

Anna ZBRONIEC  
Paweł ZAJĄC<sup>1</sup>

### STUDIUM UWARUNKOWAŃ ORGANIZACYJNO-PROCESOWYCH DLA TWORZENIA LOGISTYCZNIE ZINTEGROWANYCH UKŁADÓW MAGAZYNOWANIA CROSS-DOCKING W SYSTEMACH DYSTRYBUCJI

*Idea cross-dockingu polega na zmniejszeniu kosztów całkowitych łańcucha dostaw poprzez minimalizację procesu magazynowania towarów. Pojęcie łańcucha dostaw jest określane jako to ciąg procesów w obrębie których dany produkt wędruje od punktu wyjściowego czyli producenta, aż do klienta. Takie rozwiązanie może w znaczny sposób obniżyć koszty obrotu ładunkami, które czasami są niepotrzebnie składowane. Istnieje określenie że cross-docking jest pewnego rodzaju „bypassem”[6] który pomaga ominąć proces składowania towarów, a tym samym zredukować całkowite koszty.*

### STUDY OF CONDITIONS FOR ORGANIZATION PROCEDURAL AND PROCESSES FOR CREATING LOGISTICALLY INTEGRATED STRUCTURE OF WAREHOUSE CROSS-DOCKING IN DISTRIBUTIONS SYSTEMS

*The idea of cross-docking distribution is based on the minimization of costs of the supply chain, due to the minimization of the process of loads storage. Supply chain is defined as a process, where the product is moved from the manufacturer to the client. This solution is able to decrease the costs of manipulation of loads, which very often are unnecessarily stored. It is easy to conclude that cross-docking is a kind of “bypass”[6], which helps in avoiding the process of loads storing, which leads to the reduction of costs.*

#### WSTĘP

Warto zaznaczyć, że w Polsce najpopularniejszymi rozwiązaniami są standardowe magazyny, natomiast poza granicami Polski, np. w Stanach Zjednoczonych, magazyny typu cross-docking zaczęły stawać się popularne już ponad 50 lat temu, a firmy, które zastosowały rozwiązanie cross-dockingu, znacznie podwyższyły jakość oferowanych usług. Jeśli chodzi o Europę, to wiedza na temat systemu cross-docking jest bardzo uboga, a przez to mało stosowana w praktyce. Mało jest informacji w literaturze, które mogłyby stać się podstawą do zastosowania tej metody w praktyce. Należy jednak wspomnieć, że jest to rodzaj dystrybucji, który dotyczy przede wszystkim małych przesyłek, a więc ładunków na

---

<sup>1</sup> Politechnika Wroclawska, Wydział mechaniczny, 50-371 Wrocław; ul. Łukasiewicza 7/9.  
Tel: tel. (071) 320 27 19, tel./fax (071) 320 23 91, E-mail: [pawel.zajac@pwr.wroc.pl](mailto:pawel.zajac@pwr.wroc.pl)

paletach, w pudełkach czy kartonach, a nie zintegrowanych jednostek ładunkowych, np. kontenerów.

Informacje zawarte w referacie mogą być pomocą przy projektowaniu systemów transportowych i magazynowych cross-docking, ponadto zamieszczono informacje na temat zarządzania istniejącymi obiektami cross-docking oraz możliwości usprawnienia pracy takich obiektów. Zarządzanie magazynami typu cross-docking jest wyzwaniem i często odbywa się w oparciu o metodę prób i błędów, ponieważ wciąż brakuje informacji na temat projektowania i zarządzania tego rodzaju centrami dystrybucji.

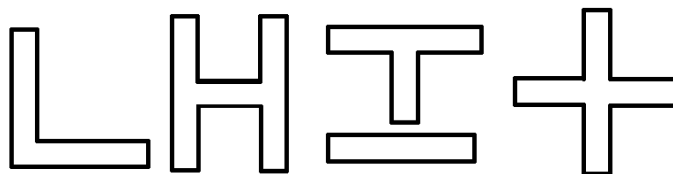
## 1. MAGAZYNY CROSS-DOCK

Cross-docking jest to taki typ przeładunku, który jest określany mianem przeładunku kompletacyjnego. Polega on na tym, że jeśli do magazynu docierają w tym samym czasie określone produkty lub ładunki które zawierają się w jednym zamówieniu, to istnieje możliwość zrealizowania tego zamówienia natychmiast, bez zbędnego składowania tych ładunków. To sprawia, że w tym typie magazynów przepływ towarów jest o wiele szybszy niż przepływ towarów w standardowych magazynach. Tak więc aby przepływ towarów był jak najszybszy, cross-dock musi zostać zaprojektowany i zbudowany tak aby nic nie zakłócało płynnego i szybkiego przepływu towarów. W tym typie magazynów nie występuje lub też występuje składowanie w minimalnym stopniu. Tak więc w przeciwieństwie do zwykłych magazynów, główne czynności wykonywane w cross-docku to:

- przyjęcie i wyładowanie przybywających od producenta pojazdów z ładunkami
- sortowanie ładunków zgodnie z miejscem ich destynacji
- przemieszczenie ładunków do miejsca gdzie są one załadowywane na ciężarówkę (ewentualne sortowanie lub konsolidacja ładunków)
- załadowanie danych ładunków na ciężarówkę zmierzających do określonego klienta

### 1.1 Odmiany budynków magazynów cross-dock

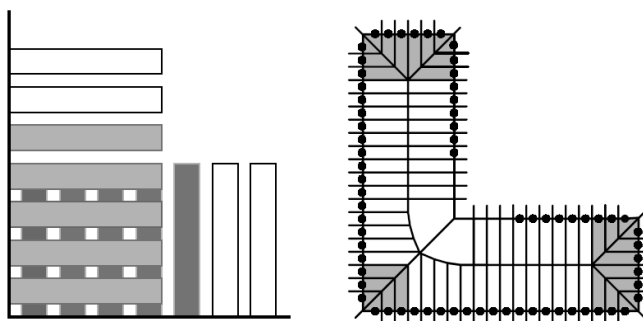
Najpopularniejszym i najczęściej spotykanym kształtem cross-docku jest kształt litery „L” czyli prostokąta. Jest to najbardziej uniwersalne rozwiązanie, ponieważ dystans pomiędzy bramami umiejscowionymi na przeciwnych ścianach budynku jest na tyle krótki, że nie generuje on dodatkowych kosztów związanych z długą jazdą wózków pomiędzy bramami. W takim cross-docku, bramy umieszczone najbliżej centrum są bramami do których dojazd jest najdogodniejszy, ponieważ średnia odległość tych drzwi od pozostałych drzwi w obrębie całego cross-docku jest najmniejsza. Niestety jednak wraz ze wzrostem długości takiego cross-docku, dystanse pomiędzy poszczególnymi bramami zwiększają się.



