

BUJAK Andrzej¹
ZAJĄC Mateusz²
ZAJĄC Paweł³

Wykorzystanie metody ABC-XYZ do optymalizacji systemu logistycznego z uwzględnieniem energochłonności

*Słowa kluczowe: logistyka,
energochłonność systemów logistycznych,*

Streszczenie

Przedstawiono problematykę przybliżonego określania potrzebnej energii przypadającej na obsługę jednostki ładunkowej w magazynie z wykorzystaniem metody ABC.

USE OF ABC-XYZ METHOD FOR OPTIMIZED LOGISTICS SYSTEM INCLUDING ENERGY CONSUMPTION

Abstract

The problem of approximate determination of the required energy per unit load handling in the warehouse.

1. WSTĘP

Logistyczny system magazynowy jest bardzo skomplikowanym i często na tyle wykorzystanym miejscem, że nie ma możliwości z odpowiednią dokładnością określić/opisać poszczególnych procesów związanych z obsługą jednostek ładunkowych. W związku z tym, często „zarys czynności magazynowych” jest statystycznie analizowany. Jednak pierwszym i najważniejszym krokiem w optymalizowaniu procesów magazynowych jest: zrozumienie zleceń klientów, które pozwalają całemu logistycznemu systemowi działać.

Znane są proste wskaźniki, które zna każdy logistyk w zakresie optymalizacji logistycznych systemów magazynowych, które dają pewną wskazówkę związaną z ograniczonym obszarem stosowalności np.: ekonomii, zarządzania, eksploatacji danego magazynu. Powinny one jednak być traktowane ostrożnie, ponieważ niektóre z nich są tylko prostymi średnimi wartościami, które mogą wprowadzać w błąd. Ich główną zaletą jest to, że pozwalają szybko zorientować się w problemach magazynu. Kluczowe kwestie które należy wziąć pod uwagę to:

- Obszar magazynu (większe magazyny wymagają większej ilości pracowników i większej ilości wyposażenia aby przemieszczać jednostki ładunkowe),
- Średnia liczba przyjętych jednostek ładunkowych w danym dniu (większa liczba jednostek ładunkowych oznacza większą ilość doków i/lub większą ilość pracowników),
- Średnia wielkość wprowadzonych nowych jednostek magazynowych (ciężko jest ustalić racjonalną politykę składowania kiedy liczebność danych jednostek magazynowych zmienia się),
- Średnia liczba wszystkich jednostek magazynowych w magazynie (miernik złożoności organizacji pracy),
- Średnia liczba zamówień wysłanych w ciągu dnia (realizacja zamówień oznacza większą liczbę doków załadunkowych i/lub więcej pracy),
- Liczba danych jednostek ładunkowych w magazynie przypadająca na zamówienie,
- Średnia liczba jednostek w rzędzie,
- Liczba pracowników komplekcyjnych przyporządkowanych do przemieszczania palet,
- Sezonowość.

2. ANALIZA ABC

Powszechnie znana [1], [2], [3] jest z inżynierii logistycznej metoda, mówiąca że pewna liczba pozycji asortymentowej w obrębie danej operacji implikuje wartość jej częstości pobrania. Wszystko to zapisuje się ogólnie „80/20” (np. 20% jednostek magazynowych, wyjaśnia 80% ich udział wartościowy) lub analiza ABC, która klasyfikuje towary jako A (stanowiące mały ułamek całości ale generujące największy udział wartościowy), B (średnio istotne) oraz C (jest to większość wszystkich jednostek magazynowych, ale generują mały udział wartościowy).

Jednym z najważniejszych pytań jest to jaką rolę pełnią dane jednostki magazynowe? Jest to zazwyczaj kwestia uszeregowania tych jednostek magazynowych wg pewnych kryteriów. To pomaga odświeżyć zarys wielu kwestii logistycznych tego magazynu. Błędny rodzajem myślenia jest, że analiza ABC odnosi się wyłącznie do kwestii wartości wyrażonych w pieniądzu. Jest to zaledwie jedna z możliwości spojrzenia na pojęcie aktywności magazynu. W referacie

¹Wyższa Szkoła Bankowa w Gdańsku, ul. Dolna Brama 8, 80-821 Gdańsk, Katedra Logistyki, andrzej.bujak@interia.pl, tel. +58 323 89 10

²Wyższa Szkoła Bankowa we Wrocławiu, ul. Fabryczna 29-31, 53-609 Wrocław, tel. +71 356 16 10

³Wyższa Szkoła Bankowa we Wrocławiu, ul. Fabryczna 29-31, 53-609 Wrocław, tel. +71 356 16 10

nie porusza się tego punktu widzenia ponieważ jest to kwestia finansowa, podczas gdy będzie się poruszać aspekt działań usprawniających prace magazynu.

