

Uwarunkowania techniczno-organizacyjne projektowania sieci logistycznej dla przedsiębiorstw produkcyjnych²

Projektowanie sieci logistycznych przedsiębiorstw produkcyjnych jest złożonym problemem decyzyjnym. Wynika to z potrzeby uwzględnienia zarówno specyfiki funkcjonowania przedsiębiorstw produkcyjnych, jak i ukształtowania funkcjonalno-przestrzennego obiektów magazynowych będących elementami projektowanej sieci. Właściwie zaprojektowana struktura sieci logistycznej wpływa na zmniejszenie kosztów dostaw zaopatrzenia materiałowego do przedsiębiorstw lub dystrybucji wyrobów gotowych do odbiorców.

Na ogół każdy system logistyczny przedsiębiorstwa jest determinowany konfiguracją sieci logistycznej. Konfiguracja sieci logistycznej to układ powiązań między obiektami magazynowymi analizowanego systemu logistycznego wraz z określeniem wielkości i lokalizacji tych obiektów [18].

Sieć logistyczna, w zależności od pełnionych funkcji i zadań oraz przeznaczenia, definiowana jest różnorodnie. Pojęcie sieci (ang. *network*), na ogół, definiowane jest między innymi jako zbiór połączonych ze sobą i wzajemnie uwarunkowanych czynności z wyznaczonym punktem początkowym i końcowym [31] lub jako struktura kanałów logistycznych, którymi następuje przepływ materiałów od producenta do obiektów dystrybucji (logistycznych) i ostatecznych odbiorców [37].

Często pojęcie sieci logistycznej wiąże się grupę niezależnych przedsiębiorstw konkurujących i kooperujących w celu poprawy sprawności oraz efektywności przepływu produktów i towarzyszących im informacji, zgodnie z oczekiwaniami klientów [9]. Rozszerzając pojęcie sieci logistycznej o aspekt przepływów kapitałowych otrzymujemy tak zwany Network Business [37]. W tym przypadku Autorzy podkreślają zintegrowanie i koordynowanie współpracy przedsiębiorstw przez istnienie dominującego podmiotu w sieci. Współpraca ta może przybierać różne formy, z których istotne są dwie, to jest [37]:

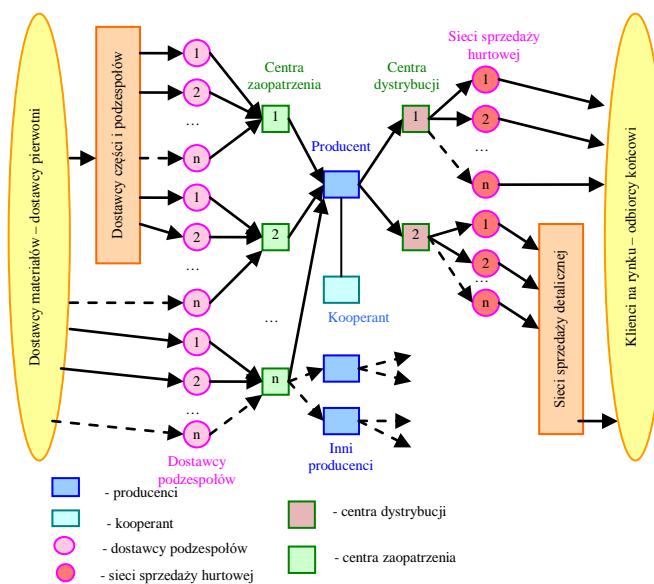
- pionowa – pomiędzy przedsiębiorstwami tworzącymi sieć logistyczną (na przykład producent – dystrybutor – detalista, tak zwane sieci podłużne),
- pozioma – gdy mamy do czynienia ze współpracą przedsiębiorstw tego samego fragmentu sieci logistycznej lub tej samej funkcji w sieci (na przykład hurtowni, sklepów detalicznych, tak zwane łańcuchy poprzeczne).

Należy również zaznaczyć, że sieć logistyczna, w literaturze przedmiotu [4], [28], często jest utożsamiana z siecią dystrybucji, dostaw lub zamiennie z łańcuchem dostaw [9]. W szerszym zakresie sieć dostaw składa się z dwóch lub więcej prawnie rozdzielonych podmiotów gospodarczych, połączonych poprzez przepływ materiałów, informacji i środków finansowych. Podmioty te są na ogół producentami części, komponentów lub wyrobów finalnych, dostawcami usług logistycznych, a także samymi klientami (ostatecz-

nymi konsumentami) [4], [34]. Natomiast w węższym zakresie, w odniesieniu do sieci dostaw, używa się terminu *łańcuch dostaw* lub *łańcuch logistyczny*, który jest stosowany w odniesieniu do dużego przedsiębiorstwa lub branży [16].

