

# ANALIZA RYZYKA W TRANSPORCIE ZBIOROWYM<sup>1</sup>

**ŁUKASZ FRANEK**

mgr inż., Politechnika Krakowska,  
Katedra Systemów Komunikacyj-  
nych, ul. Warszawska 24,  
31-155 Kraków,  
tel. (12) 6282326,  
mail: lfrank@pk.edu.pl

**Streszczenie.** Artykuł jest opisem propozycji budowy narzędzia do oceny ryzyka wystąpienia zdarzenia z udziałem pojazdów transportu zbiorowego, w odniesieniu do różnych elementów infrastruktury. Proponuje się poddać obserwacji kilkanaście najważniejszych czynników infrastrukturalnych, kształtujących zachowania użytkowników oraz oszacować prawdopodobieństwa wystąpienia na nich zdarzeń niebezpiecznych. Praktycznym wykorzystaniem wyników tego typu analizy zainteresowane mogą być miejskie zarządy dróg i transportu oraz operatorzy, dla których istotna jest możliwość wskazania konkretnych strat ekonomicznych. Narzędzie można będzie wykorzystać w procesie decyzyjnym na etapie inwestycji, modernizacji i eksploatacji. Podejście do zarządzania bezpieczeństwem w ścisłym powiązaniu z zarządzaniem jakością zostało zaczerpnięte z innowacyjnych metod stosowanych w przemyśle.

**Słowa kluczowe:** transport zbiorowy, bezpieczeństwo, infrastruktura, zarządzanie, ryzyko

## Wprowadzenie

O bezpieczeństwie ruchu drogowego napisano i powiedziano już bardzo wiele, a wiedza, jaką posiadamy, pozwala na coraz lepsze zrozumienie jego uwarunkowań i ukierunkowanie działań prewencyjnych.

Jednym z zagadnień podejmowanych w ostatnim czasie jest zarządzanie ryzykiem [1], jako jedno z narzędzi zarządzania bezpieczeństwem o charakterze prewencyjnym. Praktycznym przykładem w zakresie zarządzania ryzykiem w transporcie drogowym może być program EuroRap, współfinansowany przez UE, w ramach którego dokonano identyfikacji zagrożeń na wybranej infrastrukturze drogowej zamiejskiej, przypisując poszczególnym jej odcinkom oceny jakościowe poziomu bezpieczeństwa. Warto nadmienić, iż obraz polskiej części sieci drogowej wypada fatalnie, z dominującą oceną ryzyka „bardzo duże” lub „duże” [2]. Nie natrafiono na podobne badania dla obszarów miejskich.

Bezpieczeństwo w drogowym transporcie zbiorowym, w szczególności w obszarach zurbanizowanych, powinno podlegać odrębnym badaniom uwzględniającym jego specyfikę, a więc przede wszystkim:

- funkcjonowanie wewnątrz systemu, w którym możliwe jest dodatkowe zarządzanie kierowcami obejmujące nakazy oraz instrukcje postępowania niezwiązane z prawem powszechnym;
- wyższe prawdopodobieństwo wystąpienia katastrof;
- obecność problematyki bezpieczeństwa osobistego.

Specyfika ta wskazuje na możliwość osiągnięcia lepszych rezultatów w poprawie stanu bezpieczeństwa poprzez zarządzanie, w porównaniu z całą gałęzią, w szczególności w zakresie zarządzania ryzykiem. Jednym z pomysłów może być w tym przypadku próba adaptacji najnowszych narzędzi zarządzania jakością wdrażanych w sektorze przemysłu oraz usług, takich jak TQM czy WCM. Wnioski płynące z wdrożonych systemów wskazują na silny związek pomiędzy maksymalizacją higieny pracy, podnoszeniem poziomu przestrzegania przepisów a wzrostem jakości towarów i usług oraz bezpieczeństwa.