W konsekwencji znajdziemy zależność: w jakim stopniu każda jednostka magazynowa generuje potrzebną mu przestrzeń i energochłonność.

Bardzo często analiza ABC przynosi zaskakujące rezultaty, np. mamy różne spojrzenia na pojęcie aktywności w pewnym dużym magazynie dystrybucyjnym sieci dużych sklepów. Po pierwsze można sprawdzić, które jednostki magazynowe stanowią największą część ładunków, poruszających się w obrębie magazynu. Będzie to związane z odebraniem, odłożeniem do magazynowania i uzupełnianiem zapasów ponieważ każda jednostka musi być wzięta pojedynczo tak aby umieścić ją na miejscu odkładczym. Tabela 1 przedstawia najważniejsze jednostki magazynowe według liczby przemieszczających się jednostek ładunkowych. Ładunki ze stosunkowo małą liczbą pozycji sztukowych w jednym pudełku, jak np. pozycja 1, pojawia się na tej liście pomimo tego, że całkowita sprzedaż jest umiarkowana.

Większość pracy w magazynie stanowi kompletacja, dlatego tak ważne jest aby uszeregować wszystkie jednostki, według częstotliwości sięgania po wybraną jednostkę magazynową w czasie kompletacji, w danym przedziale czasu [2].

Teraz weźmy pod uwagę liczbę sprzedanych jednostek. Jest to bardzo ważne ponieważ każda musi być przyniesiona przez pracownika. Okazuje się, że najlepiej rotujące jednostki magazynowe sprzedawanych produktów są to karty baseballowe oraz popcorn z mikrofalówki. Oznacza to że najwięcej pracy generuje manipulacja tymi produktami.

Tab. 1. Dziesięć głównych produktów w sklepie detalicznym i liczba pudełek jakie przepływają przez sklep [3]

| | Jednostka magazynowa | jednostki/skrzynke | jednostki | skrzynki | ruchy kompletacyjne |
|----|------------------------------------|--------------------|-----------|----------|---------------------|
| 1 | Dietetyczny milshake (czekoladowy) | 6 | 3.085 | 514.17 | 525 |
| 2 | Bandaże (podwójna rodzinna paczka) | 12 | 4.488 | 374.00 | 374 |
| 3 | Paczka słomek Pixy Stix | 12 | 4.320 | 360.00 | 267 |
| 4 | Podwójna taśma video | 24 | 7.260 | 302.50 | 471 |
| 5 | Aspiryna | 12 | 3.144 | 262.00 | 255 |
| 6 | Środek przeciwko alergii | 24 | 5.850 | 243.75 | 538 |
| 7 | Popcorn z mikrofalówki (maślany) | 144 | 34.362 | 238.62 | 806 |
| 8 | Tabletki przeciwbólowe | 24 | 5.604 | 233.50 | 569 |
| 9 | Lek przeciw przeziębieniom | 24 | 5.562 | 231.75 | 485 |
| 10 | Cukierki firmy Sathers | 12 | 2.52 | 210.00 | 206 |

Tab. 2. Dziesięć głównych produktów o które najczęściej proszą klienci w sklepie detalicznym [3]

| | Jednostka magazynowa | jednostki/skrzynke | jednostki | skrzynki | ruchy kompletacyjne |
|----|---------------------------------------|--------------------|-----------|----------|---------------------|
| 1 | Popcorn z mikrofalówki (maślany) | 144 | 34.362 | 238.62 | 806 |
| 2 | Zestaw toreb | 6 | 815.00 | 135.83 | 781 |
| 3 | Popcorn z mikrofalówki diet.(maślany) | 144 | 21.275 | 147.75 | 570 |
| 4 | Tabletki przeciwbólowe | 24 | 5.604 | 233.50 | 569 |
| 5 | Popcorn z mikrofalówki (serowy) | 120 | 15.870 | 132.25 | 553 |
| 6 | Środek przeciwko alergii | 24 | 5.850 | 243.75 | 538 |
| 7 | Maść z antybiotykiem | 144 | 4.776 | 33.17 | 534 |
| 8 | Gumy do żucia Wrigley czerwone | 192 | 12.792 | 66.62 | 530 |
| 9 | Gumy do żucia Wrigley miętowe | 192 | 14.736 | 76.75 | 526 |
| 10 | Dietetyczny milshake (czekoladowy) | 6 | 3.085 | 514.17 | 525 |

