

Ilona JACYNA¹, Krzysztof SANTAREK²

Politechnika Warszawska, Wydział Inżynierii Produkcji

¹e-mail: ilona.jacyna@gmail.com

²e-mail: krzysztof.santarek@gmail.com

PROJEKTOWANIE SIECI LOGISTYCZNEJ DLA OBSŁUGI PRZEDSIĘBIORSTW PRODUKCYJNYCH

Streszczenie:

Artykuł jest wynikiem badań prowadzonych w ramach projektu badawczego dot. metody kształtowania sieci transportowo-logistycznej w wybranych obszarach transportu. Przedmiotem artykułu jest przedstawienie ogólnego podejścia do projektowania sieci logistycznych dla obsługi przedsiębiorstw produkcyjnych. Obiekty magazynowe stanowią ogniwa pośrednie w dostawie materiałów produkcyjnych. Problemem jest wyznaczenie optymalnej liczby obiektów logistycznych oraz przyporządkowanie do przedsiębiorstw produkcyjnych, w taki sposób, aby koszty obsługi przedsiębiorstw były minimalne. Sformułowano odpowiednie zadanie optymalizacyjne projektowania sieci logistycznej przy minimalizacji kosztów.

Słowa kluczowe: sieć logistyczna, hierarchiczne sieci, przedsiębiorstwo produkcyjne

WPROWADZENIE

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 [2], [3], [5], [8], [10].

Działalność produkcyjna każdego liczącego się na rynku przedsiębiorstwa wymaga efektywnej logistyki. Niskie marże, konsolidacja oraz globalizacja rynku stają się poważnym zagrożeniem dla wielu przedsiębiorstw także na polskim rynku [9]. O przewadze konkurencyjnej coraz częściej decyduje sprawna organizacja dostaw surowców i komponentów do produkcji przy najmniejszych kosztach.

Zmniejszenie kosztów logistycznych poprzez odpowiednie zaprojektowanie zarówno lokalizacji, jak i wielkości obiektów magazynowych w sieci logistycznej, wynika z efektu łączenia ładunków w procesie przepływu [4], [6], [7]. Udział oraz wartość poszczególnych składników w kosztach logistycznych wynika z istniejącego systemu obsługi logistycznej przedsiębiorstwa.

