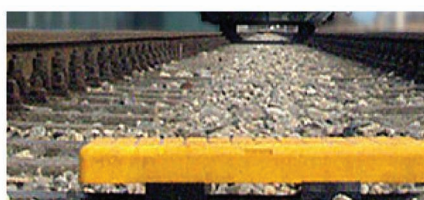
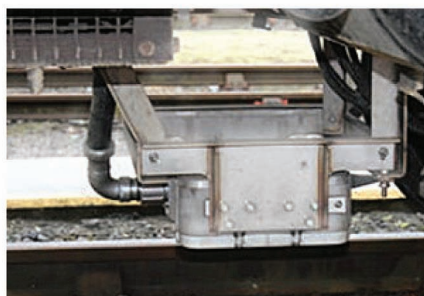


przegląd komunikacyjny

9
2019
rocznik LXXIV
cena 25,00 zł
w tym 5% VAT



UKAZUJE SIĘ OD 1945 ROKU



Zagrożenia i bezpieczeństwo w ruchu kolejowym

eISSN
2544-6037

ISSN
0033-22-32

Telematyka jako przyszłościowa metoda poprawy bezpieczeństwa transportu kolejowego. Zagrożenia generowane przez ruch kolejowy i ich mitygacja poprzez wdrożenie projektu badawczego „Maszynista 5.0”. Wstęp do prognoz dla „wielkiego CPK” - podejście popytowe. Wpływ pojazdów zautomatyzowanych na ruch oraz projektowanie infrastruktury drogowej – próba oceny. rmRailProtector 4.0 – rodzina innowacyjnych produktów firmy Rail-Mil dla funkcjonalności ERTMS/ETCS L1

Podstawowe informacje dla Autorów artykułów

„Przegląd Komunikacyjny” publikuje artykuły związane z szeroko rozumianym transportem oraz infrastrukturą transportu. Obejmuje to zagadnienia techniczne, ekonomiczne i prawne. Akceptowane są także materiały związane z geografią, historią i socjologią transportu.

Artykuły publikowane w „Przeglądzie Komunikacyjnym” dzieli się na: „wnoszące wkład naukowy w dziedzinę transportu i infrastruktury transportu” oraz „pozostałe”. Prosimy Autorów o deklarację (w zgłoszeniu), do której grupy zaliczyć ich prace.

Materiały do publikacji: zgłoszenie, artykuł oraz oświadczenie Autora, należy przysyłać w formie elektronicznej na adres redakcji:

artykuly@przeglad.komunikacyjny.pwr.wroc.pl

W zgłoszeniu należy podać: imię i nazwisko autora, adres mailowy oraz adres do tradycyjnej korespondencji, miejsce zatrudnienia, zdjęcie, tytuł artykułu oraz streszczenie (po polsku i po angielsku) i słowa kluczowe (po polsku i po angielsku). Szczegóły przygotowania materiałów oraz wzory załączników dostępne są na stronie:

www.transportation.overview.pwr.edu.pl

W celu usprawnienia i przyspieszenia procesu publikacji prosimy o zastosowanie się do poniższych wymagań dotyczących nadsyłanego materiału:

1. Tekst artykułu powinien być napisany w jednym z ogólnodostępnych programów (np. Microsoft Word). Wzory i opisy wzorów powinny być wkomponowane w tekst. Tabele należy zestawić po zakończeniu tekstu. Ilustracje (rysunki, fotografie, wykresy) najlepiej dołączyć jako oddzielne pliki. Można je także wstawić do pliku z tekstem po zakończeniu tekstu. Możliwe jest oznaczenie miejsc w tekście, w których autor sugeruje wstawienie stosownej ilustracji lub tabeli. Obowiązują odrębna numeracja ilustracji (bez rozróżniania na rysunki, fotografie itp.) oraz tabel.
2. Całość materiału nie powinna przekraczać 12 stron w formacie Word (zalecane jest 8 stron). Do limitu stron wlicza się ilustracje załączane w odrębnych plikach (przy założeniu że 1 ilustracja = ½ strony).
3. Format tekstu powinien być jak najprostszy (nie stosować zróżnicowanych stylów, wcięć, podwójnych i wielokrotnych spacji itp.). Dopuszczalne jest pogrubienie, podkreślenie i oznaczenie kursywą istotnych części tekstu, a także indeksy górne i dolne. **Nie stosować przypisów.**
4. Nawiązania do pozycji zewnętrznych - cytaty (dotyczy również podpisów ilustracji i tabel) oznacza się numeracją w nawiasach kwadratowych [...]. Numerację należy zestawić na końcu artykułu (jako „Materiały źródłowe”). Zestawienie powinno być ułożone alfabetycznie.
5. Jeżeli Autor wykorzystuje materiały objęte nie swoim prawem autorskim, powinien uzyskać pisemną zgodę właściciela tych praw do publikacji (niezależnie od podania źródła). Kopie takiej zgody należy przesłać Redakcji.

Artykuły wnoszące wkład naukowy podlegają procedurom recenzji merytorycznych zgodnie z wytycznymi MNIŚW, co pozwala zaliczyć je, po opublikowaniu, do dorobku naukowego.

Do oceny każdej publikacji powołuje się co najmniej dwóch niezależnych recenzentów spoza jednostki. Zasady kwalifikowania lub odrzucenia publikacji i ewentualny formularz recenzentki są podane do publicznej wiadomości na stronie internetowej czasopisma lub w każdym numerze czasopisma. Nazwiska recenzentów poszczególnych publikacji/numerów nie są ujawniane; raz w roku (w ostatnim numerze oraz na stronie internetowej) czasopismo podaje do publicznej wiadomości listę recenzentów współpracujących.

Przygotowany materiał powinien obrazować własny wkład badawczy autora. Redakcja wdrożyła procedurę zapobiegania zjawisku Ghostwriting (z „ghostwriting” mamy do czynienia wówczas, gdy ktoś wniósł istotny wkład w powstanie publikacji, bez ujawnienia swojego udziału jako jeden z autorów lub bez wymienienia jego roli w podziękowaniach zamieszczonych w publikacji). Tekst i ilustracje muszą być oryginalne i niepublikowane w innych miejscach (w tym w internecie). Możliwe jest zamieszczanie artykułów, które ukazały się w materiałach konferencyjnych i podobnych (na prawach rękopisu) z zaznaczeniem tego faktu i po przystosowaniu do wymogów publikacyjnych „Przeglądu Komunikacyjnego”.

Redakcja pisma oferuje objęcie patronatem medialnym konferencji, debat, seminariów itp.

Ceny są negocjowane indywidualnie w zależności od zakresu zlecenia. Możliwe są atrakcyjne upusty. Patronat obejmuje:

- ogłaszanie przedmiotowych inicjatyw na łamach pisma,
- zamieszczanie wybranych referatów / wystąpień po dostosowaniu ich do wymogów redakcyjnych,
- publikację informacji końcowych (podsumowania, apele, wnioski),
- kolportaż powyższych informacji do wskazanych adresatów.

www.transportation.overview.pwr.edu.pl

Ramowa oferta dla „Sponsora strategicznego” czasopisma Przegląd Komunikacyjny

Sponsor strategiczny zawiera umowę z wydawcą czasopisma na okres roku kalendarzowego z możliwością przedłużenia na kolejne lata. Uprawnienia wydawcy do zawierania umów posiada Zarząd Krajowy SITK w Warszawie.