Rys. 1.1 Przykładowe kształty magazynów typu cross-docking [3]

Warto wspomnieć, że prostokąt nie jest jedynym możliwym kształtem, jaki może być zastosowany w przypadku cross-docku. Bartholdi [3] podaje przykłady innych kształtów, które w określonych sytuacjach mogą okazać się lepszym rozwiązaniem niż standardowe „I”. Na całym świecie spotyka się cross-docki w kształcie liter alfabetu: „L”, „T”, „H”, „X”, a nawet „E”. Dzieje się tak dlatego, ponieważ jeśli dane centrum dystrybucji obsługuje bardzo dużą ilość klientów, to cross-dock w kształcie litery „I” nie sprawdzi się, ponieważ będzie musiał być na tyle długi, że wózki w obrębie budynku będą wykonywały bardzo długie dojazdy do odpowiednich bram.

Przy doborze odpowiedniego kształtu, należy zwrócić uwagę na to, że każdy dodatkowy kąt w obrębie budynku generuje określone straty. Każdy kąt wewnętrzny generuje straty jeśli chodzi i liczbę dostępnych bram. Kąt wewnętrzny sprawia, że jeśli bramy zostaną usytuowane zgodnie z wcześniejszym zamysłem, w określonych odstępach, to kilka pozycji położonych najbliżej kąta wewnętrznego nie będzie mogła być wykorzystana ze względu na kolidowanie ze sobą pozycji na sąsiednich ścianach (powoduje kongestię). Przykładem takiego cross-docku może być np. kształt litery „E”. Kąt zewnętrzny natomiast sprawia, że powierzchnia podłogi wewnątrz budynku przeznaczona na obsługę danego samochodu ciężarowego koliduje z powierzchnią podłogi przeznaczoną do obsługi sąsiedniego samochodu ciężarowego. To prowadzi do kongestii wózków widłowych, które mają zbyt mało miejsca na wykonywanie manewrów związanych z załadunkiem. Te sytuacje zostały zobrazowane na Rysunku 1.2.



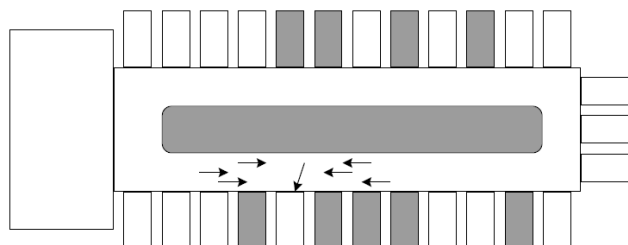
Rys. 1.2 Zakłócenia powstałe przy kątach wewnętrznych i kątach zewnętrznych w crossdocku [3]

Oprócz tego warto zaznaczyć, że mimo iż w cross-docku o kształcie litery „I” występuje najmniejsza liczba kątów wewnętrznych jak i kątów zewnętrznych, to nie jest on zawsze najlepszym rozwiązaniem. Ważne jest bowiem również to, aby cross-dock miał takie miejsce centralne w obrębie swojego budynku, gdzie średnia odległość do pozostałych drzwi będzie jak najmniejsza. Dlatego w przypadku cross-docków o dużej ilości drzwi, dobrym rozwiązaniem może być kształt litery „T” lub „H” [3].

## 1.2 Problem kongestii w centrach dystrybucji typu cross-docking

Jak wiadomo, problem kongestii w centrach dystrybucji typu cross-dock jest częstym zjawiskiem. Powodem tego problemu, jest ciągły, nieprzerwany ruch odbywający się w obrębie centrum dystrybucji. To powoduje kolidowanie ze sobą pracowników, pracujących wózków lub innych pojazdów zajmujących się przeładunkiem. Kongestia jest niebezpiecznym zjawiskiem w centrach cross-dockingowych, ponieważ właśnie tam czas jest jednym z najważniejszych czynników, które determinują sprawny przepływ ładunków. Opóźnienie czasu rozładowywania danego pojazdu, który przybył od producenta, spowoduje opóźnienie realizacji zamówień wielu klientów. W obrębie centrów dystrybucji typu cross-dock istnieje kilka rodzajów kongestii. Bartholdi [4], przedstawia podstawowe typy kongestii występujące w cross-docku.

Pierwszym z nich jest kongestia polegająca na kolidowaniu ze sobą wózków widłowych. Rozważmy dla przykładu sytuację w której dany wózek widłowy musi dostarczyć ładunek do odpowiedniego doku załadawczego. Jego praca polega nie tylko na pokonaniu dystansu pomiędzy dokiem rozładawczym a dokiem załadawczym. Wiele czasu pracy wózka jest spędzane na manewrach polegających np. na odstawieniu ładunku a następnie zawróceniu. Jeśli dodatkowo ładunki są trudne w manipulacji, często zdarza się że wózek widłowy wykonujący daną operację, może uniemożliwić innym wózkom widłowym minięcie doku koło którego on pracuje ale może też się zdarzyć, że przed danym dokiem ustawi się kolejka wózków, które także chcą obsłużyć ten dok (Rys. 1.3). W tym przypadku kongestia dotyczy tylko kolidowania ze sobą wózków widłowych, jednak w dużych centrach dystrybucji cross-dock, gdzie nagromadzenie sprzętu jest większe, dochodzi do sytuacji kiedy system pracy urządzeń jest tak stworzony, że praca różnych urządzeń nie współgra ze sobą.