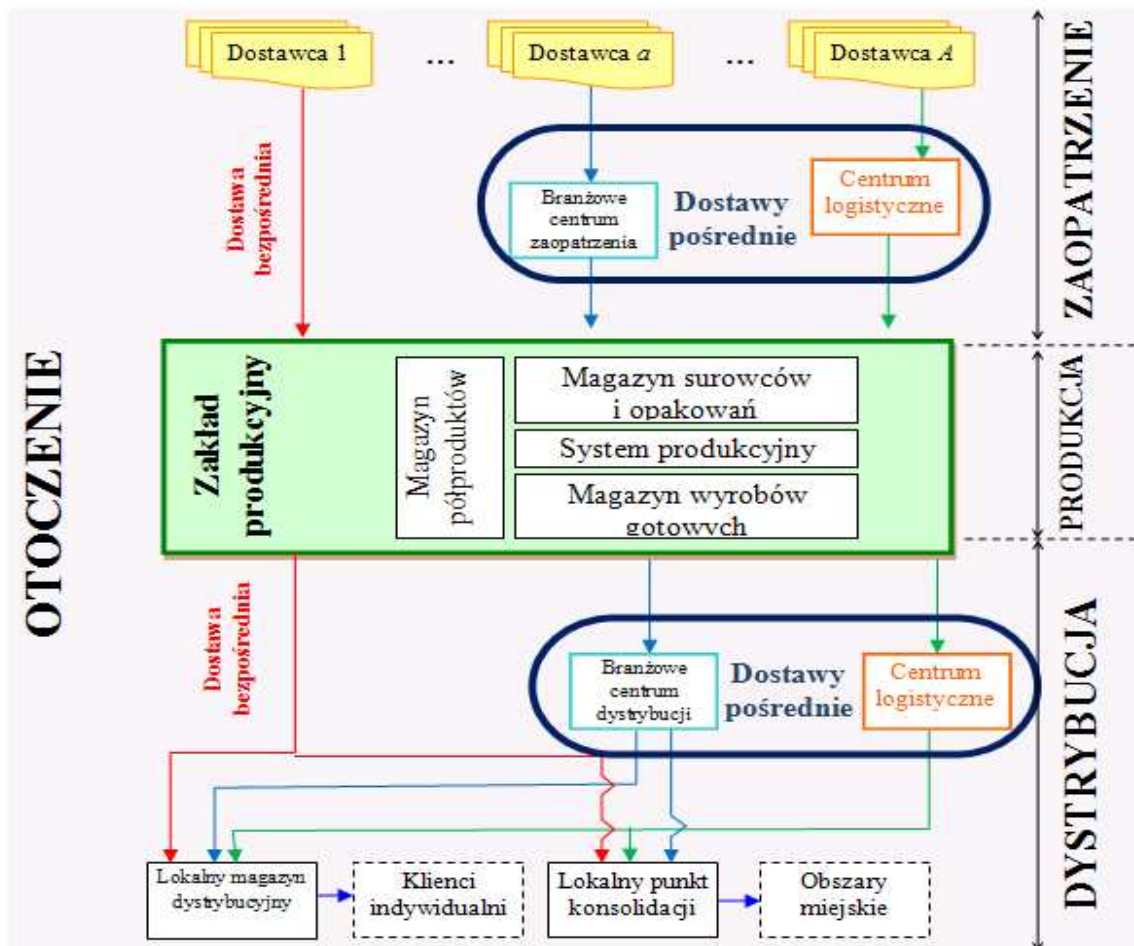
1. PRZEDMIOT BADAŃ

Zarówno dostawa potrzeb materiałowych do zakładu produkcyjnego jak i odbiór wyrobów gotowych z zakładu produkcyjnego może być dokonywana 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 (rys. 1.).