Przegląd Komunikacyjny oferuje dla sponsora strategicznego następujące świadczenia:

- zamieszczenie logo sponsora w każdym numerze,
- zamieszczenie reklamy sponsora w jednym, kilku lub we wszystkich numerach,
- publikacja jednego lub kilku artykułów sponsorowanych,
- publikacja innych materiałów dotyczących sponsora,
- zniżki przy zamówieniu prenumeraty czasopisma.

Możliwe jest także zamieszczenie materiałów od sponsora na stronie internetowej czasopisma.

Przegląd Komunikacyjny ukazuje się jako miesięcznik.

Szczegółowy zakres świadczeń oraz detale techniczne (formaty, sposób i terminy przekazania) są uzgadniane indywidualnie.

Osoba kontaktowa w tej sprawie:

Hanna Szary

hanna.szary@sitkrp.org.pl

ul. Czackiego 3/5, 00-043 Warszawa, tel.: (22) 827 02 58, 506 116 966

Cena za świadczenia na rzecz sponsora uzależniana jest od uzgodnionych szczegółów współpracy. Zapłata może być dokonana jednorazowo lub w kilku ratach (na przykład kwartalnych). Część zapłaty może być w formie zamówienia określonej liczby prenumerat czasopisma.





Na okładce: Systemy sterowania. Źródło: art. Andrzej Lewiński, Tomasz Perzyński

Szanowni Czytelnicy!

Bieżący numer otwierają dwa artykuły z zakresu transportu kolejowego. Pierwszy z nich dotyczy telematyki w aspekcie poprawy bezpieczeństwa. Autorzy zaprezentowali koncepcję systemu który wykorzystując publiczny standard transmisji bezprzewodowej może przyczynić się do poprawy bezpieczeństwa ruchu kolejowego. Do analizy zaproponowano aparat matematyczny w postaci procesów Markowa. W drugim artykule omówione zostały zagrożenia występujące w ruchu kolejowym oraz sposoby ich mitygacji (powstrzymywanie). Przedstawiono również założenia i cele jednego z takich projektów pod nazwą „Maszynista 5.0”. Jest to innowacyjny system, stworzony w celu diagnostyki i szkolenia pracowników zatrudnionych na stanowiskach związanych z bezpieczeństwem i prowadzeniem ruchu kolejowego.

Autorzy trzeciego artykułu przedstawili wstęp do prognoz dla „wielkiego CPK”. Pokazują różnicę pomiędzy prognozami zadaniowymi, czyli takimi, które muszą się spełnić, aby CPK odniosło sukces rynkowy i finansowy oraz tymi, które uważają za realne. Bardzo ważnym i ryzykownym, zdaniem Autorów, elementem tego projektu jest ogromna inwestycja kolejowa, która ma umożliwić bardzo szybki i sprawny dowóz do CPK pasażerów nie tylko z aglomeracji warszawskiej, ale i prawie z całej Polski.

Próba oceny wpływu pojazdów zautomatyzowanych na ruch oraz projektowanie infrastruktury drogowej jest tematem kolejnego artykułu. Przedstawiono charakterystykę poszczególnych poziomów automatyzacji oraz wyposażenie pojazdów samosterujących. Zwrócono uwagę na korzyści płynące z rozwoju systemów komunikacji pomiędzy pojazdami a otoczeniem. Zauważono możliwy negatywny wpływ pojazdów częściowo zautomatyzowanych na przepustowość dróg w przypadku występowania ruchu mieszanego, tj. pojazdów zautomatyzowanych i konwencjonalnych. Przedstawiono także potencjalne potrzeby w dostosowaniu infrastruktury drogowej do ruchu pojazdów zautomatyzowanych

W ostatnim artykule zaprezentowano zespół innowacyjnych produktów rmRailProtector 4.0, które stanowią kompleksowe rozwiązanie dla funkcjonalności systemu ERTMS/ETCS poziomu L1. Szczegółowo zaprezentowano nowatorskie podejście do projektowania tego systemu, w tym szerokie zastosowanie techniki światłowodowej. Prezentowane podejście stanowi nową jakość w zakresie projektowania rozległych sieci na dużych obiektach kolejowych

Z uwagi na różnorodność tematyki życzę zajmującej lektury:

Maciej Kruszyna
(z-ca red. nac. PK)

W numerze

Telematyka jako przyszłościowa metoda poprawy bezpieczeństwa transportu kolejowego

Andrzej Lewiński, Tomasz Perzyński 2

Zagrożenia generowane przez ruch kolejowy i ich mitygacja poprzez wdrożenie projektu badawczego „Maszynista 5.0”

Magdalena Garlikowska, Michał Szlendak 7

Wstęp do prognoz dla „wielkiego CPK” - podejście popytowe

Marek Serafin, Ryszard Zaremba 14

Wpływ pojazdów zautomatyzowanych na ruch oraz projektowanie infrastruktury drogowej – próba oceny

Nina Kozaczka, Stanisław Gaca 21

rmRailProtector 4.0 – rodzina innowacyjnych produktów firmy Rail-Mil dla funkcjonalności ERTMS/ETCS L1

Sławomir Jasiński, Mariusz Maciejewski, Paweł Wontorski, Wawrzyniec Wychowanski 28

Informacje SITK

Recenzja książki „KONTENERYZACJA w logistyce materiałów niebezpiecznych autorstwa Henryka Zielaskiewicza i dra Mirosława Antonowicza 34

Wydawca:

Stowarzyszenie Inżynierów i Techników
Komunikacji Rzeczpospolitej Polskiej
00-043 Warszawa, ul. Czackiego 3/5
www.sitkorp.org.pl

Redaktor Naczelny:

Antoni Szydło

Redakcja:

Krzysztof Gasz, Igor Gisterek, Bartłomiej Krawczyk,
Maciej Kruszyna (Z-ca Redaktora Naczelnego),
Agnieszka Kuniczuk - Trzciniowicz (Redaktor językowy),
Piotr Mackiewicz (Sekretarz), Wojciech Puła (Redaktor
statystyczny), Wiesław Spuziak, Robert Wardęga,
Czesław Wolek

Adres redakcji do korespondencji:

Poczta elektroniczna:
redakcja@przeglad.komunikacyjny.pwr.wroc.pl

Poczta „tradycyjna”:

Piotr Mackiewicz, Maciej Kruszyna
Politechnika Wrocławska,
Wybrzeże Wyspiańskiego 27, 50-370 Wrocław
Faks: 71 320 45 39

Rada naukowa:

Marek Ciesielski (Poznań), Antanas Klibavičius (Wilno), Jozef Komačka (Žilina), Elżbieta Marciszewska (Warszawa), Andrzej S. Nowak (Auburn University), Tomasz Nowakowski (Wrocław), Victor V. Rybkin (Dniepropietrowsk), Marek Sitarz (Katowice), Wiesław Starowicz (Kraków), Hans-Christoph Thiel (Cottbus), Tomasz Siwowski (Rzeszów), Jiri Straský (Brno), Andrea Zuzulova (Bratysława)

Rada programowa:

Mirosław Antonowicz, Dominik Borowski, Leszek Krawczyk, Marek Krużyński, Leszek W. Mindur, Andrzej Żurkowski

Deklaracja o wersji pierwotnej czasopisma

Główną wersją czasopisma jest wersja elektroniczna. Na stronie internetowej czasopisma dostępne są pełne wersje artykułów oraz streszczenia w języku polskim (od 2010) i angielskim (od 2016).

