



9. ZARZĄDZANIE ZAPASAMI



W rozdziale przedstawione zostały najważniejsze zagadnienia związane z zarządzaniem zapasami. Szczególny nacisk został położony na analizę danych logistycznych, dla których można wykorzystać arkusz kalkulacyjny. Znajdziesz tutaj:

- poziom obsługi klienta,
- funkcje i podział zapasów,
- koszty zapasów,
- podstawowe modele klasyfikacji zapasami,
- podstawowe modele uzupełniania zapasu.

9.1. Wprowadzenie

W obecnych warunkach funkcjonowania globalnych łańcuchów dostaw zasadniczym czynnikiem determinującym konkurencyjność jest czas wprowadzenia produktu lub usługi na rynek. Organizacje aspirujące do zyskania bądź utrzymania przewagi konkurencyjnej powinny wdrażać rozwiązania, które charakteryzują się zarówno szybkością, jak i adaptacyjnością w reagowaniu na zapotrzebowanie klientów oraz fluktuacje rynkowe. Przed pandemią Covid-19 wiele firm skłaniało się ku strategii just-in-time (JIT), minimalizującej poziom zapasów i maksymalizującej efektywność przez dostarczanie surowców i komponentów dokładnie wtedy, gdy są potrzebne w procesie produkcyjnym. Elastyczność była ważna, ale nie zawsze była priorytetem, gdyż kluczowe było utrzymywanie niskich poziomów zapasów i zminimalizowany czas realizacji zamówień.

Po pandemii COVID-19 nacisk na elastyczność i odporność systemów znacznie wzrósł. Firmy, które dotąd polegały na just-in-time delivery, zaczęły rewidować swoje podejście na rzecz większego zabezpieczenia i dywersyfikacji łańcuchów dostaw, aby być lepiej przygotowanym na przyszłe zakłócenia. Stało się jasne, że systemy zarządzania zapasami muszą być bardziej dynamiczne, aby móc szybko reagować na niespodziewane zmiany popytu i dostępności surowców lub komponentów. W rezultacie, wiele organizacji zaczęło utrzymywać zwiększone zapasy zabezpieczające oraz inwestować w zaawansowane technologie analityczne



i sztuczna inteligencję, które umożliwiają lepsze prognozowanie i reagowanie na zmiany w czasie rzeczywistym.

Tradycyjne metody prognozowania, choć powszechnie stosowane, nie zawsze są efektywne, gdyż błędy w prognozie mogą prowadzić do konieczności magazynowania dodatkowych zapasów. Z tego względu bardziej efektywnym rozwiązaniem okazuje się wykorzystanie rzeczywistych danych o konsumpcji przez klientów, co umożliwia lepsze dostosowanie systemów logistycznych i ogranicza zależność od prognoz. Zadbąć należy jednak o utrzymanie maksymalnego Poziomu Obsługi Klienta (POK) przy jednoczesnym ograniczeniu kosztów i zmniejszeniu aktywów zamrożonych w sieci dostaw (Cyplik i Hadaś, 2012).

Zapas to ilość dóbr przechowywanych przez przedsiębiorstwo w celu zaspokojenia bieżących i przyszłych potrzeb (Brunaud i in., 2019). Zapasy to rzeczowe składniki aktywów obrotowych. Zapas ma określoną lokalizację, miejsce składowania, a jego wielkość może zostać wyrażona w miarach ilościowych oraz wartościowych (Niemczyk i in., 2011).

Zapasy zajmują miejsce i wiążą kapitał. Dlatego zarządzanie zapasami jest niezbędne do zminimalizowania dla zapewnienia ciągłości działania przedsiębiorstwa. **Zarządzanie zapasami** odnosi się do procesu nadzorowania i kontrolowania poziomu zapasów, stanów magazynowych i ich przechowywania w przedsiębiorstwie. Polega to na podejmowaniu decyzji o tym, ile zapasów utrzymywać, kiedy dokonać ponownego zamówienia lub uzupełnić stan magazynu oraz jak zoptymalizować wykorzystanie zapasów, aby sprostać popytowi, minimalizując jednocześnie koszty i maksymalizując efektywność (Song i in., 2020). Skuteczne zarządzanie zapasami obejmuje takie zadania, jak prognozowanie popytu, śledzenie poziomów zapasów, uzupełnianie zapasów, optymalizacja przestrzeni magazynowej oraz ograniczanie zapasów lub ich nadmiaru (Jain i in., 2022).

Celem zarządzania zapasami jest zapewnienie, że odpowiednie produkty są dostępne we właściwych ilościach, w odpowiednim czasie i miejscu, aby zaspokoić potrzeby klientów, unikając jednocześnie braków w magazynie, nadmiernych zapasów i związanych z tym kosztów (Jain i in., 2022; Matusiak, 2022).

9.2. Poziom obsługa klienta

Obsługa klienta jest pojęciem o szerokim zakresie, co utrudnia sformułowanie jednoznacznej definicji. Termin ten obejmuje wszelkie aspekty interakcji pomiędzy dostawcą



a konsumentem, włączając w to zarówno elementy niematerialne, jak i materialne (Strojny, 2008). Dlatego też obsługę klienta często rozpatruje się z trzech różnych perspektyw (Bowersox i Closs, 1996):

- obsługa klienta jako określone działania – jest to specyficzny zbiór zadań, które przedsiębiorstwo musi wykonać, aby zaspokoić oczekiwania klientów, np. jest to procesowanie zamówień, wystawianie faktur, obsługa zwrotów i reklamacji,
- obsługa klienta jako pomiar wykonania działań – oznacza to ocenę przez pryzmat różnych wskaźników efektywności, takich jak procent punktualnie i kompletnie dostarczonych zamówień oraz szybkość przetwarzania zamówień,
- obsługa klienta jako filozofia – polega na stworzeniu takiego środowiska i kultury organizacyjnej, której celem jest zapewnienie najwyższego poziomu satysfakcji klientów poprzez optymalną obsługę na wszystkich poziomach działalności przedsiębiorstwa.

W kontekście zarządzania zapasami, kluczowym zadaniem przy formułowaniu i utrzymaniu zapasu zabezpieczającego jest zagwarantowanie odpowiedniego poziomu obsługi klienta. Dlatego też należy zdefiniować **poziom obsługi klienta** (POK), który z punktu widzenia pojedynczego asortymentu można rozpatrywać (Bowersox i Closs, 1996; Cyplik i Hadaś, 2012):

- probabilistycznie – jako prawdopodobieństwo niewystąpienia braku w zapasie w danym cyklu uzupełnienia zapasu,
- ilościowo – jako stopień ilościowej realizacji zapotrzebowania.

Probabilistyczny poziom obsługi klienta oznacza, że prawdopodobieństwo, iż od momentu złożenia zamówienia, czyli rozpoczęcia procesu uzupełniania zapasów, aż do momentu, gdy otrzymana dostawa stanie się dostępna do wykorzystania (co oznacza zakończenie cyklu uzupełniania), wszystkie potrzeby będą mogły być zaspokojone bez braku zapasów. Określa się to jako **prawdopodobieństwo obsługi popytu POP**, które wyraża się procentowo (Bowersox i Closs, 1996; Cyplik i Hadaś, 2012). Probabilistyczny poziom obsługi klienta – prawdopodobieństwo obsługi popytu można obliczyć z wzoru:

$$POP = (I_d - I_{dn}) / I_d \times 100\%$$

gdzie:

POP – prawdopodobieństwo obsługi popytu,



I_d – liczba cykli uzupełnienia zapasu w badanym okresie,

I_{dn} – liczba cykli uzupełniania zapasów, w których zanotowano braki w badanym okresie.



Formuła stosowana w Excelu:

$$\text{POP} = \frac{[\text{liczba cykli uzupełniania zapasu}] - [\text{liczba cykli z brakami}]}{[\text{liczba cykli uzupełniania zapasu}]} * 100\%$$

POP (prawdopodobieństwo obsłużenia popytu w cyklu uzupełniania zapasów) o wartości 95% oznacza, że w 95 przypadkach na 100, kiedy klienci będą chcieli nabyć produkt, firma będzie mogła zrealizować ich zamówienia bez opóźnień i bez konieczności oczekiwania na dostawę.