## Specyfika bezpieczeństwa w transporcie zbiorowym

Problematyka bezpieczeństwa w drogowym transporcie zbiorowym jest zazwyczaj podejmowana w ramach badań nad bezpieczeństwem ruchu drogowego. Relatywnie w stosunku do całego transportu drogowego, zdarzeń z udziałem autobusów, trolejbusów oraz tramwajów jest mało, a co za tym idzie – poszkodowanych osób jest w nich odpowiednio mniej. Przykładowo dla Krakowa [3] wskaźnik liczby wypadków z udziałem pojazdów transportu zbiorowego przypadającej na 100 tysięcy mieszkańców wynosi 24, natomiast wskaźnik gęstości wypadków na 1 kilometr sieci drogowej, po której porusza się transport zbiorowy, wynosi 0,34.

Bazując na tych samych wynikach badań, największy udział w strukturze wypadków ciężkich (skala AIS powyżej 3) w Krakowie przypada na zdarzenia poza pojazdem (rys. 1).

Przyczyny zdarzeń z udziałem pojazdów transportu zbiorowego są nieco odmienne od występujących w transporcie drogowym. W tabeli 1, zestawiono kolejno cztery najczęściej występujące przyczyny zdarzeń dla transportu drogowego i drogowego zbiorowego.



Rys. 1. Wypadki z ciężko rannymi (w tym zgony) w transporcie zbiorowym wg rodzaju zdarzenia  
Źródło: Dane MPK S.A Kraków [4]

<sup>1</sup> © Transport Miejski i Regionalny, 2012.

Tabela 1

Najczęstsze przyczyny zdarzeń w transporcie drogowym w Krakowie		
	Transport drogowy	Transport drogowy zbiorowy
1	Wymuszenie pierwszeństwa przejazdu	Wymuszenie pierwszeństwa przejazdu
2	Niezachowanie bezpiecznego odstępu	Niezachowanie bezpiecznego odstępu
3	Niedostosowanie prędkości do warunków ruchu	Nieprawidłowe wymijanie/omijanie
4	Nieprawidłowe cofanie	Nieprawidłowa zmiana pasa ruchu

W zdarzeniach z udziałem pojazdów transportu zbiorowego znacznie rzadziej występuje problem nadmiernej prędkości (zaledwie 1%), który jest bardzo powszechny w przypadku zdarzeń z udziałem samochodów (10% zdarzeń i 30% wypadków z ofiarami śmiertelnymi). Niektóre przyczyny, liczne w transporcie zbiorowym, jak np. „nieutrzymanie się poręczy/uchwytów” w przypadku pojazdów indywidualnych w ogóle nie występują.

Definiując specyfikę problemów bezpieczeństwa komunikacyjnego w transporcie zbiorowym, należy wyszczególnić następujące różnice w stosunku do ogólnie pojętego transportu drogowego:

- obecność pojazdów szynowych;
- dedykowana infrastruktura (wydzielone pasy, torowiska, ulice, tunele, estakady, skrzyżowania);
- istotnie większe zagrożenie ze strony pojazdów transportu zbiorowego wobec niechronionych uczestników ruchu;
- kierujący pojazdami zawsze wykonują pracę;
- pojazdy w środowisku miejskich ulic są zarazem stanowiskiem pracy wewnątrz przedsiębiorstwa;
- wykonywanie przewozów wiąże się ze zjawiskiem konkurencyjności, a co za tym idzie wieloma czynnikami zewnętrznymi mającymi na nie wpływ (punktualność, wydajność, organizacja pracy itp.);
- coraz częściej pojawiający się audytor zewnętrzny w charakterze zamawiającego przewozy, co również wiąże się z zależnością finansową;
- odpowiedzialność społeczna operatorów, w szczególności przy coraz bardziej powszechnej i koniecznej promocji zrównoważonej mobilności.

