

MARIANNA JACYNA

Politechnika Warszawska

IDEA TWORZENIA CENTRÓW LOGISTYCZNYCH W POLSCE ZE SZCZEGÓLNYM UWZGLĘDNIENIEM WOJ. MAZOWIECKIEGO

Abstract: The Idea of Creation Logistics Centres in Poland on the Example of Mazovia Voivodship. The paper presents an approach to multicriteria evaluation for determining locations of logistics centres taking into account different points of view.

Unlike other methods for the optimum allocation of logistics centres which are currently in use, the presented one considers multiple criteria for evaluating the efficiency of the solutions.

The paper includes a description of the model of the multi-tiered distribution system. Then, the applicable evaluation criteria are discussed. The essence of the method consists in using the domination relation, defined by importance consistency indices and evaluation inconsistency indices, in order to determine the best solution, providing all pre-defined technical and technological transport system restrictions are taken into account. Finally, a computational example taking into account existing warehouses infrastructure are presented.

Wprowadzenie

Według Europejskiego Związku Centrów Logistycznych (Europlatforms), *centrum logistyczne* to „wyznaczony obszar, w obrębie którego wszystkie czynności związane z transportem, logistyką i dystrybucją dóbr, w ramach przewozów w relacjach zarówno krajowych, jak i międzynarodowych, wykonywane są przez różnych operatorów. Operatorzy ci mogą być właścicielami zbudowanych i znajdujących się w centrum: budynków, biur, magazynów, placów składowych, parkingów, urzędzeń itp., lub korzystać z nich na zasadach dzierżawy lub wynajmu” [2].

Podkreśla się również, że „w celu zachowania zasad wolnej konkurencji centrum musi zapewniać dostęp do wszystkich przedsiębiorstw zaangażowanych w opisane wyżej rodzaje działalności. Centrum logistyczne musi być wyposażone w ogólnodostępne urządzenia i udogodnienia pozwalające na świad-

czenie usług. W miarę możliwości powinno także zapewniać usługi publiczne dla personelu oraz sprzętu użytkowników” [2].

Ponadto, co jest bardzo istotne z punktu widzenia kosztów społecznych, centrum logistyczne, „w celu wspieraniu rozwoju technologii intermodalnych w przemieszczaniu ładunków powinno być obsługiwane przez różne gałęzie transportu, tj. transport drogowy, kolejowy, morski, żeglugę śródlądową, lotniczy. Wymaga się również, aby centrum było prowadzone przez jeden specjalnie powołany do tego podmiot ze sfery publicznej bądź prywatnej” [2].

Biorąc pod uwagę powyższe, *centrum logistyczne* można więc definiować jako samodzielny podmiot gospodarczy, który jest zlokalizowany w pobliżu dużych ośrodków gospodarczo-przemysłowych, mający dostęp do dróg co najmniej dwu różnych gałęzi transportu, dysponujący: wydzielonym terenem powiązany z otoczeniem komunikacyjnym (głównie siecią dróg), infrastrukturą, (drogi, place, parkingi, budowle inżynierskie i budynki), wyposażeniem, personelem i organizacją, świadczący usługi logistyczne w ramach doraźnych zleceń lub ciągłych umów z firmami zewnętrznymi [3,4]. Polska, nie mając, na dzień dzisiejszy, centrów logistycznych współtworzących globalny system logistyczny Europy, stoi przed problemem wyboru rozwiązań organizacyjno-lokalizacyjnych, które sprawdzą się, a własnymi potrzebami.

Planując organizację centrów logistycznych w Polsce, należy pamiętać, że powinny być projektowane z myślą o tworzeniu europejskiej sieci usług multimodalnych oferowanych przez jednego uniwersalnego operatora. Oczywiście nie należy zapominać o rozwoju centrów organizowanych i obsługiwanych przez operatorów gałęziowych (np. duże firmy samochodowo-spedycyjne) [2].

Z różnych analiz nad lokalizacją centrów logistycznych [2,3,4,6,10] wynika, że powinny one powstawać w pierwszej kolejności w regionach generujących potencjalnie duże potoki ładunków w ruchu krajowym i międzynarodowym. Jednocześnie ich rozmieszczenie powinno być spójne ze strategicznymi, w tym zakresie, projektami Unii Europejskiej i państw Europy Wschodniej, a szczególnie z projektami połączeń w ramach Trans-Europejskiej Sieci Transportu Kombinowanego i sieci korytarzy transportowych. [1,2].

Organizacja centrów logistycznych powinna być tak zaprojektowana, aby mogła spełniać wymagania klientów, ale i możliwości techniczno-ekonomiczne dostawców usług logistycznych. Należy zatem uwzględnić wiele kryteriów cząstkowych, takich jak: łatwość dostępu do sieci transportowej (autostrad, linii kolejowych dostosowanych do transportu kombinowanego, szlaków wodnych i lotnisk), spełnienie warunków technicznych i przestrzennych, jak również (może jedno z najważniejszych kryteriów) wielkość zapotrzebowania na usługi logistyczne (popyt oraz podaż), [4,10].

