

SEMENOV Iouri¹

Analiza dynamiki ruchu drogowego z uwzględnieniem transportu ładunków ponadnormatywnych

WSTĘP

Przez lata niezawodność, terminowość i dostępność pozostaje główną przyczyną rozwoju nowych segmentów usług przewozowych świadczonych transportem drogowym. Na przełomie XX i XXI wieków zanotowano szybki wzrost zainteresowania przewozami ładunków ponadnormatywnych w skrócie angielskim AIL (ang. *Abnormal Indivisible Loads*). Zgodnie z Europejską Dyrektywą jest to ładunek, który nie może być przewożony w całości pojazdem samochodowym ze względu na jego wymiary lub masę, ani nie może być podzielony na dwa lub więcej ładunków bez ponoszenia nadmiernych kosztów lub ryzyka uszkodzenia [6].

Przemieszczanie takich ładunków było realizowane od lat. W czasach starożytnych głównym bodźcem wykonania takich prac było zapotrzebowanie na budowę olbrzymich obiektów sakralnych. Przemieszczano potężne posągi, ciężkie bloki do budowy piramid, gabarytowe elementy konstrukcji pałaców i świątyń. W latach 1279-1213 p.n.e. przetransportowano posąg faraona Ramzesa II, który miał wysokość 19.8 m, a masę ponad 1,200 ton [8].

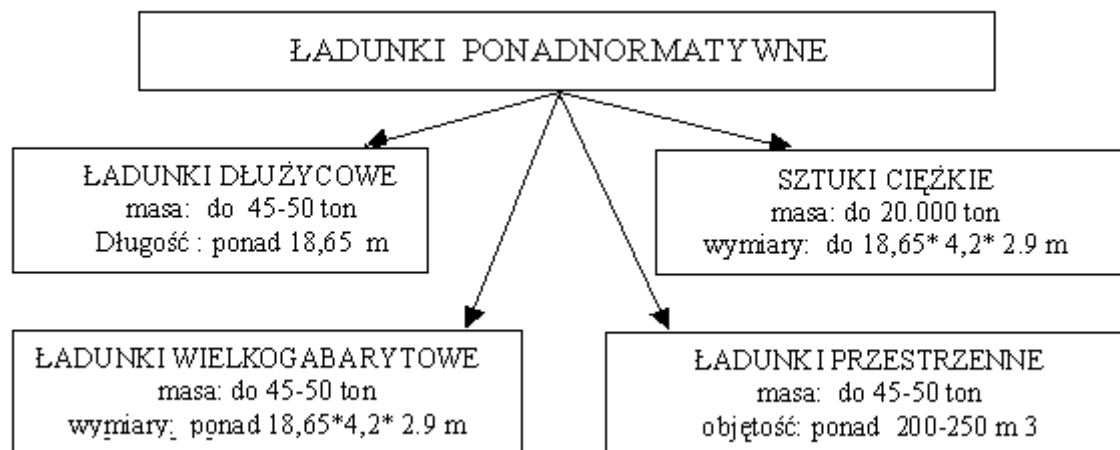
Transport AIL jest sferą działań sektora TSL charakteryzującą się unikatową specyfiką, ponieważ z stwarza wyjątkową uciążliwość dla innych uczestników ruchu drogowego, ale jest bardzo opłacalny ponieważ redukuje koszty prac montażowych w punkcie docelowym. Analiza nielicznych źródeł informacji pozwala stwierdzić że do tej pory problemy transportu AIL nie zostały zbadane dogłębnie w skutek czego w tym obszarze wiedzy utrzymuje się bardzo silny „głód podkładzin merytorycznych”.

Dążeniem niniejszego artykułu jest przedstawienie wstępnych wyników badań dynamiki ruchu drogowego z uwzględnieniem transportu ładunków ponadnormatywnych w celu uzupełnienia podstaw merytorycznych problematyki organizacji transportu AIL, perspektyw jego rozwoju, realizacji i pełnego wykorzystania zalet oraz wskazania sposobów ochrony społeczeństwa i środowiska przed niebezpieczeństwami, które niosą ze sobą takie przewozy.

