



## ZASTOSOWANIE KLASYCZNYCH METOD ZARZĄDZANIA ZAPASAMI DO OPTIMALIZACJI ZAPASÓW MAGAZYNOWYCH - CASE STUDY

Piotr Cyplik

Wyższa Szkoła Logistyki, Instytut Logistyki i Magazynowania, Poznań, Polska

**STRESZCZENIE.** Podejmowanie decyzji dotyczących kształtowania poziomów zapasów w sferze zaopatrzenia polega na rozwiązaniu trzech wzajemnie powiązanych ze sobą problemów:

- które dobra fizyczne powinny być przedmiotem magazynowania?
- w jakiej ilości należy je zamawiać, aby odtworzyć poziom zasobów magazynowych?
- kiedy należy składać zamówienie handlowe dostawy w celu uzupełnienia poziomów zapasów magazynowych?

Rozwiązanie powyższych problemów prowadzi do określenia poziomu zapasów magazynowych. W przypadku pierwszego z nich należy podjąć decyzję, czy zapasy będą utrzymywane dla wszystkich rodzajów asortymentów czy też magazynowanie będzie miało charakter selektywny, a więc będzie dotyczyło tylko wybranych dóbr. Sformułowanie odpowiedzi na pozostałe dwa pytania pozwala w rezultacie określić poziom zapasów magazynowych. W ostatnich 50 latach powstało wiele różnych rozwiązań problemu optymalnego kształtowania poziomów zapasów w przedsiębiorstwach. Poniżej przedstawiono krótki opis najbardziej znanych.

**Słowa kluczowe:** modele zarządzania zapasami w przedsiębiorstwie, punkt rozdzielający, analiza ABC, modele uzupełniania zapasów.

## MODELE KSZTAŁTOWANIA ZAPASÓW W PRZEDSIĘBIORSTWIE

Klasyczne (tradycyjne) modele zarządzania zapasami służą do precyzyjnego określenia wielkości partii dostawy i wyznaczenia momentu złożenia zamówienia dla danego dobra materialnego (towaru). Nie uwzględniają one powiązań pomiędzy poszczególnymi towarami lub rodzajami zapasów występujących w obrębie przedsiębiorstwa, traktując zapas konkretnego dobra w określonym miejscu w sposób autonomiczny. Algorytmy wyznaczania dwóch podstawowych parametrów tych modeli, tj. wielkości partii oraz okresu między zamówieniami, w klasycznych modelach zarządzania zapasami bazują na znalezieniu minimum funkcji całkowitych kosztów działania systemu. Funkcję tę można przedstawić następująco [Carlson 1987]:

$$C = K_1 * C_1 + K_2 * C_2 + K_3 * C_3$$

gdzie:

C - całkowity koszt związany z zapasami,

C<sub>1</sub> - koszt nadmiaru zapasu,

$C_2$  - koszt braku zapasu,

$C_3$  - koszt inicjacji procesu zamawiania (np. koszty złożenia zamówienia, koszty planowania),

$K_i$  - współczynniki zależne od innych parametrów uwzględnianych w danym modelu np. od wielkości partii

Klasyczne modele sterowania zapasami przez długi okres były stosowane zarówno na wejściu do przedsiębiorstwa, a więc w fazie zaopatrzenia, jak również na wyjściu, a więc w fazie dystrybucji. Rozwój metod zarządzania opartych na zasadach współczesnej logistyki doprowadził do uwypuklenia współzależności pomiędzy procesami planowania produkcji a zarządzania zapasami. W planowaniu produkcji, uwzględniającej jednocześnie planowanie poziomów zapasów, można wyróżnić dwa podejścia [Bonney 1994]:

1. Ustalony zostaje poziom zapasów, a następnie opracowuje się tak plany produkcji, aby ten poziom był zawsze utrzymany.
2. Za punkt wyjścia przyjmuje się założony plan produkcji, z którego wynika poziom utrzymywanych zapasów. Wielkość tych zapasów powiększana jest o planowany poziom zapasu zabezpieczającego.

Alternatywą statystycznego sterowania zapasami, opartą na pierwszym podejściu, jest metoda planowania potrzeb materiałowych, która umożliwia dokładne określenie zapotrzebowania na dany surowiec lub część. Przykładem drugiego podejścia jest strategia JiT (ang. *Just-in-Time*), która polega na maksymalnym zsynchronizowaniu w procesie produkcji momentu dostaw materiałów (elementów, podzespołów, itp.) do danego stanowiska roboczego z momentem zaistnienia na nie potrzeby (popytu) [Sarjusz-Wojski 2000]. JiT zakłada zatem, że zapasy powinny być traktowane jako ewidentna strata i stawia sobie za cel skrócenie cykli dostaw i produkcji.

