

Małgorzata Maternowska

Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie



Zarządzanie zapasami w przedsiębiorstwach handlowych - przykład analizy

Zapasy zawsze postrzegane były dwojako. Stanowią niezbędny składnik biznesu; często jest tak, że łatwiej żyje się z nimi niż bez nich. Jednak z drugiej strony, utrzymywanie zbyt wysokiego poziomu zapasów nie może być korzystne ze względu na tak ważne kwestie finansowe¹. Istotna jest zatem umiejętność kalkulowania właściwego poziomu zapasów.

Utrzymywanie zapasów wyrobów gotowych ma wpływ na kształtowanie odpowiedniego poziomu obsługi klienta. Dobre zarządzanie zapasami jest w tym zakresie wyznacznikiem sukcesu firmy. Ich wielkość stanowi kompromis pomiędzy wysokością kosztów utrzymywania zapasów i kosztów uzyskania określonego poziomu obsługi. Przyjęte rozwiązanie ma wpływ na zyskowność podejmowanych działań².

Opis sytuacji

Zadaniem grupy odpowiedzialnej za planowanie zapasów w domach towarowych „Gwarek” (przykład abstrakcyjny) jest m. in. udzielanie pomocy kierownikom poszczególnych działów sprzedaży w podejmowaniu decyzji związanych z zapasami.

Właśnie jeden z nich zwrócił się o pomoc w usprawnieniu systemu planowania zapasów podnoszących zyskowność jego działu. Reprezentuje on dział elektroniki, który zajmuje się sprzedażą sprzętu video jednej określonej marki.

DANE	
Finansowe	
Cena jednostkowa sprzedaży.....	555 PLN
Cena jednostkowa nabycia	495 PLN

Sprzedaż aparatów video (Tab. 1)

Dane oparte są na reprezentacyjnej próbie 10 dni sprzedaży (dom towarowy „Gwarek” pracuje 360 dni w roku):

Tab. 1. Dzienna sprzedaż aparatów video	Dzienna sprzedaż	Częstotliwość wystąpienia
	1	2
	2	2
	6	2
	10	2
	16	2

Cykl dostawy

Sprzęt video dostarczany jest dostarczany z Tokio przez firmę Syonara Manufacturing.

Próbkę stanowi 10 cykli dostaw o wielkości (w dniach): 9, 9, 42, 13, 22, 33, 11, 18, 36, 27

PYTANIA I PROBLEMY

- A. Który z analizowanych poziomów obsługi sprzedaży sprzętu (video) 99%, 95%, 91% czy 87%, da w rezultacie największy zysk?
- B. Przedstawiciel Syonara Manufacturing poinformował o możliwym podniesieniu ceny na swoje dostawy o 1,5%, co wiązać by się miało ze

zmniejszeniem odchylenia czasu realizacji dostawy o połowę, a stanowiło efekt wynajęcia przez firmę Syonara Manufacturing bardziej niezawodnych przewoźników.

Czy zakładając obecny poziom obsługi wynoszący 99% i stosowaną politykę zamówienia kierownik działu sprzedaży video powinien przyjąć czy też odrzucić tę ofertę?

C. Na terenie miasta istnieje 5 oddziałów Domu Towarowego Gwarek.

Zarząd chciałby porównać zyskowność dwóch następujących strategii, zakładając, że nie wystąpią straty spowodowane utraconą sprzedażą:

- Dostarczać towar przy poziomie obsługi wynoszącym 99% z magazynów utrzymywanych przy każdym sklepie *lub*
- Dostarczać towar przy poziomie obsługi wynoszącym 99% z lokalnego centrum dystrybucji, które obsługuje wszystkie 5 oddziałów i rozprządza potrzebne zapasy do każdego z nich wówczas gdy to konieczne po koszcie ekspedycji wynoszącym 150 PLN na tydzień.

W TEORII...

1. Poziom obsługi rozumiany jest jako prawdopodobieństwo, że popyt (zapotrzebowanie) nie przekroczy podaży w czasie realizacji zamówienia.