1 KATEGORIE ŁADUNKÓW PONADNORMATYWNYCH

Wzrost przewozów AIL stwarza szereg problemów w ruchu drogowym wskutek pogorszenia jego płynności oraz dodatkowych niebezpieczeństw dla transportu ładunków konwencjonalnych oraz pasażerów samochodów osobowych. Analiza pokazuje że różne ładunki ponadnormatywne tworzą różne zagrożenia. Klasyfikacja AIL która została wykorzystana w analizie dynamiki ruchu drogowego z uwzględnieniem transportu ładunków ponadnormatywnych przedstawia rysunek.1

¹ WTMiT, Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie

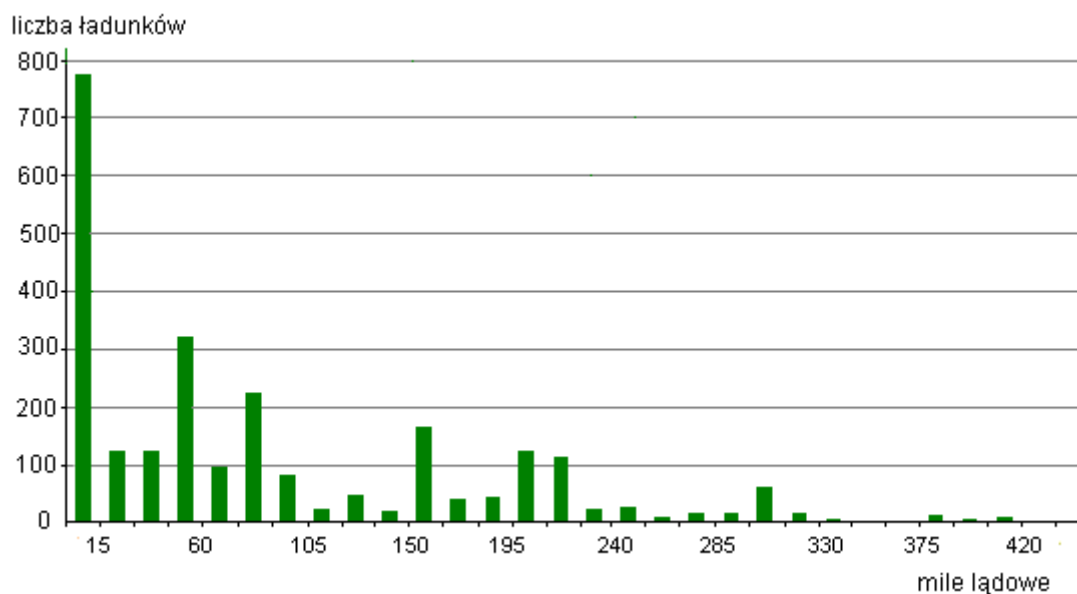


Rys.1 Kategorie ładunków ponadnormatywnych

Wyżej przedstawiona klasyfikacja jest oparta na kategoryzacji przyjętej w Wielkiej Brytanii, wg której wyróżniamy ładunki [12]:

- wielkogabarytowe o szerokości powyżej 2.9 m oraz wysokości ponad 4.2 m;
- dłużycowe o długości powyżej 18.65 m;
- ciężkie / superciężkie, masą ponad 44 t.

Analiza transportu AIL, która została wykonana przez angielskich badaczy w latach 2000-2005, pokazuje, że przewozy takich ładunków odróżniają się dystansem do punktu docelowego, co przedstawiono na rysunku 2.



Rys.2. Odległości tras przewozu ładunków ponadnormatywnych w Wielkiej Brytanii [13]

Jak wynika z tych badań przewozy AIL mogą być podzielone na:

- krótkodystansowe (15-60km),
- średniodystansowe (61- 450 km),
- długodystansowe (powyżej 450 km).

Analiza pokazała również, że ze wzrostem odległości do punktu docelowego konsekwentnie maleje częstotliwość przewozów takich ładunków.

2 UTRUDNIENIA W RUCHU DROGOWYM

Mobilność społeczeństwa w ciągu ostatnich kilku dekad znacznie wzrosła i będzie wzrastać nadal [15]. Na odcinkach polskiej sieci dróg krajowych z ograniczoną przepustowością, ruch staje się zbyt

przeciążony co ma negatywny wpływ na jakość życia mieszkańców w miejscowościach przyległych do dróg i autostrad. Przeciążenia w ruchu drogowym przyczyniają się do powstania zatorów co w konsekwencji powoduje opóźnienia dostaw towarów oraz osób prywatnych do miejsc ich pracy itp. Wtórnymi efektami wzrostu natężenia ruchu drogowego są podwyższenie ryzyka powstania tzw. fały uderzeniowej, niemożność prognozowania czasu podróży oraz ilości paliwa potrzebnego dla wykonania tej podróży. Wiadomo, że kierowcy samochodów stojących w korkach muszą ciągle je zatrzymywać i uruchamiać, co powoduje spalanie paliwa na poziomie wyższym, niż w przypadku płynnego ruchu na autostradzie. Ten wzrost zużycia paliwa powoduje dodatkowe wydatki na paliwo, a także przyczynia się do zwiększenia emisji uwalnianych przez pojazdy spalin. Natomiast ryzyko powstania kongestii nadal pozostaje głównym problemem ruchu drogowego w Europie. Oszacowano, że kongestie na drogach UE kosztują prawie 100 miliardów euro, co jest warte 1% PKB UE rocznie [4].