Ilościowy poziom obsługi klienta mówi o realizacji zamówień w ujęciu ilościowym. Stopień Ilościowej Realizacji (SIR) – określa jaki procent popytu zgłoszonego przez klientów został im wydany z zapasu (Bowersox i Closs, 1996; Cyplik i Hadaś, 2012). Stopień Ilościowej Realizacji można obliczyć z wzoru:

$$SIR = (PR - NB) / PR$$

gdzie:

SIR – stopień ilościowej realizacji

PR – popyt, wielkość zamówiona w badanym okresie czasu
(np. rocznym)

NB – wielkość braków w badanym okresie czasu (np. rocznym)



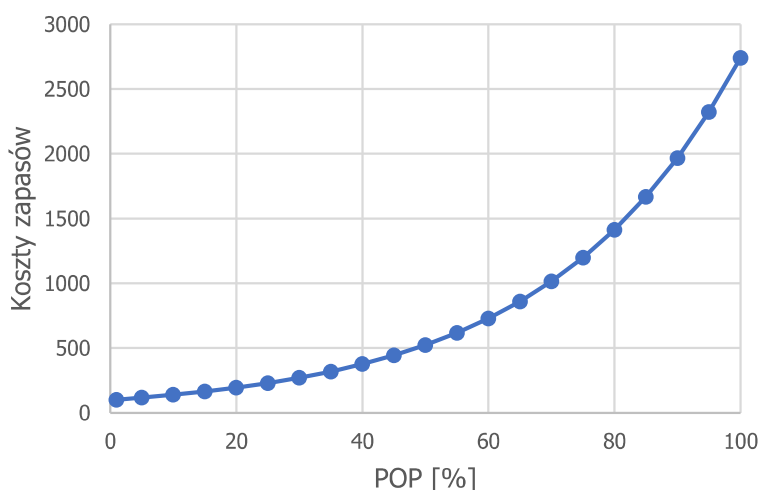
Formuła stosowana w Excelu:

$$SIR = \frac{[\text{popyt}] - [\text{braki}]}{[\text{popyt}]}$$



SIR (stopień ilościowej realizacji popytu) o wartości 0,95 oznacza, że w przypadku wszystkich zamówień złożonych przez klientów, 95% z nich zostanie zrealizowane bezpośrednio z dostępnych zapasów, a jedynie 5% może wymagać dodatkowego czasu na uzupełnienie zapasów lub nie zostanie zrealizowane z powodu braków w magazynie.

Bez względu na przyjętą definicję, jest oczywiste, że relacja między poziomem obsługi klienta a inwestycjami w zapasy charakteryzuje się zależnością wykładniczą (rys. 9.1). Oznacza to, że przy wysokich wartościach procentowych poziomu obsługi klienta (POK), każdy dalszy wzrost tego wskaźnika prowadzi do wykładniczego zwiększenia się inwestycji w zapasy (Cyplik i Hadaś, 2012).



Rysunek 9.1. Zależność POP i kosztów zapasu

Źródło: opracowanie własne

Doskonalenie logistycznej obsługi klienta jest procesem złożonym i wymagającym systematyczności. Najczęściej analizuje się następujące elementy podzielone na trzy fazy (Powell Robinson i Satterfield, 1990):

- przedtransakcyjną – ma na celu przygotować organizację do obsługi klienta: np. polityka obsługi klienta, struktura organizacyjna, standardy, procedury i instrukcje, szkolenia z zakresu obsługi klienta,

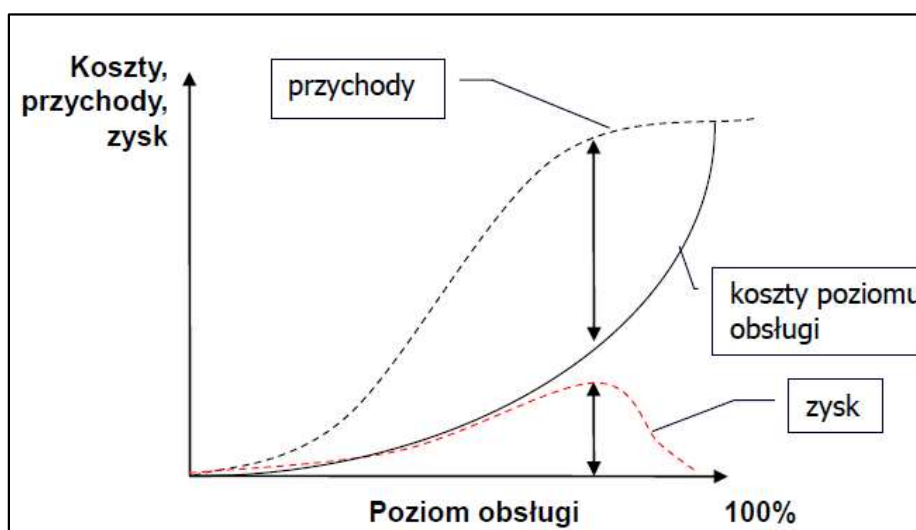


- transakcyjną – bezpośredni kontakt klienta z firmą oraz finalizacja transakcji zgodnie z jego wymaganiami: np. odsetek niezrealizowanych zamówień, informacje o zamówieniu, wygoda złożenia zamówienia, częstotliwość, niezawodność, kompletność, dokładność dostaw,
- potransakcyjną – pozwala firmie na dalszy kontakt z klientem: np. instalacje, gwarancje, naprawy, śledzenie produktów, rozpatrywanie reklamacji klientów, zwroty, wymiana wadliwych produktów, udostępnianie produktów zastępczych.

Obecnie największą wagę przywiązuje się do elementów transakcyjnych logistycznej obsługi klienta. Można je ująć w 4 głównych grupach związanych z (Papiernik-Wojdera i Sikora, 2022):

- czasem – klient chce otrzymać zamówienie jak najszybciej, stąd też dąży się do skracania czasu realizacji zamówienia,
- niezawodnością rozpatrywaną w trzech wymiarach: pewność, że zamówienie zostanie zrealizowane bez braków i uszkodzeń w transporcie, kompletność otrzymanego zamówienia ze specyfikacją ujętą w umowie, terminowość realizacji zamówienia,
- wygodą odnoszącą się do dostępności produktów, stopnia indywidualizacji obsługi w zależności od potrzeb klienta, kompleksowości oferty, częstotliwości dostaw, wielkości minimalnej partii dostawy, dogodności komunikacyjnej (lokalizacji, infrastruktury),
- komunikacją, gdzie uwzględnia się kompetencje personelu, wygodę składania zamówień, dostępność informacji o statusie zamówienia, informacje i doradztwo na temat usług posprzedażowych, czytelność, zrozumiałość i kompletność dokumentacji, środki komunikacji i narzędzia informatyczne wspomagające komunikację z klientem.

Zauważyć należy, że istnieje równowaga, którą przedsiębiorstwo musi znaleźć między kosztami obsługi a zadowoleniem klienta, aby maksymalizować zysk (rys. 9.2). Zbyt niski poziom obsługi może ograniczyć przychody, podczas gdy zbyt wysoki może nadmiernie zwiększyć koszty, co obniża zyski (Placencia i in., 2020). Po przekroczeniu punktu równowagi, dodatkowe koszty związane z dalszym zwiększaniem poziomu obsługi przewyższają przyrost przychodów, co prowadzi do spadku zysku.



Rysunek 9.2. Zależność między poziomem obsługi klienta a przychodami i zyskiem

Źródło: opracowanie własne

9.3. Funkcje i rodzaje zapasów

Procesom logistycznym, przebiegającym zarówno w przedsiębiorstwach, jak i w łańcuchach dostaw, nieustannie towarzyszy tworzenie zapasów. Zapasy tworzy się po to, aby wyrównać różnicę w intensywności przepływów strumieni dóbr. W związku tym można wskazać następujące **funkcje zapasów** (Bril i Łukasik, 2013; Hachuła i Schmeidel, 2016):

- zapewnienie dostępności dóbr w momencie wystąpienia na nie popytu,
- zabezpieczenie przed losowymi wahaniami popytu niezależnego i potrzeb materiałowych w przedsiębiorstwie,
- ochrona przed nieoczekiwanymi zmianami czasu realizacji zamówienia,
- zabezpieczenie przed wzrostem cen,
- uzyskanie niższych cen ze względu na większą skalę zakupów,
- niższe koszty transportu ze względu na większą skalę zakupów,
- konieczność zakupu towarów sezonowych,
- konieczność sezonowania niektórych materiałów z przyczyn technologicznych.