Tab. 3. Dziesięć głównych produktów w sklepie detalicznym, mierzonych w sprzedanych jednostkach [3]

| | Jednostka magazynowa | jednostki/skrzynke | jednostki | skrzynki | ruchy kompletacyjne |
|----|------------------------------------|--------------------|-----------|----------|---------------------|
| 1 | Karty baseballowe | 432 | 70.524 | 163.25 | 423 |
| 2 | Popcorn z mikrofalówki | 144 | 34.362 | 238.62 | 806 |
| 3 | Karty baseballowe typ nr 2 | 720 | 25.344 | 35.20 | 348 |
| 4 | Popcorn z mikrofalówki (maślany) | 144 | 21.276 | 147.75 | 570 |
| 5 | Karty baseballowe typ 3 | 720 | 18.684 | 25.95 | 276 |
| 6 | Popcorn z mikrofalówki (serowy) | 120 | 15.870 | 132.25 | 553 |
| 7 | Gumy do żucia Wrigley miętowe | 192 | 14.736 | 76.75 | 526 |
| 8 | Popcorn z mikrofalówki (naturalny) | 144 | 13.284 | 92.25 | 377 |
| 9 | Gumy do żucia Wrigley czerwone | 192 | 12.792 | 66.62 | 530 |
| 10 | Masło orzechowe | 432 | 12.708 | 29.42 | 310 |

Tab. 4. Dziesięć wiodących produktów sklepu z artykułami papierniczymi, mierzone w liczbie żądań klientów [3]

| | Jednostka magazynowa | ruchy kompletacyjne |
|----|----------------------|---------------------|
| 1 | Taśmy | 2.225 |
| 2 | Segregator | 2.171 |
| 3 | Teczki | 2.163 |
| 4 | Tusze do drukarki | 2.157 |
| 5 | Kolorowe dyskietki | 2.097 |
| 6 | Markery | 2.075 |
| 7 | Notesy | 2.062 |
| 8 | Spinacze | 2.049 |
| 9 | Zeszyto-Notesy | 2.009 |
| 10 | Pióra kulkowe | 2.008 |

Tab. 5. Dziesięć wiodących produktów oraz ich waga, czyli jakie są koszty transportu tych produktów [3]

| | Jednostka magazynowa | waga | jednostki | całkowita waga |
|----|----------------------------|--------|-----------|----------------|
| 1 | Tonery do drukarek | 874.81 | 52 | 45490.1 |
| 2 | Teczki - Foldery 1 | 6.38 | 5812 | 37080.6 |
| 3 | Teczki | 5.27 | 5350 | 28194.5 |
| 4 | Pojemnik na kartki | 137.25 | 156 | 21411.0 |
| 5 | Foldery | 5.78 | 3534 | 20426.5 |
| 6 | Teczki - Foldery 2 | 5.06 | 3930 | 19885.8 |
| 7 | Teczki - Foldery 3 | 8.14 | 1994 | 16231.2 |
| 8 | Filtry przeciwprzepięciowe | 87.04 | 156 | 13578.2 |
| 9 | Teczki - Foldery 4 | 8.12 | 1662 | 13495.4 |
| 10 | Spinacze | 4.85 | 2662 | 12910.7 |

Spotkaliśmy się z podobnymi przypadkami badając aktywność w hurtowej dystrybucji artykułów biurowych. W tabeli 4 pokazano 10 produktów, o które najczęściej pytali klienci.

Zauważmy że analiza ABC dystrybucji produktów biurowych nie jest mocno wypaczona (widać że liczba pobran spada stosunkowo powoli wraz ze spadkiem pozycji na liście). To jest odzwierciedlenie dojrzałości produktu i jest typowe dla produktów żywnościowych oraz sprzętu komputerowego. Jeśli chodzi o analizę ABC modnych artykułów, jest ona nadzwyczaj wypaczona: sprzedaż 100 czołowych płyt CD wśród populacji równej 100 000+ może wynosić 25% całej sprzedaży.

Jeśli zbadalibyśmy taką samą populację produktów biurowych, biorąc pod uwagę ich wagę, znajdziemy klucz do rozwiązania problemu czyli które jednostki magazynowe generują największą część kosztów transportu, które są mocno oparte na wadze.(Tabela 5)

Wszystkie dane zaprezentowane posiadają wspólną cechę: ich udział wartościowy spada dość gwałtownie, zaraz po pierwszej najlepiej sprzedawanej jednostce magazynowej.

3. USZCZEGÓLOWIENIE PROBLEMU

Aby zaprojektować nowy magazyn [2], zmodernizować istniejący, usprawnić czynności w obrębie magazynu, niezbędne jest szczegółowe zapoznanie się z wydajnością urządzeń. Ważne jest przeanalizowanie kształtowania się zamówień klientów, które determinują wydajność urządzeń. Istnieją trzy rodzaje danych pomocnych w zbieraniu informacji:

1. dane odnoszące się do każdej jednostki magazynowej,
2. dane odnoszące się do zamówień klientów,
3. dane odnoszące się do lokalizacji w obrębie magazynu.

