

## Modelowanie optymalnej wielkości zamówienia

### Wprowadzenie

W fazie zaopatrzeniowej procesów logistycznych w przedsiębiorstwie są nieustannie tworzone zapasy surowców, materiałów, podzespołów itp. Przez zapasy rozumiemy niezagospodarowane dobra rzeczowe, utrzymywane przez przedsiębiorstwo, celem użycia w przyszłości. Występują zwykle w formie surowców, półproduktów, części używanych w procesie produkcyjnym lub wyrobów gotowych i stanowią jedną z głównych pozycji aktywów obrotowych przedsiębiorstwa [8, s. 33]. Inna definicja podaje, że zapas to określona miarami ilościowymi lub wartościowymi ilość dóbr, znajdująca się w ściśle określonej lokalizacji, które na chwilę obecną nie są wykorzystywane, lecz ich obecność pozwoli na osiągnięcie określonych celów [4]. Natomiast S. Krzyżaniak podaje, że zapasy są to rzeczowe środki obrotowe służące zapewnieniu ciągłości procesów produkcji i dystrybucji. Są to środki zamrożone, angażują środki obrotowe, zajmują powierzchnię magazynową, zbyt długo przechowywane tracą na wartości [1]. A. Niemczyk podaje, że zapasy jest to rzeczowa, niespieniężona część środków obrotowych, w skład której wchodzi: surowce i materiały, produkcja w toku, wyroby gotowe [2].

Podstawową przyczyną gromadzenia zapasów jest konieczność wyrównywania różnych intensywności strumieni dostaw i strumieni zużycia.

Jak podaje M. Tyrańska o postaci i wielkości zapasów decydują takie czynniki jak [7]:

- 1) czynniki zewnętrzne, obejmujące warunki dostaw, sezonowość produkcji i dostaw, źródła dostaw i formy zaopatrzenia, wielkość jednorazowej dostawy i minimalne partie transportowe, warunki rynku zbytu oraz czynniki ekonomiczne;
- 2) czynniki wewnętrzne, na które składają się warunki magazynowania, techniczno- organizacyjne przygotowanie materiałów do produkcji, charakter zużycia produkcyjnego, właściwości materiałów, procesu technologicznego i wyrobów.

Istnieje wiele przyczyn utrzymania zapasów. Po pierwsze zapasy pozwalają na synchronizację różnych intensywności strumieni dostaw i zużycia. Po drugie ważną przyczyną utrzymania zapasów jest konieczność amortyzowania skutków działania czynniki losowego. Jako inne powody tworzenia i utrzymywania zapasów można wymienić: sezonową podaż danych dóbr, dotyczy to zwłaszcza płodów rolnych, możliwość wynegocjowania niższej ceny zakupu, dzięki nabyciu większej partii czy pomyślna koniunktura rynkowa [3].

### Cel i metody badań

Współcześnie przepływ towarów w przedsiębiorstwie jest coraz bardziej złożony. Tworzenie zapasów i ich utrzymanie wiąże się z wieloma uwarunkowaniami wewnętrznymi jak i zewnętrznymi. Ważna jest struktura zapasu oraz wielkość zamawianej partii towaru oraz ich relacja z uzyskiwanymi wynikami ekonomicznymi przedsiębiorstwa.

Celem artykułu było przedstawienie sposobu zarządzania zapasami przy zastosowaniu modelu deterministycznego.

Do realizacji celu badań wykorzystano przykłady opracowane na potrzeby artykułu. Dokonano przekształceń i obliczeń kosztów utrzymania zapasów oraz wyliczono optymalną wielkość zamówienia poprzez zastosowanie wzoru Wilsona.

### Koszty tworzenia i utrzymania zapasów

Niezwykle istotnym zagadnieniem w polityce sterowania zapasami jest ustalenie optymalnej partii zakupu, która pozawala na minimalizację łącznych kosztów związanych z zapasami. Koszty te przede wszystkim obejmują koszty tworzenia zapasów oraz utrzymania zapasów. Jak wskazuje Z. Sariusz-Wolski

koszty tworzenia zapasów i ich utrzymania są sobie przeciwstawne. Oznacza to, iż zmniejszając jedno (przykładowo tworzenia zapasów poprzez większe partie zakupów) zwiększamy koszty utrzymania [3].