Na poziom i strukturę zapasów w przedsiębiorstwie ma wpływ wiele czynników. Wśród nich można wskazać poniższe (Bril i Łukasik, 2013):

- skala produkcji i jej rytmiczność,
- częstotliwość dostaw i wielkość jednorazowej dostawy materiałów,



- różnice w kosztach transportu dużych i małych partii dostaw oraz koszty składowania,
- długość okresu przygotowania materiałów do produkcji,
- stopień rozbudowy oferty asortymentowej,
- rozwój technologii informatycznych,
- rozwój rynku usług transportowych,
- stosowane metody planowania i zarządzania zapasami.

Zapasy w przedsiębiorstwie można podzielić ze względu na różne kryteria. Na potrzeby rozliczeń w obszarze rachunkowości oraz na ich miejsce powstawania w łańcuchu dostaw wyróżnia się (Selivanova i in., 2018; Dz. U. z 2021 r. poz. 217):

- materiały – surowce, materiały podstawowe i pomocnicze, półfabrykaty obcej produkcji, opakowania, części zamienne i odpady,
- produkty gotowe – wyroby gotowe, wykonane usługi, zakończone roboty, w tym także budowlano-montażowe, prace naukowo-badawcze, prace projektowe, geodezyjno-kartograficzne, itp.,
- półprodukty i produkty w toku – produkcję niezakończoną, tj. produkcję (usługi, w tym roboty budowlane) w toku oraz półfabrykaty (półprodukty) własnej produkcji,
- towary – rzeczowe składniki majątku obrotowego nabyte w celu odsprzedaży w niezmienionej postaci; zaliczki na poczet dostaw zapasów.

Jednak w obszarze zarządzania zapasami znacznie większe znaczenie ma podział zapasów ze względu na strukturę ilościową zapasów (według szybkości obrotu): zapas rotujący, zapas nierotujący, zapas nie wykazujący ruchu (zapas nadmierny, awaryjny) lub funkcje zapasów – powód tworzenia: zapas cykliczny (bieżący, obrotowy), zapas bezpieczeństwa, zapas sezonowy, zapas spekulacyjny, zapas strategiczny (Bril i Łukasik, 2013; Matusiak, 2022; Wild, 2017; Krzyżaniak i Cyplik, 2008; Fertsch, 2006; Krzyżaniak, 2015).

Elementami struktury zapasu są:

- **zapas cykliczny** – nazywany rotującym, jest to zapas, który przedsiębiorstwo zużywa w toku normalnej produkcji lub dystrybucji i odtwarza w rutynowym procesie zamawiania.



Zapás cykliczny w danym okresie jest równy połowie średniej wielkości dostawy w tym okresie:

$$Z_c = \frac{1}{2} \times \overline{WD}$$

gdzie:

Z_c – zapas cykliczny

$\overline{WD}$ – średnia wielkość dostawy



Formuła stosowana w Excelu:

$Z_c = 1/2 * [\text{śr. wielkość dostawy}] = 1/2 * [\text{ŚREDNIA}([\text{zakres komórek}])]$

- **zapas nadmierny** określany jest jako nierotujący, zbędny lub martwy, nie przedstawia wartości dla przedsiębiorstwa, które powinno pozbyć się takiego zapasu, utrzymanie tego zapasu stanowi nieuzasadniony koszt dla przedsiębiorstwa.

Zapas nadmierny stanowi nadwyżkę zapasu ponad potrzeby zdefiniowane przez średni popyt w cyklu uzupełniania oraz przyjęty poziom obsługi klienta.

Oblicza się go ze wzoru:

$$Z_N = Z_{\text{śr}} - Z_B - Z_c$$

gdzie:

Z_N – zapas nadmierny

$Z_{\text{śr}}$ – zapas średni

Z_B – zapas bezpieczeństwa

Z_c – zapas cykliczny.



Formuła stosowana w Excelu:

$Z_N = [\text{zapas średni}] - [\text{zapas bezpieczeństwa}] - [\text{zapas cykliczny}]$



Parametrami systemów uzupełniania zapasów są:

- **zapas bezpieczeństwa**, nierotujący, ma na celu zapobieganie awaryjnym przestojom w produkcji lub dystrybucji, jest buforem dla opóźnień dostaw i realizacji zamówień, zależy od poziomu obsługi klienta w ujęciu probabilistycznym (POP).

Zapas bezpieczeństwa dla danych historycznych wymaga następujących danych: średni popyt przypadający na jednostkę czasu, średni czas cyklu uzupełniania zapasu, odchylenie standardowe popytu, odchylenie standardowe czasu cyklu uzupełniania zapasu.

Zapas bezpieczeństwa dla danych prognostycznych wymaga danych: prognoza popytu, zakontraktowany czas cyklu uzupełniania zapasu, standardowy błąd prognozy, założony czas opóźnień dostaw.

Bez względu na perspektywę czasową potrzebne są dane o przyjętym poziomie obsługi klienta, stosowanym systemie uzupełniania zapasów oraz dostępnym budżecie.

Zapas bezpieczeństwa może się zmieniać wraz z wahaniami popytu, terminów dostaw. Oblicza się go następująco:

$$Z_B = \omega(\text{POP}) \times \sigma_{PT}$$

gdzie:

Z_B – zapas bezpieczeństwa

$\omega(\text{POP})$ – współczynnik bezpieczeństwa zależny od poziomu obsługi klienta oraz typu rozkładu opisującego zmienność popytu w cyklu uzupełnienia; najczęściej w literaturze, a także w praktycznych zastosowaniach przyjmuje się rozkład normalny i odczytuje się go z tablic statystycznych dla danego poziomu POP

σ_{PT} – odchylenie standardowe popytu w cyklu uzupełnienia zapasu, oblicza się ze wzoru:

$$\sigma_{PT} = \sqrt{\sigma_T^2 \cdot P^2 + \sigma_P^2 \cdot T}$$

gdzie:

σ_P – odchylenie popytu

σ_T – odchylenie czasu cyklu uzupełniania zapasu

P – popyt średni



T – czas cyklu uzupełniania zapasu.



Formuła stosowana w Excelu:

$Z_B = [\text{współczynnik bezpieczeństwa}] * [\text{odchylenie standardowe popytu w cyklu uzupełnienia zapasu}]$

- **zapas informacyjny** wykorzystywany jest w systemach: odnawiania zapasów opartych na poziomie informacyjnym, min–max, okresowych z określonym poziomem informacyjnym i stałymi wielkościami dostaw, okresowych z określonym poziomem informacyjnym i maksymalnym oraz zmiennymi wielkościami dostaw.

Zapas informacyjny jest obliczany ze wzoru:

$$Z_I = P \times T + Z_B$$

gdzie:

Z_I – zapas informacyjny

P – średni popyt w przyjętej jednostce czasu (np. dzień, tydzień)

T – czas cyklu uzupełnienia zapasu

Z_B – zapas bezpieczeństwa



Formuła stosowana w Excelu:

$Z_I = [\text{średni popyt}] * [\text{czas cyklu uzupełnienia zapasu}] + [\text{zapas bezpieczeństwa}] = [\text{ŚREDNIA}([\text{zakres komórek}])] * [\text{czas cyklu uzupełnienia zapasu}] + [\text{zapas bezpieczeństwa}]$

- **zapas minimalny** wykorzystywany jest w systemie odnawiania zapasów tzw. min – max, w systemie uzupełniany jest w momencie, gdy jego poziom spadnie poniżej wyznaczonej wartości minimalnej, uzupełniany jest zawsze do wyznaczonego poziomu zapasu maksymalnego. Zapas minimalny oblicza się ze wzoru:

$$Z_{MIN} = p_{MAX} \times T_d$$

gdzie:



Z_{MIN} – zapas minimalny

p_{MAX} – maksymalne planowane zużycie

T_d – czas realizacji dostawy.