1. Organizacja centrów logistycznych w wieloszczeblowym systemie dystrybucji

O ostatecznej lokalizacji CL decydują nie tylko dogodne warunki techniczne oraz przestrzenne, ale również, a może przede wszystkim miejsca występowania dużego natężenia skomplikowanych prac transportowo-magazynowych, będących efektem silnej aktywności produkcyjnej i handlowej regionu. Wielkość i struktura centrum logistycznego musi natomiast być dostosowana do konkretnych zadań logistycznych będących funkcją liczby i charakteru potrzeb klientów działających na danym obszarze. Z tego można wnioskować, że centra logistyczne mogą mieć różny zakres przekształceń strumieni ładunków, który bezpośrednio wynika z zadań logistycznych występujących na danym obszarze. Zasadne jest więc, aby ich struktura funkcjonalna była rozbudowana w różnym stopniu.

Ze względu na swoje funkcje centrum logistyczne odgrywa różną rolę w przemieszczaniu jednostek ładunkowych między nadawcami i odbiorcami. Klasyfikacja centrów wiąże się natomiast, z poziomem hierarchii danego centrum w strukturze hierarchicznej sieci logistycznej. W strukturze hierarchicznego systemu dystrybucji można wyróżnić:

- lokalne centra logistyczne (zadanie: obsługa klientów);
- regionalne centra logistyczne (zadanie: obsługa lokalnych centrów logistycznych oraz klientów w rejonie ciężenia do tych centrów);
- międzynarodowe centra logistyczne (zadanie: obsługa centrów logistycznych niższych szczebli oraz klientów w rejonie ciężenia do tych szczebli).

Schematycznie można to przedstawić, jak na ryc. 1.

Wykorzystując teorię grafów [5,7,8], zakładamy, że struktura sieci logistycznej badanego obszaru w ujęciu modelowym będzie przedstawiona w postaci grafu G , tj.:

$$G = (WC, LC)$$

gdzie:

WC – jest zbiorem wierzchołków grafu,

LC – jest zbiorem krawędzi grafu.

Przyjmujemy, że zbiór WC jest sumą zbiorów WM , WR , WL , WK , tj.

$$WC = WM \cup WR \cup WL \cup WK$$

gdzie:

WM – jest zbiorem numerów międzynarodowych centrów logistycznych,

WR – jest zbiorem numerów regionalnych centrów logistycznych,

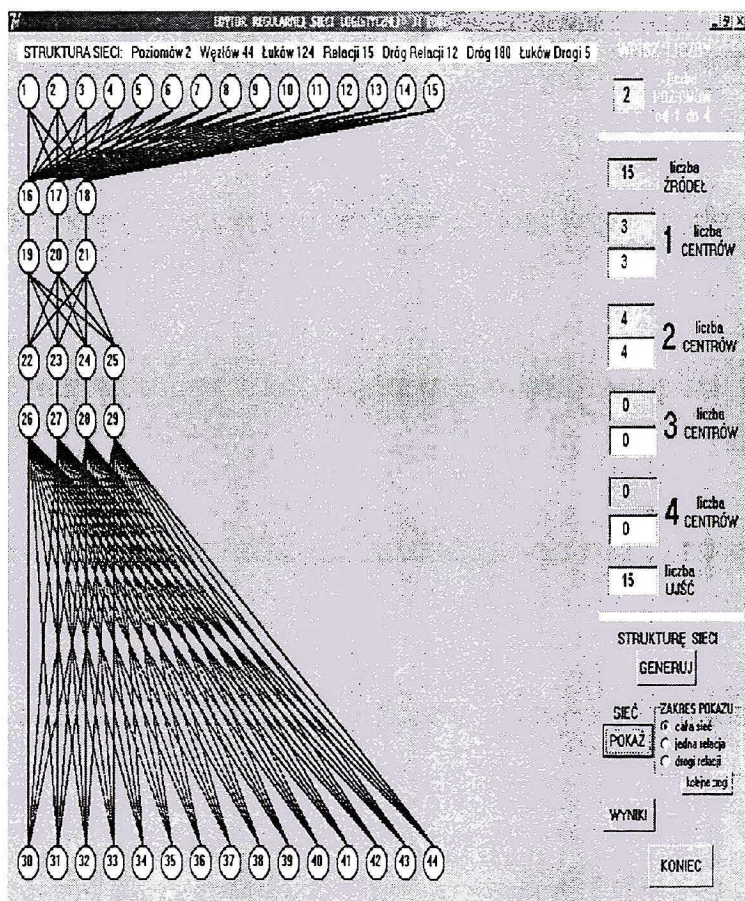
WL – jest zbiorem numerów lokalnych centrów logistycznych,

WK – jest zbiorem numerów klientów

Oczywiście, zachodzi warunek:

$$WM \cap WRWLWK = \emptyset.$$

Na potrzeby badań w zakresie organizacji centrów logistycznych niezbędne jest, aby elementy struktury WC oraz powiązania między nimi LC , miały przyporządkowane zbiory funkcji o ustalonej interpretacji. Pozwoli to na formalny zapis występujących w modelu ograniczeń, jak również kryteriów oceny powiązań między elementami tak zdefiniowanego systemu.



Ryc.1. Schemat przemieszczania ładunku w sieci logistycznej [7]

Niech F_{WC} oznacza zbiór funkcji określonych dla potencjalnych miejsc lokalizacji centrów logistycznych oraz F_{WL} oznacza zbiór funkcji określonych dla potencjalnych połączeń transportowych między klientami a potencjalnymi miejscami lokalizacji centrów logistycznych.

W związku z tym zbiór funkcji FC określony na elementach struktury tego systemu będzie zbiorem postaci:

$$FC = F_{WC} \cup F_{WL}$$

Z punktu widzenia określenia organizacji centrów logistycznych na danym obszarze niezwykle istotnym problemem jest właściwe odwzorowanie zapotrzebowania na usługę logistyczną w postaci zadania logistycznego dla danego systemu logistycznego.