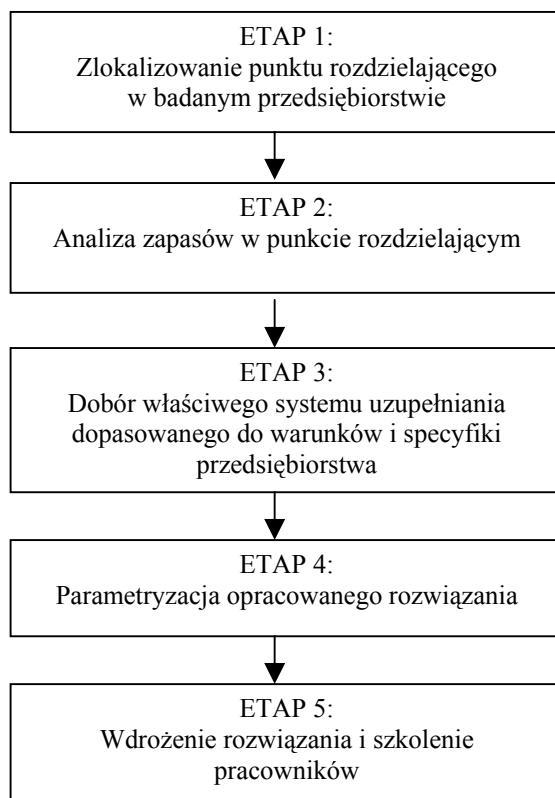
Sposobem klasyfikacji modeli zarządzania zapasami najczęściej spotykanym w literaturze [Bonney 1994, Coyle, Bardi i Langley 2002, Forgarty, Balcstone i Hoffmann 1991] jest wyróżnienie systemów typu *pull* oraz *push*. Systemy typu *pull*, zwane również „systemami ssącymi” [Terminologia logistyczna 1995], określane są mianem systemów reaktywnych, ponieważ opierają się na obserwowanym popycie rynkowym, w przeciwieństwie do systemów typu *push*, pro aktywnych, bazujących na popycie antycypowanym. W systemach typu *pull* zapotrzebowanie zgłaszane jest do dostawcy przez ogniwo znajdujące się najbliżej rynku w łańcuchu dostaw, wymuszając w ten sposób przepływ towarów przez cały łańcuch (na zasadzie reakcji łańcuchowej). Podstawową cechą takiego rozwiązania jest możliwość szybkiej reakcji na nagłe i niespodziewane zmiany popytu. W grupie modeli należących do tej grupy wyróżniamy: klasyczne modele zarządzania zapasami oraz modele oparte na strategii JiT. Systemy typu *pull* mogą funkcjonować autonomicznie, a ich największą wadą jest brak możliwości skoordynowania popytu zgłaszanego przez poszczególne ogniwa sieci dystrybucji, gdyż zamówienie generowane jest na podstawie stanu zapasów w danym miejscu lokalizacji. Przepływ informacji w tego typu systemach odbywa się najczęściej tylko w jednym kierunku, między odbiorcą a dostawcą. Przeciwnieństwem są systemy typu *push*, zwane inaczej „tłoczącymi” [Terminologia logistyczna, 1995], które opierają się na szczegółowych planach powstających na podstawie prognoz zapotrzebowania, sporządzanych dla wszystkich ogniw znajdujących się najbliżej rynku. Prognozy te są sumowane i służą do tworzenia harmonogramów produkcyjnych. Dostępny zapas jest tłoczony do poszczególnych ogniw w kierunku rynku. Przepływ informacji w takich systemach odbywa się dwukierunkowo. Przykładem tego typu modeli są modele oparte na metodzie MRP.

W obszarze dystrybucji można spotkać również tradycyjne modele zarządzania zapasami, które zaadoptowały elementy charakterystyczne dla systemów typu *push*. Przykładem takiego podejścia może być model zwany modelem zapasu podstawowego [Forgarty, Balcstone i Hoffmann 1991] lub model ciągłego uzupełniania zapasów (ang. *continuous replenishment*) [Continuous Replenishment 1996, Hałas i Swarczewicz 1996]. Idea tych systemów polega na tym, że każdy punkt sprzedaży detalicznej należący do danego przedsiębiorstwa i każdy magazyn ustalają okresowo poziom zapasów dla poszczególnych pozycji asortymentowych. Informacje o sprzedaży przekazywane są codziennie

lub najrzadziej co tydzień poprzez poszczególne ogniwa sieci dystrybucji do magazynu wyrobów gotowych. Dzięki temu zarówno fabryka, jak i poszczególne ogniwa w sieci dystrybucji, mogą planować i reagować na podstawie rzeczywistego popytu na rynku, a nie zamówień wynikających ze stosowanego systemu uzupełniania zapasów. Podstawowy poziom zapasów, ustalany dla każdego ogniwa łańcucha dystrybucji, jest równy przeciętnemu popytowi w cyklu dostawy powiększony o zapas zabezpieczający, który jest liczony według klasycznych metod.