Na ogół sieć dostaw obejmuje wszystkie działania związane z przepływem materiałów (rysunek 1), począwszy od pozyskiwania podstawowych surowców, a skończywszy na sprzedaży końcowemu nabywcy produktu finalnego i utylizacji tego, co z tego produktu zostaje po zużyciu [34]. Na każdym etapie przepływu mogą pojawiać się zwroty, czyli materiały odrzucone przez następną firmę w łańcuchu lub odpady, które wymagają utylizacji.

Większość przedsiębiorstw zgłasza zapotrzebowanie materiałowe różnym dostawcom i sprzedaje wyroby gotowe różnym klientom (rysunek 1). Surowce zostają dostarczone do producenta przy wykorzystaniu wszystkich poziomów dostawców sieci logistycznej. Podobnie gotowe wyroby dostarczane są do klientów zlokalizowanych na różnych poziomach [36]. Stąd sieć logistyczną przedsiębiorstw można rozpatrywać oddzielnie w sferze zaopatrzenia oraz w sferze dystrybucji [36]. Ważnym aspektem, z punktu widzenia badań przedstawionych w artykule, jest właściwe dopasowanie sieci logistycznej do specyfiki potrzeb przedsiębiorstw.



Rys. 1. Przykład sieci dostaw przedsiębiorstwa produkcyjnego. Źródło: opracowanie własne na podstawie [34].

¹ Dr inż. Ilona Jacyna-Golda, Wydział Inżynierii Produkcji, Politechnika Warszawska.

² Artykuł recenzowany.

Metody i narzędzia projektowania struktury sieci logistycznej w literaturze

W zależności od tego, ile występuje pośredników na drodze przemieszczania, struktura sieci logistycznej może być jednopoziomowa lub wielopoziomowa; określana jest ona wówczas również jako struktura hierarchiczna. Cechą charakterystyczną sieci wielopoziomowej jest konieczność przejścia materiałów od dostawców przez kolejne poziomy, zanim zostaną dostarczone do odbiorców (przedsiębiorstw produkcyjnych). W wielopoziomowej sieci występują pośrednicy, którymi mogą być różnego rodzaju bazy magazynowe, terminale przeładunkowe, czy też centra logistyczne [8].

Projektowanie sieci logistycznej wymaga podejmowania decyzji między innymi w zakresie:

- lokalizacji obiektów magazynowych – wraz z ustaleniem takich wielkości, jak: wielkość terenu, koszt zakupu gruntu, koszt siły roboczej, dostępność infrastruktury transportowej itp.,
- rozwiązań przestrzennych obiektów magazynowych – dotyczy to między innymi wymiarów, powierzchni, kubatury obiektu, kosztu utrzymania 1 m³ przestrzeni itp.,
- rozwiązań technologiczno-ekonomicznych w zależności od postaci: zapotrzebowań materiałowych, struktury zamówień, oczekiwań klientów, jednostkowego kosztu przejścia ustalonej jednostki ładunkowej przez obiekt itp.

Ogólnie metody projektowania struktury sieci logistycznej dzieli się na metody opisowe, analityczne, analityczno-opisowe, analogowe oraz numeryczne. W metodach opisowych brak jest formalizacji zapisu poszczególnych kroków projektowych; możemy jedynie znaleźć niesformalizowany przepis postępowania w postaci wytycznych [25]. Inaczej jest w przypadku metod analitycznych, gdzie kroki projektowe są zapisane w postaci zależności sformalizowanych [3], [23]. Metody analityczno-opisowe stanowią swego rodzaju połączenie metod analitycznych i opisowych [25].

W przypadku metod analogowych, do wykonania obliczeń wykorzystuje się formuły matematyczne oraz specjalne urządzenia, które wykorzystują występujące analogie w danym procesie (zjawisku) [38]. Natomiast metody numeryczne umożliwiają uzyskanie rozwiązania problemu poprzez wykorzystanie specjalistycznego programu komputerowego. Należy przy tym pamiętać, że w tym przypadku niezbędny jest aparat matematyczny do formalizacji zapisu problemu, który następnie przetwarzany jest na „język komputera” [38].

Nie ulega wątpliwości, że do właściwego rozwiązania problemu projektowania sieci logistycznej niezbędny jest fizyczny jej opis, następnie formalizacja z wykorzystaniem odpowiedniego aparatu matematycznego. W końcowym etapie, na ogół, korzystając z odpowiedniego języka programowania, dokonujemy implementacji komputerowej metody.

Jeden ze sposobów podziału metod projektowania struktury sieci logistycznej wynika z uwzględnienia liczby kryteriów oceny jakości projektu. W przypadku, gdy pod uwagę bierzemy tylko jedno kryterium, mówimy o metodach jednokryterialnych. Natomiast gdy pod uwagę bierzemy kilka kryteriów, wówczas mówimy o metodach wielokryterialnych. W literaturze przedmiotu opisywane metody zarówno jedno, jak i wielokryterialne, dotyczą najczęściej wyboru

miejsc lokalizacji punktów węzłowych w sieci [13], [23], [35].