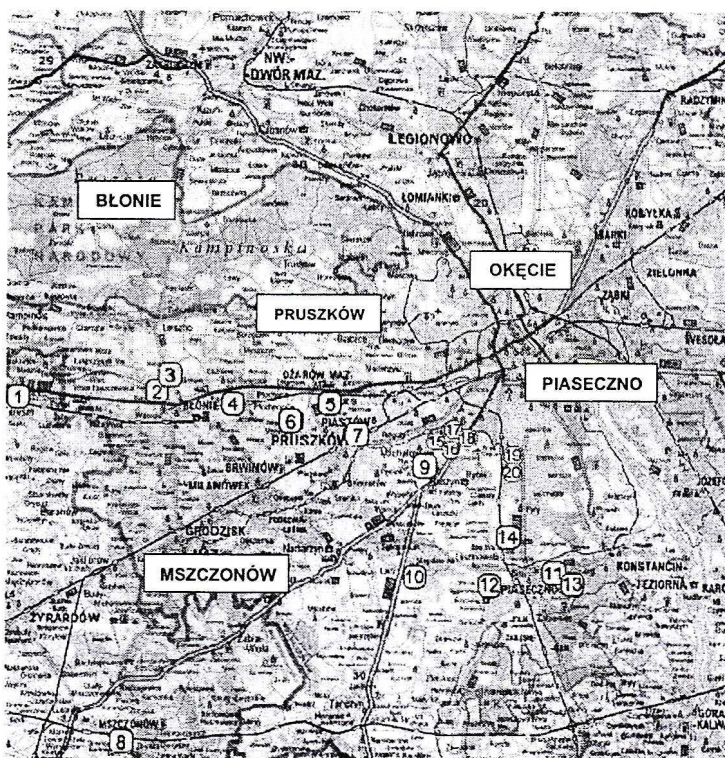
2. Wybrane aspekty organizacji centrów logistycznych w woj. mazowieckim

Województwo mazowieckie z aglomeracją warszawską jest głównym ośrodkiem natężenia ładunków drobnicowych do najważniejszych krajowych i zagranicznych nadawców oraz odbiorców. Ponadto, region mazowiecki ma dostęp do sieci dróg krajowych, zapewniających przewozy zarówno krajowe, jak i międzynarodowe transportem kolejowym i samochodowym. Jak wynika z różnych badań w zakresie lokalizacji centrów logistycznych, do cech wyróżniających ten region spośród pozostałych województw Polski należy zaliczyć przede wszystkim [2, 10]:

- wysoki udział obrotów międzynarodowych, zwłaszcza towarami drobnicowymi o dużej wartości dodanej;
- wysoki wskaźnik gęstości dróg zapewniający dogodny dostęp do sieci komunikacyjnej, zwłaszcza dróg międzynarodowych;
- wysoki wskaźnik tendencji rozwojowych regionu, ze szczególnym uwzględnieniem dziedzin gospodarczych rzutujących na wielkość zadań przewozowych, w tym także logistycznych;
- wysoki wskaźnik eksportu, a zwłaszcza importu w porównaniu do innych województw.

Budowa centrum logistycznego jest procesem kapitałochłonnym, dlatego istotnym problemem jest pozyskanie inwestorów. Niewątpliwie problem ten po części można rozwiązać uwzględniając istniejące obiekty magazynowe na danym obszarze. W prezentowanym opracowaniu dokonano analizy możliwości lokalizacji centrum logistycznego w woj. mazowieckim w jednym z istniejących obiektów magazynowych.

W okolicach Warszawy można wyróżnić ok. dwudziestu dużych obiektów magazynowych. Ze względu na bliskie odległości między niektórymi z obiektów magazynowych możemy je pogrupować w kilka okręgów, reprezentujących przyszłe centrum logistyczne mające powstać w wybranym regionie. Zakładamy, że nowo powstałe centrum logistyczne przejmie większość z dotychczasowych klientów, którzy obecnie są obsługiwani przez obiekty magazynowe z danego regionu. W ten sposób można wyróżnić regiony: Błonie, Pruszków, Piaseczno, Okęcie oraz Mszczonów (ryc. 2). Powierzchnia terenu, na którym zbudowano poszczególne obiekty, wynosi od kilku do kilkudziesięciu hektarów. Zagęszczenie obiektów magazynowych jest widoczne na południowy zachód od Warszawy, a największa ich koncentracja nastąpiła w Mszczonowie i Błoniu.



Ryc.2. Obiekty magazynowe w rejonie Warszawy z podziałem na obszary centrów logistycznych

Źródło: Opracowano na podst.[2].