Redakcja zastrzega sobie prawo dokonywania zmian w materiałach nie podlegających recenzji.

Artykuły opublikowane w „Przeglądzie Komunikacyjnym” są dostępne w bazach danych 20 bibliotek technicznych oraz są indeksowane w bazach:

BAZTECH: <http://baztech.icm.edu.pl>

Index Copernicus: <http://indexcopernicus.com>

Prenumerata:

Szczegóły i formularz zamówienia na stronie:

<http://www.transportation.overview.pwr.edu.pl>

Obecna Redakcja dysponuje numerami archiwalnymi począwszy od 4/2010.

Numery archiwalne z lat 2004-2009 można zamawiać w Oddziale krakowskim SITK, ul. Siostrzana 11, 30-804 Kraków, tel./faks 12 658 93 74, mrowinska@sitk.org.pl

Druk:

HARDY Design, 52-131 Wrocław, ul. Buforowa 34a
Przemysław Wolczuk, przemo@dodo.pl

Reklama:

Dział Marketingu: sitk.baza@gmail.com

Nakład: 800 egz.

Telematyka jako przyszłościowa metoda poprawy bezpieczeństwa transportu kolejowego

Telematics as a future method for improving the safety of rail transport

Andrzej Lewiński

Tomasz Perzyński

Prof. dr hab. inż.

Dr hab. inż.

Uniwersytet Technologiczno – Humanistyczny im K.
Pułaskiego w Radomiu

Uniwersytet Technologiczno – Humanistyczny im K.
Pułaskiego w Radomiu

a.lewinski@uthrad.pl

t.perzynski@uthrad.p

Streszczenie: W pracy pokazano, jak rozwój systemów telematyki wpływa na dziedzinę zarządzania i sterowania ruchem kolejowym. Zaprezentowano obecne i przyszłościowe rozwiązania, które w istotny sposób mogą poprawić bezpieczeństwo. Do analizy zaproponowano aparat matematyczny w postaci procesów Markowa.

Słowa kluczowe: Systemy kolejowe; Bezpieczeństwo; Modelowanie systemów

Abstract: The paper shows how the development of telematics systems affects the field of railway traffic management and control. It presents current and future solutions that can significantly improve safety. A mathematical apparatus in the form of Markov processes was proposed for analysis.

Keywords: Rail systems; Safety; Models of the systems

Wstęp

Celem wprowadzenia nowych systemów, w tym ERTMS/ETCS, jest zwiększenie funkcjonalności transportu kolejowego, [7]. Pomimo stosowania nowych rozwiązań poziom bezpieczeństwa, w odniesieniu do urządzeń pokładowych czy systemów w centrum sterowania, nie może ulec obniżeniu w stosunku do wymagań RAMS (z ang. Realibility, Avalability, Maintainability and Safety) zawartych w normie PN-EN 50126, [3], [6]. Systemy zarządzania i sterowania ruchem kolejowym muszą być konstruowane zgodnie z wymaganiami i obowiązującymi normami, w których zdefiniowano takie wymagania jak akceptowalny poziom ryzyka (ang. Tolerable hazard Rate) czy sposób kodowania przesyłanej informacji. W pracy pokazano, że gotowość systemów można definiować jako prawdopodobieństwo niewystąpienia zdarzenia krytycznego. Przedstawiona metoda szacowania gotowości została oparta na procesach Markowa. Za-

prezentowane modele odpowiadają systemom już eksploatowanym oraz odniesiono się do propozycji implementacji systemów wykorzystujących otwarte standardy transmisji.

Podstawy analizy bezpieczeństwa systemów zarządzania i sterowania ruchem kolejowym

W nowo projektowanych systemach zarządzania i sterowania ruchem kolejowym jednym z podstawowych wskaźników charakteryzujących bezpieczeństwo jest tzw. tolerowalny poziom ryzyka - THR. Oszacowana wartość tego wskaźnika musi mieścić się w założonym dla danej grupy urządzeń przedziale. Wskaźnik ten jest określony jako, [11]:

$$THR = \prod_{i=1}^n \frac{\lambda_i}{t_{d_i}^{-1}} \cdot \sum_{i=1}^n t_{d_i}^{-1} \quad (1)$$

gdzie: λ_i – intensywność uszkodzeń dla kanału i , $t_{d_i}^{-1}$ – czas reakcji systemu na błąd od czasu powstania dla kanału i .

Bezpieczne systemy komputerowe pracujące zazwyczaj w strukturze nadmiarowej (2z2, 2z3) przy niezależności kanałów przetwarzania danych są gwarantem małego prawdopodobieństwa wystąpienia usterki krytycznej. Należy dodać, że bezpieczeństwo zależy również od czasu wykrycia uszkodzeń pojedynczych i wielokrotnych. Przy jednym kanale przetwarzania analiza wzoru (1) sprowadza się do wyznaczenia współczynnika intensywności uszkodzeń.

Dla systemu dwukanałowego wzór (1) przyjmuje postać $2\lambda_d/t_{TF}$. W tym przypadku intensywność uszkodzeń krytycznych została zredukowana w stopniu $2t_d/t_{TF}$ (t_d - czas reakcji na uszkodzenie, t_{TF} - średni czas do wystąpienia uszkodzenia w kanale). Dla systemów zarządzania i sterowania ruchem kolejowym zaliczonych do najwyższego czwartego poziomu SIL (ang. Safety Integrity Level) wartości THR powinny zawierać się w przedziale $10^{-9} \leq THR < 10^{-8}$.

Poza wspomnianym wyżej wskaź-

nikami *THR*, systemy zarządzania i sterowania ruchem kolejowym (sprzęt, oprogramowanie) mogą być poddane analizie za pomocą metod FMEA, FTA czy procesów Markowa, [8], [9], [14]. W przypadku tej ostatniej wykorzystuje się procesy z czasem ciągłym, które korelują z procesem Poissona. Jeżeli przejście z jednego stanu do drugiego wywołane pewnym strumieniem zdarzeń jest strumieniem poissonowskim, to proces losowy przebiegający w systemie jest procesem Markowa o charakterze skokowym i czasie ciągłym. Przejście systemu ze stanu S_i do stanu S_j oznacza się funkcją $\lambda_{ij}(t)$, gdzie λ jest intensywnością uszkodzeń bądź intensywnością przejść. Macierzy opisującej łańcuch odpowiada graf, który można zapisać w postaci układu równań różniczkowych. Równanie różniczkowe dla i -tego stanu przedstawia poniższe równanie:

$$\frac{dP_i(t)}{dt} = -P_i(t) \sum_{j=1}^n \lambda_{ij}(t) + P_j(t) \sum_{j=1}^n P_i(t) \lambda_{ji}(t)$$

(2)
gdzie $i = 1, 2, 3, \dots, n$, $P_i(t)$ – są rozkładami prawdopodobieństw wystąpienia poszczególnych stanów.

Chcąc rozwiązać taki układ muszą być założone warunki początkowe:

$$P_i(0) = P_i \quad (3)$$

gdzie $i = 1, 2, 3, \dots, n$.

