

Magdalena Bluszcz
Studia Doktoranckie Politechnika Warszawska Wydział Transportu

Marianna Jacyna
Wydział Transportu Politechniki Warszawskiej

KONCEPCJA MODELU OBSŁUGI LOGISTYCZNEJ MIASTA

Streszczenie: Artykuł jest efektem prac realizowanych w ramach grantu rozwojowego¹. W artykule przedstawiono przykłady systemów dystrybucji w zakresie obsługi aglomeracji miejskich. Szczegółowej analizie poddano dwustopniowy system obsługi logistycznej miasta. Punktami pośrednimi w tym systemie są Centra Konsolidacji Ładunków (CKŁ) i Miejskie Huby Przeładunkowe (MHP). Dokonano formalnego zapisu modelu obsługi logistycznej miasta dla dwustopniowego systemu dystrybucji. Zaproponowane warianty usprawnień realizacji procesów transportowych na obszarze miast i w ich bliskim otoczeniu poprzez zastosowanie w obsłudze pośrednich punktów przeładunkowych wynikają z potrzeby ograniczenia ruchu towarowego na terenie aglomeracji miejskich.

Słowa kluczowe: Logistyka miejska, model systemu logistycznego miasta, centrum konsolidacji ładunków, miejskie huby przeładunkowe, dwustopniowy system dystrybucji towarów

1. WPROWADZENIE

Jak wynika z badań statystycznych, w grudniu 2009 roku ludność Polski liczyła ponad 38173 tys. mieszkańców. Udział ludności zamieszkującej miasta wyniósł 61%, co stanowi ok. 1090 osób na 1 km²[10]. Z tak dużą gęstością zaludnienia wiąże się specyfika obsługi towarowej tak specyficznego obszaru.

Logistyka miejska ma na celu zmniejszenie uciążliwości związanych z transportem towarów na obszarach miejskich, przy jednoczesnym wspieraniu rozwoju gospodarczego i społecznego miast. Transport towarów stanowi z jednej strony główny czynnik umożliwiający rozwój większości działań gospodarczych i społecznych zachodzących w obszarach miejskich, co związane jest zarówno z zaopatrzeniem sklepów oraz miejsc

¹ Grant rozwojowy nt. "Model systemu logistycznego Polski jako droga do komodalności transportu w Unii Europejskiej". Nr R10 0027 06/2009. Kierownik grantu: Marianna Jacyna

pracy i wypoczynku, jak i z gospodarką odpadami. Z drugiej jednak strony transport towarowy jest głównym czynnikiem niepokojącym i utrudniającym życie społeczne mieszkańców aglomeracji miejskich. Należy, zatem poszukiwać rozwiązań pozwalających na ograniczenie ruchu towarowego w miastach.

Analizując literaturę w zakresie logistyki miejskiej [1,2,3,7,8] dochodzimy do wniosku, że podstawową ideą logistycznej obsługi miast z jednej strony jest dążenie do spełnienia oczekiwań bardzo zróżnicowanej pod względem potrzeb grupy klientów, a z drugiej strony zmniejszenie uciążliwości ruchu ciężarowego w miastach. Aby to osiągnąć należy podjąć działania usprawniające obsługę aglomeracji miejskich w ramach zintegrowanego systemu logistycznego. W konsekwencji będzie możliwe skoordynowanie przewozów poprzez konsolidację ładunków od kilku klientów.

Nie trudno zauważyć, że obsługa logistyczna aglomeracji miejskich jest problemem złożonym wynikającym m.in. z wysokiej gęstości zaludnienia oraz szerokiego spectrum konsumentów. Ponadto, jako czynniki utrudniające realizację potrzeb przewozowych należy wymienić: wysoką gęstość zabudowy, przeciążenie sieci drogowej, zły stan dróg miejskich, przestrzenną rozbieżność między miejscem zamieszkania a zatrudnienia oraz ograniczenia w rozbudowie infrastruktury transportowej. Należy również uwzględnić aspekty związane z ochroną środowiska (emisja zanieczyszczeń, hałas, itp.).

Jak już wcześniej wspomniano, aby temu sprostać należy projektować odpowiednie systemy obsługi aglomeracji miejskich w ramach zintegrowanego systemu logistycznego miasta. W niniejszym artykule zaprezentowano kilka modeli systemów dystrybucyjnych dla obsługi logistycznej miast oraz przedstawiono koncepcję dwustopniowego modelu systemu obsługi transportowej aglomeracji miejskiej.

Przedstawione modele dystrybucyjne są propozycją możliwych wariantowych usprawnień przebiegu towarowych procesów transportowych w obrębie specyficznych obszarów miejskich. Ich celem jest ograniczenie ruchu towarowego na terenie miast a tym samym skoordynowanie przepływów i eliminacja pustych przebiegów z zastosowaniem pośrednich punktów przeładunkowych takich jak centra konsolidacji ładunków (CKŁ) i miejskie huby przeładunkowe (MHP).

Usprawnienie działalności dystrybucyjnej miast, to przede wszystkim zmniejszenie liczby pojazdów ciężarowych w obrębie miasta. Liczbę pojazdów przemieszczających się po obszarach miejskich można zmniejszyć poprzez bardziej efektywne wykorzystanie pojazdów np. poprzez uzyskanie wyższych średnich współczynników obciążenia oraz zmniejszenie liczby pustych przebiegów [2,3,4].

