

Krzysztof Lewandowski

Zakład Logistyki i Systemów Transportowych, Instytut Konstrukcji i Eksploatacji Maszyn Politechniki Wrocławskiej

## Użycie tramwaju towarowego w logistyce miejskiej

Współczesna logistyka miejska zakłada redukcję ruchu transportowego wewnątrz ścisłego centrum miast poprzez zintegrowanie zarządzania systemami transportowymi. Wymusza to szukanie nowych rozwiązań środków transportowych ujętych w logistyczne zarządzanie ruchem transportowym w miastach. Jedną z takich dróg jest idea wykorzystania istniejącej infrastruktury transportu szynowego, po których na codzień kursują tramwaje pasażerskie swobodnie poruszające się w ograniczonym dla innych pojazdów centrum miast. Pozwala to rozważyć koncepcję wykorzystania infrastruktury transportu szynowego do implementacji znanej z historii idei tramwaju towarowego. Artykuł ten przedstawia koncepcję tramwaju towarowego w ujęciu logistyki miejskiej w zintegrowanym zarządzaniu ruchem transportowym.

Przyjmując zasadę, że „logistyka miejska to sposób myślenia logistycznego na polu konkurujących ze sobą wymagań użytkowych wobec ograniczonych zasobów przestrzeni śródmiejskiej [4], należy wyodrębnić problem transportu w ograniczonej przestrzeni miejskiej. Wymaga to rozważenia zagadnienia optymalizacji przepływu środków transportowych w istniejącej infrastrukturze komunikacyjnej miast. Zadanie to narzuca staranne studia warunków powstawania kongestii w obszarze miasta ze ścisłym podziałem w poszczególnych dzielnicach. Istotną cechą centrum miast jest kongestia powstała wskutek nieoptymalnego schematu sieci ulicznej oraz dużego ruchu drogowego, celowego (w miejsca w centrum) i tranzytowego. Powoduje to znaczne utrudnienia w zaopatrywaniu odbiorców zarówno w samym centrum miast jak i jego obrzeżach. Problem ten wymaga przeniesienia ruchu tranzytowego poza centrum miasta albo poszukania innego logistycznego rozwiązania zadania transportu towarów przez centrum miast. Wiąże się to ze znalezieniem sku-

tecznego środka transportu wpiętego w istniejącą strukturę miejskiej infrastruktury komunikacyjnej, zintegrowanej logistycznie w spójny system dystrybucji i sterowania ruchem transportowym w mieście.

Taką możliwość daje powstanie Miejskiego Zintegrowanego Centrum Logistycznego.

Pozwala to na zoptymalizowanie zadania transportowego przy zaopatrywaniu klientów w obszarze miasta. Istotną luką w miejskiej infrastrukturze komunikacyjnej jest brak wykorzystania istniejącej sieci komunikacji szynowej w realizowaniu zadania transportu w centrum miasta i jego obszarze. Zadanie transportu do i z centrum oraz w jego obszarze może skutecznie pojąć tramwaj towarowy.