Tabela 1

Zestawienie ważniejszych obiektów magazynowych ze specyfikacją istotnych parametrów (opracowanie na podstawie [2])

Nr	Nazwa i miejscowość	Przeznaczenie	Pow. terenu (ha)	Liczba budynków		Pojemność				Możliwość dalszej rozbudow	Odległość od centrum Wa-wy (km)	Dostęp do infrastr. kolej. (km)
				zrealiz.	docel.	kubatura (m ³)		miejsc paletowych (j.i.p)				
						zrealiz.	docel.	zrealiz.	docel.			
1	ProLogis Park-Teresin	wynajem		2	4	520 000	1 000 000	75 000	150 000	tak	44	jest
2	Metropol Park-Błonie	wynajem	21	1	6	150 000	377 000	21 500	54 000	tak	31	1,0
3	Alliance Logistic Center	wynajem	55	6	15	743 000	1 800 000	105 000	255 000	tak	32	1,5
4	ProLogis Park-Błonie	wynajem	11	2	3	350 000	520 000	50 000	75 000	tak	28	0,5
	Błonie (razem)		>87	11	28	1 763 000	3 697 000	251 500	534 000			
5	Ożarów Bussiness Center	wynajem		4	4	320 000	320 000	45 500	45 500	nie	17	0,5
6	Pruszkowskie Centrum Dystr.	sprzedaż, wynajem, leasing	12	4	6	235 000	610 000	33 500	87 000	tak	19	1,2
7	Millennium Logistic Park Pruszków	wynajem	43	7	20	380 000	1 120 000	54 000	160 000	tak	14	0,5
	Pruszków (razem)		>55	11	26	615 000	1 730 000	87 500	247 000			
8	Europa Park-Mszczonów	wynajem	132	7	19	405 000	1 260 000	58 000	180 000	tak	51	jest
8'	FM Logistic-Mszczonów	wynajem	78	6	16	840 000	1 540 000	120 000	220 000	tak	51	jest
	Mszczonów (razem)		210	13	35	1 245 000	2 800 000	178 000	400 000			
10	Centrum Biznesu Stolica-Lazy	wynajem	3	2	3	110 000	250 000	15 000	35 000	tak	20	5,0
11	Metropol Park Piaseczno	wynajem	21	2	2	15 000	15 000	2 000	2 000	nie	18	2,0
12	Diamond Business Park Piaseczno	wynajem, sprzedaż	12	1	3	155 000	410 000	22 000	58 000	tak	18	1,0
14	Olmar Piaseczno	wynajem	5,5	2	2	16 500	16 500	2 400	2 400	nie	16	0,5
	Piaseczno (razem)		41,5	7	10	296 500	691 500	41 400	97 400			

Na potrzeby badań lokalizacji centrum logistycznego w jednym z wyróżnionych obiektów magazynowych dokonano analizy porównawczej poszczególnych obiektów, ze względu na takie parametry, jak:

- powierzchnia terenu,
- liczba budynków,
- pojemność (kubatura w m³ oraz liczba miejsc paletowych),
- możliwość dalszej rozbudowy,
- odległość od centrum Warszawy w km,
- dostęp do infrastruktury kolejowej, z uwzględnieniem odległości do najbliższych torów kolejowych w km.

Zestawienie wyróżnionych parametrów dla poszczególnych obiektów przedstawiono w tabeli 1.

Lokalizacja, wyposażenie, możliwości i warunki obsługi centrów logistycznych stanowią istotne elementy oferty operatorów logistycznych [6]. Analizując centra logistyczne w krajach Europy Zachodniej należy stwierdzić, że mają one, oprócz infrastruktury podstawowej, własne laboratoria, restauracje, banki, pocztę, itp. Ponadto, co jest bardzo istotne, obsługę transportu kombinowanego. Wynika to z tego, że w obszarze centrum funkcjonuje wiele podmiotów gospodarczych, zdolnych do świadczenia kompleksowych usług dystrybucyjnych i logistycznych oraz świadczenia usług dopełniających usługi podstawowe. Należy więc sądzić, że również w Polsce nowo budowane kompleksy

Tabela 2

Zestawienie zachodnich CL z wybranymi CL w Polsce

Wyszczególnienie	Cargo Center Graz	Quadrante Europa w Weronie	Europa Distribution Center Mszczonów	Alliance Logistic Center Błonie	Millenium Logistic Park Pruszków
1	2	3	4	5	6
Pow. terenu (ha)	50	250	132	55	43
Pow. magazynów (m ²)	63 000	190 000	56 000	43 500	35 000
Znaczenie CL	europejskie	europejskie	regionalne	regionalne	regionalne
Najemcy	operatorzy logistyczni	operatorzy logistyczni	zróźnicowani	zróźnicowani	zróźnicowani
Transport samochodowy	dostępny	dostępny	dostępny	dostępny	dostępny
Transport kolejowy	dostępny	dostępny	dostępny	brak	dostępny
Terminal kontenerowy	jest	jest	brak	brak	brak
Stacja paliw	jest	jest	jest	bd	bd
Agencja celna	jest	jest	jest	brak	jest
Dworzec kolejowy	jest	jest	brak	brak	brak
Hotele	są	są	są	bd	bd
Gastronomia	jest	jest	brak	brak	brak
Centrum serwisowe	jest	jest	brak	bd	bd

Źródło: Opracowanie własne.

magazynowe będą musiały dorównać w tym względzie zachodnim wzorcom. Ponadto, najemcami są przeważnie operatorzy logistyczni świadczący kompleksową usługę logistyczną.

Na przykład analizując najemców Cargo Center Graz w Austrii można zauważyć, że są to wyłącznie tzw. operatorzy logistyczni, a centrum swym zasięgiem obejmuje niemal pół Europy. Również w Polsce można zauważyć, że coraz częściej najemcami są zagraniczni operatorzy logistyczni, tacy jak: Me-arsk Logistics, P&O czy Cargoline.

W tabeli 2 zawarto porównanie wybranych zagranicznych centrów logistycznych z największymi parkami logistycznymi na Mazowszu uwzględniając zajętość terenu, powierzchnię magazynów, wynajem, powiązanie komunikacyjne – transport samochodowy, kolejowy, terminal kontenerowy, jak również wyposażenie w obiekty infrastrukturalne do świadczenia usług dodatkowych, tj. stacja paliw, agencja celna, hotele, gastronomia, centrum serwisowe.