### Problematyka ryzyka

Istnieje wiele definicji ryzyka, na przykład według normy ISO 18000, jest to „kombinacja częstości lub prawdopodobieństwa wystąpienia określonego zdarzenia wywołującego zagrożenie i konsekwencji związanych z tym zdarzeniem”:

$$R = P * K$$

gdzie:

- P – prawdopodobieństwo wystąpienia zdarzenia
- K – konsekwencje zdarzenia

Którykolwiek termin wybrać, tym, co odróżnia pojęcie ryzyka od innych zagadnień bezpieczeństwa, jest czynnik behawioralny w postaci „wyboru”. Dotyczy on zarówno użytkowników, każdy z nas codziennie podejmuje wybór środka transportu, podejmuje decyzje o dokonaniu podróży i mniej

lub bardziej świadomie [5] podejmuje ryzyko uczestniczenia w wypadku. Wybór dotyczy również poziomu akceptacji ryzyka wśród zarządzających bezpieczeństwem, np. wyłączamy sygnalizację na skrzyżowaniu, świadomie zwiększając ryzyko wystąpienia kolizji i wypadków.

W transporcie problematyka ryzyka została najlepiej rozwinięta w lotnictwie cywilnym, gdzie wypracowane procedury i systemy sprawiają, iż jest to najbezpieczniejszy środek przemieszczania się. Z pewnością najważniejszą przyczyną takiego stanu rzeczy są najwyższe – w odniesieniu do innych środków transportu – konsekwencje każdego zdarzenia. Redukcja prawdopodobieństwa wystąpienia zdarzenia była zatem jedynym wyjściem.

Zarządzanie ryzykiem w ogóle ma swoje korzenie w obiektach lub systemach o sporych konsekwencjach błędów w funkcjonowaniu, takich jak na przykład energia atomowa. Co ciekawe, w przypadku elektrowni nuklearnych najbardziej rygorystyczne procedury i najlepsze zabezpieczenia przed jakimkolwiek zdarzeniem niepożądanym zostały wymuszone przez strach społeczeństw. Są one ostrzejsze niż na przykład w przemyśle chemicznym, pomimo tego, iż największe katastrofy przemysłowe (z największą liczbą ofiar śmiertelnych) dotyczyły właśnie przemysłu chemicznego (wybuch w indyjskiej fabryce w Bhopalu w 1984 r.), a nie nuklearnego.

Obecnie zarządzanie ryzykiem, stanowiące zazwyczaj element zintegrowanych systemów zarządzania bezpieczeństwem, jest szeroko rozwijane w sektorze przemysłu oraz usług, a wynika z podejścia do zarządzania jakością poprzez zwiększanie poziomu BHP oraz przestrzegania procedur, skutkujące zwiększeniem wydajności oraz optymalizacją procesów technicznych.

Zarządzanie bezpieczeństwem wewnątrz miejskich przedsiębiorstw przewozowych odbywa się coraz częściej w oparciu o nowoczesne systemy zarządzania jakością. W największych polskich miastach menadżerowie zatrudnieni u operatorów wdrażają innowacyjne koncepcje zarządzania oraz certyfikowane systemy kontroli jakości, w tym systemy dotyczące bezpieczeństwa (np. ISO 9000, ISO 14000). System naboru kierujących pojazdami, szkolenia, kontrole i motywowanie skutecznie pomagają ograniczyć liczbę zdarzeń. Przykładem może być instrukcja dla kierowców i motorniczych zawierająca zasady wykonywania pracy na stanowisku, w tym zasady ograniczonego zaufania oraz przewidywania zagrożeń. Kierujący pojazdami, nawet jeżeli nie są w opinii policji winni zdarzenia, a przełożeni lub eksperci uznają, iż w danej sytuacji nie do końca zachowali się poprawnie, są kierowani na krótkie szkolenia.

Istotnym problemem jest środowisko pracy kierowców i motorniczych. Z zasady jest ono pełne zagrożeń, złej organizacji ruchu, nieprawidłowo zaprojektowanej lub eksploatowanej infrastruktury i znacznej liczby współużytkowników popełniających błędy, a dodatkowo pracodawca wymaga punktualności, czystości i przestrzegania wielu innych absorbujących uwagę i czas procedur, w tym bezpieczeństwa. Zorganizowanie stanowiska pracy w przedsiębiorstwie transportowym wymaga dużej wiedzy i doświadczenia menadżera.