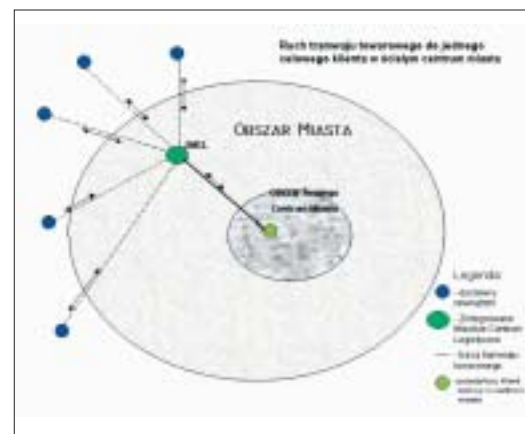
### Cechy tramwaju towarowego

#### Zalety:

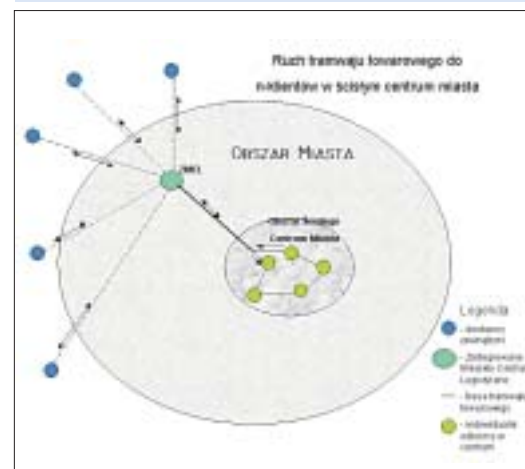
- 1.1. Ekologiczność, nowoczesny napęd i infrastruktura torowisk pozwala wprowadzić tramwaj transportowy do ścisłego centrum, gdzie istotnym ograniczeniem dla prowadzenia zadań transportowych jest znaczna kongestia wskutek natężenia ruchu pieszego oraz cisza nocna
- 1.2. Ekonomiczność, jedynym istotnym wydatkiem związanym z implementowaniem tramwaju transportowego w miejską infrastrukturę taboru szynowego jest sam tramwaj. Wymaga to budowy nowego taboru lub adaptacji istniejącego
- 1.3. Elastyczność, zadania transportowe mogą być wykonywane na zamówienie jak i według ustalonego harmonogramu.

#### Wady

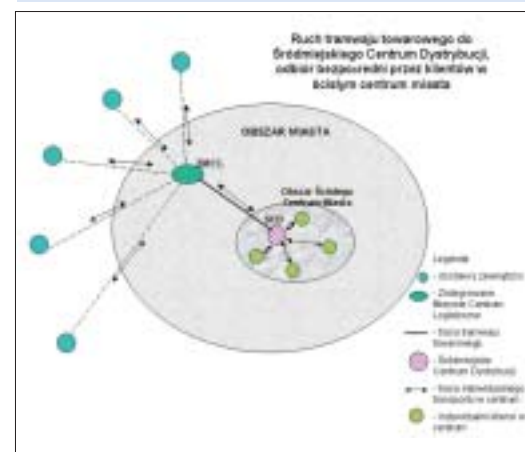
- 1.4. Ścisłe przywiązanie do istniejącej infrastruktury sieci tramwajowej.
- 1.5. Wysoka podatność na opóźnieniach ruchu, ze względu na ruch szeregowy na torze.
- 1.6. Takt jazdy ściśle przyporządkowany tramwajowemu ruchowi osobowemu.



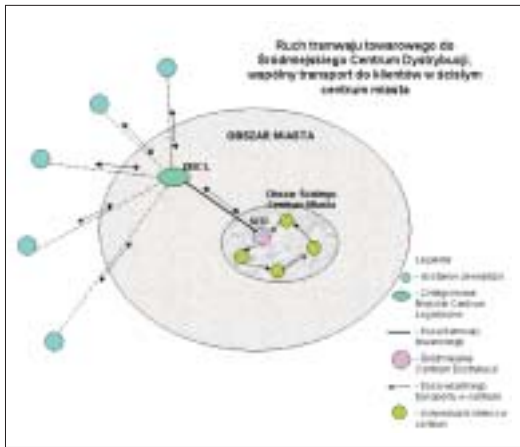
Rys. 1. Ruch tramwaju towarowego do jednego klienta celowego w centrum



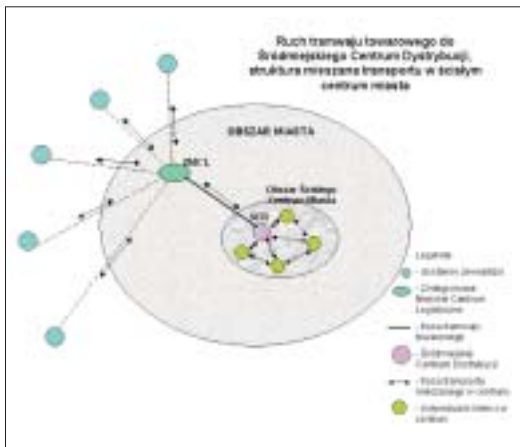
Rys. 2. Ruch tramwaju towarowego do n-klientów indywidualnych w centrum.