Inna grupa metod dotyczy metod optymalizacyjnych, symulacyjnych oraz heurystycznych [26]. Metody optymalizacyjne opierają się na precyzyjnych procedurach matematycznych, które gwarantują znalezienie najlepszego rozwiązania danego problemu. Natomiast metody symulacyjne pozwalają na przeprowadzanie eksperymentów z opracowanym wcześniej modelem. W tym przypadku, przy wcześniejszej znajomości rozwiązania najlepszego, możliwa jest ocena wrażliwości modelu na zmianę poszczególnych jego parametrów. Metody heurystyczne przystosowane są do operowania na bardzo ogólnie zdefiniowanych problemach i dlatego nie gwarantują znalezienia rozwiązania optymalnego [7], [26].

Specyfika potrzeb przedsiębiorstw produkcyjnych w zakresie zaopatrzenia i dystrybucji

Nadrzędnym zadaniem przedsiębiorstwa produkcyjnego jest realizacja procesu produkcyjnego, któremu podporządkowane są wszystkie procesy umożliwiające jego realizację. Wiąże się to z rozwiązywaniem wielu problemów organizacyjnych wymagających optymalizacji, a dotyczących:

- usprawnienia technologii produkcji,
- usprawnienia procesów logistycznych w obrębie przedsiębiorstwa,
- usprawnienia łańcucha dostaw, w którym przedsiębiorstwo funkcjonuje,
- uczestnictwa przedsiębiorstwa w grupach interesów.

Pierwszy problem związany jest bezpośrednio ze sferą utrzymania zapasów, realizacji dostaw i wysyłek oraz czynnościami usprawniającymi, zachodzącymi wewnątrz przedsiębiorstwa. Modyfikacje technologii produkcji są przedmiotem zainteresowania inżynierów produkcji [6].

Drugi problem dotyczy między innymi:

- ustalania poziomów materiałów kluczowych dla produkcji na podstawie planowanego zużycia materiałów, tak zwanych *safety stock* i *maximal on hand stock* (lub materiałów najbardziej przestrzenniechłonnych), mocy wytwórczych dostawców, czasu realizacji dostaw (*lead time*) [20],
- grupowania zleceń produkcyjnych w celu maksymalnego wydłużania tak zwanych szarż produkcyjnych przy zadanych, dopuszczalnych przez klientów maksymalnych czasach realizacji zleceń, możliwości składowania wyrobów gotowych na terenie zakładu lub w zewnętrznych magazynach dystrybucyjnych, dostępności surowców do produkcji u dostawców lub w zewnętrznych magazynach [26],
- EOQ (*Economic Order Quantity* – Ekonomiczna Wielkość Zamówienia) metody zarządzania zapasami w łańcuchu dostaw. Metoda ta definiuje optymalną ilość materiałów do zamówienia, tak, aby zminimalizować między innymi koszty zmienne [17], [33],
- funkcji systemów informacyjnych klasy MRP (*Material Requirement Planning*) w danym przedsiębiorstwie [14], [32],
- funkcji systemów informacyjnych klasy MRP II (*Manufacturing Resources Planning*) w danym przedsiębiorstwie w zakresie planowania i realizacji produkcji [32],

- wydajności układów przeładunkowych na wejściu i na wyjściu z magazynów surowców i opakowań oraz wyrobów gotowych [2], [24],
- kosztu utrzymania zapasów w magazynie własnym producenta [6].

Trzecia grupa problemów związana jest natomiast z takimi zagadnieniami jak:

- problem podziału zamówienia ogólnego na dostawy, z których ma składać się dane zamówienie [14],
- problem outsourcingu usług logistycznych w zakresie zaopatrzenia w surowce (centra zaopatrzenia) i odbiór wyrobów gotowych (centra dystrybucji lub – częściej – magazyny wyrobów gotowych nie zajmujące się dystrybucją, a głównie przechowywaniem i wysyłką dużej liczby wyrobów gotowych) [11],
- problem odległości pomiędzy magazynami zewnętrznymi, a zakładem produkcyjnym (elastyczność – *flexibility* – łańcucha dostaw) [30],
- umowy dotyczące przechowywania surowców produkcyjnych w magazynach dostawców [22],
- problem dostaw surowców *Just-in-Time* [30], [14],
- problem długości cykli transportowych w transporcie zewnętrznym, wynikający z czasu realizacji transportu i częstotliwości wysyłek [30],
- koszt utrzymania zapasów w magazynach zewnętrznych [26], [22],
- czas reakcji dostawców lub magazynów zewnętrznych na zapotrzebowanie na materiały [30].

Ostatnie zagadnienie dotyczy przede wszystkim wykorzystywania efektu skali (*scale effect*) i efektu synergii (*synergy effect*) do wspólnego negocjowania cen surowców i zewnętrznych usług logistycznych w ramach porozumienia między przedstawicielami branży [30].

Zatem w systemie logistycznym przedsiębiorstwa produkcyjnego realizowane są procesy logistyczne obejmujące:

- zaopatrzenie w surowce i opakowania,
- wspomaganie działań produkcyjnych,
- dystrybucję wyrobów gotowych,
- zaopatrzenie w części zamienne oraz przepływy odpadów produkcyjnych.