Rys. 1.3 Kongestia w magazynie typu cross-docking, gdzie wózek widłowy wykonujący operację przy danym dokiu załadunkowym, nie pozwala innym wózkom na minięcie tego stanowiska [4]

Kolejnym typem kongestii jest zatłoczenie powierzchni podłogowej w danym centrum dystrybucji typu crossdock. Często zdarza się, że pracownik nie może załadować bezpośrednio swojego ładunku na daną przyczepę i musi ustawić się z boku czekając na odpowiedni moment. Taka sytuacja ma miejsce np. wtedy gdy dana przyczepa jest bliska osiągnięcia limitu swojej pojemności jeśli chodzi o wagę bądź objętość i dołączenie do niej danego ładunku spowoduje przekroczenie tej pojemności. Wtedy pracownik musi poczekać na podstawienie następnej przyczepy. Czasami też zdarza się dany ładunek musi być

zintegrowany z innymi określonymi w zamówieniu klienta ładunkami, które jeszcze nie przybyły na miejsce. Kolejnym powodem jest sytuacja, w której aby zapewnić jak najciaśniejsze upakowanie ładunków w pojeździe, jest potrzebny inny kształt lub rodzaj ładunku niż ten który aktualnie jest gotowy do załadowania i czeka przed dokiem załadunkowym.

Jak widać zorganizowanie pracy wszystkich pracowników i pojazdów w obrębie centrum dystrybucji typu crossdock jest nie lada wyzwaniem. Należy uwzględnić wszystkie możliwe przyczyny powstawania kongestii w obrębie jak i też na zewnątrz budynku, ponieważ nieodpowiedni kształt crossdocku oraz zbyt duża liczba kątów zewnętrznych może doprowadzić do kolidowania ze sobą pojazdów na zewnątrz budynku.

### 1.3 Wymagania jakie muszą spełniać crossdocki

Mogłoby się wydawać, że rozwiązanie typu crossdock jest rozwiązaniem nie pochłaniającym dużych funduszy inwestycyjnych, ze względu na łatwą konstrukcję i projekt budynku, w którym wielokrotnie nie ma nawet regałów. Jednak wbrew pozorom nie jest to najtańsze i najprostsze rozwiązanie, czasami wymaga nawet bardzo dużych nakładów inwestycyjnych. Wąskie okna czasowe oraz dodatkowo duże natężenie pracy przy jednoczesnych wymaganiach dotyczących bezbłędnej obsługi sprawiają, generują stworzenie całego systemu logistycznego, który będzie w stanie zrealizować tak dużą liczbę zadań przy zachowaniu pełnej punktualności. Jak wyżej wspomniano, komunikacja pomiędzy producentami i centrum dystrybucji oraz klientami i centrum dystrybucji musi przebiegać w jak najsprawniejszy sposób. Spowodowane jest to tym, że wszystkie pojedyncze dostawy jak i odbiory muszą odbyć się w ściśle określonym przedziale czasu. Aby było to możliwe, do komunikacji muszą zostać zastosowane bardzo zaawansowane i niezawodne systemy informatyczne które generują duże koszty inwestycyjne przedsięwzięcia. Należy pamiętać, że niezawodność takiego systemu jest szczególnie ważna, ponieważ zaburzenie jednej dostawy od producenta, może zaburzyć realizację wielu zamówień klientów, dlatego w magazynach typu cross-dock wymagane jest usprawnienie procesów wymiany informacji choćby pomiędzy dostawcami a klientami bądź sklepami detalicznymi. Jednym ze sposobów komunikacji pomiędzy dostawcami a sklepami jest EDI, który pomaga zsynchronizować i kontrolować proces w celu efektywnej pracy cross-docku. Dostawcy wysyłają informację elektroniczną do centrum dystrybucji, która zawiera w sobie informacje o przypuszczalnej godzinie przybycia dostawy, ilości dostawy a także jej zawartość. Z kolei centrum dystrybucji może w ten sam sposób poinformować poszczególne sklepy o szczegółach dotyczących dostawy, tak aby pracownicy sklepów byli przygotowani na przybycie tej dostawy w określonej godzinie. System wymiany informacji EDI może także dotyczyć komunikacji pomiędzy przewoźnikami a magazynem cross-dock [5].

Kolejnym ważnym aspektem jest wyposażenie centrum dystrybucji w niezawodny i szybko reagujący sprzęt, który będzie w stanie sprostać dużym prędkościom realizacji zamówień. Wyposażenie cross-docku jest czynnikiem, który pochłania największą część funduszy. Oprócz tego należy pamiętać, że taki system jest opłacalny tylko w przypadku dużych centrów dystrybucji, gdzie duża liczba sprzętu może realizować wiele zamówień w jednym czasie. Dodatkowo, ładunków musi być na tyle dużo, aby możliwe było zapełnianie pojazdów do pełna i przy tym generowanie oszczędności jeśli chodzi

o transport. Poprzez zwiększenie ilości transportowanych ładunków, zmniejsza się częstotliwość transportów co z kolei zmniejsza koszty transportu. Ale z drugiej strony większe ilości ładunków, zwiększają koszty magazynowania, ponieważ towary muszą zostać w składzie do czasu aż nie zostaną wysłane do klientów. Wszystkie powyższe kwestie muszą zostać rozważone podczas podejmowania decyzji dotyczącej tego jaki rodzaj dystrybucji powinien być zastosowany w danym przypadku.

## 2. ENERGOCHŁONNOŚĆ W MAGAZYNACH

Jak wiadomo każda operacja w obrębie magazynu generuje określone koszty. W poprzednim rozdziale zostały wymienione podstawowe czynności wykonywane w obrębie magazynu przy obsłudze danych jednostek ładunkowych. W poniższym podrozdziale zostaną opisane koszty jakie generują wszystkie czynności wykonywane przy obsłudze ładunków i realizacji zamówień. Warto zaznaczyć, że im dłuższa w czasie jest dana czynność, tym większe generuje koszty.