W literaturze wyróżniamy trzy rodzaje kongestii występujące w ruchu drogowym [1], [2], [11], [12], [13]:

- „Wąskie gardło” (*bottleneck*). Powstaje wskutek różnych ograniczeń infrastrukturalnych powodujących powstanie tzw. zatorów kierunkowych;
- Kongestia wtórna (*triggerneck*). Jest konsekwencją zatorów kierunkowych powodujących powstawanie tzw. zatorów obszarowych na drogach przyległych do autostrady;
- Zakleszczenie (*gridlock*). Identyfikuje strefę całkowitego zatrzymania ruchu na kilkukilometrowym obszarze sieci drogowej.

Specyfika transportu ładunków ponadnormatywnych wymaga przeprowadzenia niektórych zmian w ww. klasyfikacji kongestii, która w tym przypadku ma następujący podział:

- Ruchome „wąskie gardło” (*moved bottleneck*). Jest konsekwencją ograniczenia prędkości ruchu, z którą powinien przemieszczać się konwój z ładunkiem ponadnormatywnym
- Kongestia wtórna (*triggerneck*).

3 CHARAKTERYSTYKA SYSTEMU PRZEWOZOWEGO

Europejskie normy legislacyjne [6] precyzyjnie definiują system transportowy wykorzystywany do przewozu AIL. Według tych norm jest to pojazd lub zespół pojazdów bez lub z ładunkiem ponadnormatywnym, wymiary którego, obciążenie osi lub masa wraz z ładunkiem przekraczają normy ustalone ustawodawstwem krajowym.

Transport AIL jak i przewozy innych rodzajów ładunków powoduje wiele skutków negatywnych, w tym kongestii, zanieczyszczenia środowiska, wypadki drogowe itp. Istnieje jednak szereg cech, które wyróżnią taki system spośród innych [1], [3], [5], [7], [9], [11]:

- Unikalność zadań przewozowych. Każde takie zadanie ze względu na transportowany ładunek jest zadaniem bezprecedensowym, a jego wykonaniu towarzyszą liczne komplikacje co podwyższa ryzyko niepowodzenia, wymaga opracowania projektu przewozowego oraz wykorzystania w trakcie jego realizacji tzw. IT-systemów. Jak pokazała analiza, zastosowanie IT-systemów może być dokonane wg trzech scenariuszy, które zostały wyszczególnione w tabeli 1.

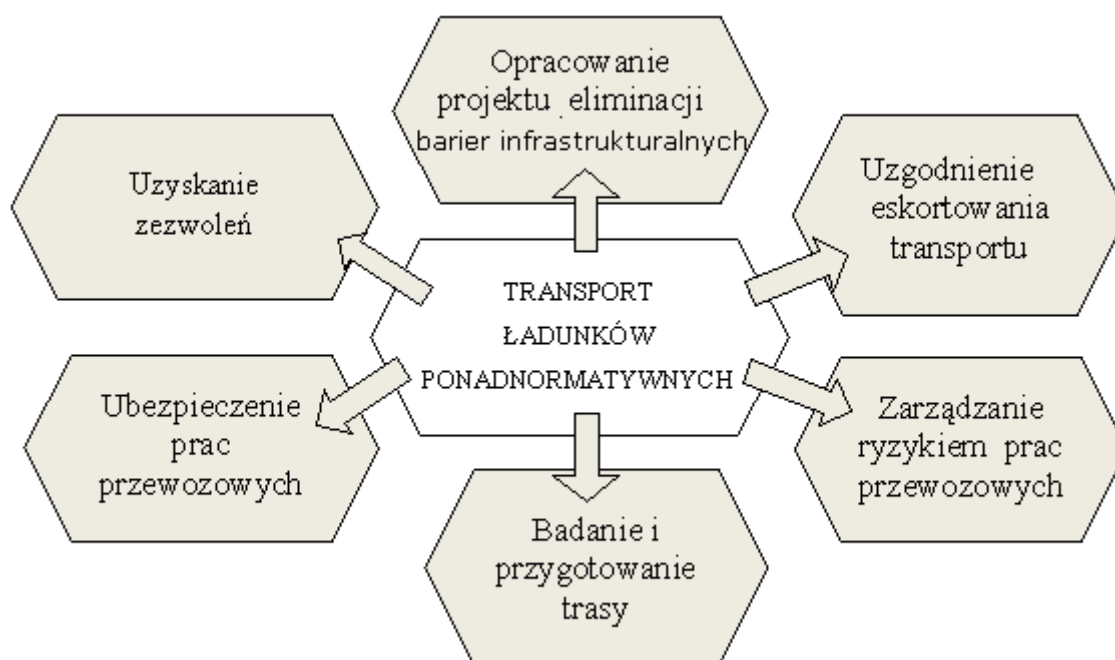
Tab.1. Scenariusze wsparcia informatycznego procesu transportu AIL