Główne zadania operacyjne, jakie są realizowane w sferze zaopatrzenia, obejmują dostarczanie materiałów niezbędnych do produkcji realizowanej w przedsiębiorstwie, ich składowanie oraz przemieszczanie do pierwszego stanowiska linii produkcyjnej w momencie określającym ich wykorzystanie w sferze produkcji. Poprzez transport wewnętrzny i utrzymanie zapasów produkcji w toku realizowany jest przepływ materiałów w procesie wytwórczym [12].

Natomiast zadania operacyjne logistyki w sferze dystrybucji, to przemieszczanie wytworzonych w procesie produkcyjnym materiałów, półproduktów czy wyrobów gotowych do odbiorców [13]. Logistyka części zamiennych (użytkownika tych części) obejmuje zaopatrzenie, gospodarkę magazynową i zastosowanie części zamiennych w ramach obsługi technicznej i konserwacji [23]. W sferze przepływu odpadów produkcyjnych realizowany jest transport i składowanie materiałów odpadowych oraz ewentualne przekazanie tych materiałów do miejsc ich przerobu. Niejednokrotnie realizowane są także procesy mające na celu zmniejszenie objętości powstałych odpadów (na przykład prasowanie makulatury). W procesach przepływu odpadów produkcyjnych istotne są

procesy utylizacji [13] oraz procesy powtórnego zagospodarowania [23].

Podjęwając odpowiednie działania, w celu postawienia zapotrzebowania materiałowego do dyspozycji przedsiębiorstwa produkcyjnego należy uwzględnić jego oczekiwania, zwłaszcza w zakresie ilości i jakości produktów, terminów dostaw, a także podziału zadań związanych z przepływem towarów pomiędzy dostawcą a odbiorcą. Wśród kluczowych problemów logistycznych, które dotyczą przedsiębiorstw produkcyjnych, wyróżnić należy przede wszystkim: czas cyklu zamówienia, dostępność zapasów, ograniczenia wielkości zamówienia, częstość dostawy, niezawodność dostawy, jakość dokumentacji, procedury reklamacyjne, kompletność zamówienia, wsparcie techniczne, informacje na temat stanu realizacji zamówienia. Mają one na celu podnoszenie poziomu obsługi zakładów produkcyjnych przy jednoczesnym obniżaniu kosztów logistycznych.

Zamówienia na materiały do produkcji składane u dostawcy mają charakter długookresowy i w większości przypadków rozdzielane są na dostawy o określonej wielkości, realizowane w rytmie cyklu produkcyjnego zakładu i cyklu produkcyjnego u danego dostawcy. Wielkość jednorazowej dostawy jest funkcją maksymalnego zapasu danego materiału w magazynie przyprodukcyjnym, zapasu bezpieczeństwa danego materiału, zapotrzebowania na ten materiał i częstotliwości dostaw (systemy sterowania zapasami, „ekonomiczna” wielkość partii dostaw) [19]. Ponadto zapotrzebowanie materiałowe ustalane jest zgodnie z zapotrzebowaniem wynikającym z długoterminowego planu produkcji, konstruowanego na podstawie zamówień klientów. Przy czym przeciętna częstotliwość dostaw danego typu materiału wyznaczana jest zazwyczaj na bazie danych historycznych. Częstotliwość zamówień nie jest nigdy stała. Wpływ na nią mają różnorodne czynniki, związane na przykład z problemami technicznymi produkcji i dostawców, zdarzeniami losowymi w transporcie itp. [19].

Od złożenia zamówienia na surowce produkcyjne u danego dostawcy do czasu wprowadzenia ich do magazynu przyprodukcyjnego musi upłynąć określony czas, wynikający z konieczności pozyskania materiału przez dostawcę (wyprodukowanie, wydanie z magazynu, pakowanie itd.) oraz czasu transportu. Czas ten może być różny, w zależności od dostawcy i typu materiału, a także schematu organizacyjnego łańcucha dostaw (dostawa bezpośrednia lub z wykorzystaniem pośrednich baz magazynowych) [29].

Dla każdego typu materiału określa się maksymalną wielkość zapasu utrzymywanego w magazynie przyprodukcyjnym. Nie powinna ona zostać przekroczona ze względu na pojemność magazynu, koszty zamrożenia kapitału, ewentualne terminy przydatności do użycia i możliwości zwrotu niewykorzystanych materiałów. Materiały nadwyżkowe względem planu produkcyjnego są przechowywane aż do pojawienia się zamówień produkcyjnych lub do końca terminu ich przydatności do użycia. Przez ten czas zajmują miejsce w magazynie zmniejszając możliwości zamawiania materiałów innych rodzajów [19].

