

**Stanisław KRZYŻANIAK, Marcin HAJDUL, Ireneusz FECHNER**

Instytut Logistyki i Magazynowania

Ul. Estkowskiego 6, 61-755 Poznań

stanislaw.krzyzaniak@ilim.poznan.pl, marcin.hajdul@ilim.poznan.pl, ireneusz.fechner@ilim.poznan.pl

## **MODELOWANIE CENTRUM LOGISTYCZNEGO DLA OKREŚLENIA OBCIĄŻEŃ JEGO INFRASTRUKTURY<sup>1</sup>**

### **Streszczenie**

W referacie przedstawiono koncepcję modelu centrum logistycznego, pozwalającego – w oparciu o zdefiniowane dane o strumieniach wejścia i wyjścia – na określenie i ocenę stopnia obciążenia infrastruktury elementów infrastruktury centrum, będącej w dyspozycji poszczególnych usługodawców działających na jego terenie. Strumienie wejścia i wyjścia są definiowane na podstawie bilansu strumieni kierowanych do centrum z całej sieci logistyczno-transportowej i są rozpatrywane w podziale na: grupy towarowe, rodzaje transportu, różne postaci transportowe ładunków. Uwzględniona została sezonowość strumieni. W obliczeniach obciążeń infrastruktury przyjęto możliwość wykorzystywania jej elementów należących do innych użytkowników centrum.

Słowa kluczowe: system logistyczno-transportowy, centrum logistyczne, modelowanie.

### **WPROWADZENIE**

Węzłowe (punktowe) elementy infrastruktury logistycznej pełnią rolę węzłów sieci logistycznych, które tworzą tkankę systemów logistycznych. W zależności od lokalizacji, organizacji, funkcjonalności oraz posiadanej infrastruktury technicznej węzły stanowią zewnętrzne wejścia/wyjścia krajowego systemu logistycznego i/lub punkty, pomiędzy którymi realizowane są wewnętrzne przepływy towarów, oraz w których towary poddawane są różnym czynnościom w związku z gromadzeniem, przechowywaniem i dostarczaniem. Do głównych węzłów sieci logistycznych zalicza się w pierwszej kolejności porty morskie oraz centra logistyczne, jako węzły o największej funkcjonalności z punktu widzenia dysponowanej infrastruktury logistycznej i technicznej [1].

Planowanie lokalizacji centrów logistycznych, tak w skali makro (w ramach krajowego systemu transportowo-logistycznego), jak i mikro (konkretna lokalizacja), a także określenie charakterystyki infrastruktury i wyposażenia technicznego centrum, wymagają identyfikacji szeregu danych dotyczących: strumieni towarowych wchodzących i wychodzących z centrum, zaangażowania i obciążenia elementów infrastruktury będących w dyspozycji samego centrum, jak i operatorów działających na jego terenie. To, z kolei wymaga oszacowania struktury strumieni towarowych w układzie grup towarowych, rodzajów transportu, stosowanych postaci ładunków transportowych. Kompleksowy model centrum logistycznego może znacząco wspomóc rozwiązanie takich kwestii.

---

<sup>1</sup> Praca powstała w ramach projektu rozwojowego badawczego Nr N R10 0027 06/2009 „Model systemu logistycznego Polski jako droga do komodalności transportu w Unii Europejskiej”, koordynowanego przez Wydział Transportu Politechniki Warszawskiej, finansowanego ze środków na naukę w latach 2009 – 2011.

## 1. ZDEFINIOWANIE CENTRUM LOGISTYCZNEGO JAKO ELEMENTU SIECI TRANSPORTOWO-LOGISTYCZNEJ.

Centrum logistyczne jest jednym z elementów węzłowych systemu logistyczno-transportowego. Dlatego tworzenie modelu samego centrum zostało poprzedzone formalnym opisem strumieni wyjścia i wejścia dla dowolnego punktu węzłowego sieci. Do tego celu wykorzystano m.in. założone przedstawione w publikacji [2]. Traktując dalej centrum logistyczne, jako jeden z możliwych węzłów sieci, zdecydowano się zastąpić często spotykaną klasyfikację centrów o charakterze hierarchicznym (międzynarodowe, regionalne, lokalne) ujęciem opartym na charakterystyce węzła, zgodnie podziałem przedstawionym w opracowaniu [1]. W związku z tym proponuje się rozpatrywać centrum logistyczne, jako jeden z możliwych typów punktów węzłowych sieci logistycznej (dystrybucyjnej), do których zaliczono:

- WS1 - Porty morskie (PM)
- WS2 - Centra logistyczne (CL),
- WS3 - Centra magazynowe (CM),
- WS4 - Wielkopowierzchniowe obiekty magazynowe (OM)
- WS5 - Terminale transportu intermodalnego (TI)
- WS6 - Konwencjonalne terminale przeładunkowe droga – kolej (DK)
- WS7 - Porty rzeczne (PR)
- WS8 - Porty lotnicze (PL)

Dodatkowo, do listy typów węzłów włączono klientów KL (WS<sub>9</sub>) – zarówno klientów-ODBIORCÓW dóbr kierowanych z danego punktu węzłowego, jak także podmioty dostarczające swoje wyroby bezpośrednio do centrum, z pominięciem innych punktów węzłowych (klientów – DOSTAWCÓW). Takie podejście pozwala na „domknięcie” sieci logistycznej i wydaje się istotne z punktu widzenia pełnego odwzorowania w niej centrum logistycznego.