3.1. Informacje na temat jednostki magazynowej

Informacje na temat jednostki magazynowej które mogą być przydatne to:

- Niepowtarzalne ID które wyróżnia tę jednostkę od innych
- Krótki opis produktu, który jest pomocny przy sprawdzaniu i weryfikacji błędów
- Rodzina produktów która może mieć wpływ na składowanie i przenoszenie produktu. Jest to typowy zamysł przemysłu. Np. dla sieci aptek rodziny produktów mogą stanowić produkty do pielęgnacji włosów, produkty dentystyczne, produkty do golenia i inne które są wystawiane razem w sklepie detalicznym. Dla producenta żywności rodziny produktów to jednocześnie produkty sypkie, mleczne, chłodzone i mrożone. Dla dystrybutora słodczy rodziny produktów może składać się z czekolady (wrażliwej na ciepło), cukierków miętowych (zapachowych), cukierków ślazowych (mających zdolność do pochłaniania zapachów innych produktów). Dla dystrybutora odzieży rodziny produktów stanowią ubrania i ich rozmiary, kolory, rodzaj materiału oraz styl. Zauważmy, że jedna jednostka magazynowa może należeć do kilku rodzin produktów.
- Adresy lokalizacji w obrębie magazynu, co również sprzyja sprawnemu sprawdzaniu i weryfikacji błędów.
- Dla każdej lokalizacji, w której jest dana jednostka informacje typu:
 - o Rodzaj jednostki ładunkowej, taki jak paleta czy pudełko,
 - o Fizyczne rozmiary jednostki na której jest ona składowane (długość, szerokość, wysokość, waga), co pomaga w zrozumieniu wymagań przestrzennych tej jednostki,
 - o Skala sprzedaży tej jednostki, czyli czy są sprzedawane pojedynczo, czy pudełkami,
 - o Liczba sprzedanych jednostek na jednostkę składowania.
- Dane które pomagają w identyfikacji produktu, który ma być zastąpiony przez nowy wprowadzony produkt,
- Maksymalny poziom zapasów na miesiąc bądź tydzień, co pomaga zdecydować ile miejsca powinno być zarezerwowane dla tej jednostki.

Istotnym jest zrozumienie reguł stosowanych w magazynie, które pozwalają odróżnić od siebie jednostki w jakich towary są składowane i sprzedawane, np. słowo „pudełko” jest często nazywane kartonem, skrzynką, co zależy od jego użycia i mają one zupełnie inne znaczenia dla magazynu [3].

Magazynier może przywieźć pudełko, w którym będą znajdować się mniejsze jednostki np. paczki, a w paczkach z kolei pudełka a w pudełkach pojedyncze produkty. Dobrym przykładem może być tutaj dystrybutor produktów biurowych, zaopatrujący w długopisy. Producent może zapakować 12 długopisów w jeden kartonik w którym jest ich 12 (co można zobaczyć w sklepie), z kolei 12 kartoników można umieścić w większej paczce, a 12 paczek w skrzynce po 4 paczki co da

w sumie aż 576 długopisów. Pomimo że wszystkie te nazwy pudełko, skrzynka, paczka są używane w znaczeniu ogólnym to nie ma żadnego prawa, które narzuca ich przyporządkowanie do jakiegoś konkretnego rodzaju pakowania.

Ważne jest zrozumienie tego w jaki sposób informacje dotyczące opakowania są przechowywane w bazie danych komputerowego systemu wspomagającego pracę magazynu. Często jest tak że klient zmuszony jest do kupienia zintegrowanej części danego produktu, czyli całej jednostki. Ale jeśli chodzi o długopisy to najmniejszą jednostką jest tutaj pojedynczy długopis, co oznacza że klient może nabyć mniej niż całe pudełko 12 długopisów. W bazie danych taka informacja może być zanotowana jako „11” dla każdego. Jeśli klient chce zamówić całe pudełko to może być zapisane jako „12”. Teraz wyobraźmy sobie, że baza danych notuje wymaganą przez klienta ilość jako „12” i taka też informacja pojawia się na *zleceniu kompletacyjnym* pracownika kompletującego. Co to właściwie oznacza? Czy jest to 12 długopisów, czyli paczka, czy może 12 paczek? Jeśli pomyślimy, że to oznacza 12 długopisów a w rzeczywistości będzie to oznaczało 12 pudełek, to zamówienie zostanie oszacowane zbyt nisko. Kiedy producent sprzedaje długopisy każdy osobno, transakcja jest zapisywana w bazie danych w pojedynczych długopisach. Aby być konsekwentnym zamówienie może być zapisywane w najmniejszych możliwych jednostkach, ale to będzie oznaczało że pracownik kompletujący będzie musiał wiedzieć że, np. 13 pudełek to 156 długopisów. Aby to ułatwić można po prostu wprowadzić daną informację jako „13” i to będzie oznaczało liczbę pudełek (z kolei gdy nadejdzie zamówienie w którym ktoś zażąda pojedynczych długopisów to może powstać zamieszanie). Aby uniknąć tego zamieszania istnieje wiele ułatwień które oddzielają od siebie poszczególne informacje tak więc na *zleceniu kompletacyjnym* informacja może wyglądać w następujący sposób = 156 sztuk = 13 pudełek po 12 sztuk każde.