## ALGORYTM OPTYMALIZACJI POZIOMÓW ZAPASÓW W PRZEDSIĘBIORSTWIE DYSTRYBUCYJNYM

Heterogeniczność modeli uzupełniania zapasów opisanych w poprzednim rozdziale powoduje problem wyboru jednego z nich do zoptymalizowania poziomów zapasów magazynowych w przedsiębiorstwach dystrybucyjnych. Autor niniejszego artykułu na potrzeby realizacji projektu optymalizacji poziomów zapasów w przedsiębiorstwie Grundfos Pompy Sp. z o.o. opracował własną pięcioetapową koncepcję rozwiązania tego problemu.



Źródło: opracowanie własne

Rys. 1. Etapy optymalizacji zapasów magazynowych w przedsiębiorstwie Grundfos Pompy Sp. z o.o.  
Fig. 1. Phases of stock level optimization process in Grundfos Pompy Sp. z o.o.

## ZLOKALIZOWANIE PUNKTU ROZDZIELAJĄCEGO W PRZEDSIĘBIORSTWIE

Punkt rozdzielający rozumiany jest jako miejsce w przepływie strumienia materiałowego, w którym gromadzone są główne zapasy w systemie (jako zapasy buforowe na pokrycie zapotrzebowania niezależnego) [Fertsch 2003a, Krzyżaniak 2005]. Punkt ten jednocześnie dzieli

---

strumień przepływu materiału na obszar zapotrzebowania niezależnego<sup>1</sup> i obszar zapotrzebowania zależnego<sup>2</sup>. Umieszczenie punktu rozdzielającego zależy od rodzaju rynku, na którym działa przedsiębiorstwo, rodzaju wytwarzanego produktu oraz charakterystyki procesu produkcyjnego.

Wyróżnia się pięć typowych lokalizacji punktu rozdziału [Argelo 1992, Fertsch 2003b]:

- 1° Produkcja i wysyłka na magazyn. Produkty rozprowadzane są z zapasu ulokowanego możliwie blisko klienta (na przykład poprzez sieć dystrybucji).
- 2° Produkcja na magazyn. Wyroby gotowe składowane są w magazynie na miejscu montażu i z niego dostarczane do klienta.
- 3° Montaż na zamówienie. Zapasy części i podzespołów różnych stopni złożoności utrzymuje w sposób ciągły producent.
- 4° Produkcja na zamówienie. Tylko materiały (i ewentualnie części) utrzymywane są w zapasach. Montaż podzespołów, zespołów i wyrobu odbywa się na indywidualne zamówienie klienta.
- 5° Zakup i produkcja na zamówienie. Nie utrzymuje się żadnych zapasów (poza oczywiście zapasem technologicznym). Materiały sprowadza się zgodnie z zapotrzebowaniem, a części, podzespoły i zespoły wytwarza się w ilościach wynikających z zamówienia.

Położenie punktu rozdzielającego wpływa na sposób sterowania przepływem strumienia materiałów. Umieszczenie punktu rozdzielającego w sferze fizycznej dystrybucji lub na granicy strefy dystrybucji (położenie 1° i 2°) powoduje, że przepływ materiałów w sferze produkcji odbywa się wyłącznie na podstawie prognoz przyszłego zapotrzebowania, a sterowanie tym procesem oparte jest na zasadzie „tłoczenia” (ang. *push*).

Położenie punktu rozdzielającego w położeniu 5° powoduje, że przepływ strumienia materiałów w sferze produkcji odbywa się wyłącznie na potrzeby realizacji konkretnego zamówienia, a sterowanie tym procesem odbywa się według zasady „ssania” (ang. *pull*).

Pozostałe dwa szczegółowe przypadki lokalizacji punktu rozdziału na lewo od granicy zarządzania przepływem materiałów są niezwykle interesujące z praktycznego punktu widzenia. Dopuszczają one możliwość sterowania przepływem materiałów według obu wyżej omówionych zasad [Fertsch 2003a].

Punkt rozdzielający w badanym przedsiębiorstwie został zlokalizowany w magazynie dystrybucyjnym firmy zlokalizowanym w Baranowie k. Poznania.

## **ANALIZA ZAPASÓW W PUNKCIE ROZDZIELAJĄCYM**

Analizy zapasu w punkcie rozdzielającym dokonano następująco:

- przeprowadzono klasyfikację asortymentu,
- dokonano analizy wskaźnikowej zapasów,
- dokonano analizy struktury zapasów.

Dobór tych zadań nie jest przypadkowy. Pierwszy z nich ma na celu określenie znaczenia poszczególnych asortymentów dla prawidłowego funkcjonowania przedsiębiorstwa. Dwa kolejne powinny w sposób jednoznaczny ocenić obecną strukturę zapasu magazynowego w przedsiębiorstwie.

---

<sup>1</sup> Zapotrzebowanie niezależne definiuje się jako zapotrzebowanie nie pozostające w związku z innymi zapotrzebowaniami na dany element, np. zapotrzebowanie elementów przeznaczonych na sprzedaż lub wynikające z potrzeb serwisu. Zapotrzebowanie to jest na ogół prognozowane. Niezależność zapotrzebowania rozumiemy także jako wynikającą z faktu, że zapotrzebowanie to powstaje poza przedsiębiorstwem (na rynku).