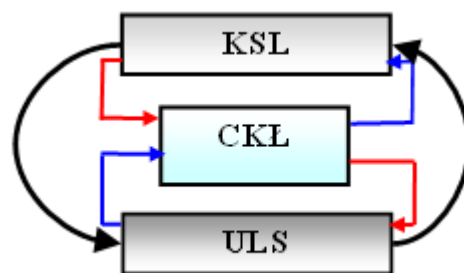
2. OBSŁUGA LOGISTYCZNA MIASTA Z WYKORZYSTANIEM JEDNO I DWUSTOPNIOWYCH SYTEMÓW DYSTRYBUCJI TOWARÓW

2.1. Rola centrum konsolidacji ładunków w obsłudze aglomeracji miejskiej

Czasowe i jakościowe wymagania dotyczące przebiegu obsługi aglomeracji miejskich wymuszają działania usprawniające realizację procesu dystrybucji na obszarze miast. Jak

już wspomniano w pkt. 1, jednym z możliwych rozwiązań takich usprawnień jest zastosowanie punktów pośrednich w dystrybucji towarów, takich jak Centrum Konsolidacji Ładunków i Miejskie Huby Przeładunkowe. CKŁ stanowi ogniwo łączące elementy Krajowego Systemu Logistycznego (KSL) z Miejskim Systemem Logistycznym (ULS) (rys.1), [1,2].

Centrum Konsolidacji jako samodzielny podmiot gospodarczy świadczy usługi logistyczne obejmujące m.in. przewóz, przeładunki, magazynowanie, rozdział i komisjonowanie towarów pochodzących z otoczenia ULS. Tym samym pełni funkcje zaopatrzeniowe i dystrybucyjne na potrzeby bloków funkcjonalnych systemu logistycznego miasta. Zatem CKŁ stanowi obiekt logistyczny typu magazynowego, tj. buforowo – rozdzielczo – kompletacyjny, charakteryzujący się bardzo dużą rotacją oraz zróżnicowanymi typami strumieniami przepływających ładunków. Popyt na usługi logistyczne zgłaszane przez mieszkańców - użytkowników miast stanowi determinantę rozwoju CKŁ z jednej strony, a z drugiej strony CKŁ jest ważnym czynnikiem rozwoju społeczno-gospodarczego miast.

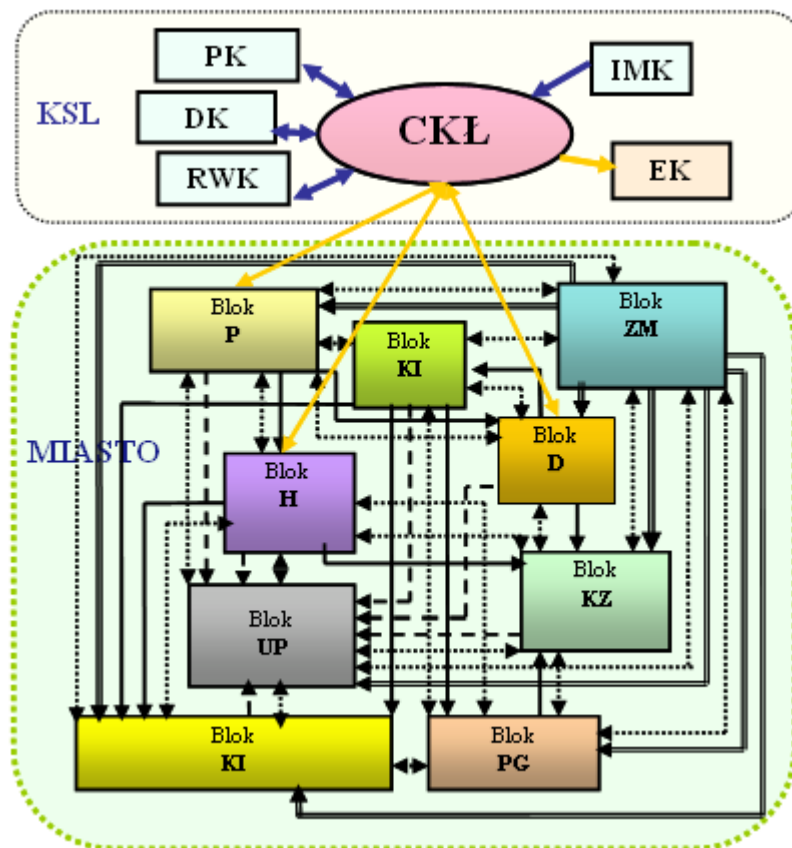


Rys.1. Oddziaływanie otoczenia KSL na ULS
Źródło: opracowanie własne na podstawie [2]

Punktami odbioru towarów w aglomeracjach miejskich są elementy podstawowych podsystemów funkcjonalnych modelu MULS (Systemu Logistycznego Miasta), w skład którego wchodzi m.in. filie produkcyjne, punkty sprzedaży detalicznej (centa handlowe, specjalistyczne sklepy, galerie handlowe, itp.), zakłady typu usługowego oraz handlowego (rys. 2). Będą to elementy [2]:

- zbioru zakładów produkcyjnych i przetwórczych, $P = \{p_1, p_2, \dots, p_p, \dots, p_{\bar{p}}\}$,
- zbioru elementów stanowiących konsumpcję zbiorową: nauki i oświaty, kultury, opieki zdrowotnej, gastronomii, bezpieczeństwa publicznego (policja, straż pożarna), sportu i rekreacji, rozrywki, $KZ = \{kz_1, kz_2, \dots, kz_{kz}, \dots, kz_{\overline{KZ}}\}$,
- zbioru elementów odpowiadających konsumpcji indywidualnej tj. gospodarstwa domowe $KI = \{ki_1, ki_2, \dots, ki_{ki}, \dots, ki_{\overline{KI}}\}$,
- zbioru zaopatrzenia w media skupiający Miejskie Przeds. Komunalne: wodociągowe, gazownie, ciepłownie, elektrownie itp. $ZM = \{zm_1, zm_2, \dots, zm_{zm}, \dots, zm_{\overline{ZM}}\}$,
- zbioru przedsiębiorstw użytku publicznego odpowiadających za wywóz odpadów (segregowanie i utylizacja), odprowadzanie nieczystości i oczyszczanie ścieków $UP = \{up_1, up_2, \dots, up_{up}, \dots, up_{\overline{UP}}\}$,

- zbioru podmiotów gospodarczych takich jak operatorzy na rynku TSL, rynku usług kurierskich, ekspresowych czy pocztowych $PG = \{pg_1, pg_2, \dots, pg_{pg}, \dots, pg_{\overline{PG}}\}$,
- zbioru elementów dystrybucji detalicznej obejmujący sieć punktów sprzedaży detalicznej, supermarkety, pojedyncze sklepy, itp. $D = \{d_1, d_2, \dots, d_d, \dots, d_{\overline{D}}\}$,
- zbioru elementów dystrybucji hurtowej i zaopatrzenia obejmujący place składowe, bazy magazynowe, centra dystrybucyjne $H = \{h_1, h_2, \dots, h_h, \dots, h_H\}$,
- zbioru usług tj. kosmetyka, krawiectwo, budownictwo, itp. $U = \{u_1, u_2, \dots, u_u, \dots, u_{\overline{U}}\}$.



Rys.2. Model Systemu Logistycznego Miasta z obsługą Centrum Konsolidacji
 Źródło: opracowanie własne na podstawie [2]

Z punktu widzenia obsługi towarowej aglomeracji miejskich elementami otoczenia będą elementy zbioru:

- produkcji krajowej z krajowymi zakładami produkcyjnymi i przetwórczymi $PK = \{pk_1, pk_2, \dots, pk_{pk}, \dots, pk_{\overline{PK}}\}$,
- rolnictwa i przemysłu wydobywczego z dużymi gospodarstwami rolnymi, zakładami wydobywczymi oraz rybołówstwem $RWK = \{rwk_1, rwk_2, \dots, rwk_{rwk}, \dots, rwk_{\overline{RWK}}\}$,
- dystrybucji krajowej z lokalnymi, regionalnymi, centralnymi logistycznymi bazami magazynowymi $DK = \{C^L, C^R, C^C\}$,

- eksportu z przejściami granicznymi, portami morskimi, lotniczymi itp.
 $EK = \{ek_1, ek_2, \dots, ek_{ek}, \dots, ek_{EK}\}$,
- importu z przejściami granicznymi, portami morskimi, lotniczymi itp.
 $IMK = \{imk_1, imk_2, \dots, imk_{imk}, \dots, imk_{IMK}\}$.

Zarówno pomiędzy wymienionymi elementami zbiorów MULS [1] jak i elementami zbiorów należącymi do otoczenia występują relacje przewozowe typowe dla warunków, w których realizowany jest przewóz towarów w miastach. Warunki te znacznie różnią się od warunków panujących poza obszarami wysoko zurbanizowanymi.

Na potrzeby badań w zakresie określenia relacji występujących w obszarach miejskich oraz pomiędzy obszarem miejskim a otoczeniem za pośrednictwem CKŁ, przyjęto następujące założenia. Po pierwsze bloki funkcjonalne KSL, które obsługują podmioty gospodarcze aglomeracji miejskiej obsługują miasto tylko z uwzględnieniem CKŁ. Po drugie podmioty gospodarcze funkcjonujące w ULS realizują swoje zamówienia tylko i wyłącznie poprzez CKŁ.

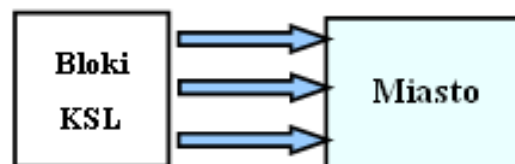
2.2. Rodzaje systemów obsługi aglomeracji miejskiej

Rodzaje typów modeli dystrybucyjnych wynikają z procesów dystrybucji towarów. Według J. Szoltyśka [7] można dokonać podziału miejskich modeli dystrybucyjnych na (tabela 1):

- bezpośrednie,
- pośrednie
- mieszane.