Rys. 1. Otoczenie logistyczne zakładu produkcyjnego

Źródło: opracowanie własne

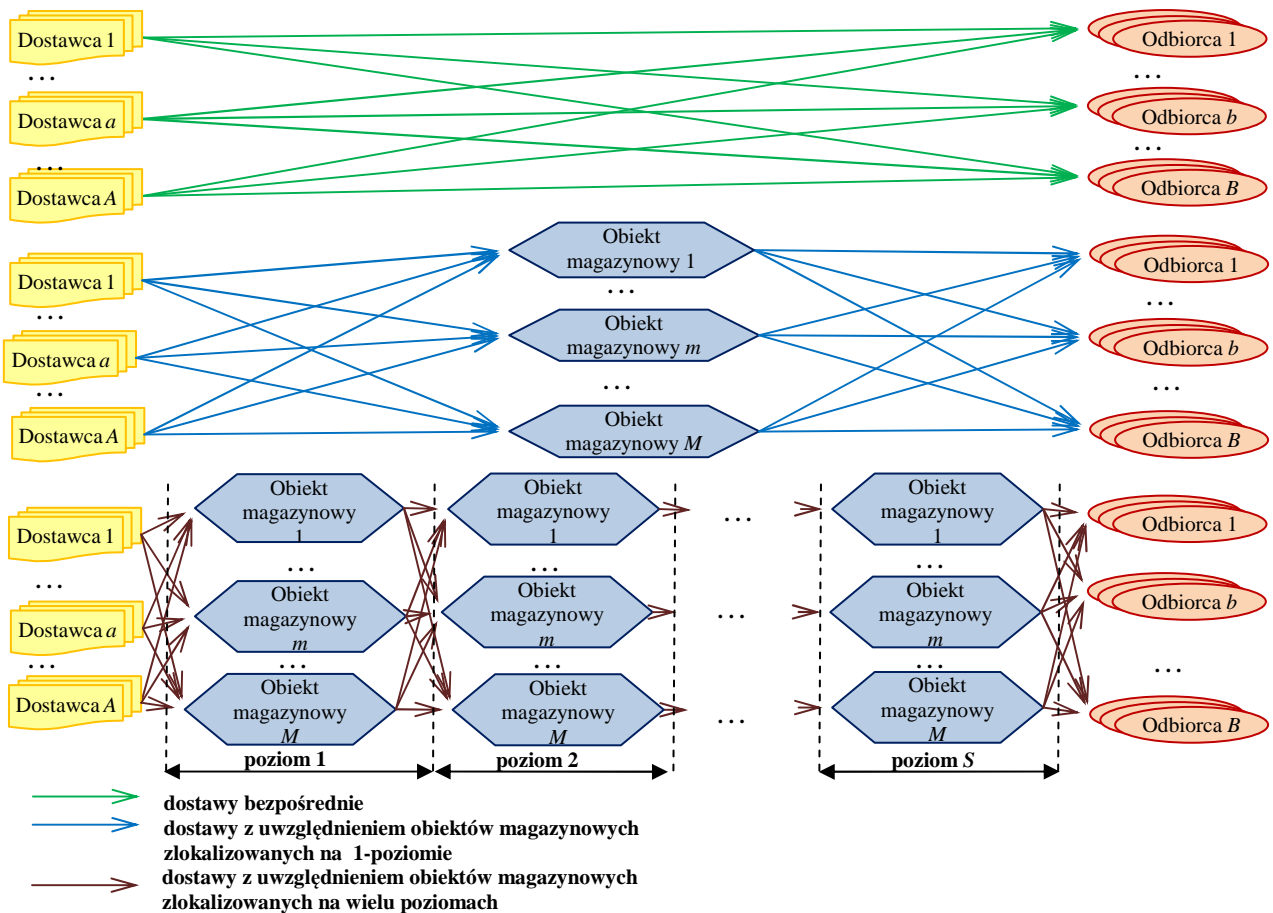
W przypadku obsługi bezpośredniej brak jest podmiotów łączących strumienie przepływu ładunków co generuje wzrost całkowitych kosztów obsługi logistycznej. Istnieje bardzo duża liczba tras wyznaczająca duże zapotrzebowanie na transport, którego ilość przyczynia się do wzrostu kosztów. Przy obsłudze bezpośredniej 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 przyjęcia ładunku. Ponadto duża liczba pojazdów implikuje negatywne zjawisko przeciążenia infrastruktury drogowej oraz wynikające z tego zanieczyszczenie środowiska.

W przypadku obsługi pośredniej każdy z dostawców wysyła towary do centrum zaopatrzenia, następnie centrum zaopatrzenia wysyła towary do producentów. 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 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. 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 umieszczone na wejściu i wyjściu systemu logistycznego danego przedsiębiorstwa. Sprzyja to stabilizacji procesów produkcyjnych, tj. zachowaniu ciągłości tych procesów. Na rys. 2. przedstawiono przykładowe umiejscowienie obiektu magazynowego w sieci logistycznej.



Rys. 2. Struktura sieci logistycznej z uwzględnieniem dostaw bezpośrednich i pośrednich

Źródło: opracowanie własne.

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 (zatrudnienie, 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 tzw. hierarchicznej struktury mamy do czynienia z:
- krótszym czasem reakcji na zapotrzebowanie przedsiębiorstw,
- możliwością konfigurowania usług ze względu na zapotrzebowanie innych przedsiębiorstw,
- niższymi kosztami transportu,
- oraz 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.