<sup>2</sup> Zapotrzebowanie zależne to zapotrzebowanie wynikające z zapotrzebowania na wyroby wyższej złożoności. Może powinno być szczegółowo wyliczane, a nie prognozowane.

## OKREŚLENIE ZNACZENIA POSZCZEGÓLNYCH ASORTYMENTÓW

Określenie znaczenia poszczególnych asortymentów ma istotny wpływ na zastosowany sposób zarządzania ich zapasem, a w konsekwencji na sposób planowania ich produkcji. Wobec setek, a nawet tysięcy pozycji dóbr występujących w zapasach magazynowych przedsiębiorstw podlegających sterowaniu, niezbędne jest znalezienie sposobu zmniejszającego wielowymiarowość tego zagadnienia. Stosowane w praktyce systemy klasyfikacji towarów i surowców opierają się na dwóch metodach: analizie ABC i analizie CVA (ang. *Critical Value Analysis*) [Forgarty, Balstone i Hoffmann 1991].

### ANALIZA ABC

Metoda ta oparta została na znanej w ekonomii zasadzie 80-20, sformułowanej przez włoskiego ekonomistę Wilfredo Pareto<sup>3</sup>. Zgodnie z jej głównymi założeniami około 20% elementów w 80% decyduje o efektach danego zagadnienia. Zasada Pareto stanowi przejaw prakseologicznego podejścia do wielowymiarowości procesów logistycznych. Zastosowanie analizy ABC, w klasycznym ujęciu, powoduje podział ogółu pozycji asortymentowych na trzy klasy (A, B, i C), biorąc za kryterium tego podziału udział poszczególnych asortymentów w łącznej wartości sprzedaży<sup>4</sup>. W grupie A znajdują się materiały, które mają największy udział w sprzedaży i na ogół są one nieliczne. Do grupy C (najbardziej licznej) zalicza się z kolei pozycje asortymentowe, które tylko w niewielkim stopniu partycypują w wartości sprzedaży ogółem. Natomiast grupa B zawierać będzie pozostałe pozycje asortymentowe. Kształt relacji ilościowo-wartościowych zgodnych z zasadą Pareto przedstawia rysunek 2.

Procedura podziału pozycji asortymentowych według metody ABC obejmuje następujące kroki [Krzyżaniak 2005, Sarjusz-Wolski 1998]:

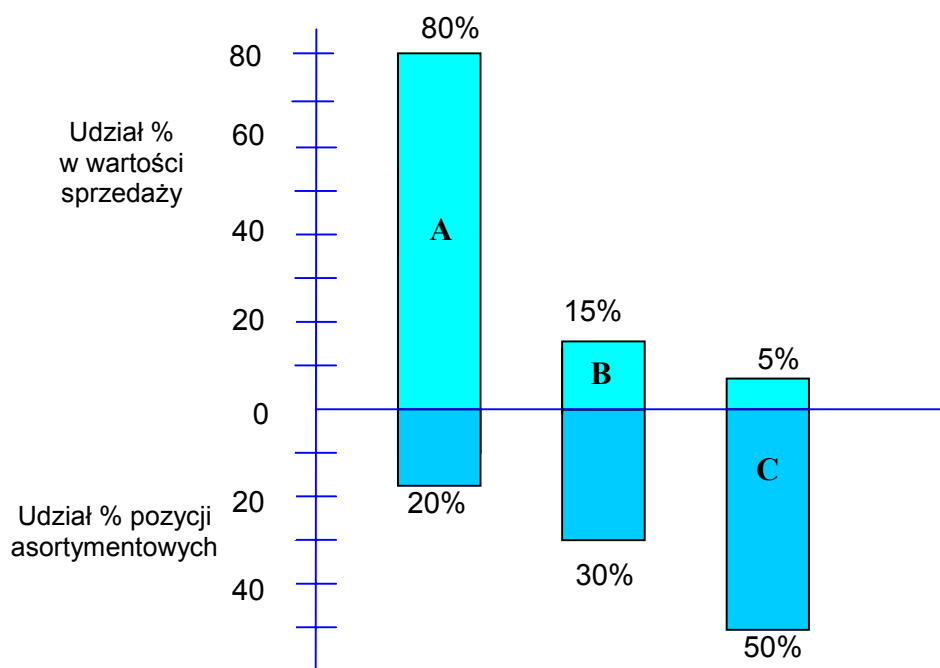
1. Obliczenie rocznej wartości zużycia każdej pozycji asortymentowej.
2. Posortowanie wartości zużycia w porządku malejącym.
3. Zsumowanie wartości wszystkich pozycji.
4. Obliczenie udziału każdej pozycji w wartości ogółem.
5. Obliczenie skumulowanych udziałów procentowych.
6. Ustalenie podziału na grupy A, B oraz C (wyróżnienie 80% wartości zużycia wyznacza pozycje kwalifikujące się do grupy A, złożą się na nią ok. 20% pozycji, pozostałe 15% wartości zużycia wyznaczy pozycje kwalifikujące się do grupy B, pozostałe pozycje będą tworzyć grupę C).