## Ocena ryzyka w transporcie zbiorowym

Każdego roku w wielu polskich miastach powstają nowe inwestycje w infrastrukturze drogowej, prowadzone są również liczne modernizacje. Niestety przykłady choćby z ostatnich lat pokazują rażące błędy w projektowaniu, skutkujące wzrostem zagrożenia dla użytkowników (fot. 1).



Fot. 1. Przejście przystanku tramwajowego w ramach nowej inwestycji wymuszające wejście pieszych na skrajnię tramwaju

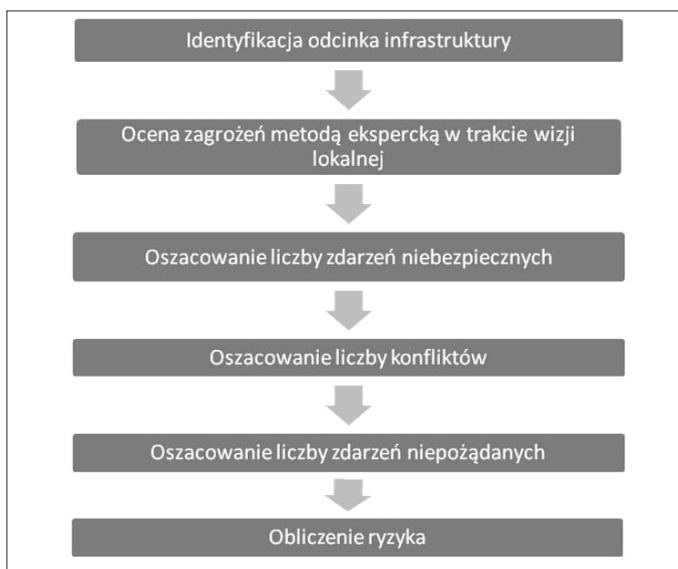
Jedną z przyczyn takiego stanu rzeczy jest niedostateczna liczba badań, które w jednoznaczny sposób określałyby wpływ poszczególnych czynników infrastrukturalnych na bezpieczeństwo użytkowników. Brakuje również audytu lub podobnej procedury kontrolującej rozwiązania zaproponowane przez projektantów.

Pomimo relatywnie niższego prawdopodobieństwa wystąpienia wypadku w pojeździe transportu zbiorowego niż w transporcie indywidualnym badania norweskie dowodzą, iż ogólne przeświadczenie o niskim ryzyku w tej gałęzi jest mylne. Jeżeli weźmiemy pod uwagę proces podróży od drzwi do drzwi, to transport zbiorowy, z uwagi na wysoki udział dojść pieszych do przystanków jako elementu składowego podróży, staje się bardziej niebezpieczny niż podróż samochodem [6].

Biorąc pod uwagę powyższe argumenty, zaproponowano budowę modelu matematycznego szacującego ryzyko wystąpienia zdarzenia niepożądanego z udziałem pojazdu transportu zbiorowego w odniesieniu do uwarunkowań infrastrukturalnych.

Konieczne jest zatem określenie dwóch składowych ryzyka, prawdopodobieństwa wystąpienia zdarzenia oraz jego konsekwencji. Proces określenia prawdopodobieństwa powinien składać się z sześciu kroków (rys. 2).

Oszacowanie liczby zdarzeń niebezpiecznych można wykonać za pomocą narzędzi statystycznych, możliwe jest osiągnięcie wymaganej próby oraz zminimalizowanie błędów. Konieczne jest jedynie zdefiniowanie pojęcia „zdarzenie niebezpieczne”. Istnieją rozbieżności w ocenie ekspertów, czy samo nieprzepisowe zachowanie można zaliczyć jako niebezpieczne, czy też musi zachodzić konieczność wystąpienia przedkonfliktu, a więc przykładowo, nie



Rys. 2. Składowe procesy określania prawdopodobieństwa wystąpienia zdarzenia

wystarczy samo przechodzenie pieszego na czerwonych świetle, ale muszą jeszcze nadjeżdżać pojazdy na torze kolizyjnym.