Istnieje kolejny powód dla którego takie przedstawianie danych jest ważne. Wiemy że lepiej jest składować ładunki w jednostkach które są łatwe do przeniesienia, aniżeli składować je luzem. W przypadku długopisów taka jednostką może być pudełko 12 długopisów lub paczka 12 pudełek. Jeśli chodzi o składowanie to lepszym rozwiązaniem będzie składowanie ich w paczkach po 12 pudełek. Natomiast w celu zaoszczędzenia przestrzeni na półkach, lepszym będzie ułożenie pudełek w stosy.

Dane jednostki magazynowe mogą być przechowywane jednocześnie w wielu bazach w obrębie firmy. Ważnie aby każdą daną która może się odnosić w jakikolwiek sposób do jakiejś innej należy zachować! Zauważmy że 100 bajtów x liczbę danych jednostek magazynowych, oznacza że 10^4 różnych jednostek magazynowych może być przedstawione w 1MB.

3.2. Historia zamówień

Historia zamówień jest to połączenie wszystkich list zakupów podanych przez klientów w danym roku. Zawarte są tu następujące informacje:

- Niepowtarzalne ID danej jednostki magazynowej, co pomaga nam odnaleźć dany ładunek poprzez to że wiemy gdzie jest składowany,
- Niepowtarzalne ID klienta, tak aby odróżnić jego listę zakupów od listy zakupów innego klienta tego samego dnia lub innego dnia,
- Klient,
- Szczegóły na temat obsługi,
- Data i czas kompletacji zamówienia,
- Ilość transportowanego ładunku.

Przy analizowaniu czynności danego magazynu dane pochodzą z bazy danych transakcji sprzedaży, gdzie ważniejsze są kwestie finansowe niż zdarzenia które wtedy miały miejsce w magazynie. Tak więc zapisana data może oznaczać datę złożenia zamówienia, lub wydrukowania faktury, a nie datę kiedy miało miejsce realizowanie tego zamówienia. Jakkolwiek informacje te muszą być zanotowane, ponieważ pracownik kompletujący musiał wiedzieć co kompletował danego dnia.

Można jednak sprawdzić czy data otrzymania zamówienia jest prawdziwa. Większość firm zachowuje historie zamówień z każdego dnia, tygodnia, miesiąca, roku.

Wiemy że informacje na temat zamówień będą plikiem, w zgrubnym przybliżeniu będzie to około 15 bajtów na zamówienie. Liczba pozycji pobraniowych waha się od 2000 do 8000 zamówień na dzień (0.5 – 2 mln rocznie) dla średniej aktywności (np. produkty biurowe, wysokogatunkowy papier, dystrybucja telekomunikacyjna) od 10000 do 40 000 pozycji pobraniowych na dzień (2.5 – 10 mln rocznie) dla dużej aktywności (np. handel detaliczny) i więcej niż 80 000 pobrań na dzień (20 mln zamówień rocznie), dla największych aktywności (np. dystrybucja środków farmaceutycznych). Tak więc liczba danych może stanowić 100 MB.

3.3. Jednostki ładunkowe

W magazynie praca związana z obsługą jednostek paletowych generowana jest zamówieniami klientów [2]. Każde zamówienie jest listą zakupów składającą się z pozycji do pobrania z magazynu, każda pozycja implikuje pracę konieczną do przemieszczenia jednostki ładunkowej, a więc drogi do miejsca odłożenia (np. regału), tam gdzie produkt jest składowany, kompletację, sprawdzenie poprawności, spakowanie i transport produktów.

Pozycja pobraniowa jest dlatego istotnym miernikiem pracochłonności, co ciekawe jest ona zawsze notowana ponieważ jest dokumentem do wypisania faktury dla klienta, więc jest to jedna z pierwszych informacji, która zostaje zapisana w komputerze w systemie komputerowego wspomagania zarządzania magazynem.

Następujące informacje mogą służyć do wnioskowania o ilość pracy i jak jest ona rozdzielana, tak więc mamy:

- Dane jednostki magazynowe,

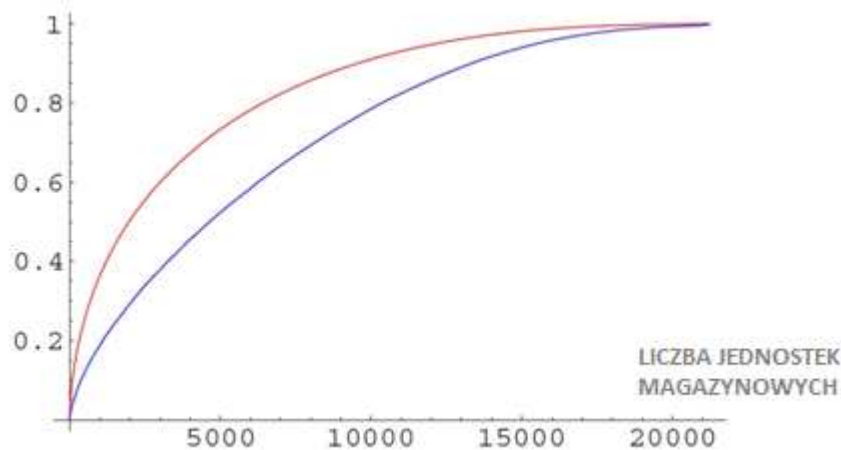
- Rodziny produktów,
- Lokalizacja składowania,
- Strefa w magazynie,
- Czas (pora dnia, dni w tygodniu, tygodnie w roku itp.).

Czasami odnosi się to do tzw. *analizy aktywności*, ponieważ bada się aktywność każdej jednostki magazynowej, jak wiele razy była zamawiana, i w jakiej ilości sprzedana. Są to dwa zupełnie odrębne pytania:

- pierwsze pyta na ilu zamówieniach klientów widniała dana jednostka magazynowa?
- drugie pyta, ile pudełek, palet lub pojedynczych towarów tej jednostki magazynowej wyszło z magazynu?

Jeśli klient zamówi ilość, która jest mniejsza niż np. jedno pełne pudełko, to jest to nazywane *kompletacją z już otwartego pudełka*. Jeśli klient zamówi jakąś jednolitą jednostkę, ale jest to mniej niż jednostka paletowa to nazywane jest to *kompletacją całych pudełek*. Natomiast *kompletowanie palet* oznacza, że jednostką zamawianą jest paleta danej jednostki magazynowej. Nie jest niczym niezwykłym to, że w zamówieniach klientów mamy do czynienia z *mieszaną kompletacją*, który zawiera w sobie kompletacje z otwartych pudełek i całych pudełek lub całych pudełek i jednostek paletowych. Kompletacja z otwartych pudełek wymaga największej ilości czasu, więcej niż kompletacja całych pudełek a to z kolei zajmuje więcej czasu niż kompletowanie jednostek paletowych.

W dystrybucji papieru wysokogatunkowego mamy do czynienia ze znaczącą ilością *kompletacji typu broken case i full case*. Wiele pudełek jest też bardzo ciężkich. Z tego powodu wielokrotnie obserwowano się kompletacje, odbywająca się w taki sposób, że pracownik robił bardzo dużo niepotrzebnej trasy, okrążając wiele miejsc tylko po to aby kompletować ładunki w takiej kolejności, aby te w pudełkach były na samym dnie wózka, natomiast te luźnie na górze tak aby nie uległy zniszczeniu. Dlatego podjęto decyzję o tym że powinny być oddzielne strefy dla *kompletacji full case i broken case*. Zaczęto stosować kombinacje półek i regałów, tak że ze składowanych pudełek można było brać też pojedyncze towary czyli zastosować kompletacje *broken case*. Podobnie przy paletach, na których składowano ładunki których można było pobierać pudełka aby uzupełniać zapasy przy strefie *broken case*. Aby zdecydować o odpowiednim doborze przestrzeni (typach gniazd), potrzebna jest analiza *broken case versus full case*, biorąc pod uwagę liczbę pobrań oraz zapotrzebowanie. Nie wszystkie jednostki magazynowe muszą być przyporządkowane dwóm strefom.



Rys. 1. Pozioma oś oznacza jednostki magazynowe uszeregowane wg częstości zapytań o te jednostki magazynowe w zamówieniach. Krzywa umieszczona wyżej prezentuje procent kompletacji pośród najbardziej popularnych jednostek magazynowych a krzywa niżej przedstawia procent zrealizowanych zamówień najpopularniejszych jednostek.

Opr. Własne na podstawie [3]

Wykonanie kalkulacji pewnej aktywności magazynowej pozwala wygenerować wiele przykładów krzywych Pareto, np. ktoś może uszeregować jednostki magazynowe wg ich częstości pobrań „ABC-XYZ”, przesortować te jednostki magazynowe i pokazać na grafie procentowy udział najbardziej popularnych jednostek magazynowych. Wykres rys.1 przedstawiony na podstawie danych magazynu w którym 5000 najaktywniejszych ładunków stanowi ok. 75% wszystkich pozycji pobraniowych, a co więcej stanowią 50% wszystkich zamówień. Wynika z tego że układ magazynu wspomagający strefę szybkiej kompletacji ma duże znaczenie.