Formuła stosowana w Excelu:

$Z_{\text{MIN}} = [\text{maksymalne planowane zużycie}] * [\text{czas realizacji dostawy}]$

- **zapas maksymalny** wykorzystywany jest w systemach odnawiania zapasów: opartych na przeglądzie okresowym, min–max, okresowych z określonym poziomem informacyjnym i maksymalnym oraz zmiennymi wielkościami dostaw. Zapas maksymalny oblicza się ze wzoru:

$$Z_{\text{MAX}} = P \times (T + T_0) + Z_B$$

gdzie:

Z_{MAX} – zapas maksymalny

P – średni popyt w jednostce czasu (np. dzień, tydzień)

T – czas cyklu uzupełnienia zapasu

T_0 – czas stałego cyklu przeglądu

Z_B – zapas bezpieczeństwa.



Formuła stosowana w Excelu:

$Z_{\text{MAX}} = [\text{średni popyt}] * ([\text{czas cyklu uzupełnienia zapasu}] + [\text{czas stałego cyklu przeglądu}] + [\text{zapas bezpieczeństwa}] = [\text{ŚREDNIA}([\text{zakres komórek}]) * ([\text{czas cyklu uzupełnienia zapasu}] + [\text{czas stałego cyklu przeglądu}] + [\text{zapas bezpieczeństwa}]$

- **zapas wolny**, inaczej dysponowany to zapas, który jest możliwy do wydania do klientów (zewnętrznych bądź wewnętrznych) w chwili obecnej lub w dającej się przewidzieć przyszłości; uwzględniany jest zapas, który został zamówiony od dostawców, ale nie został jeszcze dostarczony, ale w dającej się przewidzieć



przyszłości zostanie jednak dostarczony i powiększy stan magazynowy; w zapasie dysponowanym nie będzie uwzględniany towar, który został zakupiony przez klienta zewnętrznego lub zarezerwowany przez klienta wewnętrznego, ale jeszcze fizycznie nie opuścił magazynu. Zapas wolny oblicza się następująco:

$$Z_W = Z_M + Z_Z - Z_R$$

gdzie:

Z_W – zapas wolny

Z_M – zapas w magazynie

Z_Z – zapas zamówiony, ale nie dostarczony

Z_R – zapas zarezerwowany, ale nie wydany z magazynu.



Formuła stosowana w Excelu:

$$Z_W = [\text{zapas w magazynie}] + [\text{zapas zamówiony}] - [\text{zapas zarezerwowany}]$$

Zapasy według kryterium przyczyny powstawania są następujące:

- **zapas produkcji w toku** są to materiały i półprodukty w obszarze wytwarzania oraz zapasy w drodze, wycenia się według kosztu jej wytworzenia, który w myśl ustawy o rachunkowości, obejmuje koszty pozostające w bezpośrednim związku z danym produktem oraz uzasadnioną częścią kosztów pośrednio związanych z wytworzeniem produktu,
- **zapas sezonowy** tworzony jest dla zaspokojenia popytu w całym roku, ale wytwarzany jest tylko sezonowo (produkty rolne, owoce), jest celowo utworzony, powstały z różnicy pomiędzy wielkością sprzedaży a wielkością produkcji w danym okresie,
- **zapas promocyjny** utrzymywany jest w trakcie promocji marketingowej i budowany przed terminem promocji, to zapas, który utrzymuje się w celu szybkiej reakcji systemu logistycznego na promocję marketingową lub cenową,
- **zapas spekulacyjny** tworzony jest w oczekiwaniu na wzrosty cen, zmiany kursów walutowych czy zmiany w wymiarze społeczno-politycznym.



9.4. Systemy uzupełniania zapasu

Podstawowe modele uzupełniania zapasów w logistyce obejmują kilka powszechnie stosowanych systemów, które pomagają organizacjom zarządzać poziomem zapasów w celu zminimalizowania kosztów i zapewnienia dostępności produktów. Wyróżnić można:

- system ROP (Reorder Point) z zapasem informacyjnym – zamówienia są składane, gdy poziom zapasów osiągnie z góry określony punkt (punkt zamówienia, zapewnia to, że produkty są uzupełniane zanim zostaną wyczerpane, minimalizując ryzyko braków,
- system ROC (Reorder Cycle) z zapasem maksymalnym – zamówienia są składane w ustalonych odstępach czasu, ich wielkość uwzględnia posiadany zapas w danym momencie, a uzupełnienie jest do maksymalnego poziomu,
- system JIT (Just-In-Time) – zapasy są uzupełniane tylko w miarę potrzeby, często w celu ograniczenia kosztów przechowywania, stosowany dla systemów produkcyjnych, które dążą do minimalizacji zapasów,
- system Kanban – zamówienia są wyzwalane na podstawie fizycznych sygnałów (takich, jak np. karty), co zapewnia ciągły przepływ materiałów, ten model zapewnia elastyczność w uzupełnianiu zapasów w miarę zmian popytu,
- system EOQ (Economic Order Quantity) – ustala się ekonomiczną wielkość zamówienia, dążąc do minimalizacji kosztów zamawiania i przechowywania, wykorzystywany w stabilnych środowiskach, gdzie popyt jest przewidywalny,
- system MRP (Material Requirements Planning) – jest używany do planowania potrzeb materiałowych na podstawie prognozowanego popytu i harmonogramów produkcji.

Powyższe modele wykorzystuje się w zależności od potrzeb i charakterystyki operacyjnej przedsiębiorstwa. Każdy z nich ma swoje zalety i jest wybierany w oparciu o takie czynniki jak zmienność popytu, koszty utrzymania zapasów oraz złożoność łańcucha dostaw. Ze względu na powszechność stosowania opisano podstawowe systemy uzupełniania zapasów: ROP i ROC.

System ROP (Reorder Point) odnosi się do podjęcia decyzji o zamawianiu w odniesieniu do poziomu zapasu dysponowanego – jeżeli jego poziom obniży się poniżej poziomu zapasu informacyjnego, uruchamia się zamówienie. Punkt zamówienia (reorder point) jest zdefiniowany jako poziom zapasu, przy którym trzeba złożyć zamówienie, aby zapobiec



wyczerpaniu zapasów przed nadejściem kolejnej dostawy. Zapas bezpieczeństwa jest dodawany, aby zminimalizować ryzyko wystąpienia braków. System ten najczęściej wykorzystuje się do pozycji asortymentowych zaklasyfikowanych do grup A i B, zgodnie z klasyfikacją ABC, ze względu na najmniejsze zapasy magazynowe w nim tworzone (Cyplik, 2005). Reorder point obliczany jest ze wzoru:

$$ROP = P \times T + Z_B$$

gdzie:

ROP – punkt zamówienia

P – średni popyt w przyjętej jednostce czasu (np. dzień, tydzień)

T – czas cyklu uzupełnienia zapasu

Z_B – zapas bezpieczeństwa.

System ROP jest skuteczny w środowiskach, gdzie popyt jest stosunkowo stabilny, a cykl uzupełniania zapasów jest dobrze zdefiniowany. Pomaga on minimalizować ryzyko braków zapasów, jednocześnie utrzymując zapasy na optymalnym poziomie. Podstawowe reguły stosowania systemu ROP są następujące:

- należy zdefiniować **punkt zamówienia**, czyli poziom zapasu, przy którym uruchamiane jest nowe zamówienie, powinno uwzględnić się przewidywany popyt oraz zapas bezpieczeństwa w okresie dostawy,
- zakłada się utrzymanie **zapasu bezpieczeństwa**, który ma na celu zapobieganie brakowi zapasów w sytuacji nagłych wzrostów popytu lub opóźnień w dostawach,
- wymaga się **regularnego monitorowania poziomu zapasów**, aby w odpowiednim momencie zainicjować proces zamówienia,
- przekroczenie lub spadek poniżej punktu zamówienia sygnalizuje konieczność **złożenia nowego zamówienia**, co ma na celu utrzymanie ciągłości dostaw i uniknięcie przerw w produkcji lub dystrybucji,
- opiera się na **przewidywaniu popytu**, dlatego konieczne jest używanie wiarygodnych danych historycznych i prognoz do określenia średniego popytu oraz oszacowania zmienności, aby dokładnie wyznaczyć punkt zamówienia.