3. Kryteria wyboru lokalizacji centrów logistycznych

Na wybór lokalizacji centrum logistycznego ma wpływ wiele czynników. Biorąc pod uwagę funkcje, jakie dane centrum powinno spełniać na pewno należy uwzględnić: wielkość oraz uzbrojenie terenu, dostęp do infrastruktury co najmniej dwóch gałęzi transportu, możliwość rozbudowy infrastruktury transportowej, wpływ planowanego centrum na rozwój gospodarczy regionu, możliwość rozbudowy w przyszłości, itp.

Względy powyższe dyktują potrzebę wielokierunkowych badań i studiów istniejących i perspektywicznych zadań logistycznych, co umożliwi wybranie najwłaściwszej lokalizacji dla projektowanego centrum logistycznego. Konieczność takich badań wynika przed wszystkim z bardzo wysokiej kapitałochłonności tego typu przedsięwzięć techniczno-organizacyjnych.

Należy więc zdefiniować kryteria, z punktu widzenia których będzie oceniana potencjalna lokalizacja. Przyjmujemy zatem, że został zdefiniowany wektor F kryteriów cząstkowych $f(i)$, z punktu widzenia których będzie prowadzona ocena różnych wariantów lokalizacji CL, tj.:

$$F = [f(1), f(2), \dots, f(i), \dots, f(N)], \quad i=1, \dots, N$$

Wartość każdego kryterium cząstkowego $f(i)$ jest wyrażana w jednostkach mierzalnych. Składniki wpływające na wartość danego kryterium cząstkowego powinny być ujęte także liczbowo.

W celu wyboru najlepszego rozwiązania zostaną one poddane analizie z wykorzystaniem wybranych kryteriów oceny. Wszystkie kryteria będą związane z kosztami powstawania tego typu obiektów.

Nie ulega wątpliwości, że istotne znaczenie przy organizacji centrum logistycznego na danym obszarze ma istniejąca infrastruktura magazynowa. Istniejąca pojemność oraz możliwość dalszej rozbudowy obiektu magazynowego powinna być jednym z elementów decydujących o lokalizacji centrum, jeśli nie najważniejszym. Organizując centrum trzeba pamiętać o zapewnieniu obsługi zarówno wszystkim dotychczasowym klientom, a więc korzystającym do tej pory z usług obiektów danego regionu, jak również klientom napływającym z innych regionów. Tak więc możliwość zwiększenia powierzchni terenu oraz rozbudowa obiektu o kolejne budynki ma kolosalne znaczenie.

Oczywiście nie należy zapominać o możliwości organizacji więcej niż jednego centrum na danym obszarze. Może to być podyktowane rosnącym potencjałem logistycznym danego regionu. Tak zapewne będzie w przypadku woj. mazowieckiego, gdzie stymulatorem usług o charakterze logistycznym jest stolica. Trzeba pamiętać, że centrum logistyczne tym bardziej wykorzysta swoje atuty im krótsza będzie droga między nim a klientami.

Przy wyborze lokalizacji centrum logistycznego poza czynnikami czysto ekonomicznymi, powinny być również brane pod uwagę przesłanki o charakterze społecznym. Nie bez znaczenia jest bowiem aktywizująca rola takiej inwestycji wpływająca na dynamikę gospodarki, rynek pracy, tworzenie lub wzmacnianie nowoczesnej bazy ekonomicznej ośrodków miejskich, wpływ na koncentrację i rozkład ruchu drogowego.

Z tego należy wnioskować, że centrum logistyczne dla regionu mazowieckiego nie powinno być zlokalizowane w samej stolicy. Jednym z powodów jest chociażby nadmierna koncentracja wszelkich rodzajów aktywności na tym obszarze, a co za tym idzie przeciążenie sieci infrastrukturalnych uniemożliwiającej jej prawidłowe funkcjonowanie. Lokalizacja poza Warszawą ma dodatkowo plus. Centrum logistyczne jest doskonałym instrumentem w stymulowaniu rozwoju regionu i włączania go w globalny system ekonomiczny.

Nawiązując do definicji centrum logistycznego należy uznać, że priorytetową sprawą dla przyszłego centrum jest możliwość obsługi co najmniej dwóch różnych rodzajów transportu. Poza transportem drogowym powinien być dostęp do transportu kolejowego. Dodatkowym plusem są w tym przypadku obiekty, które już mają bocznice.

Do osiemnastu wariantów lokalizacji CL w woj. mazowieckim przyjęto 9 kryteriów, co oznacza że wektor F kryteriów cząstkowych $f(i)$, będzie miał postać [4]:

$$F = [f(1), f(2), f(3), f(4), f(5), f(6), f(7), f(8), f(9)]$$

przy czym:

- $f(1)$ – dokupienie gruntu pod inwestycje – uwzględnia cenę gruntu, bez przysługujących podatków;