Rys. 3. Ruch tramwaju towarowego do Śródmiejskiego Centrum Dystrybucji, odbiór indywidualny towaru przez klientów w centrum.



Rys. 4. Ruch tramwaju towarowego do Śródmiejskiego Centrum Dystrybucji, wspólny transport towaru do klientów w centrum.



Rys. 5. Ruch tramwaju towarowego do Śródmiejskiego Centrum Dystrybucji, mieszany transport towaru do klientów w centrum.

## Schematy użycia tramwaju towarowego

Definiując transport w centrum miasta można wyróżnić kilka schematów zaopatrywania klientów w centrum miasta z Miejskiego Zintegrowanego Centrum Logistycznego.

### 2.1. Transport do jednego klienta celowego; Bezpośredni nadawca, bezpośredni odbiorca.

Cechą tego systemu jest to, że nadawca i odbiorca posiada własne bocznicę tramwajowe, umożliwiające bezkolizyjny za- i wyładunek towaru nie powodując kolizji z harmonogramem ruchu normalnego transportu publicznego. Tramwaj towarowy włącza się cyklicznie do ruchu w ustalonych „oknach”

### 2.2. Transport szeregowy do n-klientów indywidualnych w centrum; Bezpośredni nadawca, bezpośredni odbiorcy indywidualni.

Cechą tego systemu jest ryzyko wywołania kongestii w harmonogramie ruchu transportu publicznego i drogowego. Wymagane jest wówczas zsynchronizowanie czasowe odbioru towaru przez wszystkich klientów na trasie przejazdu tramwaju towarowego. Konieczne jest także wprowadzenie systemu kar za spowodowanie opóźnień w ruchu transportu publicznego wobec winnych zakłóceń w trakcie wyładunku.

### 2.3. Transport tranzytowy do centrum dystrybucji w centrum; Bezpośredni nadawca, pośrednie centrum dystrybucji i konfekcjonowania towarów dla klientów indywidualnych:

a) odbiór bezpośredni przez klientów, transport wewnątrz centrum ma strukturę promienistą

System ten umożliwia wyznaczenie jednego placu wysamodzielnie odbierają towar własnymi środkami transportu. Może to wymagać zbudowania specjalnej infrastruktury – przystanku tramwajowego, lub wyznaczenia i adaptacji istniejącego.

b) odbiór towarów przez klientów poprzez jeden wspólny środek transportu, transport

System ten posiada cechy wspólne jak dla przykładu z rys. 3. Istotną cechą jest to, że transport do klientów odbywa się jednym wspólnym środkiem transportu. Przystanek towarowy umożliwia przeładunek towaru.

c) odbiór towaru ma strukturę mieszaną, promienisto-pętlową ładunku towaru w ścisłym centrum miasta, gdzie klienci indywidualni

## Przykłady zastosowania tramwaju towarowego

Pierwsze tramwaje towarowe zaczęły kursować już XIXw. w Europie, Ameryce Północnej, Azji i Australii. Zastosowanie ich wynikało przede wszystkim z braku dostatecznego środka transportu drogowego. W XIXw. i do 1939r samochody były za słabe, a w okresie 1939-1945 samochody były zarekwirowane na potrzeby wojenne, a po 1945r do odbudowy gospodarki narodowej lub były ogólnoswiatowe kryzysy paliwowe. Obecnie wraca tendencja do użycia tramwajów z zupełnie innego powodu, chęci ograniczenia masowego drogowego ruchu towarowego w ścisłym centrum miast.

## Realizacja dostaw pomiędzy bezpośrednim nadawcą i odbiorcą

16 listopada 2000r miejskie przedsiębiorstwo komunikacyjne DVB AG w Dreźnie uruchomiło dwa nowoczesne składy CarGoTram na potrzeby firmy Volkswagen do masowego zaopatrywania zakładów Gläsernen VolkswagenManufaktur przy Straßburger Platz w centrum miasta z dworca DresdenFriedrichstadt, gdzie mieści się centrum logistyczne firmy Volkswagen w Dreźnie działające według logistycznej koncepcji zaopatrzenia „Just in time”. W obu punktach wybudowano specjalne bocznicę tramwajowe i rampy za- i wyładownicze.