Kolejna krzywa Pareto może być wygenerowana poprzez zbadanie kompletacja *full case* oraz kompletacja *broken case* osobno. Podobnie można to zrobić badając podzbiory wielu jednostek magazynowych, na podstawie ich tego samego miejsca składowania, wspólnej sezonowości czy przynależności do rodziny produktów. Analizując powyższe aspekty możemy ocenić które obszary magazynu i które rodziny produktów mogą być w jakiś sposób ulepszone, bądź to którzy klienci są odpowiedzialni za największa obciążenie praca.

Są też inne rodzaje dystrybucji które mogą ujawnić wzór wg którego odbywa się ruch w magazynie np. rysunek 2 przedstawia widok magazynu z lotu ptaka, gdzie ciemniejsze pola oznaczają częste wizyty pracowników kompletujących zamówienia, w tych rejonach. Najpopularniejsze jednostki magazynowe są składowane na wskroś magazynu, tak więc kierownicy mogą oczekiwać większych kosztów pracy i redukcji krótkich czasów reakcji, poprzez dystanse jakie należy przebyć aby wyszukać odpowiedni towar.



Rys. 1. Widok magazynu z lotu ptaka, gdzie odcinki regałów są zamalowane zgodnie z częstością zapytań o jednostki magazynowe tam składowane. Strzałki oznaczają domyślne ścieżki pracowników kompletacyjnych [3].

2. MODELE PRACY MAGAZYNU

Spróbujmy wyjść poza mierzenie pracy, w taki sposób aby zrozumieć to w jaki sposób zamówienia klientów generują model pracy magazynu. Jeśli żaden z klientów nie zamówiłby więcej niż jedną jednostkę magazynową, wtedy poprzednia analiza da nam dostateczny pogląd na ten magazyn, ale tak zdarza się tylko przypadkiem i zamówienia klientów składają się z wielu jednostek. Dlatego ważny jest też charakter zamówień klientów.

Ważnym czynnikiem jest liczba pobrań na zamówienie. Kiedy ich liczba jest mała, powiedzmy, że nie przekracza dwóch, wtedy istnieje możliwość przyporządkowania tylko jednego pracownika do kompletacji danego zamówienia. Jeśli ich liczba waha się od 5 – 15, potrzebna będzie już kompletacja w obrębie danych stref, wtedy będzie miało miejsce jak gdyby „montowanie” zamówienia na podstawie kompletacji wykonanych w poszczególnych strefach. Wraz ze wzrostem pobrań rośnie zapotrzebowanie na kompletację strefową oraz pewnego rodzaju scalenie zamówienia będzie wskazane. Jeśli nie nastąpi scalenie paczek, to wtedy klient musi być przygotowany na przyjęcie dużej ilości pojedynczych paczek.

Należy unikać uśredniania. Ważne jest dokładne zbadanie rozkładu pobrań w zamówieniu. Pokazuje to jakim ułamkiem zamówienia jest dana jednostka, dwie jednostki itd., tak jak jest to pokazane na rysunku 2. Na tym przykładzie większość zamówień oscyluje wokół jednej linie co daje możliwości usprawnienia procesu. Jeśli mamy większość zamówień zaległych, można zastosować crossdocking. Jeśli są to polne zamówienia, mogą one zostać przegrupowane razem w pakiet i kompletowane w pewnej sekwencji.

Ten wykres przedstawia rozmieszczenie pobrań według wielkości zamówienia. Ponieważ liczba ruchów kompletacyjnych jest dobrym wskaźnikiem pracy, ukazuje nam to które typy zamówienia, duże czy małe, obejmują największe skupienie pracy.

W obiektach z systemem elektronicznej wymiany danych kompletuje się zamówienia w wózkach, poruszając się poprzez kolejne strefy i „montując” zamówienie. Istnieją tu ograniczenia przestrzeni przypadające na każdy wózek. Analiza ukazała że 10% zamówień które były względnie duże, zawierały w sobie ponad 100 pozycji każde, podczas gdy pozostałe 90% obejmowało średnio 2 pozycje. Dlatego zdecydowano o przydzielaniu jednego pracownika do jakiegoś ekstremalnie dużego zamówienia, tak że pozostałe zamówienia mogły być kompletowane w większych pakietach co zwiększyło wydajność kompletacji.

| ID | Zamówienia | Rodziny |
|-----|------------|---------|
| 100 | | A,B,C |
| 200 | | A,B |
| 300 | | C,D,E |
| 400 | | B,D,E |
| 500 | | D,E |
| 600 | | A,D,E |
| 700 | | B,D,E |

Rys. 2. Przyporządkowanie par [3].