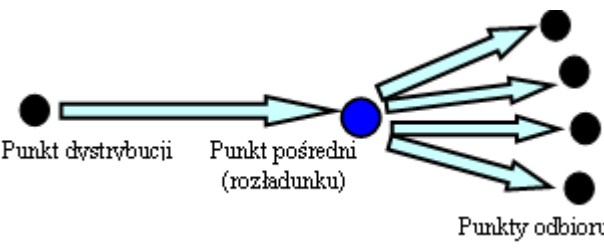
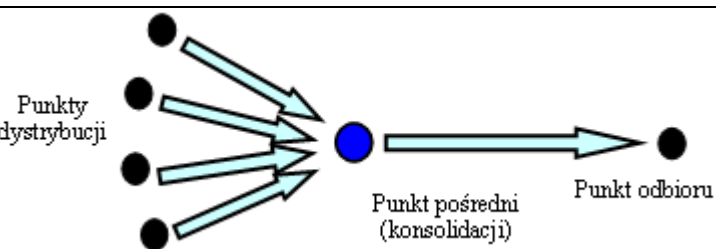
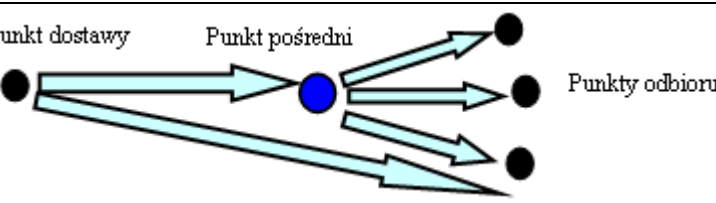
W obsłudze aglomeracji miejskich, przy zastosowaniu modeli pośrednich bądź mieszanych, istotną rolę odgrywają punkty pośrednie, którymi są jak już wspomniano wcześniej Centra Konsolidacji Ładunków (CKŁ).

W przypadku dostawy bezpośredniej miejski model dystrybucyjny charakteryzuje się jednoetapowym przepływem towarów między punktem produkcji i punktem odbioru. Oznacza to, że jest to przepływ ciągły niezakłócony operacjami przeładunku i składowania. Źródłem powstawania zapotrzebowania na przewóz jest dowolny z bloków wchodzących w skład KSL. Towary przewożone są bezpośrednio środkiem transportu do punktu docelowego na terenie miasta. Ilustracja graficzna modelu dystrybucji z bezpośrednią dostawą towarów została przedstawiona na rys. 3.



Rys.3. Ilustracja graficzna miejskiego modelu dystrybucji z bezpośrednią dostawą towarów
 Źródło: opracowanie własne

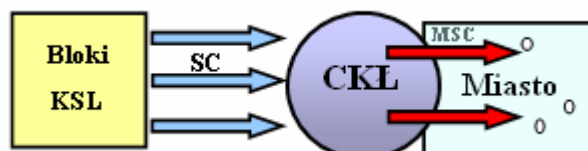
Podział miejskich modeli dystrybucyjnych

MIEJSKIE MODELE DYSTRYBUCYJNE	
Nazwa	Bezpośredni
Opis	Rysunek
„transport od drzwi do drzwi” ze specjalnymi urządzeniami załadunku i wyładunku	
Nazwa	Pośredni
Opis	Rysunek
<i>transport od węzła do węzła</i> ”. W punkcie zakłócenia przepływu bezpośredniego odbywa się proces dystrybucji lub przeładunku. Przez dystrybucję rozumie się zmniejszenie jednostek transportowych zgodnie z zapotrzebowaniem klienta. Natomiast na konsolidację składa się tworzenie większej zgrupowanej ilości ładunku	Z procesem dystrybucji 
	Z procesem konsolidacji 
Nazwa	Mieszany
Opis	Rysunek
Jest syntezą dwóch pierwszych modeli dystrybucyjnych. W systemie mieszanym możliwy jest jednoczesny przepływ pośredni i bezpośredni towarów	

Źródło: opracowanie własne na podstawie [7].

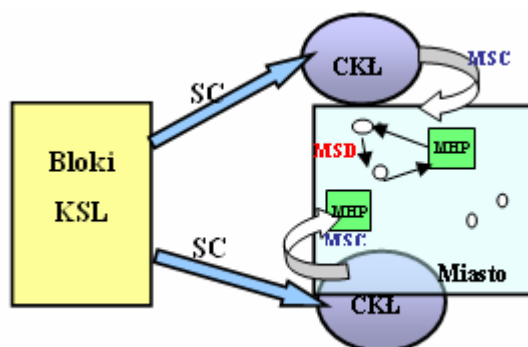
Ze względu na liczbę etapów pośrednich występujących w obsłudze logistycznej miasta systemy dystrybucji z zastosowaniem CKŁ można podzielić na jednostopniowe i dwustopniowe. W przypadku modeli z jednostopniowym systemem dystrybucji towarów (rys.4) punktem początkowym przepływu towarów jest dowolny z bloków KSL. Następnie

towar trafia do CKŁ, gdzie ładunki poddawane są procesom rozdziału i kompletacji. Po przygotowaniu planu transportów ładunki zostają załadowane na pojazdy o mniejszej ładowności i dostarczane do odbiorców na terenie miast, np. punktów sprzedaży detalicznej, itp. W tym przypadku transport jest przerywany celem ograniczenia liczby dużych samochodów poruszających się z dostawami towarów w granicach miasta. Ilustracja graficzna modelu obsługi logistycznej miasta z jednostopniowym systemem dystrybucji towarów została przedstawiona na rys.4.