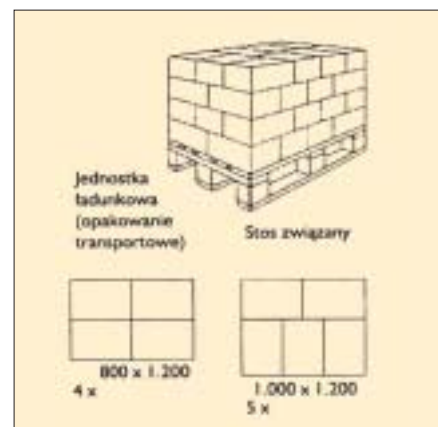
Pełen tabor tramwaju CarGoTram kosztował 6,5 mln DM i obejmuje 5 wagonów krańcowych i 7 wagonów środkowych. Jeden skład CarGoTram składa



Rys. 6. CarGoTram na ulicy Drezna [10].



Rys. 7. Schemat ruchu tramwaju CarGo-Tram w Dreźnie [2].



Rys. 8. Palety 1200\*800 i 1200\*1000 z opakowaniami modułowymi 400\*600 [12].



się z 2 wozów krańcowych i 3 wagonów środkowych. Długość składu 59,4m, szerokość 2,2m. Wszystkie wagony są napędzane 20 silnikami asynchronicznymi o mocy całkowitej 900kW. Prędkość maksymalna składu 50km/h. Rozstaw szyn 1450mm (sic). Maksymalna ładowność całkowita składu: 2\*7,5t (wagony krańcowe) + 3\*15t (wagony środkowe) = 60t. Maksymalna masa całkowita składu 150t. (rys. 6)

Tramwaj CarGoTram kursuje co 40 minut. Trasę z dworca Dresden-Friedrichstadt do zakładów Gläsernen Volkswagen-Manufaktur pokonuje w ciągu ok. 15minut [7] (rys. 7). Wagony są wyposażone w specjalnie wzmocnione podłogi i przystosowane do obustronnego za- i wyładunku przy użyciu samobieżnych wózków podnośnikowych.

### Realizacja transportu szeregowego

Należy założyć, że tramwaj porusza się po normalnej linii tramwajowej, a operacje za- i wyładunku odbywają się w miejscach najbliższych położonych względem klientów. Wymusza to maksymalne skrócenie czasu wyładunku tak, by nie powodować kongestii w ruchu transportowym miasta. Wymaganie to może nasuwać szereg rozwiązań usprawniających te operacje. Są to:

- standaryzacja opakowań do transportu indywidualnego do klientów: konfekcjonowanie ich odbywa się w Zintegrowanym Centrum Logistycznym Miasta. Umożliwia to stosowanie standardowych jednostek ładunkowych np. palet ISO 1200\*800mm, izopalet 1200\*1000 mm lub też wózków skrzynkowych. (rys. 8). Przy założeniu standaryzacji maksymalnej masy jednostek ładunkowych można wykorzystać całą wysokość wagonu poprzez stosowanie ładunków wysokich 160-190cm (rys. 9). Ich szczegółowe rozwiązania muszą uwzględniać cechu taboru.
- zautomatyzowane systemy za- i wyładunku wagonów transportowych oraz transport w ich wnętrzu; Mechanizacja prac za- i wyładunkowych oraz przemieszczania jednostek ładunkowych skłania do wykorzystania znanych z techniki samochodowej systemów platform oraz ruchomych podłóg. Stosowanie tych systemów (rys. 10 i 11) wymaga odpowiedniego oznakowania jednostek ładunkowych, które znacznie przyspieszą prace przy zautomatyzowanym procesie wyła-

dunku. Konfekcjonowana jednostka ładunkowa musi posiadać oznaczenia jednoznacznie opisujące jej zawartość i przeznaczenie. Kryteria te mogą spełnić różne systemy oznakowania, np. kodem kreskowym lub paskiem magnetycznym. Czytniki kodów musiałyby być w obramowaniu otworów załadunkowych elektronicznie sprzężone z systemem transportu wewnętrznego w wagonie do wyznaczania miejsca wg. kolejności wyładunku i względem wyważenia wagonu oraz być dostępne dla obsługi jako urządzenia przenośne.