Metoda ta w warunkach stacjonarnych pozwala uzyskać układ liniowych równań algebraicznych. Możliwe to jest poprzez zastosowanie przekształcenia Laplace'a:

$$\tilde{f}(s) = L[f(t)] = \int_0^{\infty} e^{-st} f(t) dt \quad (4)$$

Korzystając z własności transformaty:

$$L[f'(t)] = s \tilde{f}(s) - f(0) \quad (5)$$

można układ równań różniczkowych przekształcić do postaci równania algebraicznego, dzięki czemu można wyznaczyć transformaty Laplace'a odpowiednich prawdopodobieństw P_i :

$$s \tilde{P}(s) - P_i(0) = -\tilde{P}_i(s) \sum_{j=1}^n \lambda_{ij} + \sum_{j=1}^n \lambda_{ij} \tilde{P}_j(s) \quad (6)$$

Układ równań przedstawiony w postaci operatorowej rozwiązywany jest jak klasyczny układ równań liniowych. W przypadku obliczania granicznych wartości prawdopodobieństw korzystamy z twierdzenia granicznego:

$$\lim_{t \rightarrow \infty} sP(s) = \lim_{t \rightarrow \infty} P(t) \quad (7)$$

Ze względu na sposób pracy i reakcji na zaistniałe uszkodzenie, zgodnie z teorią niezawodności, niektóre systemy sterowania ruchem kolejowym można charakteryzować jako systemy z naprawą (w modelowaniu systemów srk stosowany jest również system bez naprawy). Model systemu z naprawą zakłada cykliczny powrót ze stanu niesprawności (rys. 1).

Dla systemu z naprawą wprowadzone zostało pojęcie gotowości systemu – prawdopodobieństwo, że obiekt jest sprawny w chwili t od rozpoczęcia eksploatacji. Jest to suma prawdopodobieństw przebywania obiektu w stanach sprawności:

$$A(t) = \sum_{i=0}^n P_i(t) \quad (8)$$

gdzie n jest ostatnim stanem sprawności.

Współczynnik gotowości obiektu naprawialnego A wyraża się jako wartość graniczną, co oznacza, że obiekt

będzie sprawny po założonym wystarczająco długim okresie eksploatacji:

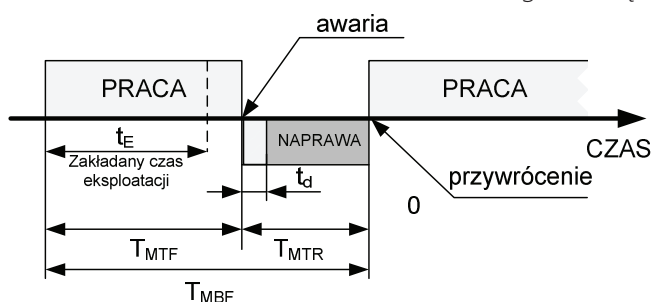
$$A = \lim_{t \rightarrow \infty} A(t) \quad (9)$$

Współczynnik gotowości obiektu naprawialnego można obliczyć na podstawie własności granicznej transformaty Laplace'a przy $s \rightarrow 0$.

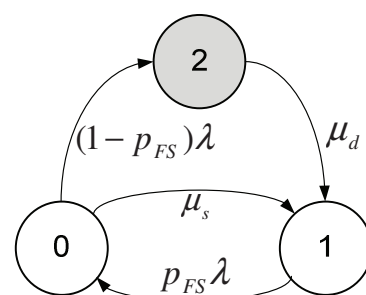
W systemach srk bezpieczeństwo jest intuicyjnie związane z nieprzebywaniem w stanie uszkodzeń wielokrotnych. Dlatego wprowadza się pojęcie tzw. uszkodzenia kontrolowanego. Wszystkie uszkodzenia pojedyncze powinny być kontrolowane (wykrywane w stosunkowo krótkim czasie), zaś uszkodzenia wielokrotne, związane z jednoczesnym wystąpieniem usterki w n kanałach przetwarzania, decydują o wystąpieniu sytuacji niebezpiecznej (przy założeniu odpowiednio krótkiego czasu reakcji wykrycia usterki wielokrotnej). Systemy nadmiarowe nie muszą być systemami bezpiecznymi, znacznie zwiększają się jedynie ich wskaźniki niezawodnościowe, zwłaszcza czas do wystąpienia uszkodzenia krytycznego (zawodność bezpieczeństwa). Z reguły są to systemy tolerujące uszkodzenia pojedynczych elementów, pracujących do uszkodzenia ostatniego elementu (ang. *fault-tolerant*).

W systemach bezpiecznych (ogólny model przedstawiono na rys. 2) wprowadza się dwie grupy stanów końcowych:

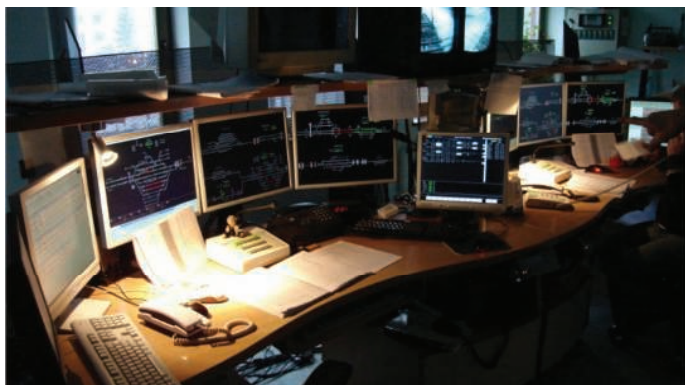
- stan uszkodzeń niebezpiecznych,
 - stan uszkodzeń kontrolowanych.
- System bezpieczny (ang. *fail-safe*) jest to system, w których znalezienie się w stanie uszkodzenia kontrolowanego prowadzi do reakcji bezpieczeństwa – sterowania awaryjnego. Jak można



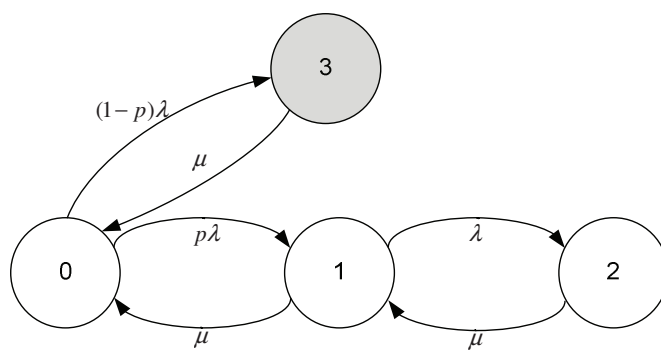
1. Charakterystyka systemu z naprawą



2. Ogólny model systemu bezpiecznego



3. Współczesne centrum sterowania ruchem kolejowym – ILTOR-2



4. Model systemu z naprawą – centrum sterowania

zobaczyć na rys. 2, stan 1 jest stanem uszkodzeń kontrolowanych, przejście do tego stanu zapewniają m.in. rozwiązania telematyczne.

Przedstawiony na rysunku 2 model stanowi stacjonarny i jednorodny proces Markowa. W modelu tym wyróżniono następujące stany:

- 0 – stan poprawnej pracy,
- 1 – stan uszkodzeń kontrolowanych,
- 2 – stan uszkodzeń niebezpiecznych (katastroficznych).

oraz wprowadzono oznaczenia:

- μ_s, μ_d – intensywność napraw w stanie uszkodzeń kontrolowanych oraz

w stanie uszkodzeń niebezpiecznych,

- λ – intensywność uszkodzeń,
- p_{FS} – prawdopodobieństwo wystąpienia uszkodzenia kontrolowanego (np. prawdopodobieństwo przełączenia w chwili wystąpienia uszkodzenia).