- $f(2)$ – uzdatnienie terenu – uwzględnia wszelkie prace inżynierskie związane z przygotowaniem zakupionej powierzchni do prac budowlanych; w ich skład wchodzi: wyrównanie terenu, odwodnienie gruntu, usuwanie zbędnej roślinności, itd.;
- $f(3)$ – podłączenie do istniejącej sieci kolejowej, w przypadku jej braku - – uwzględnia budowę połączenia obiektu z istniejącą infrastrukturą kolejową za pomocą jednokierunkowego układu torowego, przygotowanie gruntu oraz w niektórych przypadkach organizację posterunku w przypadku odgałęzienia na stacjach, które nie są wyposażone w stosowne urządzenia;
- $f(4)$ – budowa dodatkowych magazynów – uwzględnia całość kosztów wybudowania dodatkowej powierzchni magazynowej o kratownicowej konstrukcji nośnej; koszt ten zależy od przyjętego założenia o zakładanym przyszłym obciążeniu strumieniem ładunków w [t/rok];
- $f(5)$ – budowa dodatkowych obiektów biurowych – uwzględnia całość kosztów wybudowania nowej powierzchni biurowej; może ona stanowić fragment powierzchni magazynowej lub być autonomicznym obiektem, koszt ten zależy wprost proporcjonalnie od nowej powierzchni magazynowej;
- $f(6)$ – budowa placów postojowo-parkingowych wraz z wyposażeniem – uwzględnia całość kosztów wybudowania nowych placów postojowo-parkingowych wraz z niezbędnym wyposażeniem, koszt ten jest wprost proporcjonalny od powierzchni „nowego” terenu;
- $f(7)$ – zaopatrzenie nowych obiektów w media – uwzględnia uzbrojenie terenu w podstawowe media, takie jak elektryczność, woda, kanalizacja i gaz; wielkość poszczególnych prac będzie wartością przybliżoną ze względu na nieznaną infrastrukturę przyszłego centrum;
- $f(8)$ – przygotowanie dokumentacji technicznej – uwzględnia całość prac związanych z przygotowaniem kompleksowej dokumentacji technicznej nowych obiektów, opłaty urzędowe, nadzór architektoniczny i inżynierski, zwykle wynosi 7-15% sumy ww. kosztów;
- $f(9)$ – inne koszty (nieprzewidziane) – uwzględnia wszelkie koszty związane z inwestycją, a nie wykazane w jej kosztorysie na etapie planowania, zwykle rezerwa ta stanowi ok. 10% kosztów inwestycji (kryteria od K1 do K7).

4. Wybór wariantu lokalizacji centrum logistycznego z uwzględnieniem istniejącej infrastruktury magazynowej

Założono, że podstawą organizacji centrum logistycznego będą istniejące obiekty magazynowe (ryc. 2). Ponadto, przy adaptacji istniejącej infrastruktury szczególną uwagę zwraca się na:

- istniejącą pojemność oraz możliwość dalszej rozbudowy obiektu magazynowego;

- odległość od centrum stolicy powinna zamykać się w granicach 25-50 km (bliżej odczuwalna jest aktywizująca rola samej Warszawy, a dalej koszty transportu mogą przewyższyć korzyści);
- efekt dla polityki regionalnej;
- położenie na tle głównych ciągów komunikacyjnych;
- dostęp do infrastruktury kolejowej.

W tabeli 3 zestawiono wymienione wcześniej regiony występowania obiektów magazynowych i zintensyfikowanych prac logistycznych, biorąc pod uwagę ww. wskazówki. Z zamieszczonych w tabeli informacji wynika, że region Okęca należy odrzucić. Niekorzystna jest również lokalizacja w rejonie Piaseczna ze względu na brak możliwości rozbudowy istniejących obiektów magazynowych.

Do wyboru zostają zatem trzy lokalizacje:

1. **Mszczonów** – spełnia wszystkie pięć kryteriów z tabeli 3. Zdecydowaną zaletą tej lokalizacji jest ogromna powierzchnia terenu, jaką obiekty **Euro-park** i **FM Logistic** w Mszczonowie dysponują. Ponadto, bardzo dobry dostęp do infrastruktury kolejowej – linia E65 (CMK) i C-E20 stanowiące obwodnicę towarową węzła warszawskiego, oba obiekty mają własne bocznice. Również korzystny jest obecny układ drogowy – przecięcie korytarzy dróg krajowych nr 8 (jedyną dwupasmową i wyposażoną w obwodnicę drogi łączącej stolicę z dalej położonymi obszarami) oraz nr 50, będącej głównym szlakiem tranzytowym dla ruchu towarowego na osi wschód-zachód. Znaczna odległość od stolicy wymusi niejako organizację w obrębie Warszawy centrum logistycznego specjalizującego się głównie obsługą drobnicy.
2. **Blonie** – rejon doskonale usytuowany względem centrum Warszawy, spełniający idealnie założenia polityki regionalnej. Inwestycja w tym rejonie wpłynie bowiem aktywizująco na dynamikę rozwoju regionu, a zwłaszcza rynku pracy. Bardzo dobre położenie na tle głównych ciągów komunikacyjnych – przy trasie międzynarodowej E30, w pobliżu przebiega również droga kolejowa nr 3. Dodatkowym atutem jest możliwość, bez większego problemu, dalszej rozbudowy.
3. **Pruszków** – obiektem najlepiej nadającym się na adaptację w tym regionie jest **Millenium Logistic Park** ze względu na dużą pojemność w m³ oraz możliwość dalszej rozbudowy, mimo usytuowania w terenie zurbanizowanym. Lokalizacja jest najlepsza nie tylko w regionie, ale i na całym Mazowszu z punktu widzenia obsługi przez istniejące oraz planowane ciągi transportowe (autostrada A-2, drogi krajowe 718 i 719 łączące trasę Gdańską z trasą Katowicką i Krakowską). Obiekt jest praktycznie zlokalizowany w sąsiedztwie torów kolejowych. Rejon jest już jednak silnie zurbanizowany i wysoko rozwinięty gospodarczo. W konsekwencji znacznie przekroczone

są możliwości istniejącej infrastruktury drogowej i kolejowej na odcinku do Grodziska, a zwiększenie jej przepustowości będzie wymagało dużo więk-