W rozwiniętych systemach zarządzania bezpieczeństwem jako „zachowanie niebezpieczne” traktuje się każdą czynność mogącą skutkować co najmniej konfliktem, bez określania tła, i to podejście autorowi wydaje się bardziej zasadne. Nieco trudniejsze jest oszacowanie liczby konfliktów, ponieważ w tym przypadku konieczne są długookresowe obserwacje dla otrzymania prawidłowej wielkości próby, co najmniej kilkudniowe, a w przypadku niektórych elementów infrastruktury oraz niektórych zachowań nawet dłuższe. Problemem jest również dobór techniki badania konfliktów, z uwagi na obecność pieszych, dla których dotąd nie wypracowano optymalnych metod (głównym problemem jest zbyt elastyczna trajektoria ruchu).

Oszacowanie liczby zdarzeń niepożądanych wiąże się ściśle z definicją tego pojęcia, która jest silnie powiązana z konsekwencjami.

Jednym z trudniejszych etapów dowolnej analizy ryzyka jest oszacowanie poziomu ryzyka akceptowalnego, bowiem redukcja ryzyka do zera jest jedynie celem teoretycznym, niemożliwym do osiągnięcia. W przypadku transportu drogowego wciąż nie wypracowano jednoznacznego kryterium, przyjmując każdorazowo pewne założenia (np. dla tuneli), natomiast w przypadku transportu zbiorowego możliwe jest zaproponowanie stałego czynnika zależnego od czasu traconego w wyniku wystąpienia zdarzenia (z ang. *minutes lost*). Takie kryterium jest szeroko stosowane na przykład w Wielkiej Brytanii, w bezpośredni sposób określając ilościowo konkretne straty, co jest szczególnie przydatne w systemach charakteryzujących się niską liczbą wypadków. W takim podejściu nie interesuje nas liczba zdarzeń ekstremalnych (np. wypadków), ponieważ przyjmujemy, iż każde zdarzenie przynosi straty, które z punktu widzenia zarządzania jakością są niepożądane.

Konieczne jest zatem szeregowe lub uśredniające przyporządkowanie strat czasowych do poszczególnych zdarzeń (możliwe do wykonania za pomocą klasycznych narzędzi statystycznych) i przyjęcie konkretnej wartości jako granicznej pomiędzy zdarzeniem akceptowalnym i nieakceptowalnym. W przypadku transportu zbiorowego można postawić tezę, iż graniczna wartość czasu traconego będzie skorelowana z akceptowalnymi opóźnieniami pojazdów komunikacji publicznej, otrzymanymi w ramach wyników ocen jakościowych wśród użytkowników transportu zbiorowego. Należy pamiętać, iż każde zdarzenie na sieci transportu zbiorowego skutkujące znacznym opóźnieniem lub brakiem obsługi jest wysoce niepożądane, w szczególności jeżeli weźmiemy pod uwagę promowanie zrównoważonej mobilności. W przypadku transportu indywidualnego pojedyncze zdarzenia znacznie rzadziej wpływają na system, poza tym jest on wyraźnie elastyczniejszy (np. możliwe jest wybranie drogi objazdowej).

Pierwsze dwa kroki należy wykonać jednokrotnie, natomiast szacowanie liczby zachowań oraz konfliktów należy wykonać dla wszystkich lub przynajmniej najważniejszych zidentyfikowanych zagrożeń. Obliczenia te będą stanowiły elementy cząstkowe modelu prawdopodobieństwa wystąpienia zdarzenia niepożądanego (PWZN), przy założeniu konsekwencji określonych funkcją czasu traconego i ujętych w samym prawdopodobieństwie, stąd:

$$R = PWZN,$$

gdzie PWZN będzie zależne od ważonej liczby zachowań niebezpiecznych oraz konfliktów w odniesieniu do parametrów ekspozycji na ryzyko.