Rozwiązując układ równań stanu można obliczyć graniczną wartość prawdopodobieństwa P_2 , czyli prawdopodobieństwa przebywania w stanie uszkodzenia krytycznego

$$P_2 = \frac{\lambda \mu_s (1 - p_{FS})}{\mu_s \mu_d + \lambda (\mu_s - p_{FS} \mu_s + \mu_d)} = \frac{\lambda}{\mu_s} (1 - p_{FS}) \quad (10)$$

Współczynnik gotowości dla modelu z rys. 2 jest wtedy równy $A = 1 - P_2$.

Bezpieczeństwo systemu dyspozytorskiego

Współczesny system dyspozytorski jest przykładem systemu wielokomputerowego, w którym awaria jednego z komputerów powoduje

przełączenie na pracę innego z komputerów, rezerwowego, ale pracującego w trybie gorącej rezerwy (ang. *hot stand-by*). Przykładem takiego systemu może być znany w Polsce system ILTOR-2 przedstawiony na rys. 3, którego model, jako systemu z naprawą, został przedstawiony na rys. 4.

Za przełączenie na pracę komputera rezerwowego odpowiada przełącznik o prawdopodobieństwie poprawnego przełączenia p . W modelu tym wyróżniamy stany:

- 0 – komputer główny i rezerwowy sprawny,
- 1 – stan pracy rezerwowej,
- 2 – stan uszkodzeń kontrolowanych (wyłączenie komputera rezerwowego pracującego jako główny),
- 3 – stan uszkodzeń niebezpiecznych, w którym komputer główny został uszkodzony, a komputer rezerwowy w wyniku niepoprawnego przełączenia nie przejął funkcji sterowania.

Rozwiązując układ równań stanu obliczono prawdopodobieństwo P_3 :

$$P_3 = \frac{(\lambda - p \cdot \lambda) \cdot \mu^2}{\mu \cdot (p \cdot \lambda^2 + \mu \cdot (\lambda + \mu))} \approx \frac{\lambda}{(1 - p) \mu} \quad (11)$$

Zakładając $\lambda = 10^{-5} h^{-1}$, $\mu = 1 h^{-1}$ oraz $p = 1 - 10^{-6}$ graniczna wartość współczynnika gotowości dla $t \rightarrow \infty$ wynosi: $A = 1 - P_3 = 0,99999999$.

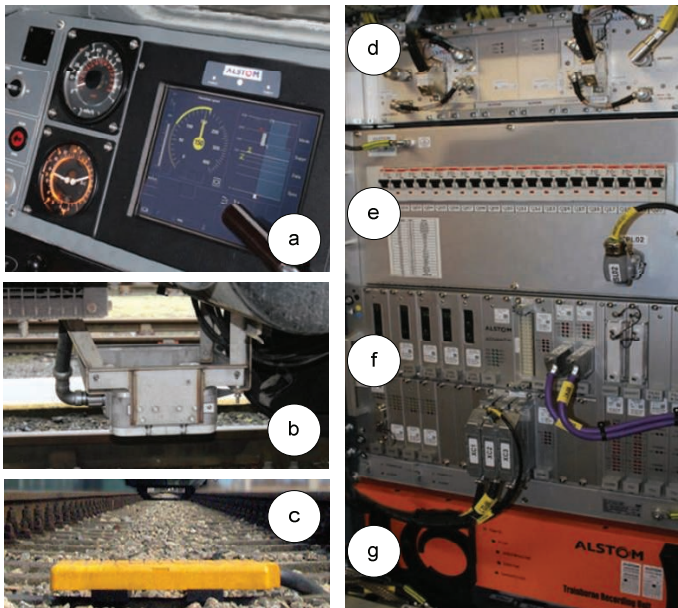
Bezpieczeństwo systemu ERTMS/ETCS

System ETCS (ang. European Train Control System) stanowi jeden z elementów składowych systemu ERTMS

(ang. European Rail Traffic Management System), [10]. Celem systemu ERTMS jest zapewnienie interoperacyjności transportu kolejowego w krajach członkowskich Unii Europejskiej. Jest to spowodowane tym, że zarządcy dróg kolejowych krajów członkowskich mają opracowane własne rozwiązania dotyczące specyfikacji technicznej dla systemów sterowania i zarządzania ruchem kolejowym. Unifikacja różnych systemów sterowania pozwoli na tzw. „kolej bez granic”. W odniesieniu do bezpieczeństwa, system ERTMS może przyczynić się do wyeliminowania zdarzeń mogących powodować zagrożenie w ruchu kolejowym, takich jak zignorowanie sygnału „stój” oraz przekroczenie dopuszczalnej prędkości na danym odcinku. Zastosowane w ERTMS rozwiązania pozwalają na większe prędkości taboru kolejowego oraz większą przepustowość przy zachowaniu wysokiego poziomu bezpieczeństwa, [4], [5], [13]. System ERTMS/ETCS może zostać skonfigurowany do pracy w jednym z poziomów, [1]:

- poziom 1 - rozwiązanie oparte na transmisji zezwoleń na jazdę za pomocą balis,
- poziom 2 - do transmisji zezwoleń na jazdę wykorzystuje się GSM-R, dodatkowo tor wyposażony jest w radiowe centra sterowania (ang. *Radio Block Centre*),
- poziom 3 - stanowi rozwinięcie poziomu drugiego i umożliwia jazdę zgodnie z ruchomym odstępem blokowym. W poziomie tym rezygnuje się z liczników osi oraz obwodów torowych.

Elementy systemu ETCS przedstawio-



5. System ETCS a) interfejs maszynisty, b) antena do komunikacji tor-pojazd c) eurobalisa d) podsystem GSM e) jednostka interfejsów f) komputer pokładowy g) moduł rejestracji danych, [oprac. na podstawie 2]

Tab. 1. Założenia do modelu z rys. 6

Parameter	λ	λ_1, λ_2	λ_3	λ_4	λ_5	μ	μ_1	μ_2	μ_3
Wartość [h ⁻¹]	6	0.00001	1	0.001	10% λ_4	30	2 μ	0.083	1

no na rys. 5, [2].

Na rys. 6 przedstawiono model dla systemu ERTMS/ETCS.

W modelu możemy wyróżnić:

- Stan 0 – stan pracy normalnej.
- Stan 1 – stan odebrania danych. Realizacja poleceń przez system.
- Stan 2 – uszkodzenie kontrolowane (np. brak transmisji GSM-R). Automatyczne zatrzymanie pociągu.
- Stan 3 – awaryjne przemieszczenie pojazdu.
- Stan 4 – jazda pociągu zgodnie ze wskazaniami sygnalizacji przytorowej.
- Stan 5 – stan krytyczny, niekontrolowany.

Dla modelu z rys. 5 możemy napisać równania stanu: nr 12.