| Rodzaj transportowanego ładunku | Praca przewozowa oparta na IT systemach wg scenariusza: | | |
|---|---|--|--|
| | <i>pesymistycznego</i> | <i>najbardziej prawdopodobnego</i> | <i>optymistycznego</i> |
| 1. Ładunki ponadgabarytowe | Wykorzystanie IT opartych wyłącznie na systemie GPS | Wykorzystanie IT opartych na krajowych web-stronach Internetu | Wykorzystanie IT w trakcie opracowania Projektu przewozu (system ESDAL) |
| 2. Ładunki superciężkie | Wykorzystanie IT opartych wyłącznie na sieci komunikacji komórkowej | Wykorzystanie IT opartych na krótkodystansowej dwukierunkowej radiowej (SRS) | Wykorzystanie w trakcie planowania trasy przewozu AIL (System CROS) |
| <i>Komentarz 1. ESDAL (ang. Electronic Service Delivery for Abnormal Loads) - system projektowania przewozu AIL oparty na wykorzystaniu zasobów internetowych w celu pozyskania informacji o parametrach trasy przewozowej oraz</i> | | | |

planowanych zmianach w ruchu drogowym. System znajduje zastosowanie jak w trakcie wytoczenia trasy przewozowej, jak i jej zgłoszenia do zaakceptowania, wprowadzenia korekt oraz załatwienia zezwoleń na przewóz AIL.

Komentarz 2. CROS (hol. *Centraal Routeer- en Ontheffings Systeem*) - system jest przeznaczony do planowania trasy przewozu AIL w odniesieniu do podanych w zadaniu przewozowym parametrów wejściowych (punkt wyjazdu, punkt docelowy, waga i wymiary AIL itp.) oraz do wskazania organu, który jest odpowiedzialny za wydawanie wymaganego zezwolenia na przewóz AIL.

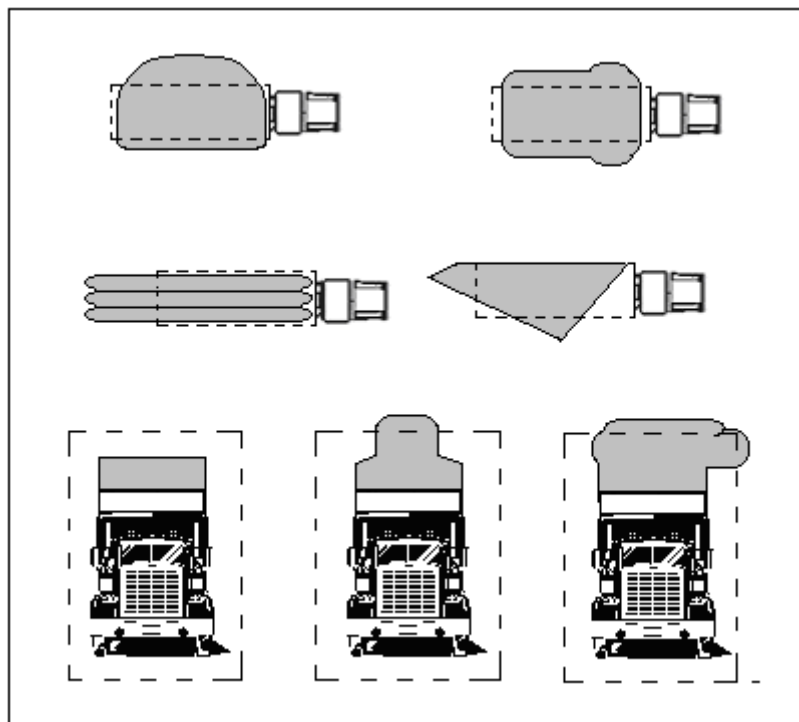
- Wielorakość uwzględnianych aspektów. W trakcie opracowania projektu przewozu AIL istnieje potrzeba uwzględnienia zarówno najlepszych praktyk, jak i licznych dodatkowych wymagań dotyczących wyeliminowania lub znacznego zmniejszenia zagrożenia opóźnienia dostawy, zapobiegania wypadkom itp. Czynności wykonywane w trakcie organizacji transportu ładunków ponadnormatywnych przedstawiono na rysunku 3.