---

<sup>3</sup> Zasada ABC nazywana jest również od nazwiska autora zasadą Pareto.

<sup>4</sup> Kryterium przyporządkowania może stanowić wyrażona w różnych miarach wielkość zapotrzebowania, produkcji lub sprzedaży w danym okresie.

---



Źródło: opracowanie własne na podstawie [Sarjusz-Wojski 1998]

Rys. 2. Podział asortymentów materiałowych według metody ABC  
Fig. 2. Assortments shares according to ABC analysis

## ANALIZA CVA

Analiza CVA charakteryzuje się bardziej podmiotowym podejściem niż ilościowa analiza ABC. Wymaga opracowania szczegółowych kryteriów podziału wyrobów opartych na ich ważności dla ostatecznego kryterium (np. sprzedaży). W ramach podziału asortymentu, zgodnie z zasadą CVA, można wyróżnić następujące grupy:

1. Wyroby o najwyższym priorytecie (zawsze w zapasie).
2. Wyroby ważne (dopuszczalne wystąpienie niewielkich braków magazynowych).
3. Wyroby o średnim priorytecie (dopuszczalne wystąpienie okresowych braków).
4. Wyroby o niskim priorytecie (potrzebne, ale mogą występować braki w magazynie).

Przydział poszczególnych wyrobów i części zamiennych do jednej z wyżej wymienionych grup warunkuje wielkość utrzymywanego zapasu, co w konsekwencji wpływa na sposób planowania produkcji.

## ANALIZA WSKAŹNIKOWA

W ramach realizacji tego etapu projektu, za najbardziej istotne uznano wskaźniki rotacji i pokrycia. Pierwszy z nich określa ile razy wartość średniego zapasu pozycji asortymentowych mieści się w wartości pozycji wydanych w określonym czasie. Wskaźnik ten jest ilorazem wartości wydanych w określonym czasie pozycji materiałowych i średniej wartości ich zapasów w tym samym czasie.

Wskaźnik pokrycia określa natomiast, na ile dni zapas pozycji asortymentowych jest wystarczający przy średnim dziennym zużyciu. Wskaźnik ten jest ilorazem średniej wartości zapasów w określonym czasie i wartości wydanych pozycji materiałowych w tym samym czasie, mnożonym przez liczbę dni w przyjętym okresie.

## **ANALIZA STRUKTURY ZAPASU**

Wyznaczone wskaźniki oceny zapasu nie oddają w pełni problemu związanego ze strukturą zapasu poszczególnych asortymentów, stąd też za konieczne uznano dokonanie analizy struktury zapasu, która polega na rozdzieleniu zapasu poszczególnych pozycji asortymentowych na zapas rotujący oraz nierotujący, który składać się może z zapasu zabezpieczającego oraz nadmiernego. Poniżej przedstawiono definicje poszczególnych rodzajów zapasów zidentyfikowanych w ramach realizacji tego etapu projektu.

Zapasy rotujące (ZR) - zwany również zapasem obrotowym, to ta część zapasu występującego w przedsiębiorstwie, która jest regularnie wykorzystywana do sprzedaży lub służy do uzupełnienia zapasów w rutynowych procesach zamawiania.

Zapasy nierotujące (ZNR) - ta część zapasu nie jest regularnie wykorzystywana do sprzedaży i stanowi w założeniu zapas zabezpieczający (ZB).

W praktyce okazuje się często, że tylko pewna część zapasu nierotującego jest zapasem zabezpieczającym, niezbędnym do utrzymania założonego poziomu obsługi klienta (POK), a reszta stanowi zapas nadmierny (ZN), którego utrzymywanie jest nieuzasadnione.

Zapasy zabezpieczające (ZB) - jest związany z występowaniem zmienności w popycie lub cyklach dostaw. Jego funkcją jest zabezpieczenie przed występującą w rzeczywistości zmiennością wielkości popytu w czasie cyklu dostawy. Utrzymywanie tego zapasu pozwala uniknąć sytuacji braku zapasu w przypadku nieoczekiwanego wzrostu popytu lub wydłużenia się cyklu dostawy.

Zapasy nadmierne (ZN) - jest tą częścią zapasu, której utrzymywanie nie jest uzasadnione założonym poziomem obsługi klienta (POK) umożliwiającym zabezpieczenie ciągłości wydań. Utrzymywanie tego zapasu dodaje jedynie koszty (głównie koszty zmienne utrzymania zapasu) i nie wnosi żadnej wartości do całego procesu.

Zapasy całkowite (ZC) - stanowi sumę zapasów: rotującego i nierotującego. Rozumiany jest jako średni poziom zapasu utrzymywanego w magazynie w ciągu badanego okresu czasu.

Głównym celem analizy struktury zapasu jest identyfikacja faktu występowania zapasu nadmiernego oraz jego poziomu. Jeżeli w wyniku analizy okaże się, że powstanie ujemna wartość zapasu nadmiernego (ZN), należy sądzić, że przy założonym poziomie obsługi klienta np. 95%, utrzymywany zapas zabezpieczający (ZB) jest niewystarczający. Jest to sygnał, że należy dla analizowanego asortymentu zwiększyć zapas zabezpieczający (ZB) lub zweryfikować wskaźnik poziomu obsługi klienta dla danego asortymentu (będzie on mniejszy od zakładanego).