### 2.1 Koszta operacji magazynowych

Wszystkie czynności w obrębie magazynu są wykonywane w niezmiennej sekwencji. W pierwszej kolejności dane produkty przybywają do magazynu i są do niego przyjmowane. Odbieranie towaru może zacząć się w momencie otrzymania wyprzedzającego zawiadomienia o przybyciu ładunków od producenta. Każde przyjęcie ładunków jest rejestrowane przez odpowiedniego pracownika. Następnie zostaje sprawdzona kompletność i wady zamówienia, nieprawidłowy opis towarów czy liczba. Operacje te nie generują dużych kosztów i stanowią około 10 % kosztów całkowitych. Następnie następuje odłożenie towarów na odpowiednie miejsce, jednak zanim to się stanie, miejsce to musi być dokładnie określone, biorąc pod uwagę ich wielkość, wagę oraz żądania klientów. Ta operacja generuje zatem ok. 15% kosztów. Kolejna operacja, czyli przyjęcie zamówienia oraz sporządzenie listy produktów jest wykonywane przez system. Ta czynność generuje bardzo małe koszty które mogą zostać pominięte. Operacją która generuje największe koszty w magazynach jest kompletacja zamówień, stanowiąca aż 55% kosztów całej operacji pod kątem ładunku.

*Tab. 2.1 Podział czynności w procesie kompletacji oraz procent czasu jaki zajmuje ich wykonanie [1]*

<u>Czynność</u>	<u>% czasu kompletacji</u>
jazda z ładunkiem	55%
wyszukiwanie	15%
wyjmowanie	10%
praca papierkowa i	20%

Proces kompletacji składa się z 4 czynności, których wykonanie wymaga określonego czasu. Te czynności zostały przedstawione w Tabeli 2.1. Najwięcej czasu pracownik kompletujący zamówienie spędza na samej jeździe wózka. Pozostałe czynności mogą odbywać się automatycznie, jeśli jest to kompletowanie całych jednostek (np. pudełek) lub tylko manualnie jeśli jest to kompletowanie pojedynczych towarów, które należy po prostu wyjąć ze skrzynek czy pudełek. Proces kompletacji jest przeprowadzany przez jednego pracownika w danym czasie, przez wielu pracowników w danym czasie, bądź przez wielu pracowników, z których każdy kompletuje swoją część zamówienia w innym czasie. Wszystko to zależy od dodatkowych kwestii, np. od tego czy dane zamówienie jest znane z konkretnym wyprzedzeniem co pozwoliłoby na sensowny podział obowiązków między pracownikami. Magazyny stosują różne metody radzenia sobie z tak wysokimi kosztami jakie generuje kompletowanie zamówień. Jednym z takich rozwiązań jest stworzenie takiego miejsca w magazynie, w którym składowane będą takie ładunki o które klienci proszą najczęściej. Taka część magazynu nazywana jest *fast-pick-area*, czyli strefa w której kompletacja odbywa się ze zwiększoną prędkością, ponieważ nie ma potrzeby pokonywania dużych odległości w celu wydobywania danego ładunku [2].

Niekiedy też kompletacja może być zorganizowana na zasadzie linii montażowej. Magazyn jest wtedy podzielony na pewne strefy, które korespondują ze stacjami roboczymi, a pracownicy kompletacyjni są przyporządkowani do określonej strefy, a następnie pracownik składa zamówienie w jedną całość, biorąc pod uwagę to że zamówienie to przesuwa się od strefy do strefy wraz z pracownikiem, a kiedy jest już skompletowane, może zostać spakowane [1]. Generalnie, pracownicy magazynu dążą do usprawnienia tej czynności w jak największym stopniu.

Sprawdzenie kompletności zamówienia oraz spakowanie go w określone jednostki może generować duże koszty, ponieważ ma tutaj miejsce manipulacja każdym pojedynczym towarem czy ładunkiem, które nie uległy jeszcze procesowi konsolidacji w większe przesyłki. Z drugiej jednak strony pracownik dokonujący tej operacji nie musi się prawie w ogóle poruszać w obrębie magazynu co obniża jej koszty. Ostatnią operacją jest przetransportowanie skompletowanego zamówienia do klienta. Wymaga ona mniejszej manipulacji ładunkami ponieważ są one skonsolidowane w większe jednostki niż w momencie kiedy były kompletowane czy pakowane. Ważne jest aby nie doprowadzić do podwójnej manipulacji danymi ładunkami w przypadku gdy przed załadowaniem musimy je np. odłożyć i włożyć do pojazdu w ściśle określonej kolejności [1].

Powyższe zestawienie czynności magazynowych oraz ich kosztów, pokazuje że jeśli chcemy zredukować koszty obsługi ładunków w naszym magazynie, musimy brać pod uwagę pojedyncze czynności, a nie traktować operacji przeładunkowej całościowo. Zmiana jednego z czynników może w znaczny sposób obniżyć koszty całego procesu.

### **3. ENERGOCHŁONNOŚĆ CROSS-DOCKU W KONTEKŚCIE ALOKACJI DOKÓW**

Koszta w magazynie typu cross-dock są kreowane przez zupełnie inne czynniki niż w standardowym magazynie. Po pierwsze w magazynie typu cross-dock nie trzeba uwzględniać miejsca na składowanie ładunków. Jak wcześniej wspomniano, jest to czynnik który generuje duże koszty, ponieważ należy wziąć pod uwagę czas dojazdu do określonej lokalizacji aby wydobyć/pozostawić ładunek w danym miejscu oraz czas powrotu do

punktu początkowego. W magazynie typu cross-dock nie ma takiego problemu, ponieważ generalnie rzecz biorąc towary nie są prawie w ogóle składowane, bądź są składowane przez minimalny okres czasu.

Celem wykorzystywania cross-dockingu jest wyeliminowanie tych czynności magazynowych które generują największe koszty magazynowe, a więc kompletowania oraz składowania towarów. Składowanie jest czynnikiem generującym duże koszty ze względu na koszty zajmowanego przez towary miejsca, natomiast kompletowanie wymaga dużych nakładów siły roboczej co również wiąże się z kosztami.