Częstym rozwiązaniem jest utylizowanie niewykorzystanych materiałów produkcyjnych (ang. *scrapping*). Jest to kosztowna alternatywa dla utrzymania zapasu. Wielkość maksymalnego zapasu powinna być okresowo szacowana pod kątem długoterminowych planów produkcyjnych. Maksymalny zapas materiału może być przekroczony w chwilach

zwiększonego zapotrzebowania – jest to wielkość orientacyjna [29].

Ważnym parametrem z punktu widzenia ciągłości procesu produkcyjnego jest zapas bezpieczeństwa. Dla każdego typu materiału określa się granicę zapasu bezpieczeństwa, której przekroczenie powinno wywołać natychmiastowe zamówienie materiału. Zapas bezpieczeństwa danego materiału ustalany jest na podstawie analizy danych historycznych zużycia oraz aktualnego długo- i krótkookresowego planu produkcyjnego [4].

Podstawowym celem utrzymania zapasu bezpieczeństwa jest podtrzymanie ciągłości produkcji w przypadku losowych zdarzeń wpływających na opóźnienie terminowych dostaw. Zapas bezpieczeństwa jest wielkością orientacyjną i należy unikać schodzenia poniżej tego poziomu, jednakże nie jest to zabronione. Zamówienie uzupełniające zapas bezpieczeństwa danego materiału powinno zostać złożone z uwzględnieniem czasu realizacji zamówienia (*lead time*) i planowanego zużycia tego materiału. Poziomy bezpieczeństwa oraz maksymalne poziomy zapasu wszystkich materiałów muszą uwzględniać pojemność magazynów surowców i opakowań [5].

Zapasy cykliczne determinowane są zużyciem surowców, półfabrykatów czy materiałów podczas procesu produkcyjnego. Zużycie to wynika z planu krótkookresowego produkcji oraz pośrednio z planu długookresowego, jednakże nie jest możliwe określenie ścisłego poziomu zużycia. Jest to wielkość szacunkowa, która pojawia się, kiedy dany materiał jest wykorzystywany w procesie produkcyjnym. Zakładając, że materiał może być używany do produkcji więcej, niż jednego rodzaju wyrobu gotowego, poziom zużycia będzie wynikał ze struktury potrzeb rynku (zamówień klientów) na wyroby gotowe [5].

Zadanie logistyczne realizowane przez zakładowy system logistyczny uwarunkowane jest zarówno zewnątrz, jak i wewnątrz, przy czym pierwsze uwarunkowanie wynika z otoczenia, drugie natomiast z produkcji. Aspekty te istotne są na etapie projektowania sieci logistycznej dla przedsiębiorstwa produkcyjnego [16].

Aby zaprojektować sieć logistyczną dla przedsiębiorstwa produkcyjnego należy uwzględnić zagadnienia dotyczące trzech elementów:

1) zakładu produkcyjnego, to jest:

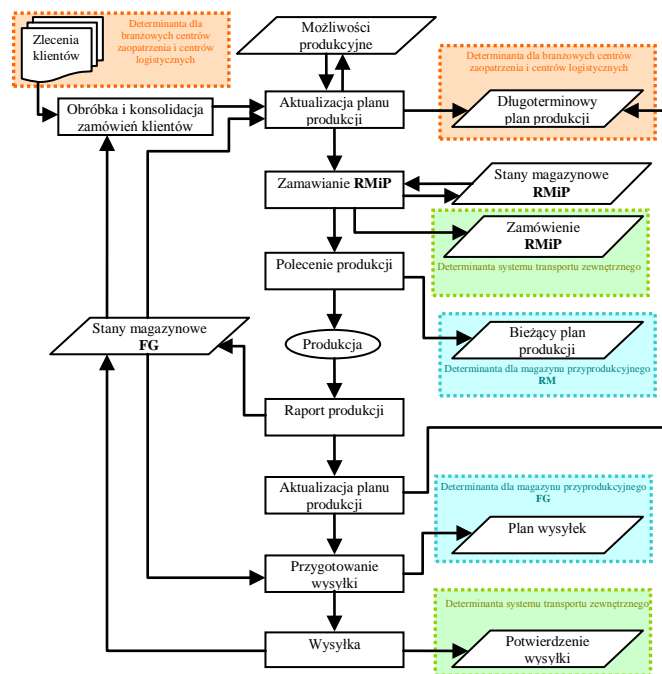
- sposób realizacji dostaw surowców i opakowań do produkcji (rysunek 2),
- odbiór wyrobów gotowych z zakładu produkcyjnego,
- magazyny przyprodukcyjne charakteryzują się znanymi zdolnościami buforowymi. Umożliwiają one konsolidację zapotrzebowania linii produkcyjnych na materiały do produkcji. Dzięki temu możliwe jest realizowanie dostaw w mniejszych odstępach czasu i w większych partiach;

2) procesu produkcyjnego:

- zasilanie przez względnie niewielkie partie surowców i opakowań w niewielkich odstępach czasu,
- odbiór wyrobów gotowych we względnie niewielkich partiach w niewielkich odstępach czasu,
- zadania produkcyjne mają priorytet względem zadań transportowo-magazynowych w przedsiębiorstwie produkcyjnym,
- dążenie do wykonywania możliwie długich szarzy produkcyjnych bez przerw i przebrojeń linii produk-

cyjnych – w tym celu należy zapewnić materiały produkcyjne i możliwość odbioru wyrobów gotowych,

- zadania produkcyjne określane są na podstawie zleceń klientów i/lub prognoz. Konstruuje się plany produkcyjne długoterminowe oraz bieżące, które stanowią determinantę dla przyprodukcyjnych układów transportowo-magazynowych;



Rys. 2. Schemat ideowy przepływu informacji w przedsiębiorstwie produkcyjnym; RM – surowce do produkcji, P – opakowania, FG – wyroby gotowe. Źródło: opracowanie własne.