## **DOBÓR WŁAŚCIWEGO SYSTEMU UZUPEŁNIANIA ZAPASU DOPASOWANEGO DO WARUNKÓW I SPECYFIKI PRZEDSIĘBIORSTWA**

Punkt rozdzielający dzieli zapotrzebowanie na zależne i niezależne. Zarządzanie zapasami w warunkach zapotrzebowania niezależnego i zależnego różni się zarówno, jeśli chodzi o uwarunkowania jak i sposób działania. Zagadnienia te są objęte odrębnymi zasadami postępowania i procedurami realizacyjnymi. Zarządzanie zapasami w warunkach zapotrzebowania niezależnego jest przedstawiane w ramach tzw. klasycznej teorii zapasów, natomiast zarządzanie zapasami w warunkach zapotrzebowania zależnego jest określane w ramach koncepcji Planowania Potrzeb Materiałowych (MRP). Za zasadniczy problem w realizacji projektu na potrzeby przedsiębiorstwa

Grundfos Pompy Sp. z o.o. uznano wypracowanie zasad zarządzania zapasami w warunkach zapotrzebowania niezależnego. Wynikało to z faktu, że w przedsiębiorstwie zaimplementowany był zintegrowany system informatyczny, dzięki któremu możliwe było zamawianie dostaw z magazynów centralnych przedsiębiorstwa. System ten był zintegrowany z systemem klasy MRP w punktach produkcyjnych przedsiębiorstwa, a zatem popyt zależny był obliczany na podstawie zamówień płynących z magazynów dystrybucyjnych. Problemem pozostawał poziom zapasu magazynowego w magazynie dystrybucyjnym firmy zlokalizowanym w Baranowie, który wynikał z zapotrzebowania niezależnego. Właściwymi modelami rozwiązującymi ten problem wydawały się być klasyczne modele zarządzania zapasami.

Przyjmując jako kryterium stałość jednego z podstawowych parametrów, tj. wielkości dostawy lub okresu między zamówieniami, klasyczne modele zarządzania zapasami dzielą się na dwie podstawowe grupy:

1. modele oparte na tzw. punkcie zamawiania - stała wielkość dostawy, zmienny okres między zamówieniami,
2. modele okresowego przeglądu - zmienna wielkość dostawy, stały okres między zamówieniami.

## **MODEL UZUPEŁNIANIA OPARTY NA TZW. PUNKCIE ZAMAWIANIA**

Podstawową cechą tego modelu, zwanego również systemem zamawiania opartym na poziomie informacyjnym lub przeglądem ciągłym [Krzyżaniak 2005], jest to, że decyzja o złożeniu zamówienia jest podejmowana w momencie, gdy poziom zapasu dysponowanego<sup>5</sup> obniży się poniżej pewnego określonego poziomu, zwanego poziomem informacyjnym lub punktem ponownego zamówienia (ang. *ROP - Re-order Point*). Wielkość zamówienia ustalana jest przy pomocy metody stałej wielkości partii jako metody pokrycia zapotrzebowania. Zazwyczaj jest ona równa optymalnej partii dostawy, czyli takiej ilości, która zapewnia minimalizację kosztów tworzenia i utrzymania zapasów. Gdy zostanie zamówiona inna ilość, spowoduje to wzrost tych kosztów, jednakże wobec „płaskiego” przebiegu funkcji łącznych kosztów w otoczeniu punktu, w którym ma ona minimum, nawet kilkuprocentowe odchylenie od partii optymalnej nie spowoduje znaczącego przyrostu kosztów [Materiały szkoleniowe 1995]. Można zatem stosować nawet znaczne przybliżenia wielkości partii dostawy. Właśnie ten fakt został wykorzystany w trakcie opracowania modelu na potrzeby realizacji projektu dla przedsiębiorstwa Grundfos Pompy Sp. z o.o. Za wielkość dostawy uznano wielkość wyznaczoną jako iloczyn wielkości poziomu zapasu informacyjnego wyznaczonego na kolejny tydzień i mnożnika, który został wyznaczony dla każdego asortymentu w zależności od jego przynależności do jednej z grup, na jakie podzielony został cały asortyment zgodnie z klasyfikacją ABC i CVA. Tak wyznaczona wielkość była korygowana do wielkości opakowania zbiorczego, jeżeli asortyment sklasyfikowany był do grupy A lub pozostawała niezmienną, jeżeli asortyment należał do dwóch pozostałych grup. Model oparty na punkcie zamawiania został zastosowany do asortymentów należących do grup A i B, ze względu na brak ograniczeń ze strony dostawcy oraz fakt, że ten model determinuje najmniejsze zapasy magazynowe.