Rys. 3. Czynności wykonywane w trakcie organizacji transportu ładunków ponadnormatywnych

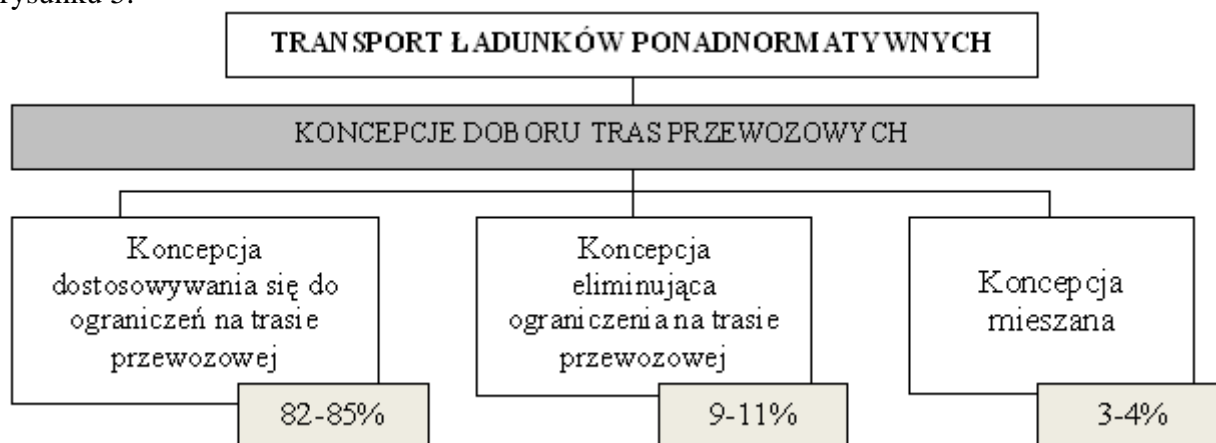
- Luźne powiązania (ang. *loosely coupling*) składowych systemu transportu AIL. Wynika z faktu że każda ze składowych ma ściśle zdefiniowaną odpowiedzialność w trakcie wykonania pracy przewozowej. Np. eskort policji jest zobowiązany zapewnić bezpieczeństwo na każdym odcinku drogi, a przewoźnik - dostarczyć ładunek na czas niezależnie od zakłóceń w ruchu.
- Nieliniowość relacji (ang. *nonlinear relationships*). Najbardziej uwidocznione występuje między składowymi systemu transportu AIL, przewożonym ładunkiem a ograniczeniami na trasie przewozowej itp. Wywołuje tzw. efekt motyla (ang. *Butterfly Effect*), kiedy niewielka różnica w rozmiarach ładunku może spowodować radykalną zmianę w organizacji jego przewozu w tym:
 - wymagać zezwolenia na przewóz;
 - wymagać eskorty;
 - stwarzać ruchome zatory na trasie;
 - wymagać znacznego wydłużenia trasy przewozu, a co za tym idzie, kosztów przewozu, wskutek ograniczeń infrastrukturalnych itp.

Ilustracja graficzna nieznacznego przekroczenia przez transportowany ładunek ewentualnych ograniczeń infrastrukturalnych na trasie przewozowej została przywołana na rysunku 4.



Rys.4. Ilustracja graficzna nieznacznego przekroczenia przez transportowany ładunek ewentualnych ograniczeń infrastrukturalnych na trasie przewozowej

- Asymetria informacji (ang. *information asymmetry*). Jednym z przykładów jest asymetria informacji przekazywanej między składowymi systemu transportu AIL, ponieważ każda ze stron-organizatorów tych przewozów dysponuje własną informacją, którą nie zawsze udostępnia swoim partnerom.
- Potrzeba wyposażenia systemu transportu AIL w środki doraźnej reakcji na ewentualne zmiany w trakcie wykonania pracy przewozowej warunków drogowych oraz pogodowych itp. aby uniknąć powstania sytuacji nadzwyczajnych.
- Skomplikowana procedura doboru struktury systemu transportu AIL. Wynika z różnorodności koncepcji doboru trasy biorąc pod uwagę istniejące ograniczenia infrastrukturalne. Koncepcje doboru trasy w zadaniach transportu ładunków ponadnormatywnych przedstawione zostały na rysunku 5.