Tabela 3

Ocena lokalizacji CL z uwzględnieniem istniejących obiektów magazynowych

	Odległość od Warszawy	Położenie na tle głównych ciągów komunikacyjnych	Pojemność oraz możliwość rozbudowy	Efekt dla polityki regionalnej	Dostęp do infrast. kolejowej
Mszczonów	+	+	+	+	+
Błonie	+	+	+	+	+
Pruszków	+/-	+	+	+	+/-
Okęcie	-	+	-	-	+/-
Piaseczno	+	+	+/-	+	+/-

Źródło: Opracowanie własne.

szych i kosztowniejszych inwestycji niż na terenach mniej uprzemysłowionych.

Dla wieloaspektowej oceny wariantów organizacji centrów logistycznych zaproponowano metodę MAJA-99, stosowaną do oceny systemów transportowych. Szczegółowy opis metody oraz jej algorytm został przedstawiony w pracy [4] oraz [5]. Metoda MAJA-99 wykorzystuje szczegółowe oceny wariantów lokalizacji CL z punktu widzenia poszczególnych kryteriów oraz uwzględnia współczynniki względnej ważności kryteriów cząstkowych.

Procedura wielokryterialnej oceny systemów transportowych polega na:

- wykorzystaniu szczegółowych ocen wariantów;
 - uwzględnieniu współczynników względnej ważności kryteriów cząstkowych,
- Numeryczna strona procedury wielokryterialnej oceny sprowadza się do:
- obliczenia tzw. wskaźników zgodności i niezgodności ocen,
 - wykorzystania relacji dominacji, w celu określenia wariantu, który nie jest zdominowany.

Aby dokonać wielokryterialnej oceny organizacji centrów logistycznych niezbędne jest m.in. [4, 5] zdefiniowanie zbioru R wariantów lokalizacji CL oraz wektora F kryteriów cząstkowych, z punktu widzenia których dokonywana będzie ocena poszczególnych wariantów. Następnie zbudowanie macierzy ocen kryteriów oraz uwzględniając wagi nadane poszczególnym kryteriom wyznaczenie macierzy zgodności i niezgodności. Ostatnim etapem jest budowa grafu dominacji, na podstawie którego jest dokonywany wybór wariantu najlepszego, a więc niezdominowanego.

Podstawą oceny jest szeroko rozumiane kryterium kosztów reprezentowane przez poszczególne koszty składowe, którym należy nadać mierzalne wartości (dolar amerykański) i przypisać stosowne wagi, według hierarchii ważno-

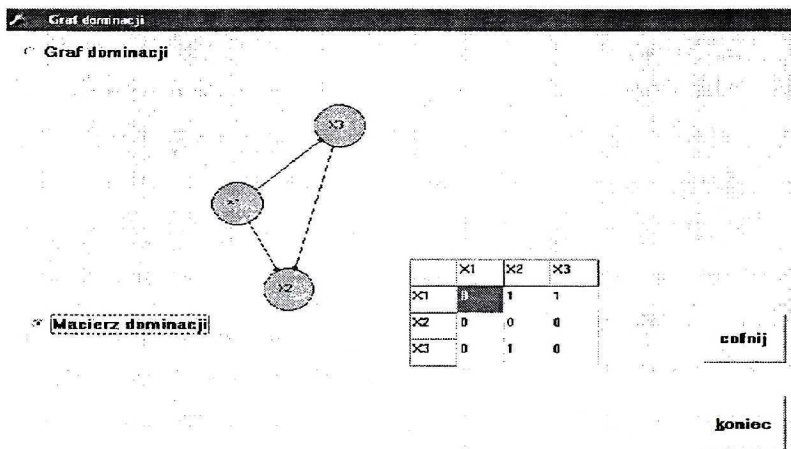
Zestawienie wartości kryteriów dla poszczególnych lokalizacji w mln USD

Kryterium	Centrum Mszczonów $w(r_1)$	Centrum Błonie $w(r_2)$	Centrum Pruszków $w(r_3)$	Waga kryterium $c(k)$
$f(1)$	0,00	4,20	6,06	4
$f(2)$	23,10	27,30	20,30	7
$f(3)$	0,00	0,68	0,30	7
$f(4)$	37,32	49,37	46,20	10
$f(5)$	2,34	3,09	2,89	2
$f(6)$	6,16	5,46	5,68	4
$f(7)$	6,50	5,81	6,03	4
$f(8)$	5,28	6,71	6,12	1
$f(9)$	8,07	10,26	9,36	1

ści. W związku z tym dla wymienionych powyżej lokalizacji dokonano obliczeń wartości poszczególnych kryteriów oraz przypisano im wagi, (tabela 4).

Założono, że wagi poszczególnych kryteriów będą wprost proporcjonalne do procentowego udziału danego kryterium w ogólnej wartości kosztów inwestycji oraz istotności danego etapu w całości przedsięwzięcia.