2. ISTOTA PROJEKTOWANIA SIECI LOGISTYCZNYCH

Projektowanie sieci logistycznych jest zadaniem bardzo złożonym. Dobry projekt wpływa na lepsze wyniki firmy, pozwala obniżyć koszty oraz zwiększa poziom obsługi klientów poprzez określenie optymalnego powiązania między poszczególnymi węzłami i przepływem towarów. Odpowiednia budowa sieci powiązań umożliwi również zmniejszenie czasów pokonania odległości w sieci.

Właściwe ukształtowanie sieci logistycznej determinuje liczbę obiektów magazynowych w sieci, ich lokalizacje, wielkość, funkcje i zakres przepływu informacji. Decyzja o lokalizacji wiąże się nie tylko z dodatkowymi kosztami, ale również z zapewnieniem odpowiedniej jakości świadczonych usług na rzecz procesu produkcyjnego

Zgodnie z definicją systemu logistycznego zbiór jego elementów stanowią dostawcy materiałów produkcyjnych, obiekty magazynowe oraz analizowane przedsiębiorstwa produkcyjne. W modelu przyjęto, że jedynie obiekty magazynowe stanowią miejsca przekształceń dokonywanych na strumieniach ładunków. Dla potrzeb modelu sieci logistycznej przyjmujemy, że elementy sieci będą ponumerowane indeksem v . Zatem V będzie zbiorem numerów elementów sieci logistycznej postaci:

$$V = \{v: v = 1, 2, \dots, v', \dots, V\}$$

przy czym V jest licznością zbioru V .

Na potrzeby projektowania zakładamy, że w zbiorze V , wyróżniono trzy rodzaje podzbiorów, tj.: zbiór A numerów dostawców, będących źródłami strumieni ładunków (punkty nadania), zbiór B numerów przedsiębiorstw produkcyjnych, będących ujściami strumieni ładunków (punkty odbioru) i zbiór M numerów obiektów magazynowych, w których dokonywane są przekształcenia na strumieniach ładunków.

Geograficznie punkty nadania $v \in A$ oraz punkty odbioru $v \in B$ w szczególnym przypadku mogą się pokrywać, lecz różnią się rolą jaką pełnią w sieci logistycznej, a więc są różne. Zakładamy, że podział węzłów sieci logistycznej na zbiory A , B , M jest wyczerpujący i rozłączny. Ponadto przyjmujemy następujące założenie, co do interpretacji dostawców usług logistycznych, tj.:

- usługi w zakresie transportu ładunku realizowane są z wykorzystaniem łuków (v, v') sieci logistycznej;
- dostawcy w węzłach pośrednich sieci logistycznej $v \in M$ realizują usługi przyjmowania, rozformowania, składowania, formowania i wyprawiania ładunku.

W celu sformułowania odpowiedniego zadania optymalizacyjnego projektowania sieci logistycznej przedsiębiorstw produkcyjnych zakładamy, że mamy zbiór L połączeń transportowych występujących między elementami zbioru V , zbiór H rodzajów materiałów produkcyjnych oraz zbiór T numerów dni roboczych dla ustalonego okresu przewozu zapotrzebowania materiałowego. Sformułowanie zadania optymalizacyjnego będzie miało postać.

Dla danych

$V = \{v: v = 1, 2, \dots, v' \dots, V\}$ – zbioru elementów sieci logistycznej;

$A = \{v: \alpha(v)=0, \text{ dla } v \in V\}$ – zbioru numerów punktów nadania strumieni ładunków;

$M = \{v: \alpha(v)=1, \text{ dla } v \in V\}$ – zbioru numerów punktów, w których dokonywane są przekształcenia strumieni ładunków;

$B = \{v: \alpha(v)=2, \text{ dla } v \in V\}$ – zbioru numerów przedsiębiorstw produkcyjnych,

$H = \{h: h=1, 2, \dots, H\}$ – zbioru numerów rodzajów materiałów produkcyjnych;

$T = \{t: t=1, 2, \dots, T\}$ – zbioru numerów dni roboczych dla ustalonego okresu przewozu zapotrzebowania materiałowego;

L – zbioru połączeń transportowych występujących między elementami V ;