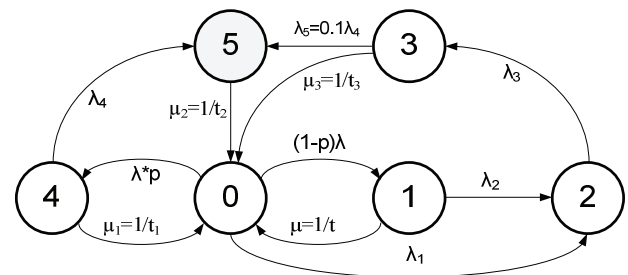
W modelu z rys. 6 założono, że naj-
Równanie 12.

$$\begin{cases} \frac{dP_0(t)}{dt} = -[(1-p)\lambda + \lambda_1 + \lambda p]P_0(t) + \mu P_1(t) + \mu_1 P_4(t) + \mu_3 P_3(t) + \mu_2 P_5(t) \\ \frac{dP_1(t)}{dt} = (1-p)\lambda P_0(t) - \mu P_1(t) - \lambda_2 P_1(t) \\ \frac{dP_2(t)}{dt} = \lambda_2 P_1(t) + \lambda_1 P_0(t) - \lambda_3 P_2(t) \\ \frac{dP_3(t)}{dt} = \lambda_3 P_2(t) - \mu_3 P_3(t) - \lambda_5 P_3(t) \\ \frac{dP_4(t)}{dt} = \lambda P_0(t) - \mu_1 P_4(t) - \lambda_4 P_4(t) \\ \frac{dP_5(t)}{dt} = \lambda_4 P_4(t) + \lambda_5 P_3(t) - \mu_2 P_5(t) \end{cases}$$

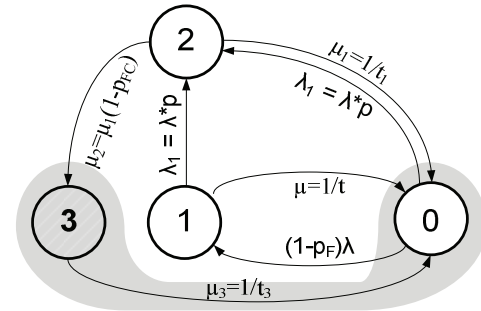
bardziej niepożądanym stanem jest stan 5. Graniczne prawdopodobieństwo znalezienia się w stanie P_5 wynosi:

$$P_5(t)_{t \rightarrow \infty} = [(\mu\lambda_1 + (\lambda + \lambda_1)\lambda_2)\lambda_3(\mu_1 + \lambda_4)\lambda_5 + p\lambda\lambda_3(\mu\lambda_4(\mu_3 + \lambda_5) + (\mu_3\lambda_4\mu_1\lambda_5))] / [p\mu_2\mu_3\lambda\lambda_2\lambda_3 + \mu_2\mu_3\lambda\lambda_2\lambda_4 - p\mu_2\mu_3\lambda\lambda_2\mu_2\mu_3\lambda_1\lambda_2\lambda_4 + \mu_2\mu_3\lambda_3\lambda_4 p\mu_2\mu_3\lambda\lambda_3\lambda_4 + \mu_2\mu_3\lambda_2\lambda_3\lambda_4\lambda_2\lambda_3\lambda_4 - p\mu_2\lambda\lambda_2\lambda_3\lambda_4 + p\mu_3\lambda\lambda_2\lambda_3\lambda_4 + \mu_2\lambda_1\lambda_2\lambda_3\lambda_4 + ((\mu_2(\lambda + \lambda_1)\lambda_2 + (\lambda + \lambda_1)\lambda_3 + \mu_2(\lambda + \lambda_2)\lambda_3)\lambda_4 + p\mu_2\lambda(\lambda_2\lambda_3 - (\lambda_2 + \lambda_3)\lambda_4))\lambda_5 + \mu(p\lambda\lambda_3(\mu_2 + \lambda_4)(\mu_3 + \lambda_5) + \mu_1(\lambda_1\lambda_3\lambda_5 + \mu_2(\lambda_1\lambda_3 + \mu_3(\lambda_1 + \lambda_3) + (\lambda_1 + \lambda_3)\lambda_5))) + \lambda_4(\lambda_1\lambda_3\lambda_5 + \mu_2(\lambda_1\lambda_3 + \mu_3(\lambda_1 + \lambda_3) + (\lambda_1 + \lambda_3)\lambda_5))) + \mu_1((\lambda - p\lambda + \lambda_1)\lambda_2\lambda_3\lambda_5 + \mu_2(\lambda_1\lambda_2\lambda_3 + \mu_3(\lambda_2(\lambda_1 + \lambda_3) - (-1 + p)\lambda(\lambda_2 + \lambda_3)) + \lambda_2(\lambda_1 + \lambda_3)\lambda_5 - (-1 + p)\lambda(\lambda_2\lambda_3 + (\lambda_2 + \lambda_3)\lambda_5)))] \quad (13)$$

Zakładając parametry (tabela 1):



6. Model dla systemu ERTMS/ETCS



7. Model systemu ostrzegania o możliwości wystąpienia kolizji na szlaku

Tab. 2. Obliczenia dla modelu z rys. 6

Prawdopodobieństwo p	0.1	0.3	0.5	0.7	0.9
Wartość $A_{t \rightarrow \infty}$	0.999898	0.999691	0.999476	0.999254	0.999024

obliczono graniczną wartość współczynnika gotowości w zależności od prawdopodobieństwa p nieużywania przez pojazd systemu ERTMS/ETCS, co przedstawiono w tabeli 2.

System wykluczania kolizji pociągów na szlaku – nowe rozwiązania

Proponowana koncepcja dodatkowego systemu informującego maszynistę o innym pociągu na szlaku zakłada: transmisję danych na odległość 10km, możliwość wykorzystania otwartego standardu transmisji danych, instalacja na linii jednotorowej, [12]. Rozwiązanie może funkcjonować w postaci dodatkowego panelu zainstalowanego w kabinie maszynisty. W przypadku wykrycia innego pociągu będącego w zasięgu modułu nadawczego system zaczyna informować o odległości od niego. System może mieć szczególne znaczenie w przypadku ruchu kolizyjnego na jednym torze. Wystarczy wspomnieć o dwóch tragediach, w których zginęło łącznie 35 osób – kolizja w Bari-Barletta (Włochy, 2016) oraz Bad Aibling (Niemcy, 2016). Na rysunku 7 zaproponowano model uwzględniający dodatkowy system

informowania maszyniście o innym pociągu na szlaku.

W modelu można wyróżnić:

- stan 0 - stan prawidłowej pracy,
- stan 1 – oczekiwanie na informację o pociągu będącego w zasięgu modułu radiowego,
- stan 2 - odbiór danych krytycznych,
- stan 3 - stan sytuacji niebezpiecznej.

gdzie:

- λ - intensywność wysyłanych komunikatów na szlaku,
- λ_1 - intensywność wysyłanych komunikatów krytycznych,
- p - prawdopodobieństwo wystąpienia sytuacji krytycznej,
- p_{FC} - prawdopodobieństwo prawidłowej reakcji,
- μ - czas obsługi,
- μ_1 - czas obsługi sytuacji krytycznej,
- μ_2 - intensywność przejścia do stanu niebezpiecznego,
- μ_3 - czas powrotu do pełnej sprawności.

Zakładając parametry: $\lambda=12/h$, $\lambda_1=\lambda p$, $p=0.1\%$, $\mu_1=30/h$, $\mu_2=\mu_1(1-p_{FC})$, $p_{FC}=0.999$, $\mu_1=4h$ oraz rozwiązując układ równań stanu dla modelu z rys. 7, graniczna wartość współczynnika gotowości wynosi:

$$A(t) \lim_{t \rightarrow \infty} = \frac{\lambda_1 \mu_2}{(\mu_1 + \mu_2) \cdot \mu_3 + \lambda_1 \cdot (\mu_2 + \mu_3)} = 0,999952 \quad (14)$$

W przypadku braku dodatkowego systemu model z rys. 7 ogranicza się do stanu 1 i 3 z intensywnością przejścia λ_1 do stanu 3. W takim przypadku graniczna wartość współczynnika gotowości przy tych samych założeniach λ_1 oraz μ_3 wynosi 0,954198.