Rys.4. Ilustracja graficzna miejskiego modelu obsługi logistycznej miasta z jednostopniowym systemem dystrybucji towarów
Źródło: opracowanie własne

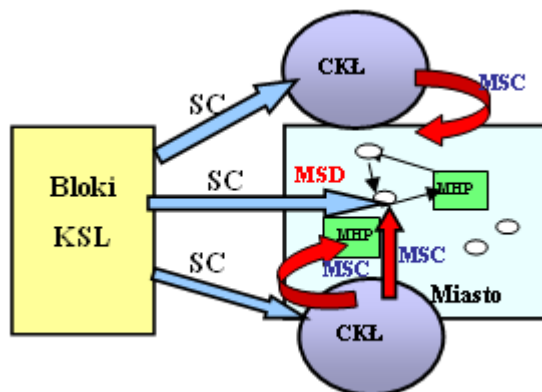
Gdy w procesie obsługi logistycznej miasta występują dwa punkty pośrednie wówczas mamy do czynienia z modelami z dwustopniowym systemem dystrybucji towarów (rys.5). W modelu tym obok CKŁ występują dodatkowe punkty pośrednie, tzw. Miejskie Huby Przeładunkowe (MHP). Obiekty te sprawdzają się w przypadku dużych miast, charakteryzujących się wysokim poziomem gęstości zaludnienia oraz dużą liczbą obiektów handlowych, administracyjnych i kulturalnych, gdzie odległość od CKŁ znajdującego się na obrzeżach miasta do centrum miasta jest duża. Jeżeli miasto dysponuje więcej niż jednym CKŁ wówczas obszar miejski jest dzielony na regiony i każde z CKŁ obsługuje własny obszar. W tym przypadku, towar załadowany w CKŁ nie trafia bezpośrednio do klientów, lecz do MHP zlokalizowanych w różnych strefach miasta, gdzie następuje rozdział asortymentu oraz zmiana środka transportowego na mniejszy pojazd.



Rys.5. Ilustracja graficzna miejskiego modelu obsługi logistycznej miasta z dwustopniowym systemem dystrybucji towarów
Źródło: opracowanie własne

Wśród modeli dystrybucyjnych obsługi aglomeracji miejskich, wyróżnia się również modele mieszane powstające przez połączenie jedno i dwustopniowych systemów obsługi. W modelach tych dopuszcza się możliwość występowania bezpośredniej obsługi

w pewnych uzasadnionych przypadkach. Ilustracja graficzna modelu obsługi logistycznej miasta z mieszanym systemem dystrybucji towarów została przedstawiona na rys.6.



Rys.6. Ilustracja graficzna miejskiego modelu obsługi logistycznej miasta z mieszanym systemem dystrybucji towarów

Źródło: opracowanie własne.