- zmechanizowane urządzenia przeładunkowe: mogą one być dostępne bezpośrednio u klientów lub stanowić wyposażenie standardowe tramwaju transportowego. Są to, np. samobieżne wózki podnośnikowe, zapadnie, podajniki taśmowe, samobieżne zestawy transportowe złożone z holownika elektrycznego i platform Zintegrowanie wszystkich wyżej wymienionych systemów za- i wyładunku oraz transportu wewnętrznego czyni możliwym powstanie mobilnego w warunkach śródmiejskich środka transportu, którym ma szansę się stać tramwaj towarowy.

### Założenia koncepcji tramwaju towarowego

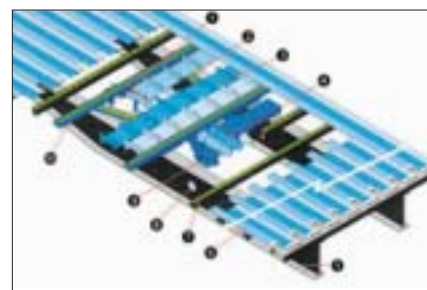
- Konstrukcją bazową jest tramwaj 105Na firmy KONSTAL.
- Tramwaj transportowy będzie poruszał się w warunkach śródmiejskich i z założenia będzie zaopatrywał klientów w układzie szeregowym w wydzielonych punktach przeładunkowych. Tramwaj wyposażono w system za- i wyładunku dwustronnego przy użyciu platform samowyładawczych oraz wewnętrzny system przemieszczania ładunku z użyciem systemu ruchomej podłogi.
- Masa ładunku na pojedynczy wagon 10000kg
- Skład składa się maksymalnie z dwóch wagonów, krańcowego z kabiną sterowniczą i doczepnego, wyposażonych np. w pełne systemy za- i wyładunku.
- Ograniczenie wielkości składu do dwóch wagonów wynika przede wszystkim z niewielkiej pojemności przystanków w centrum miast. Związane jest to ściśle z gęstą zabudową



Rys. 9. Konfekcjonowany wózek skrzynkowy [6].



Rys. 10. Platforma samowyładawcza

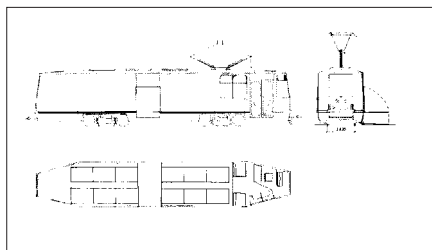


Rys. 11. System ruchomej podłogi [1].

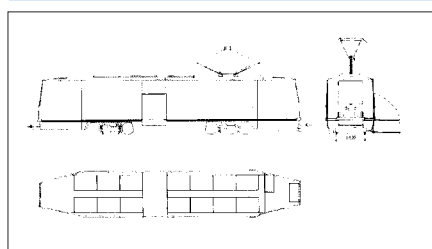
i trudnością z wyodrębnieniem miejsca dla operacji za- i wyładunku. Możliwością jest tutaj przystosowanie istniejącego przystanku do punktu za- i wyładunku tramwaju towarowego lub wyznaczenie miejsca na takie operacje wzdłuż istniejącej (np. punkt wyładawczy na poziomie ulicy) trasy tramwajowej, a nawet wykorzystania torów odstawczych lub w skrajnym wypadku wybudowania specjalnego przystanku.

Przy założeniu wykorzystania istniejących otworów drzwiowych o szerokości 1350mm i systemem pozycjonowania ładunku w tunelu transportowym w wagonie oraz na platformie samowyładawczej uzyskano rezultaty.