Rys. 5. Koncepcje doboru trasy w zadaniach transportu ładunków ponadnormatywnych

4 BADANIA DYNAMIKI RUCHU DROGOWEGO Z UWZGLĘDNIENIEM TRANSPORTU ŁADUNKÓW AIL

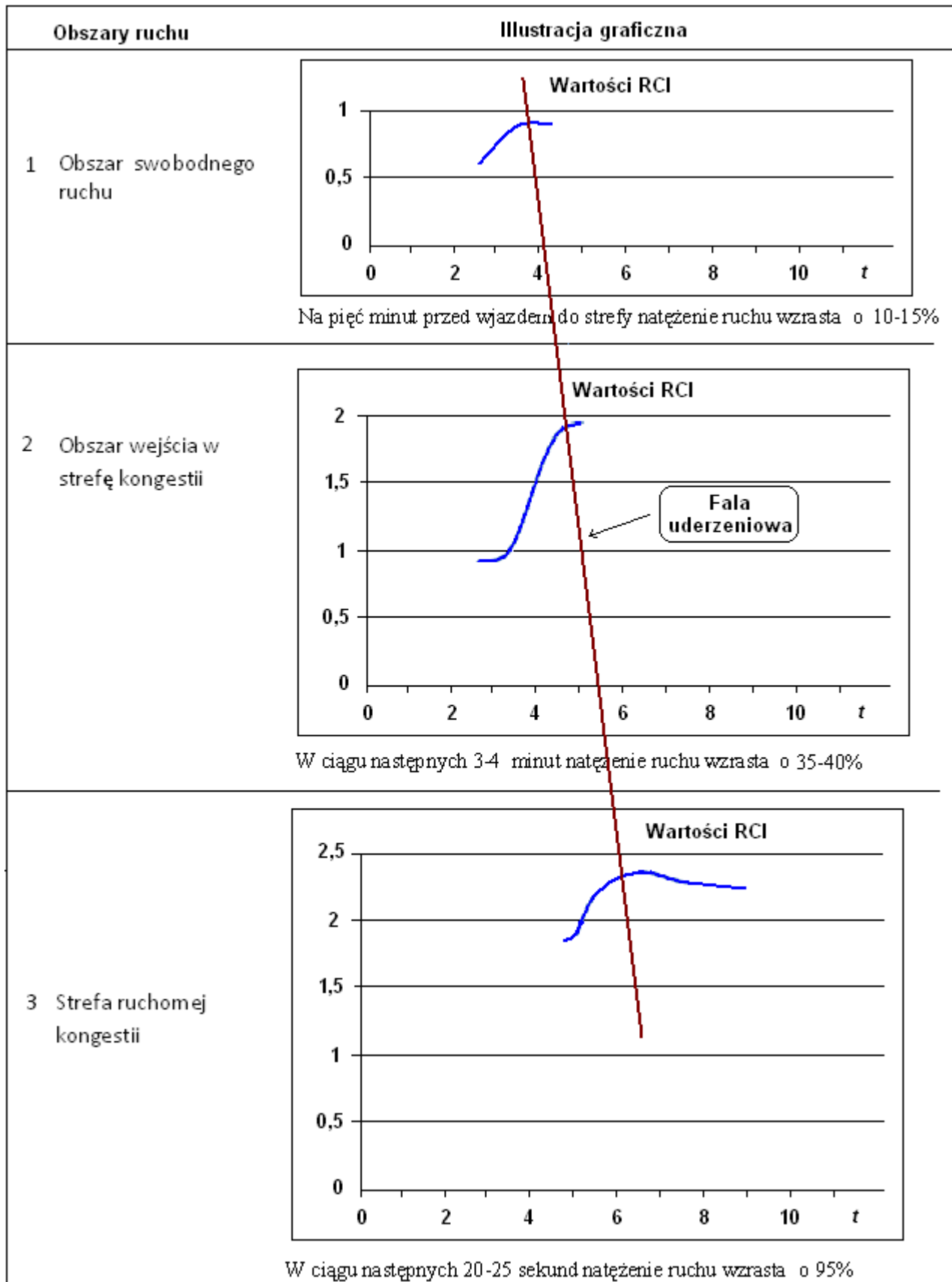
Badania dynamiki ruchu drogowego z uwzględnieniem transportu ładunków AIL dokonano biorąc pod uwagę dwie kwestie:

- Relacje między składowymi systemami transportu AIL mają charakter nieliniowy. W związku z tym badania dynamiki ruchu drogowego z wykorzystaniem zasady superpozycji nie są poprawne. Czyli proste łączenie (agregacja) modeli ruchu poszczególnych składowych procesów przewozu ładunków ponadnormatywnych oraz innych uczestników ruchu (samochodów osobowych, konwencjonalnych ciężarówek itp.) spowoduje brak wiarygodności pozyskanych wyników.
- Proces organizacji transportu AIL opiera się na dwóch zasadach [1], [10]:
 - zasady *Kupuj Wszystko w Jednym Miejscu* (ang. *The One-Stop-Shop*), czyli pełnej integracji ogniw transportowych;
 - ALARP (ang. *As Low As Reasonably Practicable*), czyli ryzyko wystąpienia sytuacji nadzwyczajnych powinno być ograniczone do tak niskiego poziomu, jak jest to rozsądnie możliwe.