W proponowanym ujęciu, zbiór punktów węzłowych sieci WS jest sumą zbiorów PM, CL, CM, OM, TI, DK, PR, PL i KL:

$$WS = PM \cup CL \cup CM \cup OM \cup TI \cup DK \cup PR \cup PL \cup KL, \quad (1)$$

przy czym zbiory te są wzajemnie rozłączne.

Otoczenie rozpatrywanego (dowolnego) centrum logistycznego CL obejmuje:

WS<sub>k,i</sub>-IN – podzbiór zbioru WS, obejmujący te spośród wszystkich punktów węzłowych, z których kierowane są strumienie dóbr do rozpatrywanego centrum logistycznego;

WS<sub>k,i</sub>-OUT – podzbiór zbioru WS, obejmujący te spośród wszystkich punktów węzłowych, do których kierowane są strumienie dóbr z rozpatrywanego centrum logistycznego;

Dalszym krokiem musi być opisanie wszystkich par:

$$\{(WS_m)_i; (WS_n)_j\text{-OUT}\} \text{ oraz } \{(WS_n)_i\text{-IN}; (WS_m)_j\}$$

gdzie:

m, n - indeksy rodzaju węzła sieci;

i, j – indeks identyfikujące konkretne węzły danego rodzaju

(jeśli m = n to i ≠ j, tzn. dany węzeł nie może kierować strumieni do samego siebie).

W ten sposób określa się wszystkie możliwe sposoby wejścia/wyjścia (rodzaj transportu i postać ładunku), a także wolumen strumieni (np. roczny, albo średni dobowy) i ich strukturę w rozbięciu na poszczególne rodzaje transportu i postaci ładunku

Ponieważ zasadniczym celem niniejszego artykułu jest przedstawienie odwzorowania centrum logistycznego w sieci dystrybucji, to w dalszej części opracowania przyjmuje się WS<sub>m</sub>=CL.

Dla opisu strumieni wejścia i wyjścia konieczne jest zdefiniowanie różnych rodzajów transportu i postaci transportowej ładunków tworzących te strumienie. Jest to ważne dla bilansowania strumieni wejścia z przepustowością infrastruktury centrum logistycznego. Tablica 1 przedstawia uwzględniane w modelu podstawowe rodzaje transportu i postaci transportowe ładunków.

Tablica 1 Podstawowe rodzaje transportu i postaci transportowe ładunków uwzględniane w opisie przepływów w sieci logistyczno-transportowej

Podstawowe rodzaje transportu	Postaci transportowe ładunków
1. Transport samochodowy (drogowy),	1. gazowe luzem,
2. Transport kolejowy (szynowy),	2. płynne luzem,
3. Transport wodny śródlądowy,	3. suche luzem,
4. Transport morski,	4. jednostkowe nieopakowane luzem,
5. Transport lotniczy	5. jednostkowe w opakowaniach luzem,
	6. na paletach,
	7. w pakietach,
	8. w kontenerach,
	9. w nadwoziach wymiennych,
	10. w naczepach (w tym transportu bimodalnego),
	11. w pojemnikach tocznych,

Źródło: opracowanie własne

### Ogólny opis strumieni wchodzących i wychodzących z centrum logistycznego

Strumienie wejścia do centrum logistycznego CL ( $CL_i$ ) zostały opisane za pomocą trzech tablic określających: ogólny sumaryczny wolumen wejścia z różnych źródeł, strukturę tych strumieni w podziale na rodzaje transportu i rodzaje (typy) jednostek transportowo-ładunkowych w ujęciu procentowym oraz strukturę ich wielkość wyrażoną w jednostkach masy, w tym samym podziale.

a) Tablica wolumenu wejścia [ $(WS_m)_j$ -IN;  $CL_i$ ].

W ogólnym przypadku tablica wejścia musi wyodrębnić strumienie w rozbiciu na poszczególne grupy produktowe. Ich wykaz podano w tablicy 2.

b) Tablica struktury wejścia [ $(WS_j)_m$ -IN.%;  $CL_i$ ]

Tablica wejścia musi także uwzględniać rodzaje transportu obsługujące strumienie wejścia oraz urządzeń (jednostek) transportowych (sposobów transportowania), zgodnie z tablicą 1. Dla tego celu należy w pierwszym kroku określić rozkład rodzajów transportu wg kategorii produktów i określić tablicę struktury rodzajów transportu i jednostek transportowych:

Dla każdej grupy produktowej  $GP_i$  (dla każdej pary wierszy tablicy [ $(WS_j)_m$ -IN.%;  $CL_i$ ]) musi zachodzić:

$$\sum_{j=1}^{j=11} IN\%_j \cdot S_{GP_i} + \sum_{j=1}^{j=11} IN\%_j \cdot K_{GP_i} + \sum_{j=1}^{j=11} IN\%_j \cdot W_{GP_i} + \sum_{j=1}^{j=11} IN\%_j \cdot M_{GP_i} + \sum_{j=1}^{j=11} IN\%_j \cdot L_{GP_i} = 100\% \quad (2)$$

gdzie: j - indeks rodzaju postaci transportowej ładunku, i – indeks grupy produktowej

c) Tablica rocznych wolumenów wchodzących strumieni dóbr w rozbiciu na grupy produktowe i sposoby dostawy (rodzaje transportu i jednostek transportowych) –  $[(WS_m)_j\text{-IN.M}; CL_i]$  jest złożeniem obu tablic:  $[(WS_j)_m\text{-IN}; CL]$  i  $[(WS_j)_m\text{-IN.}\%; CL]$  (choć nie w sensie formalnego rachunku macierzowego).

W podobny sposób określa się strumienie wyjścia z centrum logistycznego, tworząc tablice:

- wolumenu wyjścia  $[CL_i; (WS_m)_j\text{-OUT}]$ ,
- struktury procentowej wyjścia  $[(WS_j)_m\text{-OUT.}\%; CL_i]$ ,
- strumieni wychodzących w podziale na grupy produktowe i rodzaje transportu oraz stosowanych jednostek transportowo-ładunkowych  $[(WS_m)_j\text{-OUT.M}; CL_i]$ .

## 2. OGÓLNY MODEL CENTRUM LOGISTYCZNEGO, UWZGLĘDNIAJĄCY PRZEPIŁYWY PRODUKTOWE WEJŚCIA I WYJŚCIA ORAZ CHARAKTERYSTYKĘ INFRASTRUKTURY CENTRUM

Jakkolwiek proponowany model umożliwia reprezentację dowolnego punktu węzłowego sieci logistycznej (zgodnie klasyfikacją przedstawioną w p. 1), głównym celem pracy było opracowanie ogólnego modelu centrum logistycznego.

Wychodząc z modelu przedstawionego w p. 1, dowolne centrum logistyczne CL można opisać w sposób ogólny, charakteryzujący strumienie wejścia i wyjścia, zgodnie z tablicami  $[(WS_m)_i\text{-IN}; CL]$  oraz  $[CL; (WS_n)_j\text{-OUT}]$ .

Proponowany model centrum logistycznego odzwierciedla zarówno strukturę strumieni wejścia i wyjścia w układzie rozpatrywanych grup produktowych rodzajów transportu, jak również strukturę wewnętrzną CL obejmującą usługodawców i oferowane przez nich usługi oraz infrastrukturę dysponowaną przez centrum i poszczególnych usługodawców, wraz z jej charakterystyką. Takie ujęcie zapewnia zgodność z opisanymi w p. 1 tablicami

$$[(WS_m)_i\text{-IN.}\%; CL] \text{ i } [CL; (WS_n)_j\text{-OUT.}\%]$$

oraz

$$[(WS_m)_i\text{-IN.M}; CL] \text{ i } [CL; (WS_n)_j\text{-OUT.M}]$$

gdzie:

m, n - indeksy rodzaju węzła sieci;

i, j - indeks identyfikujące konkretne węzły danego rodzaju.

### Opis formalny struktury wewnętrznej CL:

Przyjęto, że na terenie Centrum Logistycznego działa NU usługodawców, przy czym dla ujednorodnienia opisu formalnego zakłada się, że usługodawca może zajmować się dowolną działalnością (np. prowadzeniem hotelu).

Usługodawcy są opisani w Tablicy Usługodawców Centrum (TUC), o ogólnej postaci:  $[TUC] = [U_0, U_1, U_2 \dots U_{NU}]$ .

Proponuje się, aby jako  $U_0$  uwzględnić samo centrum, które również może pełnić rolę usługodawcy.

Dla każdego usługodawcy konieczne jest określenie:

- ogólnego wzorca możliwych działalności usługodawcy (Wektor Profilu Działalności WPD), obejmującego wszystkie możliwe działalności, a tym samym wyczerpującego wszystkie możliwe profile działalności usługodawców,

- wzorca obsługiwanych grup produktowych (Wektor obsługiwanych Grup Produktowych WGP),
  - wzorca dysponowanej infrastruktury (Wektor Dysponowanej Infrastruktury WDI).
- Przyjęte elementy składowe tych wektorów przedstawiono w tablicy 2.

Tablica 2 Przyjęte w modelu elementy wektorów: Profilu Działalności, Grup Produktowych oraz Dysponowanej Infrastruktury.