$L^{A,M} = \{(v, v'): \phi(v, v')=1, \text{ dla } v \in A, v' \in M\}$ – zbioru połączeń między punktami nadania strumieni ładunków, a punktami, w których dokonywane są przekształcenia na strumieniach ładunków – obiektami magazynowymi;

$L^{A,B} = \{(v, v'): \phi(v, v')=1, \text{ dla } v \in A, v' \in B\}$ – zbioru połączeń między punktami nadania strumieni ładunków, a punktami a punktami odbioru strumieni ładunków;

$L^{M,M} = \{(v, v'): \phi(v, v')=1, \text{ dla } v \in M, v' \in M\}$ – zbioru połączeń pomiędzy różnymi punktami, w których dokonywane są przekształcenia na strumieniach ładunków;

$L^{M,B} = \{(v, v'): \phi(v, v')=1, \text{ dla } v \in M, v' \in B\}$ – zbioru połączeń między punktami, w których dokonywane są przekształcenia na strumieniach ładunków, a punktami odbioru strumieni ładunków,

oraz następujących parametrów:

- $d1_{v,v'}$ – o interpretacji odległości od v -tego dostawcy do v' -tego obiektu magazynowego;
- $d2_{v,v'}$ – o interpretacji odległości od v -tego dostawcy do v' -tego przedsiębiorstwa produkcyjnego;
- $d3_{v,v'}$ – o interpretacji odległości od v -tego obiektu magazynowego do v' -tego obiektu magazynowego.
- $d4_{v,v'}$ – o interpretacji odległości od v -tego obiektu magazynowego do v' -tego przedsiębiorstwa produkcyjnego;
- μ_v^h – o interpretacji kosztu związanego z przejściem ładunku h -tego rodzaju przez v -ty obiekt magazynowy;

- ω_v^h – o interpretacji wielkości maksymalnych zdolności ładunkowych materiału produkcyjnego h -tego rodzaju w v -tym obiekcie magazynowym;
- N^h – o interpretacji normatywu zapasu materiału produkcyjnego h -tego rodzaju liczonego w dniach;
- C_v – o interpretacji jednostkowego kosztu uruchomienia v -tego obiektu magazynowego;
- kd – o interpretacji jednostkowego kosztu transportu jednostki ładunku na jednostkę odległości;
- k_v – o interpretacji kosztu funkcjonowania v -tego obiektu magazynowego niezależnego od wielkości przemieszczanego przez obiekt ładunku;
- θ_v^h – o interpretacji pojemności v -tego obiektu magazynowego w jednostkach materiału produkcyjnego h -tego rodzaju;
- ζ_v^h – o interpretacji minimalnej liczby składowanych ładunków h -tego rodzaju, dla których warto uruchomić v -ty obiekt magazynowy;
- $q1_v^h$ – o interpretacji maksymalnej wielkości podaży ładunku h -tego rodzaju od v -tego dostawcy.
- $q2_v^{ht}$ – o interpretacji wielkości popytu na towar h -tego rodzaju od v -tego przedsiębiorstwa produkcyjnego w t -tym dniu.
- $t2_v^h$ – o interpretację czasu potrzebnego na czynności wyładunkowe i naładunkowe na jednostkę ładunku materiału produkcyjnego h -tego rodzaju w v -tym obiekcie magazynowym.
- $T2_v^h$ – o interpretację czasu w jakim materiał h -tego rodzaju powinien zostać dostarczony do v -tego odbiorcy.