Na koszty tworzenia zapasów ( $K_z$ ) składają się wydatki związane z opracowaniem oraz złożeniem jednego zamówienia u dostawcy i dostawą zamówionego towaru. Zakłada się przy tym, iż każdorazowe zamówienie dostawy wywołuje takie same koszty, niezależnie od zamówionej ilości towaru. Do kosztów tych zalicza się, dające się odnieść do jednego zakupu: wydatki administracyjne, koszty materiałów biurowych, koszty transportu (ewentualne), koszty odbioru dostaw, prac księgowych, przetwarzania danych.

Należy podkreślić, że ustalenie kosztów tworzenia zapasów nie jest rzeczą prostą. Jednym ze sposobów jest podzielenie łącznych rocznych kosztów odnoszonych do zamówień, przez liczbę zamówień złożonych w danym roku. Przykład przedstawiono w tabeli 1.

Tab. 1 Szacowanie kosztów tworzenia zapasów – przykład

Rodzaj kosztu	Roczne wydatki przy 1000 zamówień (w zł)
Manager	38 400
2 zastępców managera (po 2500 zł)	60 000
2 pracowników działu księgowości (po 2200 zł)	52 800
4 pracowników przyjęcia towaru (po 1800 zł)	86 400
Dostawy (koszty transportu)	22 000
Koszty telefonu, poczty, różne	5 000
Koszty ogólne	20 000
<b>RAZEM</b>	<b>284 600</b>

Źródło: Opracowanie własne, dane fikcyjne.

Na podstawie przedstawionej ewidencji rocznych kosztów związanych z zamawianiem i realizacją dostaw oraz znając liczbę zamówień można obliczyć jednostkowy koszt utworzenia zapasu. Dla podanego przykładu wynosi:

$$K_z = 284\,600 \text{ (zł)} / 1000 = 284,60 \text{ (zł)}$$

Koszt utrzymania zapasu ( $K_u$ ) jest to koszt alternatywny, jaki przedsiębiorstwo musi ponieść, aby utrzymać zapas – jest to utrata możliwości wykorzystania „zamrożonych” w nim pieniędzy. Zazwyczaj mierzony jest kosztem pożyczania pieniędzy, odsetek od kredytów bankowych lub aktualną stopą zwrotu przedsiębiorstwa [3].

Roczny koszt utrzymania w zapasie jednej jednostki danego towaru liczy się [6]:

$$K_u = K_j + r * p, (1)$$

gdzie:

$K_j$  – koszt magazynowania jednostki zapasu,

$r$  – stopa procentowa kosztu utrzymania zapasu,

$p$  – cena jednostkowa surowca [3].

Jeżeli znamy koszty tworzenia oraz utrzymania zapasów, to możemy wyznaczyć optymalną partię zakupu za pomocą modelu deterministycznego. Przy tworzeniu tego typu modelu zakłada się, że:

- 1) popyt na nabywane dobro jest stały w czasie,
- 2) dostawy (odtworzenie zapasu) następują dokładnie w momencie, gdy zapas w magazynie osiągnie poziom zerowy (nie występują sytuacje nadmiernego lub niedostatecznego zapasu) [3].

W praktyce gospodarczej (przypadek stochastyczny) musimy jednak liczyć się ze zmiennością popytu i okresu realizacji zamówienia. W związku z tym należy jeszcze brać pod uwagę koszt braku zapasu. Koszty związane z brakiem zapasów powodują zakłócenie produkcji lub uniemożliwiają dokonanie sprzedaży (sprzedaż utracona). Koszty braku zapasu powstają w sytuacji, gdy z przyczyn błędu systemu pojawia się sytuacja braku zapasu. Koszty stałe braku zapasu, to na przykład koszty związane z wypłaceniem kar umownych, koszty awaryjnego zakupu, koszt utraty klienta związane

z niezrealizowanym zamówieniem, koszty utraty reputacji. Koszty zmienne to na przykład koszty utraconej lub zmniejszonej marży, koszty przesunięcia sprzedaży itp. [9].