W pierwszym podejściu do analizy, za najważniejsze kryterium przyjęto generujące najmniejszą wartość kosztów w całości przedsięwzięcia. Przy takim założeniu najlepszym rozwiązaniem okazał się wariant pierwszy – Mszczonów. Aby wyeliminować przypadkowość ustalania wag poszczególnych kryteriów, przeprowadzono ponownie symulację zwiększając rolę kosztów związanych ze skomunikowaniem z istniejącą siecią transportu kolejowego oraz kosztów związanych z zakupieniem nowych terenów pod rozbudowę. Wynik analizy ponownie uplasował wariant pierwszy jako najlepszy z możliwych propozycji, na-



Ryc. 3. Wyznaczenie grafu dominacji z wykorzystaniem pakietu „Maja”

wet próba zmiany wartości granicznych progów oceny nie umniejsza dominacji tego wariantu nad pozostałymi.

Przeprowadzone symulacje wskazują, że minimalizując próg zgodności oraz maksymalizując próg niezgodności dokonuje się eliminacji wariantów mniej pożądanych. Na wyniki badań istotnie wpływają również wagi względnych ważności poszczególnych kryteriów cząstkowych.

Wnioski

1. Istotnym problemem we współczesnym rynku usług logistycznych jest określenie takiej organizacji centrów logistycznych, która zapewni optymalną obsługę logistyczną dla danego rejonu sieci transportowej, spełniając określone wymagania. Są one podyktowane oczekiwaniami rynku, czyli nabywców usług logistycznych, ale też możliwościami dostawców usług logistycznych.
2. Do oceny lokalizacji przyszłej inwestycji w jednym z istniejących już obiektów magazynowych została zastosowana metoda wielokryterialnej oceny trzech wariantów ze szczególnym uwzględnieniem kryterium kosztów.
3. Analizie poddano trzy warianty lokalizacji Centrum Logistycznego w jednym z obiektów magazynowych w rejonie Warszawy: Mszczonów (Europa Park i FM Logistic), Błonie (Alliance Logistic Center) oraz Pruszków (Millenium Logistic Park). Każda z lokalizacji oferuje znaczną pojemność dla strumieni ładunków w istniejących budynkach oraz znakomite warunki dalszej rozbudowy. Również położenie na tle głównych ciągów komunikacyjnych jest bardzo dogodne. W wyniku przeprowadzonej oceny najlepszą lokalizacją okazuje się Mszczonów.
4. Zaproponowana metoda pozwala na ocenę lokalizacji centrum logistycznego z punktu widzenia wielu kryteriów, biorąc pod uwagę poziom istotności każdego z nich, w całości przedsięwzięcia. Wydawałoby się, że kryterium kosztów daje jednoznaczny wynik wariantu optymalnego przez sumowanie kosztów jednostkowych i wybór rozwiązania najtańszego. Jednak niektóre etapy inwestycji są ważniejsze od pozostałych, czego nie uwzględnia się dodając tylko do siebie poszczególne wielkości kosztów.
5. Metoda wielokryterialnej oceny wyboru lokalizacji centrum logistycznego oraz jej aplikacja komputerowa mogą być niewątpliwie wygodną techniką wspomagającą dokonywanie wyboru racjonalnego wariantu spośród wielu wariantów dopuszczalnych.
6. W metodzie szczególną uwagę należy zwrócić na współczynniki wagowe cząstkowych funkcji kryteriów. Współczynniki wagowe nie wynikają z zależności między kryteriami cząstkowymi, a w dużej mierze są wynikiem subiektywnych przekonań uczestników procesu decyzyjnego. Są traktowa-

ne jako miary względnej ważności, które uczestnicy procesu decyzyjnego przypisują poszczególnym kryteriom cząstkowym.

Literatura

- [1] Abt S., 2001, *Logistyka w teorii i praktyce*. Wyd. AE w Poznaniu, Poznań.
- [2] *Centra logistyczne na Mazowszu*. Konferencja Naukowo-Techniczna, Warszawa 2003.
- [3] Jacyna M., Wasiak M., 2003, *Multicriteria Evaluation of Logistic Centres Configuration in a Hierarchical Distribution System*. 11th International Scientific Conference, Żilina 17-19.09.
- [4] Jacyna M., 2003, *Metoda wielokryterialnej oceny wyboru lokalizacji centrum logistycznego*. Ogólnopolska Konferencja Naukowa pt. *Transport w Logistyce*. Łańcuch Logistyczny, Jurata 18-20.09.
- [5] Jacyna M., 2001, *Modelowanie wielokryterialne w zastosowaniu do oceny systemów transportowych*. Prace Naukowe PW – Transport, z. 47, Oficyna Wyd. PW, Warszawa.
- [6] Jacyna M., 1999, *Multicriteria Evaluation of Traffic Flow Distribution in a Multimodal Transport Corridor, Taking into Account Logistics Base Service*. *Archives of Transport*. Polish Academy of Sciences, Com. of Transport, vol.10 iss.1-2, Warsaw.
- [7] Jacyna M., 2005, *Formalizacja opisu struktury sieci logistycznej w hierarchicznym systemie dystrybucji*. I Międzynarodowa Konferencja Naukowa „Systemy Logistyczne. Teoria i Praktyka” – Warszawa.
- [8] Korzan B., 197,.: *Elementy teorii grafów i sieci. Metody i zastosowania*. WNT, Warszawa.
- [9] Kubicki J., Kuriata A, 2000, *Problemy logistyczne w modelowaniu systemów transportowych*. WKŁ, Warszawa.
- [10] Mindur L. (red.), 2000, *Metodyka lokalizacji i kształtowania centrów logistycznych w Polsce*. Kolejowa Oficyna Wyd., Warszawa.