Ostateczne obliczenie ryzyka będzie można wykonać za pomocą wnioskowania rozmytego [7]. Co prawda istnieją oceny ilościowe, np. poprzez wskazanie granicznej wartości prawdopodobieństwa, jednak w przypadku zaproponowanego modelu możliwość wystąpienia błędów w procesie obliczeniowym jest na tyle wysoka, iż zasadne wydaje się jedynie stworzenie szeregu rozdziałowego z jakościowym wynikiem w postaci:

- ryzyko niskie,
- ryzyko średnie,
- ryzyko wysokie,
- ryzyko bardzo wysokie.

Budowa modelu zostanie oparta w pierwszej kolejności na analizie przystanków transportu zbiorowego oraz przejść dla pieszych, gdzie, jak wynika z danych, dochodzi do największej liczby wypadków ciężkich, w tym śmiertelnych.

Proponuje się poddać obserwacji kilkanaście najważniejszych czynników infrastrukturalnych, takich jak:

- rodzaj dojścia (przejście dla pieszych, przejście podziemne, kładka);
- zabezpieczenie peronu;

- zabezpieczenie dojścia;
- szerokość peronu;
- powierzchnia peronu;
- przeszkody w obrębie przystanku lub przejścia (wiaty, słupy, meble miejskie);
- sterowanie ruchem na przejściu dla pieszych;
- zagospodarowanie otoczenia (wg funkcji – strefa zamieszkania, usługi, zakłady przemysłowe);
- obecność obiektów udostępniających alkohol (sklepy, lokale);
- lokalizacja automatów do sprzedaży biletów.

Przykładowo – według badań własnych [8] w przypadku braku zabezpieczenia peronu i równoległego istnienia podziemnego przejścia nawet do 60% pieszych dostaje się na przystanek w sposób nieprzepisowy, wzrasta również liczba konfliktów. W innej sytuacji – umieszczenie automatu biletowego na peronie powoduje, że pasażerowie z różnych peronów zacierają do tego automatu, zwiększając w ten sposób liczbę przejść przez jezdnie i narażenie na niebezpieczeństwo.

W przypadku pozytywnych wyników analizy według zaproponowanej metodyki ocenę ryzyka można rozszerzyć na inne czynniki nieinfrastrukturalne.

## Podsumowanie

Opisana powyżej propozycja analizy znajduje się w fazie próby budowy modelu matematycznego, jednak przegląd literatury oraz badania wstępne wskazują na wysokie prawdopodobieństwo osiągnięcia założeń. Zaplanowane analizy na podstawie długookresowych obserwacji przystanków i przejść dla pieszych umożliwią kwantyfikację modelu i przejście do fazy obliczeniowej wraz z otrzymaniem rezultatów.

Wyniki umożliwią określenie wpływu zastosowanych rozwiązań infrastrukturalnych na bezpieczeństwo użytkowników transportu, ze szczególnym uwzględnieniem transportu zbiorowego. Decydenci otrzymają możliwość przybliżenia świadomego wskazania ryzyka akceptowalnego.

## Literatura

1. Jamroz K., *Metoda zarządzania ryzykiem w transporcie drogowym*, Wydawnictwo Politechniki Gdańskiej, Gdańsk 2011.
2. [www.eurorap.pl](http://www.eurorap.pl)
3. Franek Ł., *Problemy bezpieczeństwa w drogowym transporcie zbiorowym na terenie Krakowa*, Konferencja SITK, Zakopane 2009.
4. Baza danych KRAKSA, Zarząd Infrastruktury Komunalnej i Transportu w Krakowie.
5. Franek Ł., *Subiektywne poczucie bezpieczeństwa w transporcie zbiorowym*, Konferencja Logitrans, Szczyrk 2012.
6. Elvik R., *The Handbook of Road Safety Measures*, Elsevier 2007.
7. Pokoradi L., *Zastosowanie teorii zbiorów/sukładów rozmytych do oceny ryzyka*, „Journal of KONBiN”, 2010, no 2.
8. Franek Ł., *Badania konfliktów wykonane przez studentów PK*, styczeń 2012.