99 % poziom obsługi oznacza zatem prawdopodobieństwo, że

Obecna polityka dotycząca poziomu obsługi i zarządzania zapasami

Polityka zamówień.....wielkość zamówienia W_z , równa się średniemu zapotrzebowaniu występującemu podczas średniego czasu realizacji zamówienia

Roczny poziom obsługi.....99%

Dla określenia całkowitych kosztów utrzymania zapasów posłużą poniżej zgromadzone dane:

Koszty zamrożonego kapitału.....	37%.....	Koszty kapitałowe
Podatek od zapasów.....	1,6%.....	Koszty obsługi zapasów
Ubezpieczenie.....	0,4%.....	
Koszty składowania (stałe).....	3,3%.....	Koszty składowania
Koszty starzenia się towaru.....	0,7%.....	Koszty związane z ryzykiem utrzymywania zapasów
Uszkodzenia, zniszczenia.....	2,0%.....	

¹ W rzeczywistości duże ilości zapasów są zazwyczaj symptomem wielu innych poważnych problemów.

² Na podstawie Lambert D. M., Stock J. R. Strategic Logistics Management, IRWIN, 1993, s. 444

Tab. 2. Dzienna sprzedaż sprzętu video w oddziałach „Gwarka”

Oddział	1	2	3	4	5
Dzień					
1	1	1	1	16	16
2	2	2	2	10	10
3	6	6	6	6	6
4	10	10	10	2	2
5	16	16	16	1	1
6	1	1	1	16	16
7	2	2	2	10	10
8	6	6	6	6	6
9	10	10	10	2	2
10	16	16	16	1	1

w 99 przypadkach na 100 zapotrzebowanie występujące w czasie realizacji zamówienia nie przekroczy podaży, co jest związane z faktem posiadania odpowiedniego zapasu bezpieczeństwa.

Zapas bezpieczeństwa niweluje wpływ czynnika, którym może być zmienne zużycie $i/$ lub zmienny czas realizacji zamówienia. Jego wielkość zależy zatem od:

- Średniej wartości zużycia (zakupu, sprzedaży) i średniego czasu realizacji dostawy
- Odchylenia od wartości średnich zużycia i czasu realizacji dostawy
- Pożądanego poziomu obsługi

W przypadku, gdy zarówno wielkość zużycia (w opisywanym przypadku – wielkość sprzedaży) i czas realizacji zmieniają się, zapotrzebowanie spodziewane podczas czasu realizacji zamówienia jest iloczynem wartości średniej dziennego zużycia (sprzedaży) i średniego czasu realizacji zamówienia w dniach: $(\bar{x}_s \bar{x}_{LT})$.

Jeżeliienne zużycie i czas realizacji zamówienia są zmiennymi losowymi o rozkładzie normalnym, to całkowite zapotrzebowanie podczas czasu realizacji zamówienia jest również zmienną o rozkładzie normalnym. Parametrami rozkładu normalnego są: wartość średnia liczona jako $\bar{x}_s \bar{x}_{LT}$ i odchylenie standardowe σ_{dLT} równe pierwiastkowi kwadratowemu z sumy³: wariacji zapotrzebowania (sprzedaży i wariacji czasu realizacji zamówienia

$$\sigma_{dLT} = \sqrt{\sigma_s^2 + \sigma_{LT}^2}$$

Jeżeli $\sigma_s = \sqrt{\bar{x}_{LT}} \sigma_s$

$$\sigma_{LT} = \bar{x}_s \sigma_{LT}$$

stąd:

$$\sigma_{dLT} = z \sqrt{\bar{x}_{LT} \sigma_s^2 + \bar{x}_s^2 \sigma_{LT}^2} \quad (1)$$

gdzie:

- z zmienna standaryzowana, wartość odczytywana z tablic (por. tab. 6) dla przyjętego poziomu obsługi
- \bar{x}_s wartość średnia zużycia (sprzedaży)
- σ_s odchylenie standardowe zużycia (sprzedaży)
- \bar{x}_{LT} wartość średnia czasu realizacji zamówienia
- σ_{LT} odchylenie standardowe czasu realizacji zamówienia
- σ_{dLT} całkowite odchylenie standardowe zapotrzebowania podczas czasu realizacji zamówienia (zapas bezpieczeństwa)

2. Uzupelnieniem poziomu obsługi jest ryzyko wystąpienia niedoboru.

$$\text{Poziom obsługi} = 100\% - \text{ryzyko wystąpienia niedoboru}$$

3. Tzw. **roczny poziom obsługi** wykonać można analizując wielkość niedoborów w skali roku w oparciu o tzw. funkcję serwisową Browna. Roczny poziom obsługi jest powiązany z poziomem obsługi w czasie realizacji zamówienia (por. tab. 3).