Ocena dynamiki powstania zatorów w ruchu drogowym została wykonana dla obszaru na terenie północno-zachodniej części Polski i Niemiec w regionie *Pomerania*. Założono, że przyczyną zatorów jest przewóz ładunku o szerokości 3,5 m. Odległość do punktu docelowego została wyznaczona na 240 km. Badania wykonano w następującej kolejności:

1. Zidentyfikowano ewentualne zagrożenia płynności ruchu drogowego na odcinkach sieci dróg na terenie północno-zachodniej części Polski i Niemiec. Analizę zidentyfikowanych zagrożeń wykonano za pomocą metody PHA (ang. *Preliminary Hazard Analysis*) biorąc pod uwagę ograniczenia infrastrukturalne.
2. Sporządzono macierz ryzyka powstania zatorów w ruchu drogowym. W trakcie opracowania macierzy brano pod uwagę następujące dwa parametry: prawdopodobieństwo powstania wąskich gardeł oraz ich uciążliwość dla ruchu drogowego.
3. Oceniono dynamikę powstania zatorów w ruchu drogowym. W tym celu zastosowano wskaźnik RCI (ang. *Roadway Congestion Index*), obliczany jako stosunek natężenia ruchu drogowego do zdolności przepustowej badanego odcinka trasy.

Na rysunku 6 przedstawiono wyniki badań dotyczących powstania „fali uderzeniowej” w ruchu drogowym wskutek przewozu ładunków ponadnormatywnych.



Rys. 6. Wyniki badań dotyczących powstania fali uderzeniowej w ruchu drogowym wskutek przewozu ładunków ponadnormatywnych

4. Ocena otrzymanych wyników została dokonana wg gradacji poziomów zagrożenia powstaniem zatorów na odcinkach sieci dróg, która zastała zaproponowana przez badaczy amerykańskich i przedstawiona w tabeli 2.

Tab. 2 Poziomy zagrożenia powstaniem zatorów [11]

| Lp. | POZIOM ZAGROŻENIA | WARTOŚĆ WSKAŹNIKA |
|-----|----------------------------------|---|
| 1. | Bardzo niska podatność na zatory | Mniej, niż 0.57 wartości wskaźnika RCI |
| 2. | Niska podatność na zatory | Pomiędzy 0.57 a 0.87 wartości wskaźnika RCI |
| 3. | Umiarkowana podatność na zatory | Pomiędzy 0.87 a 1.2 wartości wskaźnika RCI |
| 4. | Średnia podatność na zatory | Pomiędzy 1.2 a 2.0 wartości wskaźnika RCI |
| 5. | Wysoka podatność na zatory | Więcej, niż 2.0 wartości wskaźnika RCI |

WNIOSKI

- Liczne komplikacje wywoływane w trakcie dostaw ładunków ponadnormatywnych wymagają zaliczenia nienormatywnych systemów transportu tych ładunków do układów inżynierskich szczególnie troski.
- Opracowanie Projektu przewozu AIL powinno być przeprowadzane wg zasad podejścia systemowego mając na celu zapewnienie pełnej koordynacji działań uczestników prac transportowych w ramach całego łańcucha przewozowego z uwzględnieniem wszystkich jego aspektów, w tym eksploatacyjnych, środowiskowych, społecznych i ekonomicznych.
- W trakcie opracowania projektu przewozu AIL trzeba brać pod uwagę efekty:
 - marketingowe, bo skuteczność przewozu powinna być oceniana z uwzględnieniem ewentualnej pozycji, którą firma transportowa zajmie na rynku po realizacji zadania przewozowego;
 - czasowe, bo skuteczność przewozu powinna być oceniana w krótko- oraz długoterminowej perspektywach działalności firmy transportowej;
 - ekonomiczne, bo skuteczność przewozu powinna być oceniana wg wskaźnika opłacalności takich przewozów.
- W trakcie zatwierdzenia projektu przewozu muszą być podjęte decyzje dotyczące preferencji, które będą dążyć do redukcji ryzyka niepowodzenia realizacji każdego etapu prac przewozowych, w tym ryzyka wykonania prac przeładunkowych, ryzyka opóźnienia dostawy, ryzyka wypadków itp.
- Realizacja pracy przewozowej musi być oparta na wykorzystaniu IT - technologii w celu poprawy współpracy oraz zapewnienia skutecznych relacji zleceniodawca – przewoźnik – policja – władze samorządowe zarówno w wymiarach wewnętrznych, jak i zewnętrznych.