3. MODEL SYSTEMU OBSŁUGI LOGISTYCZNEJ MIASTA

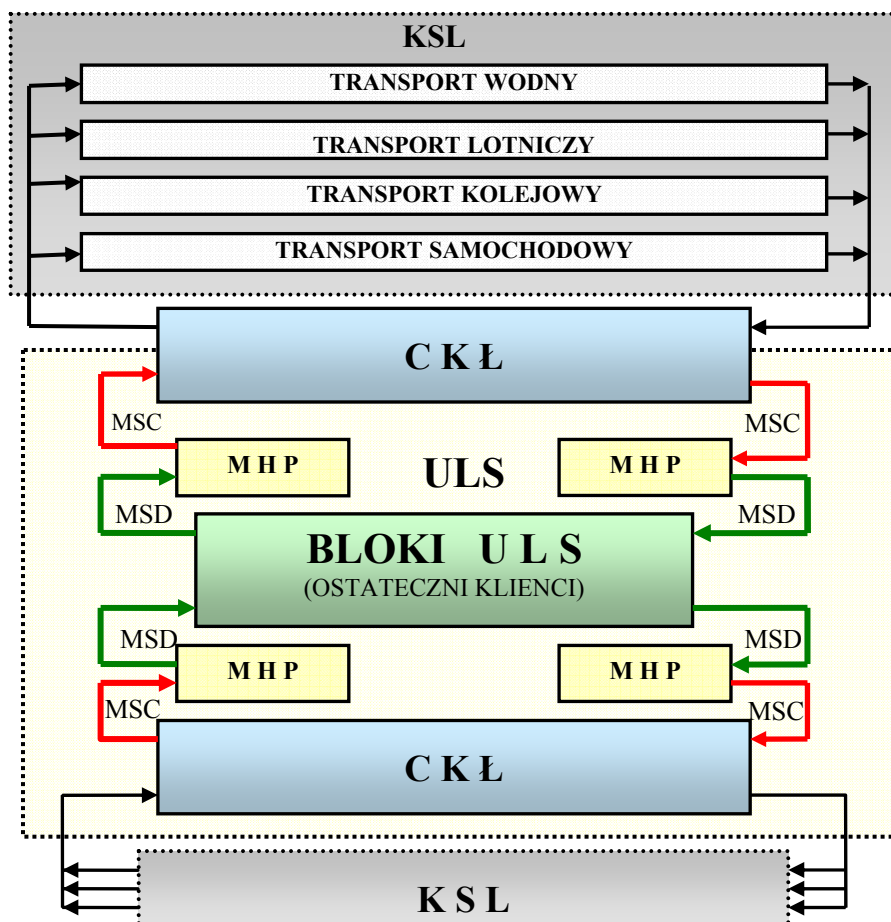
3.1. Założenia wstępne

W artykule skupiono się na dwustopniowym systemie obsługi logistycznej miasta. Punktami pośrednimi w tym systemie są Centra Konsolidacji Ładunków (CKŁ) i miejskie huby przeładunkowe (MHP). Ilustracja graficzna modelu tego systemu przedstawiona została na rys. 7, gdzie pierwszy stopień obsługi logistycznej miasta został zaznaczony strzałkami koloru czerwonego natomiast drugi stopień kolorem zielonym. Założono, że obsługa logistyczna przebiega w następujący sposób:

- 1) duże samochody ciężarowe (ładowność ok. 24 ton) z towarem (lub inne środki transportu, np. kolejowego) przybywają do CKŁ, gdzie są poddawane czynnościom rozładunkowym. Źródłem pochodzenia towarów są bloki KSL;
- 2) w CKŁ ładunki są następnie sortowane, ewentualnie konsolidowane a następnie załadowywane do miejskich samochodów ciężarowych (MSC) (ładowność < 10 ton);
- 3) każdy z miejskich samochodów ciężarowych otrzymuje dane z określonym czasem wyjazdu oraz trasą i udaje się do jednego lub kilku MHP;
- 4) w MHP towar zostaje przeładowany do mniejszych miejskich pojazdów dostawczych MSD (ładowność < 3,5 ton);
- 5) każdy MSD obsługuje trasy do wyznaczonych klientów, a następnie udaje się do punktu, w którym następuje kolejny załadunek.

Zarówno samochody typu MSC, jak i typu MSD mogą odwiedzić więcej niż jeden punkt podczas wykonywania jednej trasy. Zakładamy przy tym, że trasy po których przemieszczać się będą pojazdy powinny stanowić specjalnie wybrany układ ulic, w celu

ułatwienia dostępu do punktów przeładunkowych oraz zmniejszenia wpływu na komunikację miejską oraz środowisko.



Rys.7. Schemat dwustopniowej obsługi logistycznej miasta.
Źródło: Opracowanie własne

3.2. Parametryzacja elementów modelu

Zgodnie z przyjętymi założeniami w projektowanym systemie obsługi logistycznej aglomeracji miejskich punktami, gdzie następuje rozdział i kompletacja towarów są CKŁ i MHP. Na potrzeby badań zakładamy, że zostaną zdefiniowane następujące zbiory:

- zbiór numerów Centrów Konsolidacji Ładunków, w których towary są poddawane sortowaniu i konsolidacji, tj. zbiór postaci: $CK = \{ck_t: t=1,2,\dots, \overline{CK}\}$;
- zbiór numerów punktów przeładunkowych (MHP), tj. zbiór postaci: $HP = \{hp: hp=1,2,\dots, \overline{HP}\}$;
- zbiór numerów klientów obsługiwanych przez projektowany system dystrybucji, tj. zbiór postaci: $J = \{j: j=1,2,\dots, \overline{J}\}$;

- zbiór numerów typów miejskich pojazdów ciężarowych (MSC), tj. zbiór postaci $\mathcal{S}^C = \{s: s=1,2,\dots, \bar{S}\}$, których zadaniem będzie transport ładunków z CKŁ do MHP;
- zbiór numerów typów miejskich pojazdów dostawczych (MSD), tj. zbiór postaci $\mathcal{V} = \{v: v=1,2,\dots, \bar{V}\}$, których zadaniem będzie rozwieszenie towaru z MHP bezpośrednio do klientów;

Ponadto zakładamy, że zdefiniowane są charakterystyki środków transportowych stosowanych do obsługi logistycznej miasta, tj. dane są wielkości:

- $n(s) \in N$ o interpretacji liczby MSC typu s oraz $\alpha(s) \in \mathfrak{R}^+$ o interpretacji ładowności miejskich pojazdów ciężarowych typu s ;
- $n(v) \in N$ ma interpretację liczby MSD typu v , natomiast symbolem $\alpha(v) \in \mathfrak{R}^+$ oznaczono ładowność MSD typu v ;
- usług wykonywanych przez s -te miejskie pojazdy ciężarowe, tj. dany jest zbiór postaci: $\mathcal{U} = \{u(s): u(s)=1,2,\dots, \bar{U}\}$; wielkość $k(u,s) \in \mathfrak{R}^+$ ma interpretację kosztu wykonania usługi u przez pojazd s ;
- usług wykonywanych przez v -te miejskie pojazdy dostawcze, tj. dany jest zbiór postaci: $\mathcal{US} = \{us(v): us(v)=1,2,\dots, \bar{US}(v)\}$; wielkość $k(us,v) \in \mathfrak{R}^+$ ma interpretację kosztu wykonania usługi przez pojazd v ;
- wielkość $\delta(s, hp) \in \mathfrak{R}^+ \cup \{0\}$ ma interpretację czasu potrzebnego do rozładunku miejskich pojazdów ciężarowych typu s w hp -tym hubie przeładunkowym;
- wielkość $\delta(v, hp) \in \mathfrak{R}^+ \cup \{0\}$ ma interpretację czasu potrzebnego do załadunku miejskich pojazdów dostawczych typu v w hp -tym hubie przeładunkowym.