System ROC (Reorder Cycle) polega na tym, że zamówienie składane jest w określonym cyklu o stałym okresie przeglądu. Wielkość zamówienia jest zmienna i wynika z różnicy między zapasem maksymalnym a aktualnym poziomem zapasu dysponowanego. Wielkość zamówienia ustalana jest przy pomocy partii pokrywającej cały okres jako metody pokrycia zapotrzebowania. Zapas maksymalny jest ustalany na podstawie przewidywanego popytu w czasie trwania cyklu, z uwzględnieniem zapasu bezpieczeństwa. Cykl zamówień jest ustalony z góry, co pozwala na regularność dostaw, ale może wymagać większych zapasów bezpieczeństwa ze względu na ryzyko związane z nieregularnym popytem. System ten ma zastosowanie dla pozycji asortymentowych zaklasyfikowanych do grupy C, zgodnie z klasyfikacją ABC (Cyplik, 2005). Wielkość zamówienia w systemie ROC obliczana jest ze wzoru:

$$Q = Z_{MAX} - Z_W$$

gdzie:

Q – wielkość zamówienia

Z_{MAX} – zapas maksymalny

Z_W – zapas wolny (aktualny).

System ROC jest odpowiedni dla środowisk, gdzie istnieje stały harmonogram dostaw, a popyt może być przewidywany w skali cyklu. Zapewnia on stabilność w zarządzaniu zapasami i może być stosowany w sytuacjach, gdzie regularność zamówień jest priorytetem. Podstawowe reguły stosowania systemu ROC są następujące:

- opiera się na składaniu zamówień w **regularnych, ustalonych odstępach czasu** (cyklach), ustalając cykl zamówień, należy wziąć pod uwagę popyt i czas uzupełniania zapasów, aby zapewnić odpowiednią częstotliwość zamówień,
- definiuje się **maksymalny poziom zapasu**, do którego należy dążyć przy każdym zamówieniu, zapas maksymalny powinien uwzględniać przewidywany popyt w okresie cyklu oraz zapas bezpieczeństwa,
- zamówienia są składane **w regularnych cyklach**, jednak **wielkość zamówienia może być elastyczna**, dostosowując się do bieżących poziomów zapasów i przewidywanego popytu, co pozwala na reakcję na zmiany w popycie bez konieczności zmiany harmonogramu zamówień,



- ważne jest regularne **monitorowanie poziomu zapasów**, aby upewnić się, że cykle zamówień i wielkości są odpowiednio dostosowane do zmieniającego się popytu i dostępności dostaw.

9.5. Koszty zapasów

Koszty zapasów są ważnym czynnikiem w zarządzaniu zdolnościami produkcyjnymi i zapasami. Utrzymywanie zapasów wiąże kapitał i pociąga za sobą koszty związane z zamawianiem, przechowywaniem i potencjalnymi niedoborami. Przedsiębiorstwa muszą starannie planować poziomy zapasów, aby zminimalizować te koszty i zoptymalizować ogólną wydajność łańcucha dostaw (Song i in., 2020).

Pojęcie kosztów ma różnorodne aspekty i w literaturze przedmiotu znaleźć można liczne definicje. Generalnie **koszty** są kategorią ekonomiczną, która opisuje je jako zużycie określonych środków celem wyprodukowania jakiegoś przedmiotu lub dostarczenia usługi. Koszty charakteryzują się następującymi cechami (Matusiak, 2022):

- przedstawiają zużycie czynników produkcji w sposób wartościowy,
- zostały poniesione w określonym celu,
- można je przypisać do ściśle określonych okresów,
- istnieje możliwość porównania kosztów z przychodami,
- są zintegrowane z normalną działalnością przedsiębiorstwa.

Koszty związane z zapasami wynikają z konieczności wykorzystania zasobów finansowych na różnych etapach ich akumulacji i przechowywania. Składają się na nie wydatki dotyczące całego cyklu życia zapasów, począwszy od zakupu surowców, poprzez ich magazynowanie, aż do procesów produkcyjnych i dystrybucji (Śliwczyński, 2008).

Koszty powstające w przedsiębiorstwie i łańcuchu dostaw związane z zapasami można podzielić na trzy kategorie (Skowronek i Sarjusz-Wolski, 2012):

- koszty uzupełniania zapasu,
- koszty utrzymywania zapasu,
- koszty braku.

Proces generowania kosztów związanych z zapasami rozpoczyna się od świadomych kroków mających na celu wybór dostawcy i przygotowanie zlecenia zakupu, a kończy na etapie



przyjęcia materiałów lub produktów do zasobów przedsiębiorstwa. W kontekście działalności magazynowej, jest to czynność ewidencjonowania przyjęcia towarów oraz wystawiania odpowiedniego dokumentu magazynowego, zwanego dokumentem przyjęcia zewnętrznego (PZ).

Koszty uzupełniania zapasu podzielić można na koszty zamawiania i koszty transportu. W **kosztach zamawiania** wydzielić można następujące składniki (Krzyżaniak i Cyplik, 2008; Śliwczyński, 2008):

- koszty stałe – koszty wynagrodzeń w działach zaopatrzenia lub zakupów, koszty infrastruktury (pomieszczenia, wyposażenie, systemy IT), koszty stałe łączu teleinformatycznych, abonamenty korzystania z platform zakupowych, koszty stałe licencji oprogramowania wykorzystywanego przez dział zaopatrzenia lub zakupów,
- koszty zmienne – zmienne koszty korzystania z platform zakupowych, zmienne składniki kosztów połączeń telefonicznych, koszty pracy w godzinach nadliczbowych. Formuła do obliczenia zmiennych kosztów uzupełniania zapasu:

$$\text{ZKUZZ} = I_d \times k_u$$

gdzie:

ZKUZZ – zmienne koszty uzupełniania zapasu

I_d – liczba dostaw w rozpatrywanym okresie

k_u – koszt związany z jedną dostawą.



Formuła stosowana w Excelu:

$$\text{ZKUZZ} = [\text{liczba dostaw}] * [\text{koszt dostawy}]$$

Największym składnikiem kosztu uzupełniania zapasu jest **koszt transportu**. Wydzielić można w nim następujące składniki (Krzyżaniak i Cyplik, 2008; Śliwczyński, 2008):

- koszty stałe – dla transportu własnego to koszty amortyzacji i ubezpieczenia pojazdów, koszty wynagrodzeń kierowców, koszty przeglądów pojazdów; dla transportu zlecanego na zewnątrz to koszty wynagrodzenia pracowników zlecających i nadzorujących realizację usług transportowych,



- koszty zmienne – dla transportu własnego to koszty paliwa i eksploatacji pojazdów, koszty przejazdów po płatnych odcinkach dróg, koszty ubezpieczenia, diety i koszty pracy w godzinach nadliczbowych kierowców; dla transportu zlecanego na zewnątrz to koszty przewozów realizowanych przez usługodawców i koszty ubezpieczenia.

Koszty utrzymywania zapasu to wydatki związane z posiadaniem i przechowywaniem towarów w magazynie lub innych miejscach przechowywania. Są one fizycznie rejestrowane w przedsiębiorstwie od chwili przyjęcia materiałów, towarów, wyrobów na stan zapasów i wystawienia dokumentu PZ. W skład kosztów utrzymania zapasów wchodzi koszty magazynowania i koszty utraty wartości. W **kosztach magazynowania** wydzielić można następujące składniki (Krzyżaniak i Cyplik, 2008; Śliwczyński, 2007):

- koszty stałe – dla magazynu własnego to koszty amortyzacji budynków i wyposażenia magazynowego, koszty eksploatacji budynków i wyposażenia magazynowego, koszty ubezpieczenia infrastruktury magazynowej, koszty wynagrodzenia pracowników magazynowych (stałych); dla magazynu zewnętrznego są to koszty wynagrodzenia pracowników zlecających i nadzorujących realizację usług magazynowych przez operatora logistycznego,
- koszty zmienne – dla magazynu własnego to koszty zamrożonego kapitału, koszty wynagrodzeń pracowników sezonowych, koszty energii (oświetlenie, chłodzenie, zasilanie wózków widłowych); dla magazynu zewnętrznego to koszty składowania wyliczane na podstawie ilości składowanych palet, czasu składowania oraz cennika operatora. Formuła do obliczenia zmiennych kosztów utrzymania zapasu:

$$ZKUtZ = \mu_0 \times Z \times C$$

gdzie:

ZKUtZ – zmienne koszty utrzymania zapasu

μ_0 – współczynnik okresowego kosztu utrzymania zapasu

Z – zapas w ujęciu ilościowym

C – cena zakupu; w przypadku produkcji to całkowity koszt wytworzenia jednostki zapasu.