### Optymalna wielkość zamówienia

Klasyczny model sterowania zapasami (opisany tzw. wzorem Wilsona) jest modelem optymalnej wielkości zamówienia. Wzór ten umożliwia uzyskanie odpowiedzi na następujące, podstawowe dla sterowania zapasami pytania [3]:

- 1) ile należy jednorazowo kupować?
- 2) kiedy należy złożyć zamówienie?
- 3) jaki będzie średni poziom zapasu?
- 4) jaki będzie maksymalny poziom zapasu?

W tym modelu przyjmuje się założenie o równomiernym zużyciu zamawianego towaru i konstruuje funkcję kryterium w postaci kosztu całkowitego utrzymywania zapasów, na który składają się koszt odnowienia, koszt zakupu i koszt magazynowania.

$$K_c = K_z \cdot \frac{D}{Q} + p \cdot D + \frac{K_u \cdot Q}{2} \quad (2)$$

gdzie:

$D$  – popyt w ciągu roku,

$Q$  – wielkość partii zakupu,

$K_z$  – koszt tworzenia zapasu ponoszony  $D/Q$  razy (koszt pojedynczego zamówienia),

$p$  – cena jednostkowa surowca,

$K_u$  – jednostkowy koszt magazynowania.

Znalezienie wielkości zamawianej partii  $Q$  przy której globalne koszty zapasów są minimalne należy do klasycznych problemów kalkulacyjnych.

W tym celu należy obliczyć różniczkę, przyjąć jej wartość równą zero, następnie określić wartość  $Q_{opt}$ .

Przy zachowaniu wskazanych założeń dokonujemy przekształceń:

$$\frac{\partial K_c}{\partial Q} = -\frac{K_z \cdot D}{Q^2} + \frac{K_u}{2} = 0, \quad (3)$$

Stąd optymalna wielkość zamówienia wyraża się wzorem Wilsona:

$$Q_{opt} = \sqrt{\frac{2K_z D}{K_u}}, \quad (4)$$

Optymalna liczba zamówień wynosi:

$$n = \frac{D}{Q_{opt}}, \quad (5)$$

A optymalna długość okresu między zamówieniami wynosi:

$$t = \frac{1}{n} = \frac{Q_{opt}}{D}, \quad (6)$$

Poniżej przedstawiono przykład obliczania optymalnej wielkości zamówienia.

Zakłada się, że przedsiębiorstwo zużywa rocznie 55000 kg mąki do produkcji własnej. Jednostkowa cena zakupu (za kg) wynosi 1,50 zł.

Koszt związane z obsługą zamówienia, niezależne od wielkości samego zamówienia, wynoszą 150 zł. Przedsiębiorstwo szacuje koszt własnego kapitału obrotowego na 13,5% w skali roku. Magazynowany towar jest ubezpieczony według stawki wynoszącej 0,13% wartości towaru miesięcznie.

$$p = 1,50 \text{ zł}$$

$$D = 55000 \text{ kg}$$

$$K_z = 150 \text{ zł}$$

$$K_u = 13,5\% \cdot 1,50 \text{ zł} + 12 \cdot 0,13\% \cdot 1,5 \text{ zł} = 0,22 \text{ zł} \quad (1),$$

wówczas:

$$Q_{opt} = \sqrt{\frac{2 \cdot 150 \cdot 55000}{0,22}} \approx 8660,25 \quad (4)$$

Optymalna liczba zamówień dla tego przykładu wynosi  $n \approx 6$ , a optymalna długość okresu pomiędzy zamówieniami wynosi  $t \approx 1/6 \cdot 250$  dni roboczych w danym roku  $\approx 39$  dni.