WPD	WGP	WDI
D1 = Magazynowanie	GP1 = Rolnictwo	I1 = Terminal transportu intermodalnego [przepustowość dobowo-jednostki]
D2 = Spedycja	GP2 = Węgiel	I2 = Bramy rozładunkowe [przepustowość dobowo-jednostki]
D3 = Transport	GP3 = Rudy metali	I3 = Rampy przeładunkowe
D4 = Usługi celne	GP4 = Spożywcze	I4 = Przestrzeń magazynowa [pojemność-liczba miejsc paletowych]
D5 = Dystrybucja	GP5 = Włókiennicze	I5 = Parking [liczba miejsc parkingowych]
D6 = Usługi dodające wartość	GP6 = Drewno	I6 = Urządzenia przeładunkowe [wydajność dobowo-jednostki]
D7 = Serwis środków transportu	GP7 = Koks, brykiety	I7 = Środki i urządzenia transportu wewnętrznego
D8 = Usługi paliwowe	GP8 = Chemikalia	I8 = Nabrzeże
D9 = Usługi bankowe i finansowe	GP9 = Pozostałe niemetaliczne	
D10 = usługi informacyjne i marketingowe	GP10 = Metale	
D11 = koordynacja usług wspólnych	GP11 = Maszyny i urządzenia	
D12 = Usługi hotelowe	GP12 = Sprzęt transportowy	
D13 = Usługi gastronomiczne	GP13 = Meble	
	GP14 = Surowce wtórne	
	GP15 = Inne 1	
	GP16 = Inne 2	

Źródło: opracowanie własne

W odróżnieniu od wektorów  $[WPD]_j$  i  $[WGP]_j$ , (dla usługodawcy „j”), dla których wartości poszczególnych wierszy mogą przyjmować wartości ze zbioru  $\{0; 1\}$ , wartości wierszy wektora  $[WDI]_j$  wskazują na charakterystykę przepustowości danego elementu infrastruktury (w ustalonych jednostkach), a wartość „0” w danym wierszu oznacza brak danego elementu infrastruktury.

Dowolny usługodawca działający na terenie rozpatrywanego centrum logistycznego, może być zatem opisany za pomocą trzech wektorów wskazujących typy jego działalności, zakres obsługiwanych grup produktowych oraz dysponowaną infrastrukturę wraz z jej charakterystyką.

Powyższy zapis pozwala przedstawić – w wyróżnionych trzech wymiarach – charakterystykę całego centrum:

$$\begin{cases} [WPD]_{CL} = \sum_{j=1}^{NU} [WPD]_j \\ [WGP]_{CL} = \sum_{j=1}^{NU} [WGP]_j \\ [WDI]_{CL} = \sum_{j=1}^{NU} [WDI]_j \end{cases} \quad (3)$$

przy czym wektory  $[WPD]_{CL}$  i  $[WGT]_{CL}$  są obliczane jako sumy logiczne wektorów  $[WPD]_j$ , i  $[WGT]_j$ , a wektor  $[WDI]_{CL}$  jako suma algebraiczna wektorów  $[WDI]_j$ . Dzięki temu wektory  $[WPD]_{CL}$ ,  $[WGT]_{CL}$  i  $[WDI]_{CL}$  mają identyczną strukturę, jak wektory opisujące poszczególnych usługodawców ( $[WPD]_j$ ,  $[WGT]_j$  oraz  $[WDI]_j$ ) i stanowią charakterystykę całego centrum.

**Opis strumieni wejścia/wyjścia do/z Centrum Logistycznego CL**

Niezależnie od wektorów charakteryzujących usługodawców i całe centrum, konieczne jest zdefiniowanie wektorów (tablic) określających przepływy dóbr (wejście i wyjście). Dla tego celu zdefiniowano podstawowe wektory określają dla każdego usługodawcy sumaryczne strumienie wejścia i wyjścia w rozbiciu na wyodrębnione grupy produktowe:

- Jako punkt wyjścia - sumaryczny roczny strumień wejścia do usługodawcy „j”:  