Formuła stosowana w Excelu:

$$\text{ZKUtZ} = [\text{współczynnik kosztu utrzymania zapasu}] * [\text{zapas}] * [\text{cena zakupu}]$$

Współczynnik kosztu utrzymania zapasu μ_0 informuje jaki procent średniej wartości zapasu przekłada się na koszt jego utrzymania. Można go obliczyć jako stosunek kosztów utrzymania zapasu do średniej wartości zapasu. Wartość współczynnika μ_0 może zmieniać się w szerokim przedziale (od 0,05 do 0,20) i zależy od warunków składowania zapasów, zasad jego finansowania oraz rodzaju przechowywanego dobra (Krzyżaniak i Cyplik, 2008).

Koszty magazynowania są względnie stałe, w dużym stopniu niezależne są od wielkości stanów i obrotów magazynowych ze względu na stałe zatrudnienie i infrastrukturę magazynową, a zależą głównie od okresu magazynowania zapasów.

Koszty kapitału zamrożonego w zapasach to koszty finansowe, wynikające z zamrożenia kapitału. Są one zależne od wielkości tego kapitału (wartości zapasów) i czasu zamrożenia (czasu utrzymania zapasów). Koszty zamrożenia kapitału w zapasach są kosztami hipotetycznymi i przedstawiają alternatywne koszty, jakie ponosi przedsiębiorstwo, zamrażając bezproduktywnie kapitał w zapasach, zamiast np. ulokować kapitał w banku (jako lokatę).

Koszty utraty wartości mają tylko część zmienną. Wydzielić można wśród nich następujące kategorie kosztów (Krzyżaniak i Cyplik, 2008; Śliwczyński, 2007):

- koszty utraty wartości spowodowane są zmieniającą się ich ceną na rynku, powstają w wyniku deprecjacji zapasu, czyli utraty ich dotychczasowej wartości w efekcie starzenia: fizycznego – w wyniku utraty właściwości użytkowych i zmiany cech fizyko-chemicznych spowodowanych długotrwałym przechowywaniem lub ekonomicznego (moralnego) – w wyniku zmian trendów w modzie i nowych wzorów rynkowych, upodobań klientów oraz szybkiego postępu naukowo-technologicznego,
- koszty utylizacji jeśli utrzymywane w zapasie dobra charakteryzują się ograniczonym terminem przydatności do użycia lub spożycia,
- koszty uszkodzenia, kradzieży itp.



Koszty braku zapasu odzwierciedlają stracone korzyści, a w szczególności zyski, które firma mogłaby zrealizować, gdyby posiadała zapasy we właściwym miejscu, czasie, ilości i asortymencie. Niedobór zapasów skutkuje zakłóceniami w produkcji, co wymusza reorganizację planu produkcyjnego na inne produkty, dla których surowce są dostępne, a także konieczność przestawiania maszyn produkcyjnych, co przekłada się na tymczasowy przestój i często pracę w nadgodzinach lub w dni wolne. W kontekście wykonywania kontraktów, brak zapasów może skutkować koniecznością zapłacenia kar umownych za niedostarczenie towaru. Jednakże najpoważniejszym skutkiem jest utrata reputacji przedsiębiorstwa i jego pozycji konkurencyjnej na rynku, co jest rezultatem braku dostępności produktów zgodnie z oczekiwaniami klientów (Śliwczyński, 2008). Formuła do obliczenia kosztów braku zapasu:

$$\text{KBZ} = \text{SKBZ} + \text{ZKBZ} = K_B \times p(B) \times I_d + N_B \times k_{bz}$$

gdzie:

KBZ – koszty braku zapasu

SKBZ – stałe koszty braku zapasu

ZKBZ – zmienne koszty braku zapasu

K_B – koszt ponoszony w sytuacji wystąpienia braku

$p(B)$ – prawdopodobieństwo wystąpienia braku w danym cyklu uzupełnienia zapasu

I_d – liczba cykli uzupełniania zapasu w rozpatrywanym okresie

N_B – średnia (oczekiwana) liczba braków w rozpatrywanym okresie

k_{bz} – koszt ponoszony w przypadku braku jednej jednostki zapasu



Formuła stosowana w Excelu:

$$\text{KBZ} = [\text{stałe koszty braku zapasu}] + [\text{zmienne koszty braku zapasu}]$$

$$\text{KBZ} = [\text{koszt braku}] * [\text{prawdopodobieństwo braku}] * [\text{liczba cykli uzupełniania zapasu}] + [\text{średnia liczba braków}] * [\text{jednostkowy koszt braku}]$$

Koszty utraconych korzyści w swojej części stałej odnoszą się do szacowanej wartości utraconej marży po zakończeniu współpracy z klientem (jeżeli zaprzestanie



współpracy z klientem spowodowane było wystąpieniem braku w zapasie). W części zmiennej to wartość utraconej marży spowodowana niedostarczeniem określonej liczby sztuk, które zostały zamówione przez klienta (Krzyżaniak i Cyplik, 2008).

Kary umowne w części stałej zawierają koszt awaryjnego zakupu, koszt przestoju systemu produkcyjnego, kary uzależnione od faktu wystąpienia braku w dostawie (niezależne od ilości niedostarczonych sztuk). Część zmienną stanowią kary uzależnione od ilości sztuk niedostarczonych zgodnie ze specyfikacją zamówienia (Krzyżaniak i Cyplik, 2008).

Ponadto pojawić się mogą również **koszty nadmiaru zapasu**, związane z przekroczeniem określonego poziomu zapasu. Koszty stałe nadmiarowego zapasu mogą wynikać np. z konieczności wynajęcia dodatkowego magazynu. Koszty zmienne są zależne od wielkości nadmiaru i związane są z (Krzyżaniak i Cyplik, 2008):

- kosztami wynajęcia dodatkowej powierzchni magazynowej u operatora logistycznego,
- karami umownymi za przetrzymywanie środków transportu (np. cystern kolejowych),
- kosztami wynikającymi ze zwiększonego ryzyka przeterminowania zapasu.

Podsumowując, kontrola nad kosztami związanymi z zapasami jest istotna dla efektywnego zarządzania produkcją i poziomem zapasów. Poprzez implementację właściwych metod zarządzania zapasami przedsiębiorstwa są w stanie obniżyć koszty operacyjne i podnieść efektywność całego łańcucha dostaw (Song i in., 2020).

9.6. Podstawowe modele klasyfikacji zapasów

Analiza ABC opiera się na znanej w ekonomii zasadzie „80-20”, sformułowanej przez włoskiego ekonomistę Vilfredo Pareto. Zgodnie z jej głównymi założeniami ok. 20% elementów w 80% decyduje o efektach danego zagadnienia – jest to podział klasyczny. Zasada Pareto jest istotną pomocą decyzyjną dla klasyfikacji dóbr fizycznych. 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 (Pandya i Thakkar, 2016; Tanwari i in., 2000).



Procedura podziału pozycji asortymentowych według analizy ABC opiera się jednoznacznym kryterium klasyfikacji jakim jest określony udział procentowy w wartości obrotu (Krzyżaniak i Cyplik, 2008).



Metoda ABC obejmuje następujące kroki (Cyplik i Hadaś, 2012):

- [1] obliczenie wartości zużycia każdej pozycji asortymentowej w danym okresie,
- [2] posortowanie wartości zużycia w porządku malejącym,
- [3] zsumowanie wartości wszystkich pozycji,
- [4] obliczenie udziału wartości zużycia każdej pozycji w wartości zużycia ogółem,
- [5] obliczenie skumulowanych udziałów procentowych,
- [6] ustalenie podziału na grupy A, B oraz C.