Wnioski

Analiza matematyczna przeprowadzona w pracy pokazała, jak nowe technologie wywodzące się z obszaru telematyki podnoszą poziom bezpieczeństwa. Przedstawiony i poddany modelowaniu system ERTMS/ETCS stanowi obecnie jedyne rozwiązanie stanowiące interfejs pomiędzy różnymi systemami zarządzania i sterowa-

nia ruchem kolejowym. Jak wskazał Europejski Trybunał Obrachunkowy, koszt wyposażenia europejskiej sieci kolejowej (TEN-T) w system ERTMS może wynieść 188 mld euro, [15]. Nie ulega jednak wątpliwości, iż system jest niezbędny dla zapewnienia interoperacyjności. Autorzy zaprezentowali również koncepcję systemu, który wykorzystując publiczny standard transmisji bezprzewodowej może przyczynić się do poprawy bezpieczeństwa ruchu kolejowego. Przedstawiona koncepcja jest rozszerzeniem rozwiązań stosowanych w innych gałęziach transportu. ◀

Materiały źródłowe

- [1] Białoń A., Gradowski P., Toruń A.: „Nowoczesne systemy zarządzania ruchem kolejowym (ERTMS)”. Problemy Kolejnictwa – Zeszyt 148, 2009
- [2] UNIFE – The European Rail Industry „International freight corridors equipped with ERTMS”. ERTMS Factsheet, no. 15, 2014
- [3] Norma PN-EN 50126:2002 (U) Zastosowania kolejowe. Specyfikowanie i wykazywanie Nieuszkodzalności, Gotowości, Obsługiwalności i Bezpieczeństwa (RAMS). Część 1: Wymagania podstawowe i procesy ogólnego przeznaczenia
- [4] Lewiński A., Toruń A., Gradowski P.: “Modeling of ETCS with respect to functionality and safety including Polish Railways conditions”, Communications In Computer And Information Science, Telematics – Support Of Transport (471), Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2014
- [5] Lewiński A., Toruń A.: „The efficiency analysis of train monitoring system applying the Changeable Block Distance method”, Communications in Computer and Information Science (395), Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2013
- [6] Lewiński A.: „Nowoczesne systemy telematyki kolejowej”, Wydawnictwo Politechniki Radomskiej, Radom, 2012, ISBN 978- 83- 7351- 506-2
- [7] Winter P. and other: Compendium

on ERTMS. ISBN 978-3-7771-0396-9, UIC, (1st edition), 2009

- [8] Qiu, S., Sallak, M., Schön, W., Cherfi, Z., “Modeling of ERTMS Level 2 as an SoS and Evaluation of its Dependability Parameters Using Statecharts”. IEEE Systems Journal. 8. 10.1109/JSYST.2013.2297751, 2014
- [9] Carnevali L., Flammini F., Paolieri M., Vicario E. (2015) Non-Markovian Performability Evaluation of ERTMS/ETCS Level 3. In: Beltrán M., Knottenbelt W., Bradley J. (eds) Computer Performance Engineering. EPEW 2015. Lecture Notes in Computer Science, vol 9272. Springer
- [10] Młyńczak J., Toruń A., Bester L., “European Rail Traffic Management System (ERTMS)”. In: Ślaskowski A., Pamuła W. (eds) Intelligent Transportation Systems – Problems and Perspectives. Studies in Systems, Decision and Control, vol 32. Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2016
- [11] Lewiński A., Perzyński T.: “The reliability and safety of railway control systems based on new information technologies”. Communications In Computer and Information Science. Transport Systems Telematics (104), Springer 2010
- [12] Perzyński T. “Wybrane systemy telematyki w bezpieczeństwie i zarządzaniu transportem lądowym I śródlądowym,” Seria Monografie (201), Wydawnictwo Politechniki Radomskiej, Radom, Radom 2016
- [13] Lewiński A., Toruń A.: “The Changeable Block Distance System Analysis”, Communications in Computer and Information Science (104), Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2010
- [14] Leitner, Bohuš. (2017). A General Model for Railway Systems Risk Assessment with the Use of Railway Accident Scenarios Analysis. Procedia Engineering. 187. 150-159. 10.1016/j.proeng.2017.04.361
- [15] European Court of Auditors. Special report no 13/2017: A single European rail traffic management system: will the political choice ever become reality?. Luxembourg 2017

Zagrożenia generowane przez ruch kolejowy i ich mitygacja poprzez wdrożenie projektu badawczego „Maszynista 5.0”

Hazards generated by railway traffic and their minimalization by implementation of the research project „Train Driver 5.0”

Magdalena Garlikowska

Michał Szlendak

Dr

Mgr inż.

Jednostka Notyfikowana INFRACERT TSI

Jednostka Notyfikowana INFRACERT TSI

Streszczenie: Dążenie do podnoszenia bezpieczeństwa jest priorytetem wszystkich podmiotów kolejowych. Ruch kolejowy generuje wiele zagrożeń, których unikanie spoczywa przede wszystkim na maszyniście. Istnieje szereg projektów polskich i międzynarodowych, których celem jest minimalizacja niepożądanych sytuacji mogących prowadzić do wypadku czy incydentu na torach. W artykule zostały omówione zagrożenia występujące w ruchu kolejowym oraz sposoby ich mitygacji. Przedstawiono również założenia i cele jednego z takich projektów pod nazwą „Maszynista 5.0”.

Słowa kluczowe: *Ruch kolejowy; Maszynista; Zagrożenie*

Abstract: Striving to increase safety is a priority all railway stakeholders. Railway traffic generates many hazards and avoidance them rests first of all on the Train Driver. There are many projects, Polish and international, which have important aim: minimalization of the undesirable situations, that can lead to accident on the tracks. In the article have been discussed hazards in the railway traffic and ways to reduce them. Also assumptions and goals one of the projects „Train Driver 5.0” were presented.

Keywords: *Railway traffic; Train driver; Hazard*

Wstęp

Bezpieczeństwo transportu kolejowego jest priorytetem wszystkich podmiotów funkcjonujących na rynku kolejowym. Unia Europejska od wielu lat czyni starania w celu zapewnienia interoperacyjności kolei poprzez wydawanie odpowiednich regulacji prawnych zawierających wymagania dla tych podmiotów. Mają one służyć dostosowaniu przepisów krajowych tak, by poziom bezpieczeństwa europejskiego systemu kolejowego był zapewniony i utrzymany.

Ruch kolejowy generuje wiele zagrożeń, które powinny być stale identyfikowane, analizowane i monitorowane w celu utrzymania ryzyka ich wystąpienia na jak najniższym poziomie lub zmniejszania skutków, jeśli takie zagrożenie wystąpi. Narzędziem służącym realizacji tego celu jest m.in. wymagane przepisami przeprowadzanie wyceny i oceny ryzyka, jeśli podmiot kolejowy (przewoźnik, za-

rzędnica infrastruktury, podmiot odpowiedzialny za utrzymanie pojazdu kolejowego, producent, wykonawca robót itp.) wprowadza do systemu kolejowego jakiegokolwiek zmiany mającej wpływ na bezpieczeństwo.