### **3.1 Czynniki wpływające na energochłonność w magazynach cross-dock**

Jest kilka czynników które w znaczny sposób wpływają na organizację i realizację pracy w magazynach typu cross-dock.

Pierwszym z nich jest rodzaj ładunków obsługiwanych przez dany magazyn. Jeśli magazyn obsługuje ładunki, które przybywają do niego tylko i wyłącznie w pudełkach, to manipulacja takimi ładunkami jest łatwa i nie zajmuje wiele czasu. Jeśli natomiast w obrębie magazynu obsługiwanych jest wiele rodzajów jednostek ładunkowych, wtedy praca może nie przebiegać tak sprawnie jak w poprzednim wypadku. Ważne jest ujednoczenie formy ładunków przybywających do magazynu, ponieważ wtedy będzie można skupić się na sprawnym rozładunku i załadunku i używać tego samego systemu do wykonania tych czynności. Kolejnym czynnikiem determinującym pracę w obrębie magazynu crossdock jest jego wyposażenie. Oczywiście rzeczą jest, że najlepiej aby urządzenia były jak najbardziej sprawne i nowoczesne. W niektórych typach cross-docków, tam gdzie jest to możliwe, większość pracy mogą wykonywać pracownicy ręcznie. Takie zjawisko ma miejsce, gdy siła robocza nie jest droga i opłacalne jest zatrudnienie dużej liczby pracowników aniżeli usprawnianie pracy nowoczesnym sprzętem. Takie zjawisko jednak można spotkać jedynie w Azji. Kolejnym czynnikiem, który wpływa na pracę magazynu jest układ bram, czyli doków rozładunkowych i załadunkowych oraz jak już wcześniej zostało zaznaczone, układ geometryczny budynku. Ostatnią kwestią jest harmonogram, zgodnie z którym pracuje cały magazyn. Jeśli harmonogram jest właściwie sporządzony, praca przebiega sprawnie i szybko. Dlatego tak ważne jest zainwestowanie w dobry system wymiany informacji, który będzie w stanie dostosowywać się do zmiennych warunków pracy.

W tym wypadku można również pokusić się o stwierdzenie że zmiana jednego z czynników może doprowadzić do usprawnienia pracy a co za tym idzie do większych oszczędności.

### **3.2 Zarządzanie pojazdami na zewnątrz magazynu.**

Odpowiednie umiejscowienie pojazdów na zewnątrz cross-docku jest również bardzo ważne. Pojazdy powinny być zaparkowane w takich bramach, aby przepływ ładunków wewnątrz magazynu przebiegał jak najsprawniej. Jeśli większość ładunków przepływających przez dany magazyn, będzie wysłana w jakimś konkretnym wspólnym kierunku, to najlepszym rozwiązaniem będzie zaparkowanie pojazdów zmierzających w tym kierunku w jak najdogodniejszym miejscu, tak aby pracownicy realizujący dane



zamówienia mogli bez problemu dostać się do tego miejsca, i aby ich załadunek nie kolidował z załadunkiem innego pojazdu.

### 3.3 Koszta pracy w magazynie.

W magazynie typu cross-dock w przeciwieństwie do standardowego magazynu, jazda wózka polega na jeździe od doku rozładowczego do doku załadowczego. W standardowym magazynie jest to jazda pomiędzy bramami rozładunkowymi, a odpowiednimi miejscami składowymi oraz pomiędzy miejscami składowymi a bramami w których ładunki są załadowywane na odpowiedni pojazd.

Istnieje model zgodnie z którym możliwe jest obliczenie całkowitych kosztów pracy związanych z jazdą wózka.

W pierwszej kolejności należy wyliczyć koszt  $c_{ijm}$  przetransportowania określonej jednostki ładunkowej z przyczepy do przyczepy, które są ustawione przy odpowiednich dokach. Jest systemem zgodnie z którym jednostki są przetransportowywane, np. zestaw wózków widłowych. Wózek porusza się tu po odcinku prostoliniowym. Pokonywany przez wózek liniowy dystans to droga tam i z powrotem, czyli droga od doku do doku plus droga od doku do doku. Dystans ten będzie oznaczony jako  $d_{ijm1}$ . Należy uwzględnić również średnią prędkość danego wózka widłowego  $s_1$  oraz  $h_1$  będzie średnią masą ładunku jaką przewożoną przez wózek w czasie jednej podróży. W założeniu przyjęto, że system przeładunku. Tak więc można założyć, że:

$$c_{ij} = \frac{d_{ij1}}{s_1 \cdot h_1} \quad (1)$$

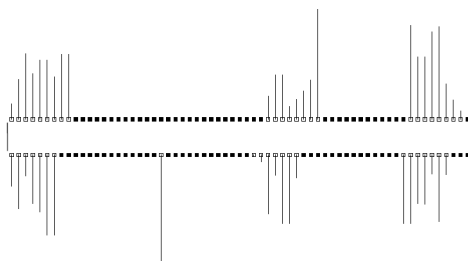
Wynik został wyrażony w osobogodzinach, czyli koszt w osobogodzinach przeniesienia określonego ładunku.

Niech  $f_{ijm}$  będzie wagą ładunku przepływającego pomiędzy przyczepą i przyczepą, przy użyciu systemu. Tak więc koszt całkowity w związku z jazdą wózka wynosi:

$$\sum_{i,j,m} c_{ijm} f_{ijm} \quad (2)$$

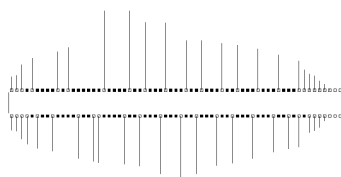
### 3.4 Zmiana układu doków magazynu a podniesienie wydajności.