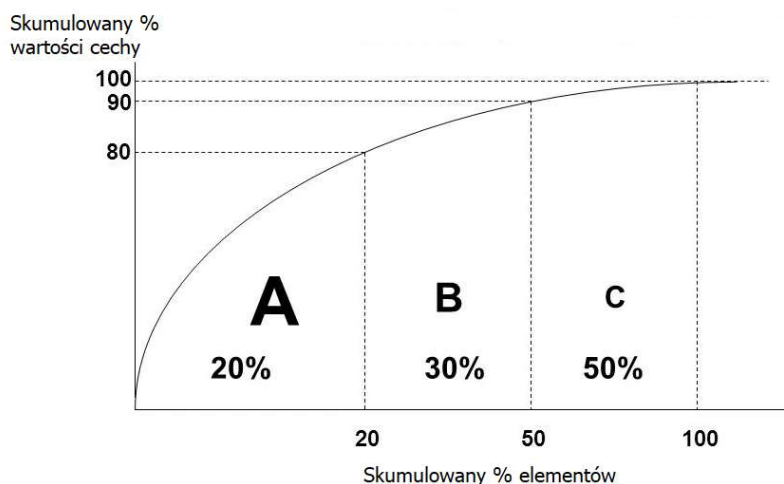
Formuły w Excel:

- [1] Policz [wartość zużycia asortymentu]=[cena zakupu]*[wielkość zużycia]
- [2] Posortuj malejąco dla [wartość zużycia asortymentu]
- [3] Wykonaj podsumowanie dla całej kolumny [wartość zużycia asortymentu] z wykorzystaniem funkcji SUMA([wartość zużycia asortymentu])
- [4] Oblicz [udział] każdej pozycji jako [wartość zużycia asortymentu]/SUMA([wartość zużycia asortymentu])
- [5] Oblicz skumulowany udział procentowy dla każdego asortymentu jako [skumulowany udział procentowy pozycja n+1]=[udział skumulowany pozycja n]+[udział skumulowany pozycja n+1]
- [6] Przydziel asortyment do grup A, B, C wykorzystując funkcję:
=JEŻELI([skumulowany udział pozycja 1]<80%;"A";
JEŻELI([skumulowany udział pozycja 1]<95%;"B";"C"))



W **analizie ABC** produkty sklasyfikowane jako A są najbardziej wartościowe i wymagają szczególnej uwagi oraz częstych przeglądów. Produkty grupy B wymagają umiarkowanej kontroli, produkty grupy C są najmniej wartościowe i można nimi zarządzać za pomocą prostszych procedur.

Wyróżnienie 80% wartości zużycia wyznacza pozycje kwalifikujące się do grupy A, gdzie będzie ok. 20% pozycji. Są to materiały, które mają największy udział w sprzedaży i na ogół są one nieliczne. Następne 15% wartości zużycia wyznaczy pozycje kwalifikujące się do grupy B. Pozostałe pozycje tworzyć będą grupę C – najbardziej liczną. Ten asortyment w niewielkim stopniu partycypuje w wartości sprzedaży ogółem (Cyplik i Hadaś, 2012), (Chu i in., 2008). Zauważyć jednak należy, że taki podział jest umowny i w zależności od warunków działania i otrzymanych wyników przyjmuje się inne granice wydzielania grup asortymentowych. Klasyczny kształt relacji ilościowo-wartościowych zgodnych z zasadą Pareto przedstawia rysunek 9.3.



Rysunek 9.3. Krzywa analizy ABC

Źródło: opracowanie własne

Analiza XYZ ma na celu ocenę wahań popytu lub konsumpcji asortymentu (Pandya i Thakkar, 2016). Skupia się ona na ilościowym ruchu części zapasów (Al-dulaimi i Emar, 2020). Analiza XYZ jest przeprowadzana dla zapasów, które mogą się znacznie różnić w każdym miesiącu, dla którego przeprowadzana jest analiza, ponieważ na wyniki mogą wpływać różne



czynniki zewnętrzne, takie jak utracone lub opóźnione zamówienia sprzedaży i dostawy (Dhoka i Choudary, 2013).

Podstawą podziału według klasyfikacji XYZ jest charakter zużycia – sprzedaży (Cyplik i Hadaś, 2012):

- od pozycji wydawanych w dużych ilościach, o masowym charakterze – grupa X,
- przez zużycie o średniej wielkości (w ujęciu ilościowym) – grupa Y,
- do pozycji wydawanych sporadycznie, jednostkowo – grupa Z.

Podział na grupy XYZ bywa także odnoszony do kryterium regularności zapotrzebowania i dokładności prognozowania. Według tego ujęcia (Krzyżaniak i Cyplik, 2008):

- w grupie X mieszczą się pozycje zużywane w dużych ilościach, charakteryzujące się regularnym zapotrzebowaniem, o niewielkich wahaniach, o wysokiej dokładności prognozowania,
- grupa Y to pozycje o mniejszym ilościowo popycie, o sezonowych wahaniach zapotrzebowania, lub wykazujące wyraźny trend popytu, dla których prognozy charakteryzują średnią dokładnością,
- grupa Z obejmuje pozycje wolno rotujące, o nieregularnym zapotrzebowaniu przy niskiej dokładności prognoz tego zapotrzebowania.



W przypadku analizy XYZ należy wykonać następujące kroki związane z obliczeniem (Dhoka i Choudary, 2013):

- [1] Obliczenie sumy kwadratów,
- [2] Obliczenie odchylenia standardowego,
- [3] Obliczenie współczynnika zmienności,
- [4] Ustalenie podziału na grupy X, Y oraz Z.



Formuły w Excel:

- [1] Obliczenie sumy kwadratów: `=SUMA([zakres komórek]-ŚREDNIA([zakres komórek])^2)`



[2] Obliczenie odchylenia standardowego:

=ODCH.STANDARDOWE.S([zakres komórek])

[3] Obliczenie CV jako stosunku odchylenia standardowego

do średniej, wyrażony w procentach, oblicza się go z formuły:

=(ODCH.STANDARDOWE.S([zakres komórek]) / ŚREDNIA([zakres komórek]))*100

W **analizie XYZ** pozycje sklasyfikowane jako **X** wykazują stały, przewidywalny popyt, co umożliwia łatwiejsze planowanie i minimalizację zapasów zabezpieczających. Pozycje z grupy **Y** charakteryzują się umiarkowaną przewidywalnością, wymagają bardziej elastycznego podejścia do zarządzania zapasami, podczas gdy produkty z grupy **Z** są najmniej przewidywalne i mogą wymagać największych zapasów zabezpieczających.

W praktyce gospodarczej zastosowanie podziału XYZ ma sens w połączeniu z klasyfikacją ABC (Pandya i Thakkar, 2016), (Cyplik i Hadaś, 2012). Przeprowadzenie łączonej **analizy ABZ/XYZ** pozwala na podzielenie rozpatrywanego asortymentu na 9 grup, wobec których można podejmować różne rozwiązania dotyczące utrzymywania i uzupełniania zapasu (Krzyżaniak i Cyplik, 2008). Charakterystyka tych grup została przedstawiona w tabeli 9.1.

Pole w macierzy jest kombinacją analizy ABC i XYZ. Przypisanie asortymentu w dwóch wymiarach umożliwia przyjęcie dobrej strategii zarządzania zapasami i daje lepszą kontrolę nad nimi (Pandya i Thakkar, 2016). Na przykład wskazać można:

- potencjał racjonalizacji dla grup AX, BX i AY,
- złożoność sterowania dla grup AY, AZ i BZ.

Klasyfikacja ABC/XYZ, wraz z ustaleniem probabilistycznego poziomu obsługi popytu (POP) lub wskaźnika stopnia ilościowej realizacji (SIR), stanowi kluczowe fundamenty dla opracowania efektywnego modelu odnawiania zapasów. Te metody pozwalają na identyfikację i priorytetyzację zapasów według ich wartości i przewidywalności popytu, co jest niezbędne do optymalizacji procesów zamówień i zarządzania magazynem.



W konsekwencji, umożliwiając one bardziej celowane i skuteczne podejście do zarządzania zapasami, zwiększając efektywność operacyjną i finansową przedsiębiorstwa.