Zakładamy również, że charakterystyki każdego z punktów pośrednich, tj. należących do CKŁ lub MHP w zakresie godzin pracy i możliwości obsługi miejskich samochodów ciężarowych oraz miejskich samochodów dostawczych są zadane. Znana jest zatem wielkość $\pi(hp, s) \in N$ maksymalnej liczby pojazdów MSC jednocześnie obsługiwanych w MHP i wielkość $\lambda(hp, v) \in N$ maksymalnej liczby pojazdów MSD jednocześnie obsługiwanych w MHP oraz zbiór \mathcal{T} okresów pracy systemu, tj. zbiór postaci: $\mathcal{T} = \{t: t=1,2,\dots, \bar{T}\}$.

Większość klientów to podmioty gospodarcze o znanych charakterystykach, które dotyczą:

- typów ładunków dostarczanych do j -tego klienta, tj. zdefiniowany jest zbiór numerów typów ładunków transportowanych z CKŁ, tj. zbiór $\mathcal{L}^J = \{l: l=1,2,\dots, \bar{L}^J\}$;
- wielkości $q(l, j)$ o interpretacji wielkości zapotrzebowania na ładunek typu l u j -tego klienta
- wielkości $[a(j), b(j)]$ o interpretacji przedziału czasowego, w którym ma być zrealizowany przewóz do j -tego klienta;
- wielkością $t(j) \in \mathcal{T}$ o interpretacji numeru przedziału czasu t w jakim ma być zrealizowane zapotrzebowanie j -tego klienta;
- wielkość $ck(l, j) \in CK$ oznacza centrum konsolidacji ładunków, które realizuje zapotrzebowanie j -tego klienta na l -ty typ towaru.;

- wielkość $\delta(j, l)$ ma interpretację czasu potrzebnego na rozładunek l -tego towaru u j -tego klienta.

Ponieważ czas obsługi transportowej jest ściśle związany z warunkami ruchu, może więc ulegać zmianie w zależności od pory dnia, strefy miasta (np. tworzenie się korków w kierunku centrum miasta rano podczas godzinowego szczytu, itp.). Ponadto, jak już wcześniej wspomniano okres działania obejmuje $t=1,2,\dots, \bar{T}$ okresy. Planowanie obejmuje w większości przypadków kilka godzin do pół dnia, a więc każdy okres powinien być również stosunkowo niewielki, na przykład rzędu kwadransa lub pół godziny. Przy czym założono, że w okresie może nastąpić co najwyżej jeden wyjazd s -tego pojazdu do MHP, a długości okresu są wielokrotnościami czasów rozładunku pojazdów typu MSC.

3.3. Formalizacja zapisu modelu obsługi

Przedstawiony w niniejszym artykule, model obsługi logistycznej miasta jest wynikiem prac zadania 3 opracowania [10] oraz badań przedstawionych w pracy Schäffeler U., Wichser J. [6]. Ogólnie problem obsługi logistycznej miasta możemy zapisać następująco.

Dla zadanych zbiorów CK, HP, J i zbiorów charakterystyk środków transportowych $S^c, V, U, US, \delta(s, hp), \delta(v, hp)$, oraz zbiorów charakterystyk punktów pośrednich

należy wyznaczyć:

$$\forall u(s) \in U \quad \rho(u(s)) = \begin{cases} 1 & \text{gdy miejski pojazd ciężarowy wykonuje usługę typu } u \\ 0 & \text{w przeciwnym przypadku} \end{cases}$$

$$\forall us(v) \in US \quad \rho(us(v)) = \begin{cases} 1 & \text{gdy miejski pojazd dostawczy wykonuje usługę typu } us \\ 0 & \text{w przeciwnym przypadku} \end{cases}$$

przy uwzględnieniu szeregu ograniczeń, w tym m.in.

- nie przekroczenia ładowności pojazdów typu s w pojedynczym kursie

$$\forall u(s) \in U \quad \sum_{l \in L'} \sum_{j \in J} q(l, j) \leq \alpha(s) \cdot \rho(u(s))$$

gdzie J^* jest zbiorem odbiorców obsługiwanych w danym kursie

- nie przekroczenia ładowności miejskich pojazdów ciężarowych typu v

$$\forall us(v) \in US \quad \sum_{l \in L'} \sum_{j \in J} q(l, j) \leq \sum_{v \in V} \alpha(v) \cdot \rho(us(v))$$

- pracy miejskich hubów przeładunkowych i warunku nie przekraczania możliwości przeładunkowych w określonym przedziale czasu:
 - w przypadku miejskich pojazdów ciężarowych typu s

$$\forall hp \in HP \forall t \in T \sum_{t^*=t-\delta(s)+1}^t \sum_{u(s) \in U} \rho(u(s)) \leq \pi(hp, s)$$