Tab. 3. Niedobory a poziom obsługi

Model	Formuła
Liczba niedoborów w cyklu	$E(n) = E(z) \sigma_{dLT} \quad (2)$
Liczba niedoborów w roku	$E(N) = E(n) \frac{P}{W_z} \quad (3)$ $E(N) = (1 - SL_a) P \quad (4)$
Roczny poziom obsługi	$SL_a = 1 - \frac{E(z) \sigma_{dLT}}{W_z} \quad (5)$

Oznaczenia

- $E(n)$ Spodziewana liczba braków
- $E(z)$ Standaryzowana liczba braków
- σ_{dLT} Całkowite odchylenie standardowe zapotrzebowania w czasie realizacji zamówienia
- $E(N)$ Liczba braków w roku
- P Wielkość zapotrzebowania rocznego
- W_z Wielkość zamówienia
- SL_a Roczny poziom obsługi

W PRAKTYCE...

Pytanie A koncentruje się na związkach pomiędzy poziomem obsługi, zapasami i zyskami. Odpowiedź związana jest zatem z koniecznością przeprowadzenia analizy zyskowości poszczególnych rozwiązań. Najkorzystniejszym rozwiązaniem będzie to, które daje najwyższy zysk.

Podstawowym elementem analizy

jest określenie wielkości zapasów bezpieczeństwa dla każdego z analizowanych poziomów obsługi.

W pierwszej kolejności należy obliczyć wartość średnią \bar{x} i odchylenie standardowe σ dla:

- sprzedaży: \bar{x}_s, σ_s
- cyklu realizacji zamówienia: $\bar{x}_{LT}, \sigma_{LT}$

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \quad (6)$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n f d^2}{n - 1}} \quad (7)$$

gdzie:

- n liczebność próby
- x_i wartość zmiennej x
- f częstotliwość występowania
- $d = (x - \bar{x})$ odchylenie od wartości średniej

Obliczenie \bar{x}_s, σ_s

x_i	f	$d = x - \bar{x}$	d^2	fd^2
1	2	(-6)	36	72
2	2	(-5)	25	50
6	2	(-1)	1	2
10	2	3	9	18
16	2	9	81	162
$\Sigma = 35 \times 2 = 70$	$\Sigma = 10$			$\Sigma = 304$

$$\bar{x}_s = \frac{\sum_{i=1}^{10} x_i}{10} = \frac{70}{10} = 7 \text{ [sztuk]} \quad (8)$$

$$\sigma_s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{10} f d^2}{10 - 1}} = \sqrt{\frac{304}{10 - 1}} = 5,81 \text{ [sztuk]} \quad (9)$$

Obliczenie $\bar{x}_{LT}, \sigma_{LT}$

x_i	f	$d = x - \bar{x}$	d^2	fd^2
9	2	(-13)	169	338
42	1	20	400	400
13	1	(-9)	81	81
22	1	0	0	0
33	1	11	121	121
11	1	(-11)	121	121
18	1	(-4)	16	16
36	1	14	196	196
27	1	5	25	25
$\Sigma = 220$	$\Sigma = 10$			$\Sigma = 1298$

$$\bar{x}_{LT} = \frac{\sum_{i=1}^{10} x_i}{10} = \frac{220}{10} = 22 \text{ [dni]} \quad (10)$$

$$\sigma_{LT} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{10} f d^2}{10 - 1}} = \sqrt{\frac{1298}{10 - 1}} = 12 \text{ [dni]} \quad (11)$$