3) zamówień materiałów do produkcji i dystrybucji wyrobów gotowych:

- uszczegółowienia planu produkcji,
- sposobu dystrybucji i zakresu działania magazynów przyprodukcyjnych obsługujących wyroby gotowe.

Współpraca z centrami dystrybucji bądź centrami logistycznymi, które umożliwiają składowanie części wyprodukowanych wyrobów gotowych, zwiększa ich dostępność dla klientów, a jednocześnie możliwe staje się przeniesienie finalnych etapów produkcji (głównie związanych z oznakowaniem, etykietowaniem i pakowaniem materiałów) do tych centrów, co w ogólności będzie skutkowało zmniejszeniem stanów magazynowych przechowywanego asortymentu. Centra dystrybucji i centra logistyczne, wykorzystując efekt skali i stosując specjalizowane rozwiązania logistyczne, będą oferowały mniejszą cenę jednostkową składowania. Dzięki temu zakład produkcyjny nie musi ściśle uzależniać wysyłek wyrobów gotowych od zamówień klientów. Musi jedynie utrzymywać stały, określony zapas wyrobu gotowego w centrum, przez co można wpływać na długoterminowe plany produkcyjne. Przedsiębiorstwa, które podejmują odpowiednie działania w celu postawienia towarów do dyspozycji kupującego, uwzględniają przede wszystkim jego oczekiwania, zwłaszcza w zakresie ilości i jakości produktów.

Podsumowanie

Gospodarka rynkowa wymusza wiele różnych form organizacji zaopatrzenia materiałowego oraz sieci dystrybucji wyrobów gotowych, związanych z obsługą zarówno dzielnic przemysłowych dla małych i średnich miast, jak i wielkich aglomeracji gospodarczo-przemysłowych o złożonych potrzebach w zakresie usług logistycznych. Determinuje to potrzebę właściwego doboru obiektów logistycznych, w tym obiektów magazynowych, ze względu na złożoność zadań i funkcji, jakie powinny realizować. Właściwy dobór struktur podyktowany jest zarówno względami przestrzennymi, technicznymi, technologicznymi, organizacyjnymi, jak i ekonomicznymi.

Zarówno dostawa potrzeb materiałowych do zakładu produkcyjnego, jak i odbiór z niego wyrobów gotowych, mogą być dokonywane na różne sposoby:

- bezpośrednio,
- pośrednio – przez lokalne magazyny dystrybucyjne do odbiorców indywidualnych lub przez lokalne punkty konsolidacji do aglomeracji miejskich,
- pośrednio – przez Branżowe Centra Dystrybucji,
- pośrednio – przez Centra Logistyczne.

W sferze dostaw bezpośrednich zakłada się bezpośrednie wysyłki ładunków od dostawców do odbiorców. W ramach obsługi bezpośredniej każdy z dostawców może wysyłać towary bezpośrednio do każdego producenta, zaś każdy producent może wysyłać wyroby gotowe do każdego z odbiorców.

W przypadku obsługi pośredniej brak jest podmiotów łączących strumienie przepływu ładunków, co generuje wzrost całkowitych kosztów obsługi logistycznej. Istnieje znaczna liczba tras wyznaczająca duże zapotrzebowanie na transport, którego ilość przyczynia się do wzrostu kosztów. Przy obsłudze pośredniej pojawia się konieczność zamawiania większych ilości towaru od każdego z dostawców, co powoduje wzrost zapasu. W tym przypadku wysokie są koszty przygotowania ładunku do wysyłki oraz koszty związane z przyjęciem ładunku. Ponadto, w związku z dużą liczbą pojazdów powstaje negatywne zjawisko przeciążenia infrastruktury drogowej oraz związane z tym faktem zanieczyszczenie środowiska.

W przypadku obsługi pośredniej, każdy z dostawców wysyła towary do centrum zaopatrzenia, które następnie przekazuje je do producentów. Kierują oni materiały do centrum dystrybucji, są one wysyłane do odbiorców. Dodatkowymi podmiotami w tym przypadku są Branżowe Centra Zaopatrzenia oraz Branżowe Centra Dystrybucji. Z ich wykorzystaniem odbywa się transfer ładunków pomiędzy kolejnymi poziomami.