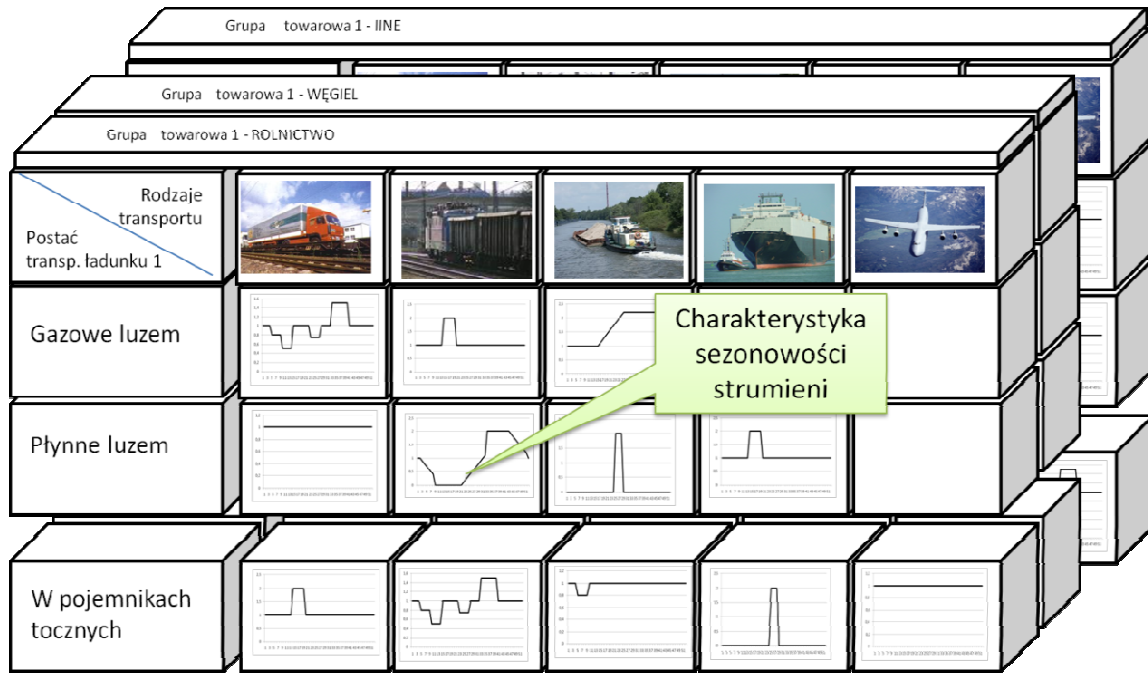
[IN] <sub>j</sub> =	Sumaryczny roczny strumień wejścia dla usługodawcy U <sub>j</sub> w GP1 – Rolnictwo
	.....
	Sumaryczny roczny strumień wejścia dla usługodawcy U <sub>j</sub> w GP4 – Spożywcze
	.....
	Sumaryczny roczny strumień wejścia dla usługodawcy U <sub>j</sub> w GP13 – Meble
	.....
	Sumaryczny roczny strumień wejścia dla usługodawcy U <sub>j</sub> w GP16 - Inne 2

- W bardziej szczegółowym ujęciu takie same zależności dla wejścia i wyjścia należy określić z uwzględnieniem struktury rodzajów transportu i stosowanych jednostek ładunkowych (transportowych), a także możliwych zmian sezonowych w natężeniu strumieni wejścia. W pierwszym kroku strukturę definiuje się w ujęciu procentowym ([IN.% - RT]<sub>j</sub>), a w połączeniu z tablicą [IN]<sub>j</sub> – w ujęciu wolumenów wchodzących strumieni dóbr w rozbiciu na grupy produktowe i sposoby dostawy. ([IN.M - RT]<sub>j</sub>)

Podobnie określa się strumienie wyjścia: [OUT]<sub>j</sub>, [OUT.% - RT]<sub>j</sub> oraz [OUT.M - RT]<sub>j</sub>

W rzeczywistości strumienie wejścia i wyjścia mogą wykazywać zmiany sezonowe. Zostało to uwzględnione w taki sposób, że każdy wiersz tablic [IN]<sub>j</sub> i [OUT]<sub>j</sub> zostaje rozłożony na wymaganą liczbę okresów (T), jednolitą w skali całego centrum. Celem uwzględnienia wahań sezonowych strumieni wejścia i wyjścia jest stworzenie możliwości pełniejszej oceny stopnia wykorzystania zasobów (dysponowanej infrastruktury) i ich ewentualnych okresowych deficytów. W uzasadnionych przypadkach podobne rozwinięcie może być konieczne także z uwzględnieniem sezonowości podziału struktury rodzajów transportu obsługujących poszczególne strumienie na wejściu i wyjściu. W aktualnej postaci modelu takie rozwinięcie nie zostało uwzględnione.

Konsekwencją takiego podejścia jest utworzenie NU x T tablic [IN]<sub>j,t</sub> i [OUT]<sub>j,t</sub> oraz odpowiednio [IN.M-RT]<sub>j,t</sub> i [OUT.M-RT]<sub>j,t</sub>, określających strumienie wejścia i wyjścia (wyrażone w jednostkach masy) do usługodawcy „j” w okresie „t” – ogólnie i w rozbiciu na grupy towarowe, rodzaje transportu i rodzaje postaci transportowej ładunku. Strukturę tych tablic ilustruje rysunek 1.



Rys. 1 Struktura tablic wejścia (wyjścia) -  $[IN.M-RT]_{j,t}$  i  $[OUT.M-RT]_{j,t}$  dla usługodawcy „j”:  
*Źródło: opracowanie własne*

Dla każdego z wyróżnionych okresów „t”, suma strumieni wejścia w ramach i-tej grupy produktowej dla k-tego rodzaju transportu do wszystkich usługodawców centrum CL musi być równa sumie strumieni wejść ze wszystkich punktów węzłowych otoczenia sieciowego (WS) centrum (zgodnie z opisem w p. 1):

$$\sum_{j=0}^{NU} [IN.M - RT]_{j,t} = \sum_{m=1}^8 \sum_{i=1}^{NWS_m} [(WS_m)_i - IN.M; CL] \quad (4)$$

gdzie:

- m - indeks określający typ węzła sieci, zgodnie z przyjętą w p. 1 . listą typów (np. m=1 oznacza „port morski, a m=2 – „centrum logistyczne”),
- $NWS_m$  – liczba węzłów sieciowych m-tego typu w otoczeniu sieciowym centrum CL.