- w przypadku miejskich pojazdów dostawczych typu v

$$\forall hp \in HP \forall t \in T \sum_{t^*=t-\delta(v)+1}^t \sum_{us(v) \in US} \rho(us(v)) \leq \lambda(hp, v)$$

- ograniczenia na liczbę posiadanych pojazdów typu s

$$\forall s \in S^C \sum_{u(s) \in U} \rho(u(s)) \leq n(s)$$

- ograniczenia na liczbę posiadanych pojazdów typu v

$$\forall v \in V \sum_{us(v) \in US} \rho(us(v)) \leq n(v)$$

tak, aby funkcja kryterium o interpretacji całkowitego kosztu eksploatacji systemu będąca sumą kosztów generowanych przez pojazdy MSD s i pojazdy MSC v

$$\left[\sum_{s \in S^C} \sum_{u(s) \in U} k(u, s) \cdot \rho(u(s)) + \sum_{v \in V} \sum_{us(v) \in US} k(us, v) \cdot \rho(us(v)) \right] \longrightarrow \min$$

osiągała wartość minimalną

WNIOSKI

Proponując, w projektowanym systemie obsługi aglomeracji miejskich, udział Centrów Konsolidacji Ładunków założono, że obecność CKŁ wpływa na uporządkowanie przepływu towarów pomiędzy otoczeniem a odbiorcami zlokalizowanymi w obrębie aglomeracji miejskiej. Zastosowanie rozwiązań usprawniających przepływ towarów w miastach i opierających się na systemie dwustopniowej obsługi miast z wykorzystaniem CKŁ i MHP w rezultacie prowadzić może m.in. do:

- mniejszego zatłoczenia dróg w ruchu międzymiastowym,
- zmniejszenia niszczenia dróg i infrastruktury drogowej,
- ograniczenia kongestii transportowej w centrum miast,
- redukcji nadmiernej emisji spalin i innych zanieczyszczeń związanych z eksploatacją pojazdów.

Zaproponowany w artykule ogólny model obsługi logistycznej miasta będzie jeszcze bardziej uszczegóławiany o dodatkowe charakterystyki zarówno zastosowanych pojazdów jak i oczekiwań klientów co do potrzeb w zakresie realizowanych usług. Przedstawiony model stanowi podstawę do dalszych rozważań i pracy nad usprawnieniem działania obsługi logistycznej miasta.

Ważnym aspektem projektowania systemu obsługi logistycznej miasta będzie po pierwsze implementacja komputerowa zaproponowanego modelu, a po drugie weryfikacja proponowanego podejścia na danych rzeczywistych dla miast o różnej strukturze zabudowy i potrzeb klientów. Przyszłe działania związane z modyfikacją zaproponowanego modelu obejmować będą również obsługę poszczególnych stref miasta oraz podział przewozów ze względu na grupy produktów z zastosowaniem okien czasowych.

ACKNOWLEDGMENTS

Artykuł jest efektem prac w ramach grantu rozwojowego pt. „Model systemu logistycznego Polski jako droga do komodalności transportu w Unii Europejskiej”. Nr R10 0027 06/2009. Kierownik projektu - Marianna Jacyna.

Bibliografia

1. Bluszcz M., Jacyna M.: Modelowa struktura miejskiego systemu logistycznego. *Logistyka* 2009
2. Bluszcz M., Jacyna M.: Model Solution of Connections Between Urban Logistic System and National Logistic System. *The Archives of Transport*, vol. XXI no 3-4, Warsaw 2009
3. Crainic, T.G., Ricciardi, N., Storchi, G.: Models for Evaluating and Planning City Logistics Transportation Systems. CIRRELT-2007,
4. Jacyna M.: Wybrane zagadnienia modelowania systemów transportowych. Oficyna Wydawnicza PW, Warszawa 2008
5. Matalewski M., Konecka S., Fajfer P., Wojciechowski A.: Systemy logistyczne, komponenty, działania, przykłady. Wyd. Biblioteka Logistyka, Poznań 2008
6. Schäffeler U., Wichser J.: Inner urban freight transport and city logistics. EU-funded Urban Transport Research Project Results, www.eu-portal.net, 2008
7. Szołtysek J.: Podstawy logistyki miejskiej. Wydawnictwo Akademii Ekonomicznej, Katowice 2000
8. Tundys B.: Logistyka miejska. Wydawnictwo Difin, Warszawa 2008
9. Główny Urząd Statystyczny, www.stat.gov.pl
10. Sprawozdanie z Zadania 3 pt. Umiejscowienie logistyki miejskiej w systemie logistycznym kraju, Projektu rozwojowego nt Model systemu logistycznego Polski jako droga do komodalności transportu w Unii Europejskiej Nr R10 0027 06/2009.

CONCEPT OF CITY LOGISTICS SERVICE MODEL

Abstract: The article is the result of work performed under the grant of development¹. The paper was presented examples of urban service systems and a model example of the formal record of the city logistics. The article examines two-tier system of logistics of the city. Intermediate points in this system are the cargo consolidation centers (CKŁ) and urban transshipment hubs (MHP). The proposed options for improvements to the implementation of transport processes in the cities and their immediate environment through the use of indirect use of transfer resulting from the need to reduce freight traffic in urban areas

Keywords: City logistics, model of a city logistic system, cargo consolidation center, urban transshipment hubs, two-tier system of distribution of goods