Warto pamiętać, że w rzeczywistości popyt na dany towar jest zmienny i dobrze jest mieć rezerwy. Prof. P. Sulmicki [5, s. 315] tak określił znaczenie rezerw: „Istnieje stara zasada w sztuce wojskowej, że dowódca, który nie posiada obwodu (rezerwy) przestaje być dowódcą, ponieważ nie może oddziaływać na przebieg zdarzeń. Podobnie jest z każdym działaniem. Gdyby nie istniało w działaniu gospodarczym zjawisko niepewności, plan gospodarczy można byłoby opracować dokładnie na wszystkich szczeblach. Tak jednak nie jest, toteż każdy kierownik powinien mieć rezerwę, która zapewnia ciągłość działania w przypadku wystąpienia nieprzyjanych zdarzeń losowych”.

### Podsumowanie

W artykule został przedstawiony sposób modelowania optymalnej wielkości zamówienia z zastosowaniem modelu deterministycznego. Przytoczono przykład związany z obliczaniem optymalnej wielkości zamówienia oraz kosztów tworzenia zapasów.

Reasumując rozważania na temat zarządzania zapasami należy pamiętać, że:

- 1) punktem wyjścia do wszelkich rozważań na temat sterowania zapasami jest optymalna partia zakupu dla przypadku deterministycznego,
- 2) model deterministyczny odnosi się do popytu stałego oraz stałego okresu realizacji zamówień,
- 3) sposobem zaradczym, na zmienność popytu jest tworzenie zapasu bezpieczeństwa,
- 4) niezależnie od branży należy dążyć do „uszczelnienia” wszelkich słabych punktów, które generują straty.

### Streszczenie

Nieprzemyślane zarządzanie zapasami może doprowadzić przedsiębiorstwo do sporych kłopotów finansowych. Zapasy to nie tylko np. możliwość nieprzerwanej produkcji przez dłuższy czas, ale też koszty. W artykule zaprezentowano typologię kosztów, ze względu na zarządzanie zapasami. Skupiono się na kosztach tworzenia i utrzymania zapasów, które są wykorzystywane do obliczeń w modelu deterministycznym. Przypadek deterministyczny jest sytuacją właściwie nie spotykaną w praktyce gospodarczej. Jednak znajomość metody pozwalającej na ustalenie optymalnej partii zakupu jest niezbędna dla rozwiązania licznych problemów decyzyjnych w sytuacjach stochastycznych.

### Literatura

- [1]. Krzyżaniak S.: *Podstawy zarządzania zapasami w przykładach*. Wyd. III., ILiM, Poznań, 2005.
- [2]. Niemczyk A.: *Zapasy i magazynowanie tom II Magazynowanie*, Instytut Logistyki i Magazynowania, Poznań, 2008.

- [3]. Sariusz-Wolski Z.: *Strategia zarządzania zaopatrzeniem*, Agencja wydawnicza Placet, Warszawa, 1998.
- [4]. *Słownik terminologii logistycznej*: ILiM, Biblioteka Logistyka, Poznań, 2006.
- [5]. Sulmicki P.: *Planowanie i zarządzanie gospodarcze*, PWE, Warszawa, 1971.
- [6]. Szczepankowski P.: *Zarządzanie finansami przedsiębiorstwa. Podstawy teoretyczne, przykłady i zadania*, WSPiZ, Warszawa, 2004.
- [7]. Tyrańska M.: *Zarządzanie zapasami produkcyjnymi. Planowanie potrzeb materiałowych*, Wydawnictwo Akademii Rolniczej w Krakowie, Kraków, 1999.
- [8]. Wasilewski M.: *Ekonomiczno – organizacyjne uwarunkowania gospodarowania zapasami w przedsiębiorstwach rolniczych*, Wydawnictwo SGGW, Warszawa, 2004.
- [9]. [http://www.logistica.pl/slownik/Koszt\\_braku\\_zapasu](http://www.logistica.pl/slownik/Koszt_braku_zapasu) (data pobrania: 28.04.2012 r.).