Konsolidacja ładunków lub ich komisjonowanie w centrach zaopatrzenia i centrach dystrybucji przyczynia się do zmniejszenia zapasów oraz do ograniczenia ilości i kosztów transportu. Finalny odbiorca ładunku ma zapewnioną taką liczbę dostaw, która dostosowana jest do jego potrzeb asortymentowych. Udział centrum zaopatrzenia i centrum dystrybucji zmniejsza liczbę dostaw do przedsiębiorstwa produkcyjnego, ale może skutkować to wyższymi kosztami logistycznymi [10], [17]. Również skoncentrowanie dużej masy ładunków w jednym miejscu stymuluje wykorzystanie różnych rodzajów transportu, co może skutkować zwiększonym udziałem transportu kolejowego, a tym samym zmniejszeniem skażenia środowiska.

Obiekty magazynowe w sieci logistycznej przedsiębiorstw stanowią podsystemy buforowe umieszczane na wejściu i wyjściu systemu logistycznego danego przedsiębiorstwa. Sprzyja to stabilizacji procesów produkcyjnych, to jest zachowaniu ciągłości tych procesów.

Ze strukturą, w której wyodrębniony jest tylko jeden centralny obiekt magazynowy, wiąże się:

- możliwość wyspecjalizowania obiektu ze względu na charakterystykę branży,
- mniejsze koszty związane z utrzymaniem zapasu (pracownicy, ochrona, warunki klimatyczne, budynki, wyposażenie),
- pełna kontrola nad stanem zapasu,
- zredukowanie kosztów transportu w obrębie systemu,
- utrzymywanie relatywnie mniejszych zapasów (nie ma konieczności reprezentowania każdej grupy asortymentowej w poszczególnych regionalnych obiektach magazynowych).

Natomiast, w przypadku rozdrobnionej struktury, tak zwanej struktury hierarchicznej, mamy do czynienia z:

- krótszym czasem reakcji na zapotrzebowanie przedsiębiorstw,
- możliwością konfigurowania usług ze względu na zapotrzebowanie innych przedsiębiorstw,
- niższymi kosztami transportu,
- mniejszym zagrożeniem utraty zapasu wynikającym z katastrof naturalnych.

Kombinowana struktura sieci logistycznej jest niejako połączeniem struktury jednopoziomowej ze strukturą wielopoziomową. W przypadku tej struktury możliwy jest zarówno bezpośredni, jak i pośredni przepływ towarów. Z taką strukturą mamy do czynienia najczęściej w rzeczywistych sieciach logistycznych.

Streszczenie

W artykule przedstawiono wybrane aspekty kształtowania systemu transportowego w ujęciu techniczno-organizacyjnym. Sieci logistyczne stanowią ogniwa pośrednie w dystrybucji towarów. Problemem jest wyznaczenie optymalnej liczby obiektów logistycznych oraz przyporządkowanie do nich klientów w taki sposób, aby koszty obsługi obszaru były minimalne, a przy tym spełnione były z jednej strony wymagania klientów, zaś z drugiej strony możliwości techniczno-ekonomiczne dostawców usług logistycznych. Przedmiotem artykułu jest przedstawienie ogólnego podejścia do optymalizacji struktury sieci logistycznych.

Technical and organizational determinants for logistics network design for production companies

Abstract

The paper presents selected aspects of transport system apprehended to technical and organizational determinants. Logistics network accounts intermediate links in the distribution of goods. The problem is to determine the optimal number of logistics facilities and assigning clients to them, in such a way that the costs of servicing the area are minimal, and at the same time were met with one hand, customer

requirements, on the other hand, the opportunities for technical and economic logistics service providers. This paper presents a general approach to optimize the logistics network structure.