## **MODEL UZUPEŁNIANIA ZAKŁADAJĄCY STAŁY OKRES POMIĘDZY ZAMÓWIENIAMI**

Podstawową cechą tego modelu jest to, że zamówienie składane jest w określonym cyklu o stałym okresie przeglądu (ang. *ROC - Re-order Cycle*), przy czym wielkość zamówienia jest zmienna i wyznaczana jako różnica pomiędzy pewnym, określonym poziomem zapasu, zwanym zapasem

---

<sup>5</sup> Zapas dysponowany (wolny) rozumiany jest jako obecny zapas w magazynie powiększony o złożone wcześniej, a niezrealizowane jeszcze zamówienia, pomniejszony o dokonane rezerwacje danego asortymentu [Krzyżaniak 2005].



maksymalnym, a aktualnym poziomem zapasu dysponowanego. Wielkość zamówienia ustalana jest przy pomocy metody partii pokrywającej cały okres jako metody pokrycia zapotrzebowania. Z punktu widzenia tego systemu uzupełniania zapasu, znajomość zapasu dysponowanego nie jest konieczna po każdej transakcji magazynowej, lecz tylko w dniu zamawiania. Model ten znalazł swoje zastosowanie dla wszystkich asortymentów sklasyfikowanych do grupy C, zgodnie z klasyfikacją ABC. Długość cyklu przeglądu na poszczególnych pozycjach asortymentowych była zróżnicowana w zależności od klasyfikacji CVA.

## **PARAMETRYZACJA OPRACOWANEGO ROZWIĄZANIA**

W ramach tego etapu dokonano parametryzacji poszczególnych asortymentów. Za główne parametry uznano poziom obsługi klienta oraz parametry wynikające z przyjętego systemu uzupełniania zapasów (czas cyklu uzupełnienia zapasu, czas cyklu przeglądu, model prognostyczny, minimalna wielkość dostawy itd.).

Z punktu widzenia zarządzania zapasami zapewnienie właściwego poziomu obsługi klienta (odbiorcy) jest podstawowym celem kształtowania i utrzymywania zapasu zabezpieczającego [Krzyżaniak 2005]. Bez zdefiniowania jego poziomu nie można określić wymaganej wielkości zapasu. Poziom obsługi klienta (POK) zdefiniować można dwojako:

- jako prawdopodobieństwo nie wystąpienia braku w zapasie w danym cyklu uzupełnienia zapasu,
- jako stopień ilościowej realizacji zamówień.

Niezależnie od definicji nie podlega wątpliwości, że zależność między poziomem obsługi klienta w stosunku do inwestycji w zapasy jest funkcją eksponencjalną [Ackoff 1969]. Przy wysokich procentowych wartościach POK każdy jego dodatkowy wzrost powoduje wykładniczy wzrost inwestycji w zapasy.

Podstawowe parametry wynikające z przyjętego systemu uzupełniania zapasów dobrane zostały indywidualnie dla każdej pozycji asortymentowej i wynikały w dużej mierze z warunków dostawcy.

## **WDROŻENIE ROZWIĄZANIA I SZKOLENIE PRACOWNIKÓW**

Opisane w poprzednich etapach działania zostały przełożone na algorytmy, na podstawie których zbudowano aplikację wspomagającą decyzje menedżerskie w zakresie zarządzania zapasami. Główną funkcją tej aplikacji było generowanie odpowiedzi, co i ile należy zamówić w odpowiednim czasie. Aplikacja zawierała wbudowane algorytmy prognostyczne wyznaczające wielkość popytu na kolejny okres rozliczeniowy. Poprzez nawiązanie współpracy z producentem informatycznego systemu zintegrowanego zaimplementowanego w przedsiębiorstwie Grundfos Pompy Sp. z o.o., udało się zintegrować aplikację do wspomagania decyzji managerskich w zakresie zarządzania zapasami, z tym systemem.

Bardzo istotnym elementem wdrożenia było przeszkolenie pracowników nie tylko z poruszania się po nowym rozwiązaniu informatycznym, lecz również z podstaw teorii zarządzania zapasami. Szkolenie to przyczyniło się do lepszego zrozumienia algorytmów, na jakich oparto aplikację wspomagającą decyzje menedżerskie w zakresie zarządzania zapasami.

## **WYNIKI WDROŻENIA - WNIOSKI**

Weryfikacji wdrożenia dokonano po roku jego funkcjonowania w przedsiębiorstwie Grundfos Pompy Sp. z o.o. Wyniki przedstawiały się następująco:

1. Wdrożenie modelu pozwoliło na zredukowanie stanów magazynowych o około 50%, bez pogorszenia jakości obsługi klientów.
2. Zapas części zamiennych spadł o ponad 65%.
3. Wdrożona aplikacja pozwoliła elastycznie zarządzać stanami magazynowymi i kontrolować zamówienia - zakup towarów na magazyn.
4. Efektem wdrożenia jest też wzrost poziomu dostaw bezpośrednich do klienta z 52% do 62% w ciągu 6 miesięcy, co pozwoliło na dalszą redukcję kosztów logistycznych przedsiębiorstwa.