Podobnie, dla strumieni wyjścia musi zachodzić:

$$\sum_{j=0}^{NU} [OUT.M - RT]_{j,t} = \sum_{m=1}^8 \sum_{i=1}^{NWS_m} [CL; (WS_m)_i - OUT.M] \quad (5)$$

### Ocena wykorzystania infrastruktury.

Przeprowadzenie oceny wykorzystania infrastruktury wymaga określenia powiązań pomiędzy rodzajem transportu obsługującego strumienie wejścia i wyjścia z komponentami dysponowanej infrastruktury. Takie powiązania należy określić dla każdego usługodawcy i dla każdej grupy produktowej. Należy zapewnić możliwość wykorzystywania przez danego usługodawcę także infrastruktury znajdującej się w dyspozycji innych usługodawców. Powiązanie proponuje się ustalić przez określenie procentowego udziału danego elementu infrastruktury w obsłudze rozpatrywanego strumienia.

Dla każdego strumienia produktowego kierowanego do usługodawcy  $U_i$  (zgodnie z tabelą usługodawców [TUC]) oraz w ramach grupy transportowej  $GP_j$  (zgodnie z [WTG]), przy pomocy rodzaju transportu  $RT_k$  (zgodnie z tabelą [RT]) i typu postaci transportowej ładunku „m”, tworzy się tablice  $[IN\% Inf]_{i,j,k,m}$  określające rozkład tego strumienia wewnątrz centrum na posiadaną infrastrukturę w układzie: rodzaj infrastruktury (wektor [WDI]) – dysponent infrastruktury (usługodawca) – [TUC], składające się z elementów o ogólnej

postaci:  $IN.\%_U_x_y$ . Na przykład: wartość elementu  $IN.\%_U_2_5$  tablicy  $[IN.\% Inf]_{3,13,2,1}$  określa część strumienia produktów z grupy GP13-meble ( $j=13$ ) kierowanej do usługodawcy  $U_3$  ( $i=3$ ), transportem kolejowym ( $k=2$ ), w kontenerach ( $m=8$ ), obsługiwanych urządzeniami rozładunkowymi należącymi do usługodawcy  $U_2$ .

W oparciu o zbiór tablic  $[IN.\% Inf]_{i,j,k,m}$  należy następnie określić tablice  $[IN.M Inf]_{i,j,k,m,t}$  określające w jednostkach masy (np. tony) części strumienia kierowanego do usługodawcy  $U_i$ , w ramach grupy transportowej  $GP_j$  przy pomocy rodzaju transportu  $RT_k$  i typu jednostki transportowo-ładunkowej „m”, w danym okresie „t”, a obsługiwanych przy pomocy infrastruktury dysponowanej przez różnych usługodawców działających na terenie centrum.

Kolejnym krokiem jest określenie tablicy  $[IN.J Inf]_{i,j,k,m,t}$  przedstawiające poszczególne strumienie wyrażone w jednostkach transportowych/ładunkowych, np. w liczbie kontenerów, wagonów, samochodów, paletowych jednostek ładunkowych itp. Przyjęto, że uśrednione ilościowe relacje pomiędzy masą ładunku, a ilością jednostek transportowych/ładunkowych będą definiowane dla każdego rodzaju transportu, odrębnie dla każdej grupy produktowej z możliwością zróżnicowania dla różnych usługodawców. Wymaga to określenia przeliczników „masa (w tonach) – liczba jednostek transportowych/ładunkowych” dla każdego elementu infrastruktury centrum tzn. będących w dyspozycji wszystkich usługodawców zlokalizowanych w centrum, a więc dla każdego elementu tablicy  $[IN.\% Inf]_{i,j,k,m}$ :

Podobnie tworzone są tablice charakteryzujące wyjście:  $[OUT.\% Inf]_{i,j,k,m}$ ,  $[OUT.M Inf]_{i,j,k,m,t}$  oraz  $[OUT.J Inf]_{i,j,k,m,t}$ .

Oba zbiory tablic:  $[IN.J Inf]_{i,j,k,m,t}$  oraz  $[OUT.J Inf]_{i,j,k,m,t}$  służą obliczeniu całkowitego obciążenia  $[OBC.J Inf]_{CL,t}$  wszystkich elementów infrastruktury centrum wyrażonego we właściwych im jednostkach, w rozbiciu na przyjęte okresy sezonowości.

