] TOMEK, J., HOFMAN, J. *Moderní řízení nákupu podniku*. 1. vyd. Praha: Management Press, 1999. ISBN 80-85943-73-5
- [8] TOMEK, G., TOMEK, J. *Nákupní marketing*. 1. vyd. Praha: Grada Publishing, 1996. ISBN 80-85623-96-X
- [9] TOMEK, G., VÁVROVÁ, V. *Řízení výroby*. 1. vyd. Praha: Grada Publishing, 1999. ISBN 80-7169-578-5
- [10] ZINN, W., MARMORSTEIN, H. Comparing two alternative methods of determining safety stock levels: The demand and the forecast systems. In *Journal of Business Logistics*. 1990, Vol. 11, Issue 1, p. 95, 16 p. ISSN 0735-3766. In *EBCSO* [online]. Dostupné z: <<http://www.ehostvgw6.epnet.com>>

6. Resumé

Doktorská disertační práce se zabývá zhodnocením metod pro stanovení normy velikosti pojistné zásoby. Práce je zpracována v šesti hlavních kapitolách..

V úvodní kapitole je provedeno základní rozdělení zásob z hlediska funkcí, které plní v podniku.

Následující kapitola je věnována funkcím pojistné zásoby v podniku. V navazujících podkapitolách jsou podrobně analyzovány faktory, které ovlivňují velikost a způsob výpočtu pojistné zásoby. Jde o tyto parametry: objednávací systém podniku, důležitost dané položky v sortimentu zásob, charakter poptávky po dané položce zásob, umístění bodu rozpojení v logistickém řetězci, délka intervalu nejistoty, průměrná výše obrátové zásoby, spolehlivost zabezpečení proti vzniku nedostatku zásob, intenzita odchylek, velikost nákladů na udržování a skladování zásob, velikost nákladů z nedostatku zásob, zvolené kritérium optimality, jakost materiálu, spolehlivost dodavatelů.

Stěžejní částí doktorské disertační práce je další kapitola, ve které je uveden přehled dvaceti šesti metod stanovení velikosti pojistné zásoby. Metody jsou rozděleny do dvou základních skupin. První skupinu tvoří metody, které lze doporučit pro položky zásob se stacionárním charakterem poptávky nebo spotřeby. Do této kategorie byly zahrnuty 22 metody, které byly dále rozděleny na metody, které nepoužívají k vyjádření spolehlivosti zabezpečení pojistný faktor (4 metody) a na metody používající k vyjádření spolehlivosti zabezpečení pojistný faktor (17 metod). Metody pracující s pojistným faktorem lze členit na metody založené na analýze údajů o minulé poptávce nebo spotřebě (10 metod), metody založené na analýze chyb v předpovědi poptávky nebo spotřeby (4 metody) a bodovací metody (3 metody). Samostatnou kategorií představuje metoda, která stanovuje pojistnou zásobu podle skutečného rozdělení poptávky nebo spotřeby. Druhou skupinu tvoří čtyři metody, které lze doporučit pro položky zásob s nestacionárním charakterem potřeby. Každá metoda je stručně zhodnocena s uvedením předpokladů použitelnosti v podnikové praxi.

Velikost pojistné zásoby není ovlivněna pouze volbou určité metody výpočtu, ale závisí i na zvoleném přístupu k řízení zásob (centralizovaném nebo decentralizovaném) a na místě v logistickém řetězci, na kterém se zásoba nachází. Těmto faktorům je věnována kapitola 5.

Všechny metody byly aplikovány na data konkrétního podniku s cílem ověřit použitelnost jednotlivých metod. Propočty jsou uvedeny v následující kapitole. Z výsledků je patrné, že v podstatě neexistuje žádná univerzální metoda stanovení velikosti pojistné zásoby. Z 26 zkoumaných metod bylo 11 metod chybných z důvodů chybné konstrukce výpočetního vztahu a nesprávně určené délky intervalu nejistoty.

V závěrečné kapitole bylo zbylých 15 metod rozčleněno podle vhodnosti použití pro jednotlivé skupiny zásob na základě klasifikací podle metod ABC a XYZ. Jako obecně nej přesnější byly identifikovány metody M10 a M23, které lze prakticky použít u všech položek zásob. U položek zásob se silně kolísající poptávkou nebo spotřebou je však pojistná zásoba podle těchto metod vysoká. Jako alternativu lze doporučit metodu M25, která stanovuje pojistnou zásobu variabilně v závislosti na měnící se výši poptávky nebo spotřeby. Kritériem volby by měly být náklady na udržování a skladování zásob a náklady z nedostatku zásob.