Tabela 9.1. Podejście 9-polowe do relacji ABC-XYZ

	A	B	C
X	Wysoka wartość obrotu towaru, duża dokładność prognozy popytu	Średnia wartość obrotu towaru, duża dokładność prognozy popytu	Niska wartość obrotu towaru, duża dokładność prognozy popytu
Y	Wysoka wartość obrotu towaru, średnia dokładność prognozy popytu	Średnia wartość obrotu towaru, średnia dokładność prognozy popytu	Niska wartość obrotu towaru, średnia dokładność prognozy popytu
Z	Wysoka wartość obrotu towaru, brak dokładności prognozy popytu	Średnia wartość obrotu towaru, brak dokładności prognozy popytu	Niska wartość obrotu towaru, brak dokładności prognozy popytu

Źródło: (Pandya i Thakkar, 2016)

Do klasyfikacji zapasów w celu lepszego zarządzania i optymalizacji łańcuchów dostaw oprócz metody ABC i XYZ można wykorzystać również (Mitra i in., 2015; Pandya i Thakkar, 2016; Sirisha i Kalyan, 2022):

- HML – klasyfikacja oparta na cenie jednostkowej produktu, gdzie H (High) oznacza produkty o wysokiej cenie jednostkowej, M (Medium) o średniej, a L (Low) o niskiej,
- VED – klasyfikacja oparta na krytyczności produktów, gdzie V (Vital) oznacza produkty niezbędne, E (Essential) istotne, a D (Desirable) pożądane,
- GOLF – klasyfikacja oparta na częstotliwości użycia i lokalizacji, gdzie General oznacza produkty ogólne, Occasional – okazjonalne, Local – lokalne, a Fast-moving – szybko rotujące,
- SDE – klasyfikacja oparta na dostępności produktów, gdzie Scarce oznacza produkty rzadkie, Difficult trudne do pozyskania, a Easy łatwe do pozyskania,
- FSN – klasyfikacja oparta na szybkości rotacji, gdzie Fast oznacza produkty szybko rotujące, Slow wolno rotujące, a Non-moving nierotujące,
- SOS – klasyfikacja oparta na cykliczności popytu na dany produkt: produkty Seasonal mają wysoki popyt w określonym sezonie lub okresie czasu, Off-Seasonal – mają równomierny popyt przez cały rok lub ich popyt wzrasta



w okresach, które nie są uważane za szczyt sezonu dla danej kategorii produktów.

Pytania do rozdziału

1. Co oznacza probabilistyczny poziom obsługi klienta?
2. Jakie są podstawowe modele uzupełniania zapasów w logistyce?
3. Jakie jest główne założenie zasady Pareto?

LITERATURA

Al-Dulaime, W., i Emar, W. (2020). Analysis of Inventory Management of Laptops Spare Parts by Using XYZ Techniques and EOQ Model–A Case Study. Journal of Electronic Systems Volume, 10(1), 1.

Bowersox, D. i Closs, D.J. (1996). Logistical Management: The Integrated Supply Chain Process, 4th ed., McGraw-Hill, New York, NY.

Bril, J., i Łukasik, Z. (2013). Metody zarządzania zapasami. Autobusy: technika, eksploatacja, systemy transportowe, 14(3), 59-67.

Brunaud, B., Laínez-Aguirre, J. M., Pinto, J. M., i Grossmann, I. E. (2019). Inventory policies and safety stock optimization for supply chain planning. AIChE journal, 65(1), 99-112.

Chu, C. W., Liang, G. S., i Liao, C. T. (2008). Controlling inventory by combining ABC analysis and fuzzy classification. Computers i Industrial Engineering, 55(4), 841-851.

Cyplik, P. (2005). Zastosowanie klasycznych metod zarządzania zapasami do optymalizacji zapasów magazynowych–case study. LogForum, 1(3), 4.

Cyplik, P., i Hadaś, Ł. (2012). Zarządzanie zapasami w łańcuchu dostaw. Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej.



Dhoka, D. K., i Choudary, Y. L. (2013). XYZ inventory classification & challenges. *IOSR Journal of Economics and Finance*, 2(2), 23-26.

Fertsch, M. (red.) (2006). *Słownik terminologii logistycznej*. Instytut Logistyki i Magazynowania. Poznań.

Hachuła, P., i Schmeidel, E. (2016). The Model of Demand and Inventory in a Decline Phase of the Product Life Cycle. *Folia Oeconomica Stetinensia*, 16(1), 208-221.

Jain, N., i Tan, T. F. (2022). M-commerce, sales concentration, and inventory management. *Manufacturing & Service Operations Management*, 24(4), 2256-2273.

Krzyżaniak, S. (2016). Próba uogólnienia formuły na obliczanie zapasu zabezpieczającego dla klasycznych metod odnawiania zapasu. *Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej. Seria Organizacja i Zarządzanie*. Nr. 99, 245-259.

Krzyżaniak, S., i Cyplik, P. (2008). *Zapasy i magazynowanie: podręcznik do kształcenia w zawodzie technik logistyk*. T. 1, *Zapasy* / S. Krzyżaniak, P. Cyplik, Instytut Logistyki i Magazynowania.

Matusiak, M. (2022). *Logistyka zaopatrzenia. Skrypt akademicki. Część 1 Wykład*. Wydawnictwo Uniwersytetu Łódzkiego.

Mitra, S., Reddy, M. S., i Prince, K. (2015). Inventory control using FSN analysis—a case study on a manufacturing industry. *International Journal of Innovative Science, Engineering & Technology*, 2(4), 322-325.

Niemczyk, A., Cudziło, M., Kolińska, K., Fajfer, P., Koliński, A., Pawlak, R., Sobótka, J. (2011). *Podręcznik dla nauczycieli do laboratorium spedycyjno – logistycznego i magazynowego*. Tom II. Wyższa Szkoła Logistyki. Poznań 2011.

Pandya, B., i Thakkar, H. (2016). A review on inventory management control techniques: ABC-XYZ analysis. *REST Journal on Emerging trends in Modelling and Manufacturing*, 2(3).

Papiernik-Wojdera, M., i Sikora, S. (2022). Ocena logistycznej obsługi klienta w przedsiębiorstwie Cargonet sp. z o. o. [in] red. Fajczak-Kowalska A. *Problemy i wyzwania współczesnej logistyki*. Wydawnictwo Rys. Poznań.

Placencia, I. A., Partida, D. S., Olivos, P. C., i Flores, J. M. (2020). Inventory management practices during COVID 19 pandemic to maintain liquidity increasing customer service level in



an industrial products company in Mexico. *Advances in Science, Technology and Engineering Systems*, 5(6), 613-626.

Powell Robinson, E., i Satterfield, R. K. (1990). Customer Service: Implications for Distribution System Design. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 20(4), 22–30.

Selivanova, N., Bubilich, S., i Popko, Y. (2018). Features of formation of the accounting policy of the enterprise in a part of accounting of manufacturing reserves. *Економіка: реалії часу*, (5 (39)), 89-96.

Sirisha, T., i Kalyan, D. N. B. (2022). Inventory management pattern of manufacturing sector in India. Available at SSRN 4165201.

Skowronek, Cz., Sarjusz-Wolski, Z. (2012). *Logistyka w przedsiębiorstwie*. Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne. Warszawa.

Śliwczyński, B. (2007). *Controlling w zarządzaniu logistyką: Controlling operacyjny, controlling procesów, controlling zasobów*. Wyższa Szkoła Logistyki.

Śliwczyński, B. (2008). *Planowanie logistyczne: podręcznik do kształcenia w zawodzie technik logistyk*. Instytut Logistyki i Magazynowania.

Song, J. S., Van Houtum, G. J., i Van Mieghem, J. A. (2020). Capacity and inventory management: Review, trends, and projections. *Manufacturing & Service Operations Management*, 22(1), 36-46.

Strojny, S. (2008). Przesłanki standaryzacji interpersonalnej obsługi klienta. *LogForum*, 4(1), 1-8.

Tanwari, A., Lakhari, A. Q., i Shaikh, G. Y. (2000). ABC analysis as a inventory control technique. *Quaid-E-Awam University research journal of engineering, science and technology*, 1(1).

Ustawa z dnia 29 września 1994 r. o rachunkowości, Dz. U. z 2021 r. poz. 217, z późn. zm. [dostępna: <https://stat.gov.pl/metainformacje/slownik-pojec/pojecia-stosowane-w-statystyce-publicznej/645,pojecie.html>, access 08.11.2023].

Wild, T. (2017). *Best practice in inventory management*. Routledge.