Generalnie zasada rozmieszczenia bram w cross-docku polega na tym, że bramy które odbierają pojazdy przybywające do cross-docku w celu dostarczenia towarów, są umiejscowione jak najbliżej centrum cross-docku, ponieważ managerowie wierzą, że taki rozkład bram minimalizuje odległości pokonywane przez wózek widłowy [1]. Bramy w których ładunki są załadowywane na pojazdy, są najczęściej umiejscowione na obrzeżach oraz połączone w małe podgrupy. Dlatego, jak już zostało wspomniane we wcześniejszych podrozdziałach, kształt cross-docku który ma wyraźną część centralną (np. kształt „H”), może być w niektórych sytuacjach dobrym rozwiązaniem.



Rys. 3.1 Układ magazynu typu cross-dock (zaciemnione kwadraty przedstawiają doki rozładunkowe, natomiast kwadraty puste przedstawiają doki załadunkowe wraz z liniami które oznaczają natężenie przepływu materiałów w kierunku tego doku) [4]

Powyższy Rysunek 3.1 ilustruje rozkład bram cross-docku w pewnym magazynie, który jest nieodpowiedni i wpływa na pogorszenie wydajności pracy magazynu. Po pierwsze doki załadunkowe o silnym natężeniu przepływu są umieszczone blisko naroży budynku. Jak wiadomo z poprzednich dywagacji, naroża powodują określone zakłócenia. W tym wypadku, kiedy występuje naroże zewnętrzne, dochodzi do kongestii wewnątrz cross-docku, ponieważ przestrzeń podłogowa jest zbyt mała aby sprawnie obsłużyć wszystkie pojazdy.. Po drugie, jak sama nazwa wskazuje, *cross-dock* jest miejscem gdzie występuje jazda z doku do doku. W tym wypadku taka jazda nie może mieć miejsca, ponieważ doki rozładunkowe są naprzeciw doków załadunkowych, natomiast doki załadunkowe znajdują się naprzeciw doków załadunkowych. Wobec tego w obrębie cross-docku jest duża liczba długodystansowych jazd wózków. Trzecią kwestią jest fakt, że doki załadunkowe o silnym natężeniu przepływu ładunków są obok innych doków załadunkowych o równie silnym lub podobnym natężeniu przepływu ładunków. To sprawia, że dochodzi do kongestii wózków widłowych, ponieważ silne natężenia przepływów generują dużą ilość pracy w obrębie danego doku. Przykładem rozkładu, który jest przeciwieństwem poprzedniego układu, jest sposób rozmieszczenia doków pokazany na Rysunku 3.2.



Rys. 3.2 Układ magazynu typu cross-dock (zaciemnione kwadraty przedstawiają doki rozładunkowe, natomiast kwadraty puste przedstawiają doki załadunkowe wraz z liniami które oznaczają natężenie przepływu materiałów w kierunku tego doku) [4]

W przeciwieństwie do poprzedniego rozkładu, ten układ ma wiele zalet wpływających na poprawę wydajności pracy magazynu. Po pierwsze, zgodnie z zasadą, największe

przeptywy są umiejscowione w centrum cross-docku, lecz nie w jednym miejscu, tak aby nie dochodziło do kongestii wózków widłowych. Tak więc doki charakteryzujące się dużym natężeniem przepływów nie kolidują ze sobą. Po drugie ze względu na to, że doki załadunkowe nie są umieszczone naprzeciw siebie, może dojść do swobodnego przepływu materiałów. Odpowiednie umiejscowienie doków w tym wypadku, czyli umieszczanie naprzeciw siebie doków rozładowniczych i załadowniczych powoduje, że wózki widłowe nie muszą pokonywać długich dystansów między dokami. Trzecim aspektem jest to, że naroża nie są przeciążone, a więc są tam umieszczone doki załadunkowe o niskim natężeniu przepływu materiałów. To powoduje, że praca nie koncentruje się w tych narożach lub jest jej na tyle mało, że nie zakłóca to sprawnej obsługi tych doków przez wózki widłowe. Co więcej, natężenie przepływu materiałów maleje wraz ze zbliżaniem się do naroża cross-docku. Prowadzi to do redukcji kongestii jeśli chodzi o powierzchnię podłogową wewnątrz cross-docku, ponieważ jak widać, przy narożu natężenie przepływu jest najmniejsze w całym cross-docku [4].

Tak więc powstał układ w którym możliwe są bezpośrednie przepływy z doku do doku. Należy jednak pamiętać, że forma przemieszczania ładunku z doków do doków umieszczonych bezpośrednio naprzeciw siebie nie jest częstym zjawiskiem. Niemniej jednak, w przypadku rzeczywistych przepływów jak i tych wyidealizowanych, dobrym rozwiązaniem może być dążenie do możliwie węższego układu budynku, tak aby zminimalizować dystans pomiędzy dokami. Dok nie może być jednak zbyt wąski, ponieważ mogłoby to zakłócić prace odbywające się wewnątrz cross-docku.

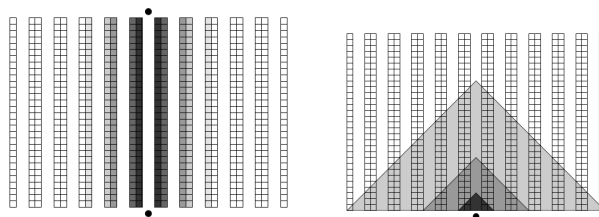
Należy dążyć do tego aby przepływ towarów jeśli chodzi o przyjmowanie ładunków i wysyłanie ładunków do klienta był wyrównany. Tak więc aby uzyskać jednolity przepływ towarów przez cross-dock, należy dopasowywać i zrównoważyć przybywanie ładunków z ich opuszczaniem terminalu. Można to uzyskać na wiele sposobów. Jednym z nich może być ustanowienie dwa razy większej liczby drzwi załadowniczych towarów niż drzwi gdzie towary przybywają do cross-docku, lub przydzielić odpowiednią ilość pracowników do załadunku każdej przyczepy i wtedy przepływ ładunków przybywających i opuszczających terminal wyrówna się [1].