LITERATURA

1. Ahuja R.K., Magnanti T.L., Orlin J.B., *Network Flows: Theory, Algorithms and Applications*, Prentice Hall, Englewood Cliffs, NJ, 1993.
2. Ambroziak T., Jacyna M., Wasiak M., *The logistics services in a hierarchical distribution system*, Transport Science and Technology, Elsevier, chapter 30, pp. 383–393, 2006.
3. Ambroziak T., Żak J.K., *Metoda wyznaczania optymalnej lokalizacji lokalnych centrów logistycznych w wybranym obszarze usług logistycznych*, Prace Naukowe Transport, z. 60, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa, ss. 67–75, 2007.
4. Baran J., Jałowiecki P., Wysokiński M., *Rozwiązania w zakresie sterowania zapasami w wybranych branżach agrobiznesu*, XIV Konferencja Logistyki Stosowanej Total Logistic Management, Zakopane 2010.
5. Bed-Dea M, Raouf A., *Inventory Models Involving Lead Time as a Decision Variable*, The Journal of Operational Research, Vol. 45, No 5, 1994.
6. Beier F.J., Rutkowski K., *Logistyka*, OW SGH, Warszawa 2000.
7. Bolc L., Cytowski J., *Metody przeszukiwania heurystycznego*, PWN, t. 1, 2, Warszawa 1989, 1991.
8. Bowersox D.J., Cross D.J., Cooper M.B., *Supply Chain Management*, Mc Graw-Hill, New York 2002.
9. Brzeziński M., *Wprowadzenie do nauki o przedsiębiorstwie*, Difin, Warszawa 2007.
10. Budner W., *Lokalizacja przedsiębiorstw. Aspekty ekonomiczno-przestrzenne i środowiskowe*, Wyd. AE, Poznań, 2003.
11. Burdzik R., Cieśla M., *Outsourcing usług w sektorze transportowo-spedycyjno-logistycznym w Polsce*, „Maszyny Dźwigowo-Transportowe”, nr 3–4, ss. 32–37, 2006.
12. Campbell J.F., *Hub Location and the p-Hub Median problem*, Operations Research, Vol. 44, No. 6, pp. 923–935, 1996.
13. Chan F.T.S., Chung S.H., *Multicriterion genetic optimization for due date assigned distribution network problems*, Elsevier, Decision Support Systems 39 (2005), pp. 661–675, 2004.
14. Fechner I., *Zarządzanie łańcuchem dostaw*, WSL, Poznań 2007.
15. Fijałkowski J., *Technologia magazynowania. Wybrane zagadnienia*, OWPW, Warszawa 1995.
16. Fijałkowski J., *Transport wewnętrzny w systemach logistycznych. Wybrane zagadnienia*, OWPW, Warszawa 2003.
17. Goldratt E.M., Cox J., *The Goal: A process of Ongoing Improvement*, North River Pr., USA 1992.
18. Golemska E., Szymczak M., *Logistyka międzynarodowa*, AE, Poznań, 2000.
19. Grabara J., Nowakowska A., *Realizacja strategii logistycznej obsługi klienta na przykładzie systemu zarządzania serwisem*, [on-line:] www.ptzp.org.pl.
20. Harrison A., van Hoek R., *Zarządzanie logistyką*, PWE, Warszawa 2010.
21. Jacyna I., Ambroziak T., *Wybrane aspekty realizacji zadania logistycznego przez przedsiębiorstwo produkcyjne*, „Logistyka” nr 4/2009.
22. Jacyna I., *Rola transportu w realizacji procesów logistycznych przedsiębiorstwa*, Prace nauk. Politechniki Warszawskiej, z. 69, Transport, Warszawa 2009.
23. Jacyna M., *Metoda wielokryterialnej oceny wyboru lokalizacji centrum logistycznego*, [w:] *Transport w logistyce. Łańcuch logistyczny*, Wydawnictwo Uczelniane Akademii Morskiej w Gdyni, Gdynia 2003.
24. Jońca A., *Logistyka Produkcyjna*, Instytut Organizacji Przemysłu Maszynowego, Warszawa 1992.
25. Krawczyk S., *Metody ilościowe w planowaniu działalności przedsiębiorstwa*, C.H. BECK, Warszawa 2001.
26. Krzyżaniak S., *Podstawy zarządzania zapasami w przykładach*, ILiM, Poznań 2002.
27. Lin S., Kernighan B., *An effective heuristic algorithm for the traveling salesman problem*, Oper. Res. 21, pp. 498–516, 1973.
28. Ogryczak B., Ogryczak W., *Optymalizacja tras dostaw z wykorzystaniem mikrokomputera IBM-PC*, „Przegląd statystyczny” nr 1/1988.
29. Paprocki W., Pieriegud J., *Zarządzanie jakością w łańcuchach logistycznym z wykorzystaniem key performance indicators*, [w:] Doroszewicz S. (red.), *Techniczne i ekonomiczne aspekty jakości*, SGH, Kolegium Zarządzania i Finansów, Katedra Transportu, Warszawa 2002.
30. Piasecki B., *Ekonomika i zarządzanie małą firmą*, PWN, Warszawa – Łódź 1998.
31. Rutkowski K., *Logistyka dystrybucji*, Wydawnictwa SGH, Warszawa 2009.
32. Santarek K., *Integration in Manufacturing Systems*, [w:] Koch T., *Lean Business Systems and Beyond*, Springer Verlag 2008.
33. Simon A., Schuster C., *Lot sizing*, Pretinence-Hall Inc., New Jersey, USA 2000.
34. Śliwczyński B., *Planowanie logistyczne*, ILiM, Poznań 2007.
35. Wasiak M., *Metoda wielokryterialnej oceny obsługi logistycznej rejonu w wieloszczeblowym systemie dystrybucji*, Rozprawa doktorska, Politechnika Warszawska Wydział Transportu, Warszawa 2004.
36. Waters D., *Logistics. An Introduction to Supply Chain Management*, Palgrave Macmillan, New York 2003.
37. Witkowski J., *Logistyka w organizacjach sieciowych*, „Gospodarka Materiałowa & Logistyka” nr 7–8/2000.
38. Żak J., *Metoda lokalizacji centrum logistycznego w wybranym obszarze usług transportowych*, rozprawa doktorska, Wydział Transportu PW, 2005.