## LITERATURA

- Ackoff R. L., 1969, *Decyzje optymalne*, PWN, Warszawa.
- Argelo S. M., 1992, *Integral Logistic Structures*, McGRAW-HILL Book Company, London.
- Bonney M. C., 1992, *Trends in inventory management*, *Int. J. Prod. Econ.*, Vol. 35, Elsevier.
- Carlson J. G., 1987, *Just-in-Time in quick time*, *Proceedings of the 2nd International Conference*, London UK. IFS (Publications) Ltd, Bedford UK.
- Continuous Replenishment - ECR Best Practices*, 1996, Grocery Manufacturing Association.
- Coyle J. J., Bardi E. J., Langley J. C., 2002, *Zarządzanie logistyczne*, PWE, Warszawa.
- Cyplik P., 2003, *Przegląd metod sterowania zapasami*, *Logistyka*, 1.
- Cyplik P., 2001, *Wykorzystanie metod sterowania zapasami - stadium przypadku*, *Logistyka*, 6, s 6-9.
- Cyplik P., 2003, *Wykorzystanie prognozowania w procesie produkcji*, *Logistyka produkcji*, Biblioteka logistyka, ILiM, Poznań, s. 149-162.
- Fertsch M., 2003a, *Logistyka produkcji*, Biblioteka logistyka, ILiM, Poznań.
- Fertsch M., 2003b, *Podstawy zarządzania przepływem materiałów w przykładach*, Biblioteka logistyka, ILiM, Poznań.
- Forgarty D.W., Balcstone J., Hoffmann T.R., 1991, *Production & Inventory Management*, South Western Publishing Co. Cincinnati Ohio.
- Hałas E., Swarczewicz R., 1996, *ECR - Efektywna strategia obsługi klienta*, II Międzynarodowa Konferencja „Logistics'96”, Warszawa.
- Krzyżaniak S., 2005, *Podstawy zarządzania zapasami w przykładach*, Biblioteka logistyka, ILiM, Poznań.
- Materiały szkoleniowe ILiM*, 1995, *Zarządzanie zapasami*, Poznań.
- Sarjusz-Wolski Z., 2000, *Sterowanie zapasami w przedsiębiorstwie*, PWE, Warszawa.
- Sarjusz-Wolski Z., 1998, *Strategia zarządzania zaopatrzeniem. Praktyka logistyki biznesu*, Agencja Wydawniczo-Poligraficzna PLACET, Warszawa.
- Terminologia logistyczna*, 1995, *Słownik angielsko-niemiecko-polski*, ILiM, Poznań.

## AN APPLICATION OF SPARE SUPPLIES MANAGEMENT FOR WAREHOUSE SUPPLIES OPTIMIZATION USING CLASSICAL METHODS - CASE STUDY

**ABSTRACT.** The decision regarding the shape of the supply levels in the delivery zone depends on the solution of three mutually connected problems:

- What physical goods should be stored?
- What amount of goods should be ordered to recreate the stored supply levels?
- When a trade order should be issued to replenish the supply levels?

In the case of the first problem, one should make a decision if supplies should be kept for all sorts of goods or if only selected goods are stored. Solving the remaining two problems allows the stored supply levels to be specified. Many different solutions to the shaping of optimal supply levels in companies were suggested in the last 50 years. We present a short description of the best known ones below..

**Key words:** supplies management models, separating point, ABC analysis, supplies replenishing.

## EINSATZ KLASSISCHER BESTANDSMANAGEMENT-METHODEN ZUR OPTIMIERUNG VON LAGERBESTÄNDEN - FALLBEISPIEL

**ZUSAMMENFASSUNG.** Das Entscheidungstreffen über die Gestaltung des Bestandniveaus in der Beschaffung beruht auf der Lösung von drei miteinander verbundenen Probleme:

- Welche Waren sind zu lagern?
- In welcher Größe sind diese zu bestellen, damit die Lagerbestände erneuert werden?
- Wann ist der Lieferauftrag auszulösen?

Die Lösung der vorgenannten Probleme führt zur Ermittlung der Lagerbestände. Im Falle des ersten Problems ist zu entscheiden, ob die Bestände für alle Sortimentarten aufrechterhalten werden oder selektive Lagerhaltung geführt wird. Die Beantwortung der letzten zwei Fragen ermöglicht die Ermittlung der Lagerbestände. In den letzten 50 Jahren wurden viele verschiedene Lösungen der optimalen Gestaltung von Beständen in Unternehmen entwickelt. Dieser Beitrag gibt einen Überblick über die meist bekannten Lösungen.

**Codewörter:** Modelle zum Bestandsmanagement im Unternehmen, Trennpunkt, ABC Analyse, Modelle zur Erneuerung von Beständen.

---

mgr inż. Piotr Cyplik  
Wyższa Szkoła Logistyki  
Instytut Logistyki i Magazynowania  
ul. Estkowskiego 6  
61-755 Poznań, Polska  
e-mail: [pcyplik@wsl.com.pl](mailto:pcyplik@wsl.com.pl)