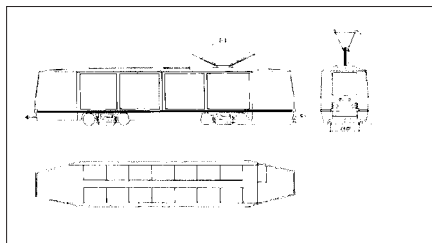
Tab.1. Zestawienie wariantów. Wersja za-budowy



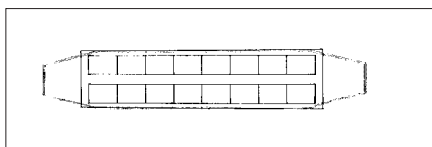
Rys. 12. Wagon krańcowy z kabiną operatora Cargo-c może pomieścić do 14 jednostek ładunkowych 1200\*800mm, lub 1200\*1000mm. W tym 12 jednostek jest rozmieszczonych na prowadnicach wzdłuż wagonu, 2 jednostki ładunkowe są w tunelu transportowym (nie zaznaczone na rysunku).



Rys. 13. Wagon doczepny, wersja Cargo1 samowyladowczy, może pomieścić do 16 jednostek ładunkowych. W tym 14 jednostek jest rozmieszczonych na prowadnicach wzdłuż wagonu, 2 jednostki ładunkowe są w tunelu transportowym (nie zaznaczone na rysunku).



Rys. 14. Wagon doczepny, wersja Cargo2 przeznaczony do wyladunku przez samobieżne wózki podnośnikowe, może pomieścić 14 jednostek ładunkowych. Burta skorupowa sztywna, dzielona w pół, rozsuwana na boki lub elastyczna odsuwana.



Rys. 15. Wagon doczepny, wersja Cargo3, przebudowany do przewozu 16 jednostek ładunkowych. Boczny za- i wyladunek, zabudowy tramwaju typu 105Na na tramwaj towarowy

Przedstawione koncepcje tramwaju towarowego w wersjach Cargo-c (rys. 12) i Cargo1 (rys. 13) wymuszają określony harmonogram załadunku towaru tak, by był sekwencyjnie wydawany przy dojeździe tramwaju do kolejnego klienta. Podobny problem dotyczy zagadnienie

przyjmowania pustych jednostek ładunkowych odbieranych u klienta. Można ten problem pomyślnie rozwiązać wprowadzając odpowiednią inżynierie ruchu towaru we wnętrzu wagonu.

Pomimo tych utrudnień koncepcja tramwaju towarowego jest wielce kusząca mając na względzie potencjalne korzyści, które daje zmniejszenie strumienia pojazdów dostawczych do klientów w centrum miasta. Żaden inny pojazd poza tramwajem towarowym, pojazdem uprzywilejowanym, nie będzie posiadał wydzielonego toru ruchu i uprzywilejowania we włączaniu się do ruchu przy użyciu sygnalizacji świetlnej.

## Podsumowanie

Współczesna implementacja tramwaju towarowego do wykorzystania w obrębie miasta napotyka na bariery natury ekonomicznej. Zagadnienie to wymaga analizy kosztów wprowadzenia tramwaju towarowego w system miejskiej logistyki infrastrukturalnej pod kątem zaopatrzenia klientów ścisłym centrum miasta, strat jakie miasto poniosłoby w tym systemie i kar jakie musieliby ponieść klienci wskutek powodowania kongestii w ruchu miejskim przy realizacji zaopatrzenia indywidualnymi środkami transportowymi.

W Dreźnie wprowadzenie tramwaju CarGoTram poprzedzono staranną analizą symulacji potoku dostaw do odbiorcy. Wynikało z niej, że dziennie do fabryki musiałoby dojechać 65 samochodów ciężarowych. Obliczono, zapewne, jakie symulowane straty w produkcji poniosłaby firma działająca według logistycznej koncepcji zaopatrzenia „Just in time” wskutek opóźnienia w dostawie towaru powstałego przez kongestię w ruchu ulicznym miasta.