Bardzo użytecznym jest generowanie dystrybucje rodzin produktów przypadających na zamówienie, co jest ułamkiem wszystkich zamówień które angażują jedną rodzinę produktów, dwie lub więcej. Użyteczne jest też składowanie ładunków które pojawiają się zazwyczaj w jednym zamówieniu razem (np. buty do biegania i skarpetki; latarki i baterie). Może to zredukować czas przemieszczania się pracowników w obrębie magazynu, w czasie kompletacji. Ale które produkty są zazwyczaj zamawiane jednocześnie? W jednym z centrów dystrybucji papieru podzielono je na trzy kategorie. Było to łatwe do zweryfikowania jaki powinien być podział dlatego cały magazyn został podzielony na trzy strefy będące same w sobie też magazynami. Dalsza kontrola zamówień ujawniała to że było tam charakterystycznie dużo lines na zamówienie i każde zamówienie zawierało produkty pochodzące od nie więcej niż dwóch sprzedawców. Dzięki tym informacjom, plan

przyporządkowywania miejsc na podstawie sprzedawcy od którego pochodzą dane produkty był najlepszym rozwiązaniem: składowanie wszystkich jednostek magazynowych tego samego sprzedawcy w jednym miejscu w magazynie.

Tu może się nasuwać kolejne pytanie, którzy sprzedawcy powinni być zlokalizowani blisko siebie? To przypominać może pojęcie analizy par rodzin produktów. Jakie są kombinacje zamówień które zawierają w sobie produkty z różnych rodzin produktów, i jakie są to rodziny? Jest rodzin produktów od A-E, jest 10 par rodzin, z następującą frekwencją w zamówieniach:

| | | | | | | | | | | |
|---------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| Pary rodzin | AB | AC | AD | AE | BC | BD | BE | CD | CE | DE |
| Częstotliwość | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 1 | 1 | 5 |

Jak widać, zamówienie z zapotrzebowaniem na produkty D, prawdopodobnie wygenerują zapotrzebowanie na E. Tak więc te dwie rodziny produktów powinny być umiejscowione obok siebie.

Możliwe jest też rozważenie trójek rodzin produktów, a nawet więcej ale wtedy prawdopodobieństwo uzyskania tych samych zestawów maleje, rośnie natomiast zapotrzebowanie pracy rośnie będąc już za duże aby zrealizować ten system.

W pewnym centrum dystrybucji dwie rodziny produktów zostały zestawione ale przy szczegółowej kontroli zauważono, że jedna rodzina była bardzo aktywna podczas gdy druga o wiele mniej. Jednakże istniało 98% prawdopodobieństwo, że jeśli ktoś złoży zamówienie na produkty z mniej aktywnej rodziny, to złoży też zamówienie na produkty z aktywnej rodziny produktów. Mniej aktywna rodzina produktów zajmowała bardzo mało przestrzeni, tak więc podjęto decyzje o składowaniu jej bliżej większej i bardziej aktywnej rodziny produktów.

Inne centrum dystrybucji kompletowało zamówienia poprzez stopniową kompletację. Produkty były w pudełkach, ułożonych na półkach na szerokości 5 stref, w obrębie których były 3 rzędy. Przenośnik wałkowy przenosił je z jednej strefy do drugiej. Przenośnik był często przeciążony ponieważ zbyt wiele produktów było transferowanych. Jednym ze sposobów rozwiązania tego problemu była zmiana układu magazynu, tak aby jedno zamówienie mogło być zrealizowane w jednej strefie lub w sąsiadujących strefach. Dokonując tego należało zwrócić uwagę na rodziny które są zamawiane razem.

Warto też zauważyć, że możliwy jest podział jednego zamówienia na grupy podzamówień. Czyli dana grupa pracowników, realizuje tę część zamówienia, którą mogą zrealizować w obrębie swojej strefy. Jest to szczególnie przydatne jeśli kompletacja odbywa się w każdej strefie na innych zasadach.

3. WNIOSKI

Ważny jest tzw. *profil aktywności* aby dokładnie zrozumieć działanie magazynu. Można zbudować taką formę bazy danych o fizycznym układzie magazynu, o jednostkach magazynowych składowanych w tym magazynie oraz o schematach zamówień klientów, które umożliwi lepsze zrozumienie/zarządzanie oraz optymalizowanie wykorzystania pracy, przestrzeni i urządzeń. *Profil aktywności* jest pewnego rodzaju pozyskiwaniem danych, polegającym na „przetrażaniu” bazy danych w celu znalezienia rozwiązań prowadzących do ulepszenia działania operacji w obrębie magazynu. Dlatego należy zwrócić uwagę na istotę systemu bazodanowego: gospodarki danymi w systemie bazodanowym oraz rozumieć czynności dziejące się w obrębie magazynu, a mające swój początek w odpowiednich rozkładach danych.

6. BIBLIOGRAFIA

- [1] Korzeń Z.: „Logistyczne systemy transportu bliskiego i magazynowania”, IliM, Poznań 1999,
- [2] Krawczyk S. (red.): „Logistyka . Teoria i Praktyka” T.1 i T.2, DIFIN, Warszawa, 2011,
- [3] www.warehouse-science.com