#### 4. GENEROWANIE DOGODNYCH MIEJSC SKŁADOWYCH

Jak wiadomo, dla klientów magazynu jednym z głównych składowych kosztów obsługi jeśli chodzi o ładunki, jest ich składowanie. Należy pamiętać, że każda lokalizacja w magazynie generuje określone koszty, co jest m.in. związane z odległością jaką należy pokonywać aby dotrzeć do tej lokalizacji. Zatem można w przybliżeniu określić koszty składowania danego ładunku w określonej lokalizacji. Należy jednak pamiętać nie tylko o odległościach w poziomie ale także w pionie, ponieważ jak już zostało wcześniej wspomniane, im wyżej umieszczone tym tańsze miejsca składowe. Jednak w poniższych rozważaniach możemy pominąć tę kwestię. Jeśli mamy określoną lokalizację, to wiemy na podstawie powyższego stwierdzenia że na jej koszty składa się odległość jaką musi pokonywać wózek widłowy lub pracownik aby dotrzeć do tej lokalizacji (i wrócić powrotem na określone miejsce). Niech odległość będzie oznaczona  $d_i$ . Jeśli ta lokalizacja jest odwiedzana w ciągu roku  $n$  razy, to możemy w przybliżeniu obliczyć roczny koszt pracy jeśli chodzi o daną lokalizację. Ten koszt będzie w przybliżeniu równy

$$\sum_i o_i n_i \quad (3)$$

Można pokusić się o stwierdzenie, że jeśli takie parametry wpływają na koszt danej lokalizacji, to ich zmiana spowoduje zmianę kosztów tej lokalizacji. Jeśli chodzi o zamówienia klientów to jest to czynnik którego nie można zmienić. Natomiast w przypadku odległości jest to już możliwe. Aby zmniejszyć dystans jaki musi pokonywać wózek widłowy w celu dojechania do określonej lokalizacji i powrotu można zmienić rozkład magazynu. Innym rozwiązaniem może być umieszczenie określonego ładunku w innej lokalizacji, która znajduje się bliżej. W tym celu należałoby wykonać analizę, które pokaże, które towary są najczęściej zamawiane przez klientów a następnie te właśnie towary umieścić w najlepszych lokalizacjach, tak aby dostęp do tych lokalizacji był najlepszy. Najlepszą lokalizacją jest taka, która znajduje się w jak najbliższym sąsiedztwie doków rozładunkowych i załadunkowych, czyli taka która nie zmusza wózka widłowego do pokonywania niepotrzebnie dużych dystansów, które z kolei niepotrzebnie wydłużają czas kompletacji zamówienia czyli jego realizacji. Dlatego nie można jednoznacznie określić najdogodniejszych pozycji w magazynie, ponieważ jest to zależne od kilku czynników, nie tylko od samej odległości. Rysunek 5.1 przedstawia rozkład najlepszych lokalizacji magazynu dla dwóch różnych położenia miejsc załadunkowych i rozładunkowych. Przedstawiają one wpływ położenia tych miejsc na rozmieszczenie najdogodniejszych lokalizacji w obrębie magazynu. Wraz ze zmianą miejsca rozładunku/załadunku zmianie ulegają rozmieszczenia najdogodniejszych pozycji składowych w tym magazynie.



Rys. 4.1 Najdogodniejsze pozycje składowe (zacięniwane) przy układzie doków a) umieszczonych naprzeciw siebie oraz b) umieszczonych obok siebie lub w tym samym miejscu [2]

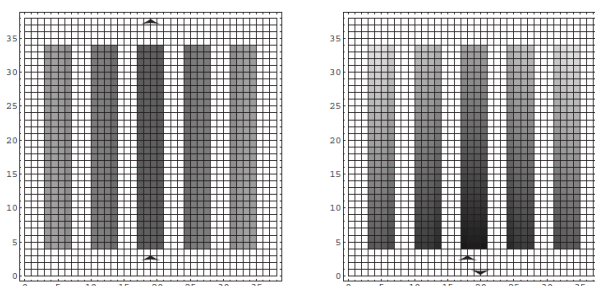
Na Rysunku 4.1 widać układ magazynu który charakteryzuje się pewną określoną liczbą korytarzy oraz miejsc paletowych do których dostęp z tych korytarzy jest bezpośredni. W tym układzie, miejsca załadunkowe i wyładunkowe umiejscowione są w centralnej części budynku, na ścianach po przeciwnych stronach budynku. Wydobycie ładunku w celu kompletacji polegałoby na dojechaniu wózka widłowego z punktu początkowego do określonej lokalizacji, wydobycie ładunku i dojechaniu do drugiego punktu (miejsca załadunku).

Widać, że gdy doki umieszczone są po przeciwnych stronach budynku, dokładnie naprzeciw siebie i po środku magazynu, to najdogodniejsze lokalizacje to te, znajdujące się po drodze z jednego doku do drugiego. Dzieje się tak dlatego, ponieważ pracownik, który kompletuje zamówienie, nie musi pokonywać dodatkowej drogi, którą musiałby przejść

chcąc skompletować towar znajdujący się w regałach umieszczonych bardziej na prawo, lub bardziej na lewo. Im towar jest dalej umieszczony od środkowego korytarza, tym droższe będzie jego składowanie bądź wydobywanie, a przede wszystkim komplectacja zamówienia którego ten towar jest elementem. W przypadku takiego rozkładu magazynu istnieje dużo pozycji które są pozycjami niedogodnymi, generującymi dodatkowe koszty związane z dojechaniem do tych lokalizacji.

Jeśli natomiast doki umieszczone są na tej samej ścianie, po środku i blisko siebie (tak jak zostało to pokazane na schemacie b, liczba najlepszych i najtańszych lokalizacji zmniejsza się. Są to lokalizacje umieszczone najbliżej obydwu doków. W takim wypadku liczba lokalizacji które są najdogodniejsze w całym magazynie spada do minimum, pozycji o położeniu optymalnym jest więcej niż pozycji o najdogodniejszym położeniu, a największą liczbę pozycji stanowią miejsca o niezbyt dogodnym położeniu.