Dla każdego okresu „t”, każdy element  $(x, y)$  tablicy  $[OBC.J Inf]_{CL}$  ( $n$  – indeks usługodawcy,  $m$  – indeks typu infrastruktury) oblicza się ze wzoru:

$$([OBC.J Inf]_{CL,t})_{x,y} = \sum_{i=0}^{NU} \sum_{j=1}^{nGP} \sum_{k=1}^{nDI} \sum_{m=1}^{11} \left( ([IN.J Inf]_{i,j,k,m,t})_{x,y} + ([OUT.J Inf]_{i,j,k,m,t})_{x,y} \right) \quad (6)$$

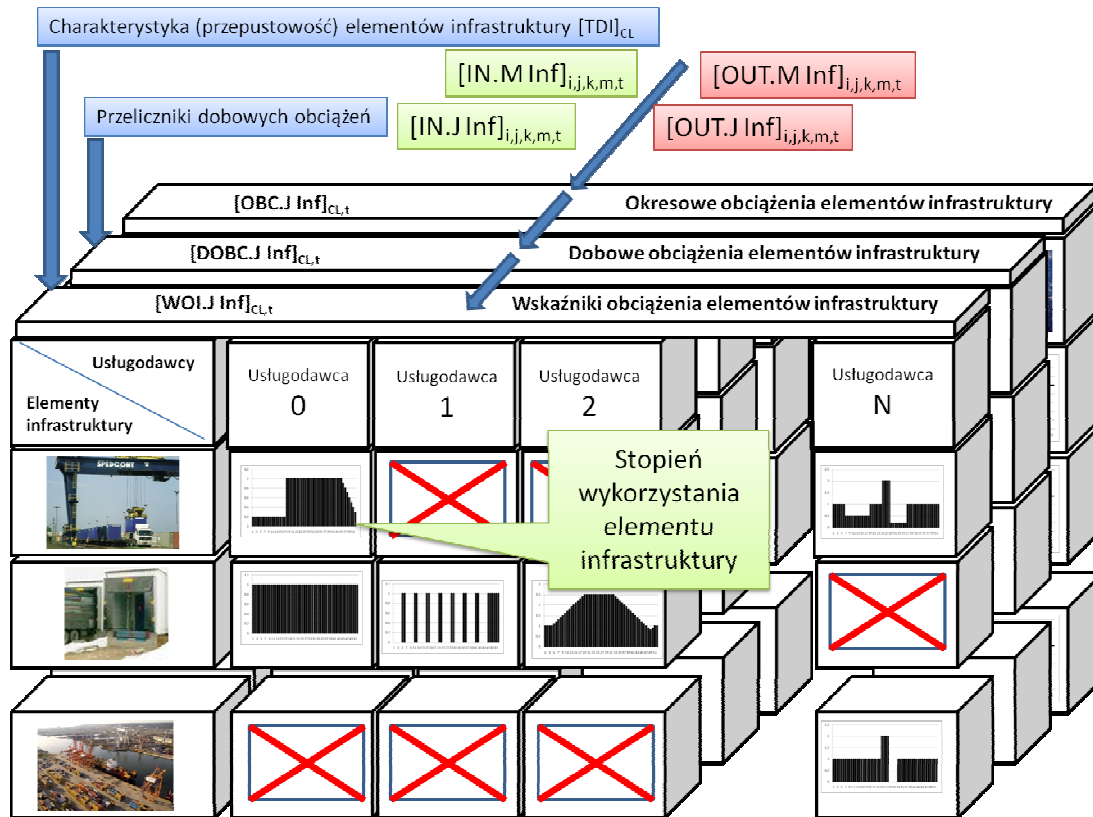
Kolejnym krokiem jest obliczenie dla każdego okresu „t” i dla każdego elementu infrastruktury średniego dobowego obciążenia. W tym celu należy określić przelicznik określający liczbę dób przypadających na przyjęty okres ( $l_{do}$ ). Przykładowo, dla okresu tygodniowego  $l_{do}=6$  (zakładając wolne niedziele). Elementy tablicy dobowych obciążeń infrastruktury  $[DOBC.J Inf]_{CL,t}$  można obliczyć ze wzoru:

$$[DOBC.J Inf]_{CL,t} = \frac{[OBC.J Inf]_{CL,t}}{l_{do}} \quad (7)$$

Tablice  $[DOBC.J Inf]_{CL,t}$  można wykorzystać do oceny stopnia wykorzystania infrastruktury. Do tego celu należy określić tablicę przepustowości dostępnej infrastruktury dla całego centrum  $[TDI]_{CL}$ . Złożenie tablic  $[DOBC.J Inf]_{CL,t}$  oraz tablicy  $[TDI]_{CL}$  daje zbiór tablic wskaźników obciążenia infrastruktury  $[WOI]_{CL,t}$ .

Kroki prowadzące do otrzymania tablicy  $[WOI]_{CL,t}$  przedstawiono na rysunku 2.





Rys. 3 Kroki prowadzące do otrzymania tablicy charakteryzującej stopień wykorzystania infrastruktury centrum  $[WOI]_{CL,t}$ .