Streszczenie

W artykule przedstawiono wyniki analizy dynamiki ruchu drogowego z uwzględnieniem wpływu transportu ładunków ponadnormatywnych. Pokazano, że organizacja przewozu takich ładunków musi uwzględniać prawdopodobieństwo powstania różnego rodzaju zatorów w ruchu drogowym. W odróżnieniu od przewozów ładunków konwencjonalnych transport ładunków ponadnormatywnych wymaga opracowania projektu przewozu, skuteczność realizacji którego zależy od jakości informacji o ewentualnych efektach powstających w trakcie realizacji pracy przewozowej. Pokazano, że podczas opracowania projektu wszelkie podejmowane decyzje muszą uwzględniać wskaźnik RCI (ang. Roadway Congestion Index). Takie podejście nie tylko poprawi skuteczność prac przewozowych w każdej fazie ich wykonania, ale zapewni ciągłość i bezpieczeństwo przewozów ładunków ponadnormatywnych oraz zapewni lepsze opinie klientów o firmie przewozowej.

Analysis of road traffic dynamics taking into account aspect of abnormal loads transportations

Abstract

This paper describes the results of the simulation analysis of road traffic dynamics containing abnormal loads transportations. Shows that the organization of such transport must take into account the likelihood all types of traffic congestions. Unlike conventional cargo, transport abnormal loads requires the deeply researches before development of operational Project whose effectiveness depends on information quality about the potential complications that may arise during the transport operations. For effective decision making proposed using so-called the RCI (Roadway Congestion Index). Such an approach would not only improve the effectiveness of the transport work at every stage of their implementation, but will ensure the continuity and safety of an abnormal loads and ensure better customer feedback about the transport company as well as ultimately satisfaction of all participants of road traffic.

BIBLIOGRAFIA

1. Abnormal road transports European best practice Guidelines. EC, Luxembourg, Office for Official Publications of the European Communities 2008
2. Access to abnormal goods transport regulations. *Deployment Guideline. Freight & Logistic Services, December, 2012*
3. Action plan and legal framework for the deployment of intelligent transport systems (ITS) in Europe, EC, 2011
4. Clean transport, Urban transport. Urban Mobility Package, http://ec.europa.eu/transport/themes/urban/ump_en.htm, ostatni dostep 07.07.2014
5. Code of Practice Lighting and Marking for Abnormal Load Self escorting vehicles incorporating. *Operating guidance. Highways Agency: UK, Birmingham, 2012*
6. Directive 96/53/EC laying down for certain road vehicles circulating within the Community the maximum authorized dimensions in national and international traffic and the maximum authorized weights in international traffic, 25 July 1996
7. Directive 2010/40/EU of the European Parliament and of the Council of 7 July 2010 on The framework for the deployment of Intelligent Transport Systems in the field of road transport and for interfaces with other modes of transport, Brussels, 6 August, 2010
8. Dunn J.C.: Abu Simbel. <http://adventure.howstuffworks.com/abu-simbel-landmark.htm>, ostatni dostep 28.09.2014
9. Gupta S., Mishra P.: Information Technology – Tool to Deal with Bullwhip Effect in Supply Chain Management. *International Journal of Management & Information Technology Volume 1, No 03, September, 2012*
10. Melchers R.E.: On the ALARP approach to risk management. *Reliability Engineering & System Safety Volume 71, Issue 2, February 2001, Pages 201–208*
11. Roadway Congestion. *Pima Association of Governments Tucson, Arizona, 2004*
12. Transporting abnormal loads. UK. GOV.: <https://www.gov.uk/esdal-and-abnormal-loads/notifying-the-authorities>, ostatni dostep 28.09.2014
13. Taylor N. B.: The Impact of Abnormal Loads on Road Traffic Congestion, *European Transport Conference, Association for European Transport, 2005*
14. Taylor B., Hardman E.J., Weekley J., Bourne N.: Estimating the impact of abnormal loads on network performance. *IET Intelligent Transport Systems 07/2009*
15. WHITE PAPER: Roadmap to a Single European Transport Area – Towards a competitive and resource efficient transport system. COM(2011) 144 final, Brussels, 28.3.2011