Jednak w większości magazynów stosowane są regały dwu, trzy głębokościowe. Oznacza to, że rozkład najdogodniejszych pozycji paletowych ulega zmianie. Wiadomo, że zawsze łatwiej jest wydobyć paletę znajdującą się jak najbliżej korytarza, czyli taką która jest widoczna i umieszczona na pierwszej pozycji. Rysunek 4.2 przedstawia układ magazynu w którym zostały użyte regały o dwóch głębokościach. Widać, że najdogodniejsze pozycje dla rozkładów doków takich jak w powyższych przykładach nie uległy zmianie. Sytuacja uległa zmianie natomiast jeśli chodzi o miejsca paletowe, które nie leżą bezpośrednio przy korytarzu. Widać, że te pozycje do których nie ma bezpośredniego dostępu, są pozycjami o położeniu mniej dogodnym niż pozycje do których dostęp jest bezpośredni, czyli pozycje bezpośrednio widoczne.



Rys. 4.2 Rozkład najdogodniejszych pozycji w magazynie o różnych układach doków dla podwójnych regałów [1]

## 5. PODSUMOWANIE

W pracy zaprezentowano i omówiono poszczególne rodzaje układów magazynowych. Zaprezentowano ich wady i zalety oraz sytuacje, w których dany rozkład magazynu wpływa na usprawnienie jego pracy. Ponadto omówiono wpływ alokacji doków przeładunkowych na efektywność obsługi pojazdów przybywających do cross-docku. Dodatkowo pokazano jak zarządzać danym terminalem przeładunkowym, aby w jak największym stopniu usprawnić prace danego magazynu.

Praca zawiera także informacje o tym, jakie elementy systemu logistycznego są elementami kluczowymi jeśli chodzi o odpowiednie rodzaje dystrybucji, standardowego magazynowania oraz przeładunku typu cross-docking. Zostały opisane czynności w obrębie danego centrum dystrybucji, które generują największe koszty oraz jakie są ewentualne metody modyfikacji pojedynczych czynności, co mogłoby wpłynąć na powodzenie całego procesu, oraz wyodrębnienie tych czynników których zmiana jest możliwa i opłacalna. Z rozważań, które zostały zaprezentowane w powyższych rozdziałach wynika, że cross-docking, oraz magazynowanie są rodzajami dystrybucji, które przy odpowiednim zarządzaniu nimi oraz przy utworzeniu odpowiedniej infrastruktury są rozwiązaniami efektywnymi. Na podstawie ujętych w pracy analiz wynikają następujące wnioski:

- 1) Rozmieszczenie doków wyladowniczych i załadowniczych bezpośrednio wpływa na organizację pracy w obrębie corssdocku. Należy pamiętać o kluczowych kwestiach jeśli chodzi o rozmieszczenie doków. Po pierwsze, zgodnie z zasadą, największe przepływy są umiejscowione w centrum crossdocku, lecz nie należy koncentrować ich w jednym określonym punkcie, tak aby nie dochodziło do kongestii sprzętów, np. wózków widłowych. Tak aby doki charakteryzujące się dużym natężeniem przepływów nie kolidowały ze sobą. Druga kwestia dotyczy usprawnienia przepływów a więc należy tak rozmieścić doki załadunkowe aby były one umieszczone naprzeciw doków rozładunkowych, a przez to może dojść do swobodnego przepływu materiałów. Odpowiednie umiejscowienie doków w tym wypadku, powoduje, że wózki widłowe nie muszą pokonywać długich dystansów między dokami. Ostatnim aspektem jest doprowadzenie do tego aby naroża nie były przeciążone, a więc dąży się do umieszczenia doków załadunkowe o niskim natężeniu przepływu materiałów w narożach cross-docku. To powoduje, że praca nie koncentruje się w tych narożach lub jest jej na tyle mało, że nie zakłóca to sprawnej obsługi tych doków przez wózki widłowe. Prowadzi to do redukcji kongestii jeśli chodzi o powierzchnię podłogową wewnątrz cross-docku.
- 2) Efekty zastosowania dystrybucji typu cross-docking.  
Zastosowanie dystrybucji typu cross-docking jest rozwiązaniem korzystnym z kilku względów. Po pierwsze, dzięki całkowitemu wykorzystaniu powierzchni załadunkowej pojazdu (*FTL*), a więc w związku z tym mniejsza liczba pojazdów jest potrzebna do dystrybucji tej samej liczby towarów pośród klientów. To prowadzi do mniejszej kongestii na drogach. Ponadto, możliwe jest szybsze odpowiadanie na potrzeby klientów oraz większe dostosowanie się do ich potrzeb jeśli chodzi o punktualność. Co więcej, rozwiązanie to przyczynia się do redukcji kosztów transportu dzięki konsolidacji ładunków przybywających do magazynu cross-dock z różnych źródeł, które będą wysyłane do tego samego klienta. Oprócz tego, następuje duża redukcja kosztów związanych z pominięciem czynności składowania ładunków a co za tym idzie kompletacji, będącej czynnością generującą największe koszty pracy w magazynie.

**BIBLIOGRAFIA**

- [1] Bartholdi, J.J., Hackman S.T. (2010) *Warehouse and Distribution Science 0.1.2*.  
<http://www.warehouse-science.com/>
- [2] Bartholdi, J.J., Hackman S.T. (2010) *Warehouse and Distribution Science 0.92*.  
<http://www.warehouse-science.com/>
- [3] Bartholdi, J.J., Gue, K.R. (2004) *The Best Shape for a Crossdock*.
- [4] Bartholdi, J.J., Gue, K.R. (2000) *Reducing Labor Costs in an LTL Crossdocking Terminal*. <http://www2.isye.gatech.edu/~jjb/papers/ltl-layout.pdf>
- [5] Ray, R. (2010) *Supply Chain Management for Retailing*. New Delhi: McGraw-Hill Educat
- [6] Vink, J. () *Cross Docking: Bypassing Storage*.  
<http://www.forte-industries.com/whitepapers/Cross%20Docking.pdf>