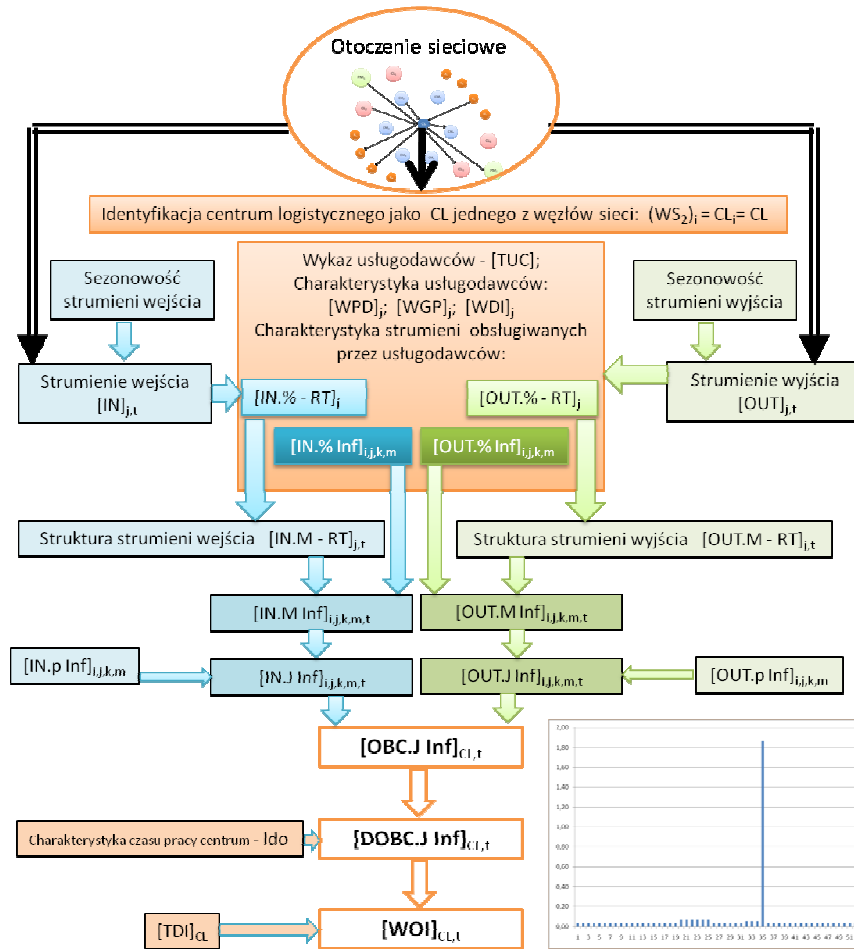
Źródło: opracowanie własne

### 3. PODSUMOWANIE

Proponowany model centrum logistycznego, uwzględniający zależności określone przy jego opisie, jako elementu sieci transportowo-logistycznej (p. 1) pozwala na:

- identyfikację i opis strumieni wejścia i wyjścia na poziomie całego centrum CL i każdego usługodawcy działającego na jego terenie, z rozbiciem na grupy produktowe, rodzaje transportu i jednostek ładunkowych obsługujących te strumienie oraz z uwzględnieniem sezonowości obciążeń (tzn. odniesionych do zdefiniowanego okresu),
- identyfikację i opis obciążenia poszczególnych elementów infrastruktury będących w dyspozycji usługodawców działających na terenie centrum, z możliwością oceny stopnia ich wykorzystania. Tablica  $[WOI]_{CL,t}$ , stanowiąca końcowy wynik zastosowania modelu, może być przedstawiana graficznie w różnych przekrojach dając ważne informacje dotyczące np. potrzeb inwestycyjnych lub dezinwestycyjnych, także w ujęciu prognostycznym.

Przedstawiony model, w sposób syntetyczny przedstawia rysunek 3. Pokazano na nim współzależności pomiędzy poszczególnymi zastawami danych i współczynników, ujętymi w tablicach stanowiących komponenty modelu.



Rys. 3. Synteza modelu

Źródło: opracowanie własne.

## BIBLIOGRAFIA

- [1] Jacyna M.: Wybrane aspekty koncepcji modelu Systemu Logistycznego Polski ze względu na ko modalność transportu, Prace Naukowe – Transport- zeszyt 75. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2010.
- [2] Fechner I. Centra logistyczne i ich rola w procesach przepływu ładunków w Systemie Logistycznym Polski Prace Naukowe – Transport- zeszyt 76. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2010

## MODELING OF A LOGISTICS CENTER FOR ASSESMENT OF ITS INFRASTRUCTURE LOADS

### Abstract:

In the paper a concept of a model of logistics center is given, enabling – based on defined data on input and output flows of goods – establish and assess a degree of loads of infrastructure administered by individual service providers operating in the center. The output and input flows are defined based on the balance of all steams flowing through the center, generated in the whole logistics& transportation network, and are considered for various types of goods, transport modes and transportation form of load. Seasonality of flows has been also taken into consideration. It has been assumed in calculations, that individual components of the infrastructure can be used also by other tenants.

Key words: logistics & transportation systems, logistics centers, modeling..