Wyznaczyć zmienne decyzyjne o interpretacji:

- wielkości przewozu ładunków h -tego rodzaju w t -tym dniu pomiędzy dostawcą v oraz obiektem magazynowym v' :

$$\mathbf{X1} = [x1_{v,v'}^{ht} : x1_{v,v'}^{ht} \in \mathbf{R}^+ \cup \{0\}, h \in \mathbf{H}, t \in \mathbf{T}, v \in \mathbf{A}, v' \in \mathbf{M}]$$

- wielkości przewozu ładunków h -tego rodzaju w t -tym dniu pomiędzy dostawcą v oraz przedsiębiorstwem produkcyjnym v' :

$$\mathbf{X2} = [x2_{v,v'}^{ht} : x2_{v,v'}^{ht} \in \mathbf{R}^+ \cup \{0\}, h \in \mathbf{H}, t \in \mathbf{T}, v \in \mathbf{A}, v' \in \mathbf{B}]$$

- wielkości przewozu ładunków h -tego rodzaju w t -tym dniu pomiędzy obiektem magazynowym v oraz obiektem magazynowym v' :

$$\mathbf{X3} = [x3_{v,v'}^{ht} : x3_{v,v'}^{ht} \in \mathbf{R}^+ \cup \{0\}, h \in \mathbf{H}, t \in \mathbf{T}, v \neq v', v' \in \mathbf{M}]$$

- wielkości przewozu ładunków h -tego rodzaju w t -tym dniu pomiędzy obiektem magazynowym v oraz przedsiębiorstwem produkcyjnym v' :

$$\mathbf{X4} = [x4_{v,v'}^{ht} : x4_{v,v'}^{ht} \in \mathbf{R}^+ \cup \{0\}, h \in \mathbf{H}, t \in \mathbf{T}, v \in \mathbf{M}, v' \in \mathbf{B}]$$

aby spełnione były ograniczenia:

- na nieujemność wielkości przewożonych towarów:

- $\forall h \in H \quad \forall t \in T \quad \forall (v, v') \in L^{A,B} \quad x1_{v,v'}^{h,t} \geq 0$
- $\forall h \in H \quad \forall t \in T \quad \forall (v, v') \in L^{A,M} \quad x2_{v,v'}^{h,t} \geq 0$
- $\forall h \in H \quad \forall t \in T \quad \forall (v, v') \in L^{M,M} \quad x3_{v,v'}^{h,t} \geq 0$
- $\forall h \in H \quad \forall t \in T \quad \forall (v, v') \in L^{M,B} \quad x4_{v,v'}^{h,t} \geq 0$

– na zaspokojenie popytu na ładunki h -tego rodzaju w przedsiębiorstwie produkcyjnym o numerze v' w dniu o numerze t :

$$\forall h \in H \quad \forall t \in T \quad \forall v' \in B \quad \sum_{v \in A: \phi(v,v')=1} x2_{v,v'}^{h,t} + \sum_{v \in M: v \neq v' \wedge \phi(v,v')=1} x4_{v,v'}^{h,t} = q2_{v'}^{h,t}$$

– na nieprzekroczenie możliwości podaży ładunków h -tego rodzaju u dostawcy o numerze v :

$$\forall h \in H \quad \forall t \in T \quad \forall v \in A \quad \sum_{v' \in M: v \neq v' \wedge \phi(v,v')=1} x1_{v,v'}^{h,t} + \sum_{v' \in B: \phi(v,v')=1} x2_{v,v'}^{h,t} \leq q1_v^h$$

– na nieprzekroczenie maksymalnych zdolności przerobowych w obiekcie magazynowym o numerze v' :

$$\forall h \in H \quad \forall t \in T \quad \forall v' \in M \quad \sum_{v \in A: \phi(v,v')=1} x1_{v,v'}^{h,t} + \sum_{v \in M: v \neq v' \wedge \phi(v,v')=1} x3_{v,v'}^{h,t} \leq \omega_{v'}^h$$

– na opłacalność uruchomienia obiektu magazynowego o numerze v' :

$$\forall h \in H \quad \forall t \in T \quad \forall v' \in M \quad \sum_{v \in A: \phi(v,v')=1} x1_{v,v'}^{h,t} + \sum_{v \in M: v \neq v' \wedge \phi(v,v')=1} x3_{v,v'}^{h,t} \geq \zeta_{v'}^h$$