Dobrym polem do przykładowej analizy zastosowania tramwaju towarowego w Polsce są miasta Wrocław i Poznań.

We Wrocławiu tramwaj towarowy mógłby zaopatrywać większość największych domów handlowych położonych w ścisłym centrum miasta, bazując na planowanym na osiedlu Muchobór linii tramwajowej i planowanego w pobliżu Zintegrowanego Centrum Logistycznego. Tramwaj ten mógłby zaopatrywać centra handlowe DT Renoma, DT Podwałe, DH Kameleon, SDH Feniks, Halę Targową, Galerię Dominikańską i inne.

W Poznaniu tramwaj towarowy mógłby bazować w planowanym centrum

handlowym koło stacji Poznań Franowo i zaopatrywać domy handlowe na Starym Mieście.

Przy założeniu użycia tramwaju towarowego do zaopatrywania n-klientów indywidualnych w ścisłym centrum miasta należy przeprowadzić analizę możliwości powstawania zakłóceń w ruchu normalnej komunikacji tramwajowej powstałe wskutek złej organizacji pracy przy pracach wyładunkowych.

Rozwiązaniem jest tutaj odpowiednia pora dostaw przy użyciu tramwaju towarowego tak dobrana, aby nie powodowała utrudnienia w życiu mieszkańców centrum miasta ani też zbędnych utrudnień w ruchu służb porządkowych.

Tramwaj towarowy może być ważnym środkiem transportu w miejskiej logistyce infrastrukturalnej poprzez zintegrowanie zarządzania strumieniami transportu w obszarze miasta. Umożliwiłoby świadczenie usług przez miejskie przedsiębiorstwa komunikacji tramwajowej poprzez umożliwienie tranzytu towarów, poprzez ich infrastrukturę sieci torów w mieście.

## LITRATURA

- [1] AUTO TRANSPORT: Ruchome podłogi; <http://www.autotransport.com.pl/arch/04-00/podlogi.htm>
- [2] Dresdner Verkehrsbetriebe (DVB AG): Die erste CarGoTram des 21. Jahrhunderts; <http://www.dvbag.de/untehm/gbahn.htm>
- [3] Gołębski Z.: Budowa tramwajów i trolejbusów; Wydawnictwa Szkolne i Pedagogiczne, Warszawa 1975;
- [4] Gołębska E., Czajka P., Tomaszewska D.: Logistyka miejska XXI wieku; Eurologistics 3/2001 (04) Maj-Czerwiec;
- [5] Jackiewicz J.: Górnśląskie tramwaje, Tabor tramwajowy -typy; <http://www.pkt.katowice.pl/memphis/>
- [6] Jan J.: Muszkietierowie działają jak w zegarku; Eurologistics 1/2001 (02) Styczeń-Luty;
- [7] Kuschinski N.: Noch ein Blaues Wunder; Strassenbahn Magazin nr2/01;
- [8] Köchler B. T.: CarGoTram DVB Interior. jpg
- [9] Lipiński F., Karpiński J., Ninard P.: Tramwaje z KONSTAL-u na dla polskich miast na lata dziewięćdziesiąte i przelom wieku; Nowoczesne Pojazdy Komunikacji Miejskiej, Jacek Grajner (red); Seria Navigator Nr1; Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 1995;
- [10] MorgenWelt Wissenschaft.: GLter auf die Strafler-bahn!; <http://www.morgenwelt.de/wissenschaft/010521-cargotram.htm>
- [11] Motonet: Szklana manufaktura VW; <http://www.motonet.com.pl/archiwum/0112/01122801j.html>
- [12] Pfohl H-Ch.: Systemy logistyczne; BIBLIOTEKA LOGISTYKA, Instytut Logistyki i Magazynowania, Poznań 1998;
- [13] Rzeczyński B.: Logistyka miejskich usług infrastrukturalnych; Logistyka 6/2000
- [14] Zbiory Towarzystwa Miłośników Komunikacji Miejskiej we Wrocławiu; <http://www.tram-muzeum.wroc.pl/>