³ Stevenson W. J., Production/ Operation Management, IRWIN, 1993, s. 615

Całkowite odchylenie standardowe za-
potrzebowania podczas czasu realizacji
zamówienia σ_{dLT} (zapas bezpieczeństwa)
wynosi (na podstawie wzoru 1):

$$\sigma_{dLT} = z \sqrt{\bar{x}_{LT}\sigma_s^2 + \bar{x}_s^2\sigma_{LT}^2}$$

Dla $z = 1$

$$\sigma_{dLT} = \sqrt{22(5,81)^2 + (7)^2(12)^2} = 88,38 \approx 88 \text{ [sztuk]} \quad (12)$$

Po przekształceniu wzoru (5) otrzymuje się wyrażenie:

$$1 - SL_a = \frac{E(z) \sigma_{dLT}}{W_z}$$

dla $SL_a = 99\%$ (na podstawie wzoru 4)

$$1 - 0,99 = \frac{E(z)88}{7 \times 22}$$

$$E(z) = 0,0175$$

Nieznaną wartość „z” wyznaczamy dokonując interpolacji:

$$\frac{0,017 - 0,0175}{0,017 - 0,019} = \frac{1,72 - z}{1,72 - 1,68}, \text{ stąd } z = 1,71$$

(por. tab. 6)

Zapas bezpieczeństwa dla 99% poziomu obsługi wynosi 1,71 x 88 = 151 [sztuk] (13)

Postępując identycznie w celu wyznaczenia wielkości zapasu bezpieczeństwa dla poziomu obsługi wynoszącego 95%, 91% i 87% otrzymujemy wartości ujęte w tab. 4:

Tab. 4. Wielkość zapasu bezpieczeństwa dla założonych poziomów obsługi [sztuki]

Poziom obsługi	99%	95%	91%	87%
$1 - 0,99 = \frac{E(z)88}{7 \times 22}, z = 1,71$	151			
$1 - 0,95 = \frac{E(z)88}{7 \times 22}, z = 0,96$		85		
$1 - 0,91 = \frac{E(z)88}{7 \times 22}, z = 0,64$			56	
$1 - 0,87 = \frac{E(z)88}{7 \times 22}, z = 0,40$				35

Jak wynika z obliczeń, najkorzystniejszym rozwiązaniem byłoby -zgodnie z przyjętym kryterium maksymaliza-

Tab. 5. Kalkulacja – związki pomiędzy rocznym poziomem obsługi, sprzedażą, zapasami i zyskami

Poziom obsługi	99%	95%	91%	87%
Sprzedaż w ujęciu ilościowym [sztuki]	2520 ⁴	2418 ⁵	2316	2215
Wartość sprzedaży [PLN]	1 398 600,00	1 341 990,00	1 285 380	1 229 325
Zysk ze sprzedaży ³ [PLN]	151 200,00	145 080,00	138 960,00	132 900,00
Koszty utrzymania zapasów ⁴ [PLN]	50 787,00			
[(1/2 x 7 x 22) + 151] x 495 x 0,45]		36 085,50		
[(1/2 x 7 x 22) + 85] x 495 x 0,45]			29 848,50	
[(1/2 x 7 x 22) + 57] x 495 x 0,45]				24 948,00
[(1/2 x 7 x 22) + 35] x 495 x 0,45]				
Zysk netto ⁵ [PLN]	100 413,00	108 994,50	109 111,50	107 952,00

cji zysku- przyjęcie 91% poziomu obsługi (tab. 5).

Odpowiedź na pytanie B wymaga przeprowadzenia analizy trade-off pomiędzy kosztami transportu i kosztami utrzymania zapasów. Chodzi o to, czy przyjąć propozycję dostawcy i płacić więcej za transport uzyskując w zamian krótszy czas dostawy. Kryterium wyboru stanowi nadal wartość zysku.

Poprzednio odchylenie standardowe czasu realizacji zamówienia $\sigma_{LT} = 12$. Przyjmując propozycję firmy Syonara Manufacturing, wartość ta zmniejszy się o połowę, będzie zatem wynosić $\sigma'_{LT} = 6$. Pozostałe wartości \bar{x}_{LT} oraz, \bar{x}_s , σ_s nie ulegają zmianie.