7. Summary

This thesis evaluates methods for the determination of a norm for safety stock amount. It consists of six main chapters.

In the introductory chapter we make a basic division of stock according to its function in a company.

The next chapter is dedicated to the function of the safety stock in a company. The factors that influence the amount and the calculation of the safety stock are carefully analyzed in the following subchapters. We take into account these factors: inventory system of a company, the importance of the item in the stock system, the character of the demand of the specific item, position of the decoupling point in the supply chain, the length of the lead time, average current stock, desired service level, intensity of deviations, holding and storage costs, shortage costs, selected optimal criterion, quality of the material and reliability of the suppliers.

The most important part of the thesis is the following chapter, which consists of a survey of 26 methods for safety stock determination. The methods are divided in two major groups. In the first group there are the methods that can be recommended for the stock items with the stationary character of demand. This group includes 22 methods that are further divided into methods which do not use the safety factor to express the reliability of the security (4 methods) and methods which use this factor (17 methods). The methods that use the safety factor can be divided into those based on the past demand data analysis (10 methods), methods based on the analysis of mistakes in the forecast system (4 methods) and the points system methods. A method that determines the safety stock according to the real distribution of the demand represents a special category. The second major group consists of four methods that can be recommended for the stock items with the non-stationary character of demand. Every method is briefly described and evaluated and the conditions of the use in enterprise management are elaborated.

The amount of safety stock is not only influenced by the choice of one of the methods for calculation, but also depends on the approach to stock management (centralized or decentralized) and on the place in the supply chain where the stock is to be found. These factors are reflected in chapter number 5.

All methods have been applied on the data from one real company with the objective of confirming the usability of the individual methods. The calculations are exposed in the following chapter. The results prove that there is no ideal and versatile method for safety stock determination. 11 of the examined 26 methods were incorrect because of the faulty construction of the calculation and the inaccurate determination of lead time.

In the last chapter, the remaining 15 methods were divided according to their suitability for the various stocks on the basis of the classification methods ABC and XYZ. The methods M10 and M23 were identified as generally the most precise and suitable for practically all the items of stock, although safety stock is rather high for the items that are characterized by floating demand. As an alternative, method M25 can be recommended. This method establishes a variable safety stock according to changes in demand. The criteria for the choice should be the holding and storage costs and shortage costs.

8. Publikace v průběhu doktorského studia

- [1] ŽIŽKA, M. Economic Value Added. In *E + M Ekonomie a Management*, 1998, roč. 1, č. 1, s. 12 – 17. ISSN 1212 – 3609
- [2] ŽIŽKA, M. Analýza závislosti mezi výší průměrné hrubé měsíční mzdy a mírou nezaměstnanosti v České republice. In *E + M Ekonomie a Management*, 1999, roč. 2, č. 3, s. 34 – 37. ISSN 1212 – 3609
- [3] ŽIŽKA, M. Financování regionálních kulturních institucí. In *Vědecká pojednání*. Liberec: Středisko pro koordinaci výzkumu na vysokých školách v Euroregionu Nisa, 1999, s. 62 – 67. ISBN 80 – 7083 – 353 – X
- [4] ŽIŽKA, M., PEŠKOVÁ, R., RYDVALOVÁ, P. Projektový management realizace vydávání odborného periodika. In *Management '99. Sborník referátů. 2. díl – Management ve výuce a vzdělávání*. Plzeň: Fakulta ekonomická ZČU Plzeň, 1999, s. 97 – 104. ISBN 80 – 7082 – 579 – 0
- [5] SIXTA, J., KUBIAS, S., ŽIŽKA, M. Analýza využívání informačního systému ve výrobní organizaci z pohledu logistiky. In *Ekonomické problémy transformace hospodářství České republiky s přihlédnutím ke specifickým Euroregionu Nisa [Výzkumná zpráva]*. Liberec: Hospodářská fakulta TU v Liberci, 1999, s. 141 – 194.
- [6] ŽIŽKA, M. Stanovení polohy bodu rozpojení objednávkou zákazníka ve výrobním podniku. In *Logistika v teorii a praxi*. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2000, s. 80 – 85. ISBN 80 – 7083 – 385 – 8
- [7] ŽIŽKA, M., KROUŽELOVÁ, K., PECKA, M. Využití logistiky v podnicích v české části Euroregionu Nisa. In *MANAG 2000 – 2. díl. „Management Generally“. Sborník referátů*. Cheb: Hospodářská akademie, Plzeň: Fakulta ekonomická ZČU, 2000, s. 343 – 348. ISBN 80 – 7082 – 647 - 9
- [8] SIXTA, J., KUBIAS, S., ŽIŽKA, M. Využití logistiky v řízení výrobních organizací v Euroregionu Nisa. In *Ekonomické problémy transformace hospodářství České republiky s přihlédnutím ke specifickým Euroregionu Nisa [Výzkumná zpráva]*. Liberec: Hospodářská fakulta TU v Liberci, 2000, 49 s.
- [9] ŽIŽKA, M., KROUŽELOVÁ, K., PECKA, M. Využití logistiky jako filozofie řízení výrobních organizací I. *E + M Ekonomie a Management*, 2000, roč. 3, č. 4, s. 24 – 26. ISSN 1212 – 3609
- [10] ŽIŽKA, M. Funktion des Entkopplungspunktes in der Logistikkette der Produktionsbetriebe. In *Zborník príspevkov pre III. ročník medzinárodnej konferencie LOGISTIKA 2000*. Košice: EXPO-EDUC s.r.o. Dom techniky ZSVTS (Slovensko), 2000, s. 140 – 144. ISBN 80 – 88941 – 14 - 8
- [11] ŽIŽKA, M., KROUŽELOVÁ, K., PECKA, M. Využití logistiky jako filozofie řízení výrobních organizací II. *E + M Ekonomie a Management*, 2001, roč. 4, č. 1, s. 15 – 19. ISSN 1212 – 3609