– na nieprzekroczenie wielkości maksymalnych pojemności w obiekcie magazynowym o numerze v' :

$$\forall t \in T \quad \forall v' \in M \quad \sum_{h \in H} \left(\sum_{v \in A: \phi(v,v')=1} x1_{v,v'}^{h,t} + \sum_{v \in M: v \neq v' \wedge \phi(v,v')=1} x3_{v,v'}^{h,t} \right) \leq \theta_{v'}$$

– ze względu na zbilansowanie przyływów w obiekcie magazynowym o numerze v' :

$$\forall h \in H \quad \forall v' \in M$$

$$\sum_{t \in T} \left(\sum_{v \in A: \phi(v,v')=1} x1_{v,v'}^{h,t} + \sum_{v \in M: v \neq v' \wedge \phi(v,v')=1} x3_{v,v'}^{h,t} - \sum_{v'' \in M: v' \neq v'' \wedge \phi(v',v'')=1} x3_{v',v''}^{h,t} - \sum_{v'' \in B: \phi(v',v'')=1} x4_{v',v''}^{h,t} \right) = 0$$

– ze względu na czas dostawy realizacji dostaw materiałów. Od złożenia zamówienia na materiały produkcyjne u danego dostawcy do czasu wprowadzenia ich na magazyn przyprodukcyjny 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 struktury sieci dostaw (dostawa bezpośrednia lub z wykorzystaniem pośrednich obiektów magazynowych; V_{SR} – średnia prędkość przemieszczania):

$$\forall h \in H \quad \forall v'' \in B \quad \sum_{t \in T} \left(\sum_{(v, v') \in L^{A, M}} \frac{x1_{v, v'}^{h, t} \cdot d1_{v, v'}}{V_{SR}} + \sum_{(v, v'') \in L^{A, B}} \frac{x2_{v, v''}^{h, t} \cdot d2_{v, v''}}{V_{SR}} + \sum_{(v, v') \in L^{M, M}} \frac{x3_{v, v'}^{h, t} \cdot d3_{v, v'}}{V_{SR}} + \sum_{(v, v'') \in L^{M, B}} \frac{x4_{v, v''}^{h, t} \cdot d4_{v, v''}}{V_{SR}} \right) + \sum_{v' \in M: \phi(v, v')=1} \left(t2_{v'}^h \cdot \left(\sum_{h \in H} \sum_{v \in A: \phi(v, v')=1} x1_{v, v'}^{h, t} + \sum_{h \in H} \sum_{v \in M: \phi(v, v')=1} x3_{v, v'}^{h, t} \right) \right) \leq T2_{v''}^h$$

i funkcja kryterium postaci:

$$\min_{(v, v') \in L} \left(\min_X (F(X1, X2, X3, X4)) \right) = \min_{(v, v') \in L} \left(\min_X \left(kd \cdot \sum_{t \in T} \sum_{h \in H} \left(\sum_{(v, v') \in L^{A, M}} x1_{v, v'}^{h, t} \cdot d1_{v, v'} + \sum_{(v, v'') \in L^{A, B}} x2_{v, v''}^{h, t} \cdot d2_{v, v''} + \sum_{(v, v') \in L^{M, M}} x3_{v, v'}^{h, t} \cdot d3_{v, v'} + \sum_{(v, v'') \in L^{M, B}} x4_{v, v''}^{h, t} \cdot d4_{v, v''} \right) + \sum_{v' \in M} (C_{v'} + k_{v'}) \cdot \text{sgn} \left(\sum_{h \in H} \sum_{v \in A: \phi(v, v')=1} x1_{v, v'}^{h, t} + \sum_{h \in H} \sum_{v \in M: \phi(v, v')=1} x3_{v, v'}^{h, t} \right) + \sum_{v' \in M} \mu_{v'} \cdot \left(\sum_{h \in H} \sum_{v \in A: \phi(v, v')=1} x1_{v, v'}^{h, t} + \sum_{h \in H} \sum_{v \in M: \phi(v, v')=1} x3_{v, v'}^{h, t} \right) \right) \right)$$

przyjmowała wartość minimalną.