Zapas bezpieczeństwa (dla $z=1$) będzie równy (na podstawie wzoru 1):

$$\sigma_{dLT} = \sqrt{22(5,81)^2 + (7)^2(6)^2} = 50 \text{ [sztuk]} \quad (14)$$

Dla 99% poziomu obsługi wynosić będzie:

$$1 - 0,99 = \frac{E(z)50}{7 \times 22}$$

$$E(z) = 0,031, z = 1,48$$

Zapas bezpieczeństwa dla 99% poziomu obsługi wynosi 1,48 x 50 = 74 [sztuki] (15)

Zysk, który do tej pory był osiągniany

wynosi 100 413,00¹⁰ [PLN]. W wyniku przyjęcia propozycji ulegnie zmianie, ze względu na to, że zmienią się [w PLN]:

1. koszty dostawy
 $495 + (495 \times 0,015) = 502,42 \quad (16)$

2. zysk jednostkowy
 $555 - 502,42 = 52,58 \quad (17)$

3. zysk osiągnięty na sprzedaży
 $2520 \times 52,58 = 132 489 \quad (18)$

4. koszt utrzymania zapasów
 $[(1/2 \times 7 \times 22) + 74] \times 502,42 \times 0,45 = 34 139,8 \quad (19)$

Ewentualny zysk będzie zatem wynosił:
 $132 489 - 34 139,8 = 98 349,2$ [PLN].

Jest on niższy niż zysk osiągany do tej pory (100 413,00 > 98 349,2).

Zatem ofertę dostawcy należy odrzucić.

Ponieważ różnica jest niewielka można próbować negocjować. Podwyższenie ceny dostawy nie o 1,5%, a o 1% uczyni tę transakcję zyskową!

Odpowiadając na pytanie C analizuje się wpływ strategii spekulacji (ang. *postponement*) na wielkość utrzymywanych zapasów bezpieczeństwa.

W myśl strategii spekulacji zapasy sprzętu video utrzymywane są w każdym oddziale „Gwarka”. Czas realizacji dostawy, wielkość sprzedaży oraz stosowana polityka zamawiania jest taka, jak opisano na wstępie (pytanie A). Zatem dla realizacji 99% poziomu obsługi, 5 oddziałów „Gwarka” musi utrzymywać zapas bezpieczeństwa na poziomie:

$$5 \times 151 = 75511 \text{ [sztuk]} \quad (20)$$

Stosując strategię zwłoki, cały zapas dostarczany jest do lokalnego centrum dystrybucyjnego i stąd do każdego ze sklepów. Zakłada się, że czas realizacji zamówienia (dostawy) nie ulegnie zmianie.

W pierwszej kolejności należy obliczyć wielkość zapasu bezpieczeństwa dla centrum dystrybucyjnego CD:

$$\bar{x}_{LT} = 22$$

$$\sigma_{LT} = 12 \quad (21)$$

$$\bar{x}_s = 5 \text{ sklepów} \times 7 \text{ sztuk} = 35 \text{ [sztuk]}$$

⁴ średnia dzienna sprzedaż video x 360 dni w roku: 7 x 360 = 2520 [sztuk]

⁵ Jednostkowy zysk ze sprzedaży wynosi: 555 - 495 = 60 [PLN]. Stąd zysk ze sprzedaży należy liczyć jako ilość sprzedanych aparatów x 60 PLN

⁶ (1/2 Wz + zapas bezpieczeństwa) x koszt sprzedaży (dostawy) wyrobów x całkowity procentowy wskaźnik kosztów utrzymania zapasów

⁷ zysk netto = zysk ze sprzedaży - koszty utrzymania zapasów

⁸ wielkość sprzedaży dla kolejnych przypadków obliczamy z proporcji: np. dla 95% poziomu obsługi: x = [sztuk]

¹⁰ por. tab. 5: Kalkulacja – związki pomiędzy rocznym poziomem obsługi, sprzedażą, zapasami i zyskami