- [12] ŽIŽKA, M. Logistics Approach to Managing a Company. In *Sborník příspěvků z 1. Mezinárodní konference studentů doktorských studijních programů IMEA 2001*. Pardubice: Univerzita Pardubice, 2001, s. 390 – 394. ISBN 80 – 7194 – 347 – 9
- [13] ŽIŽKA, M. Stanovení normy velikosti pojistné zásoby z hlediska stupně úplnosti a stupně pohotovosti dodávky. In *E + M Ekonomie a Management*, 2001, roč. 4, mimoř. číslo, s. 46 – 51. ISSN 1212 - 3609
- [14] SIXTA, J., ŽIŽKA, M. Stav logistiky v ČR. Využití logistiky v řízení výrobních organizací v české části Euroregionu Nisa. In *Sborník z VI. mezinárodní logistické konference LOGISTIKA – obor 21. století*. Praha: Česká logistická asociace a Vysoká škola ekonomická v Praze, 2001, s. 31 – 36. ISBN neuvedeno
- [15] ŽIŽKA, M., KROUŽELOVÁ, K., PECKA, M. Logistics as a Philosophy of Company Administration in the Czech Part of the Nisa Euroregion. In *E + M Ekonomie a Management*, 2001, Vol. 4, Issue special, s. 29 - 33. ISSN 1212 – 3609
- [16] ŽIŽKA, M., JIRÁNEK, P. Aplikace metod stanovení pojistné zásoby v automobilovém průmyslu. In *Sborník z V. mezinárodní konference Hospodářské šance pro 3. tisíciletí*. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2001, s. 280 – 285. ISBN 80-7083-201-X
- [17] SIXTA, J., ŽIŽKA, M., KUBIAS, S. Prosazuje se logistika v české části Euroregionu Nisa do řízení výrobních organizací? In *Ekonomické problémy transformace hospodářství České republiky s přihlédnutím ke specifickým Euroregionu Nisa - Sborník prací výzkumného záměru*. Liberec: Hospodářská fakulta TU v Liberci, 2001, s. 128 – 140. ISBN 80-7083-540-0
- [18] SIXTA, J., KUBIAS, S., ŽIŽKA, M. Uplatnění logistiky při zvyšování konkurenceschopnosti podniků v české části Euroregionu Nisa. In *Ekonomické problémy transformace hospodářství České republiky s přihlédnutím ke specifickým Euroregionu Nisa [Výzkumná zpráva]*. Liberec: Hospodářská fakulta TU v Liberci, 2001, 24 s.
- [19] SIXTA, J., ŽIŽKA, M. Aplikace metod stanovení pojistné zásoby v podnikové praxi. In *Sborník referátů z mezinárodní konference Logistické řízení podniku*. Ostrava: VŠB – TU, 2001, s. 142 – 146. ISBN 80-238-7644-9
- [20] SIXTA, J., ŽIŽKA, M. Co dříve implementovat – informační systém nebo logistiku jako filozofii řízení? In *Praktické příklady logistických podsystémů ve výrobních podnicích*. Praha: Česká společnost pro manipulaci s materiálem – logistiku, 2001, 6 str. ISBN neuvedeno
- [21] ŽIŽKA, M. Postavení logistiky v malých a středních firmách. In *E + M Ekonomie a Management*, 2001, roč. 4, č. 4, s. 24 - 26. ISSN 1212 - 3609