3. PODSUMOWANIE

W procesie projektowania sieci logistycznej istotnym aspektem, z punktu widzenia przedsiębiorstw produkcyjnych, jest organizacja przepływu materiałów oraz sposób dysponowania nimi. Powoduje to wydatkowanie coraz większych środków finansowych na rozwiązania projektowe sieci logistycznej zarówno w sferze zaopatrzenia, jak i w sferze dystrybucji.

Warunkiem użytkowej oraz ekonomicznej efektywności projektu sieci logistycznej jest zapewnienie integracji obiektów magazynowych projektowanej sieci z pracą przedsiębiorstw. Bowiernie obiekty te pełnią funkcje buforowe dla surowców, półfabrykatów, opakowań i wyrobów gotowych, zapewniając tym samym właściwe warunki realizacji procesów przetwarzania.

Obiekty magazynowe nie stanowią czynnika biernego w procesie produkcji i dystrybucji. Stąd projektowanie obiektów magazynowych w sieci logistycznej nie może być prowadzone w oderwaniu od planu przepływu materiałów.

Adknowledge: "Praca naukowa finansowana ze środków budżetowych na naukę w latach 2010-2012 jako projekt badawczy". Projekt N N509 601839 pt. Metodyka kształtowania sieci transportowo-logistycznej w wybranych obszarach.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Aronson J. E., A survey of dynamic network flows, Ann. Oper. Res., 20, pp. 1-66, 1989.
- [2] Bertsekas D. P., Linear Network Optimization, MIT Press, Cambridge, MA, 1991.
- [3] Blanchini F., Rinaldi F., Ukovich W.: A network design problem for a distribution system with uncertain demands. J. Optim. Theory Appl., 78 (1993), pp. 523-539.
- [4] Bostel N, Dejax P., Lu Z.: The Design, Planning, and Optimization of Reverse Logistics Networks. Logistics Systems: Design and Optimization, p.171, Springer US, 2005.

- [5] Bowersox D.J., Cross D.J., Cooper M.B.: Supply Chain Management, Mc Graw-Hill, New York 2002.
- [6] Jacyna I., Ambroziak T.: Wybrane aspekty realizacji zadania logistycznego przez przedsiębiorstwo produkcyjne. LOGISTYKA 4/2009.
- [7] Jacyna I.: Rola transportu w realizacji procesów logistycznych przedsiębiorstwa. Prace nauk. Politechniki Warszawskiej, z. 69, Transport, Warszawa 2009.
- [8] Magnanti T. L., Wong R. T.: Network design and transportation planning: Models and algorithms, Transportation Sci., 18, pp. 1-55, 1984.
- [9] Santarek K., Kosieradzka A., Rafalski R.: Struktury sieciowe przedsiębiorstw. OWPW, Warszawa 2006.
- [10] Santarek K., Szerenos A.: Metody badań struktur sieciowych. Ekonomika i Organizacja Przedsiębiorstwa, nr 1, Warszawa 2007.
- [11] Santarek K.: Integration in Manufacturing Systems. [w:] Koch T.: Lean Business Systems and Beyond. Springer Verlag 2008.

IDENTIFICATION OF DISRUPTIONS IN MATERIAL FLOWS

Abstract:

The article is the result of research conducted within the development project concerning the logistics system of Poland model in terms of transport modality. The subject of the article is to present a general approach for designing logistics networks to support manufacturing companies. Logistics networks are intermediate links in the distribution of goods. The problem is to determine the optimum number of logistics facilities and the assignment of the manufacturing companies, in such a way that operating costs of set of companies were minimal, yet were satisfied with one hand, the requirements of manufacturing companies, while on the other technical and economic capabilities of suppliers of goods.

Key words: logistics network, hierarchical network, production company