Obliczenie σ_s

x_i dzienna sprzedaż w CD	f	$d = x - \bar{x}$	d^2	fd^2
26	2	(-9)	81	162
30	2	(-5)	25	50
34	2	(-1)	1	2
35	2	0	0	0
50	2	15	225	450
$\Sigma = 175 \times 2 = 350$	$\Sigma = 10$			$\Sigma = 664$

$$\sigma_s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{10} fd^2}{10-1}} = \sqrt{\frac{664}{10-1}} = 8,59 \text{ [dni]}$$

Dla $z = 1$: (23)

$$\sigma_{dLT} = \sqrt{22(8,59)^2 + (35)^2(12)^2} = 422 \text{ [sztuki]}$$

$$1 - 0,99 = \frac{E(z)422}{35 \times 22}$$

$$E(z) = 0,018^{12}, z = 1,7$$

zapas bezpieczeństwa wynosi:
 $1,7 \times 422 = 717$ [sztuki] (24)

W wyniku zastosowania strategii zwłoki: Zmniejszenie o 38 sztuk $(755 - 717)$ zapasu bezpieczeństwa daje oszczędności rzędu:
 $(38 \times 495 \times 0,45) = 8464,5$ (25)

Koszty transportu wynoszą
 150×52 tygodnie = 7800,0 (26)

Całkowite oszczędności są równe
664,5 [PLN] (27)

Oszczędności w kosztach utrzymania zapasów nieznacznie przewyższają koszty transportu, dlatego też, jeżeli nie będzie strat w sprzedaży,

Tab. 6. Rozkład normalny dla poziomu obsługi i funkcji braków¹³

z	Poziom obsługi w czasie realizacji zamówienia	Standaryzowana liczba braków E(z)	z	Poziom obsługi w czasie realizacji zamówienia	Standaryzowana liczba braków E(z)
0,00	0,5000	0,399	0,92	0,8212	0,097
0,04	0,5160	0,379	0,96	0,8315	0,089
0,08	0,5319	0,360	1,00	0,8413	0,083
0,12	0,5487	0,342	1,04	0,8508	0,077
0,16	0,5636	0,324	1,08	0,8599	0,071
0,20	0,5793	0,307	1,12	0,8686	0,066
0,24	0,5948	0,290	1,16	0,8770	0,061
0,28	0,6103	0,275	1,20	0,8849	0,056
0,32	0,6255	0,256	1,24	0,8925	0,052
0,36	0,6406	0,237	1,28	0,8997	0,048
0,40	0,6554	0,230	1,32	0,9066	0,044
0,44	0,6700	0,217	1,36	0,9131	0,040
0,48	0,6844	0,204	1,40	0,9192	0,037
0,52	0,6985	0,192	1,44	0,9251	0,034
0,56	0,7123	0,180	1,48	0,9306	0,031
0,60	0,7257	0,169	1,52	0,9357	0,028
0,64	0,7389	0,158	1,56	0,9406	0,026
0,68	0,7517	0,148	1,60	0,9452	0,023
0,72	0,7642	0,138	1,64	0,9495	0,021
0,76	0,7764	0,129	1,68	0,9535	0,019
0,80	0,7881	0,120	1,72	0,9573	0,017
0,84	0,7995	0,112	1,76	0,9608	0,016
0,88	0,8106	0,104	1,80	0,9641	0,014

a takie jest założenie, należy wykorzystać lokalne centrum dystrybucji, czyli zastosować strategię zwłoki.

Jednocześnie należałoby – w porozumieniu z dostawcą – rozważyć możliwość negocjacji cen na usługi transportowe (inne przedsiębiorstwo?). Obniżenie kosztów transportu sprawi, że wykorzystanie centrum dystrybucyjnego

go stanie się bardziej opłacalne.

LITERATURA:

1. Lambert D. M., Stock J. R. Strategic Logistics Management, IRWIN, 1993
2. Melnyk S. A., Denzel D. R., Operations Management, A value-Driven Approach, IRWIN, 1996
3. Stevenson W. J., Production/ Operation Management, IRWIN, 1993

¹¹ Zapotrzebowanie każdego z oddziałów jest zmienną niezależną

¹² na podstawie tab. 6.; $z = 1,7$

¹³ W. J. Stevenson, Production/ Operation Management, IRWIN, 1993, s. 616