W niniejszym artykule zostaną omówione rodzaje zagrożeń występujących podczas ruchu pociągów oraz sposoby ich mitygacji. Zostanie przedstawiony projekt pod nazwą „Maszynista 5.0”, będący rewolucją w zakresie podnoszenia poziomu bezpieczeństwa i eliminacji czynników ryzyka w transporcie kolejowym.

Rodzaje zagrożeń w ruchu kolejowym

Zgodnie z prawem wspólnotowym zagrożenie to stan, który może prowadzić do wypadku, a ryzyko to częstotliwość wypadków i incydentów prowadzących do szkody spowodowanej zagrożeniem oraz stopień powagi tej szkody [6]. Całkowite wy-

eliminowanie ryzyka jest w zasadzie niemożliwe, jednak można je minimalizować np. poprzez kształtowanie świadomości ludzi co do istnienia zagrożeń, wdrażanie systemów zarządzania bezpieczeństwem, szkolenia maszynistów, programy promujące bezpieczeństwo.

Zagrożenia występujące w ruchu kolejowym można podzielić na kilka obszarów:

1. związane z infrastrukturą (techniczne),
2. odnoszące się do stanowiska maszynisty,
3. związane z osobami postronnymi przebywającymi na torach w miejscach niedozwolonych,
4. wynikające z warunków atmosferycznych i zdarzeń losowych.

Wszystkie te grupy zagrożeń wymagają pełnej koncentracji maszynisty i jego odpowiedniej zdolności psychofizycznej do prowadzenia pojazdu

kolejowego.

Pierwsza grupa zagrożeń ma związek z nawierzchnią kolejową i jej stanem. Nawierzchnia jest tą częścią składową drogi kolejowej, która odpowiada za bezpieczny i niezakłócony ruch pociągów. Każdy z jej elementów (szyny, podkłady, podsypka, przytwierdzenia szyn, łubki, podkładki, śruby, wkręty) ma inne przeznaczenie, a wszystkie razem umożliwiają bezpieczną jazdę. Swoje własności nawierzchnia traci wskutek zachodzenia dwóch procesów: zużycia, czyli wyczerpania się okresu spełniania wymagań, powodującego trwałe niepożądane zmiany w eksploatacji oraz uszkodzenia części składowych [1]. Oba stany mogą prowadzić do powstania zagrożeń w ruchu kolejowym. Należy tu również wspomnieć o kradzieżach części infrastruktury (okablowanie, wkręty torowe, szyny), który to proceder stwarza realne zagrożenie dla pasażerów, pracowników kolei, służb mundurowych.

Druga grupa zagrożeń odnosi się do stanowiska maszynisty. Największe zagrożenie generuje zmęczenie prowadzącego pojazd, które najczęściej może być spowodowane dłuższym czasem pracy ze względu na brak monitorowania przebiegu jego pracy. Maszyniści są często zatrudnieni u różnych przewoźników jednocześnie i pracują więcej niż to wynika z obowiązujących przepisów. Skutkiem tego może pojawić się uzasadniony problem z koncentracją - obserwacją i właściwą interpretacją sygnałów uregulowanych w instrukcji le-1 (E-1), a więc obowiązujących każdego maszynistę. Chodzi zarówno o informacje nadawane przez urządzenia sygnalizacji przytorowej, jak i przez wskaźniki znajdujące się na szlaku kolejowym, mogące powodować niewłaściwą reakcję.

W obecnych rozwiązaniach na sieci kolejowej, a zwłaszcza na modernizowanych liniach kolejowych wymagana jest duża zdolność koncentracji

i uwagi w celu zachowania właściwej techniki i taktyki jazdy i dostosowania jej do tych wskazań. Jako przykład można podać sytuację, kiedy na bardzo krótkim odcinku szlaku kolejowego maszynista w krótkich odstępach czasu – kilkusekundowych – musi odebrać i trafnie zinterpretować informacje przekazywane przez kilka tarcz ostrzegawczych przejazdowych (ToP). Tarcze te informują o stanie sprawności urządzeń ostrzegających użytkowników drogi na przejeździe znajdującym się w odległości drogi hamowania za taką tarczą. Chodzi o to, czy maszynista może pokonać z maksymalną dozwoloną prędkością dany odcinek na szlaku, czy też w zależności od wskazań tych tarcz/tarczy (jak wiadomo, tarcza ostrzegawcza przejazdowa jest oznaczona tabliczką z liczbą odpowiadającą kilometrowi i hektometrowi przejazdu, do którego ta tarcza się odnosi) musi ograniczyć prędkość pociągu, kiedy tarcza wskazywała dla określonego przejazdu kolejowo-drogowego sygnał Osp1. Jednocześnie maszynista dostaje informację z sygnalizatorów nowozabudowanej po modernizacji czterostawnej wieloodstępowej blokady liniowej o stanie niezajętości kolejnych odstępów blokowych oraz wskaźników. Przykładem jest wskaźnik przystanku osobowego W-16, który według instrukcji le-1 ustawia się skośnie do toru przed przystankami osobowymi, na których nie ma semaforów, z prawej strony toru, do którego się odnosi, w odległości drogi hamowania pociągów obowiązującej na danym szlaku, liczonej od wskaźnika W-4, ustawionego na tym przystanku.

Poprawie bezpieczeństwa nie służą również mieszane rozwiązania lokalizacji nowobudowanych peronów, na co zwracają uwagę maszyniści. Obecne rozwiązania usytuowania peronów na sieci kolejowej wyglądają tak, iż perony są położone naprzeciwlegle, wyspowo lub naprzemianlegle. W przypadku położenia peronów



1. Wjazd w perony p.o. Ustanówek



2. Postój przy krawędzi peronowej toru nr 2 p.o. Ustanówek

naprzemianległych złą praktyką jest rozmieszczanie ich w taki sposób, że patrząc w kierunku jazdy prawym torem dojeżdżając do przystanku osobowego najpierw znajduje się peron właśnie przy jeździe torem prawym. Wskazana by była odwrócona kolejność zabudowy. Dla maszynisty lepiej by było, gdyby peron z kierunku przeciwnego znajdował się najpierw, a potem ten widziany z kierunku jazdy (takie rozwiązania mają miejsce np. na linii E-20 – odcinek Warszawa Rembertów - Mińsk Mazowiecki). W złych warunkach atmosferycznych maszynista miałby punkt odniesienia i zbliżając się do przystanku kolejowego miałby ok. 400 metrów drogi na zatrzymanie pojazdu. Byłaby wówczas duża szansa, że nie dochodziłoby do niezatrzymania pojazdu przed wskaźnikiem W-4, czyli uniknięcie incydentu C44. Na wzrost zdarzeń kolejowych tego typu zwraca szczególną uwagę w swych raportach z analiz bezpieczeństwa Urząd Transportu Kolejowego.

Zagrożenie może stanowić również kwestia znajomości szlaku. Maszynista nie zawsze z tą samą częstotliwością porusza się po danym szlaku. Wówczas posiada on ograniczoną znajomość o drodze, którą pokonuje. Należy również zwrócić uwagę na to, że mało który maszynista ma możliwość w krótkich odstępach czasu (chodzi o kilkudniowe) poruszać się po liniach o różnej konfiguracji co do rozmieszczenia peronów. Zgodnie z przepisami dopuszczalny okres znajomości szlaku obowiązuje 6 miesięcy. Jeżeli zdarzy się, że maszynista nie jeździ danym szlakiem 4-5 miesięcy, zapomina jego parametry. Tworzy to pewną dekoncentrację i zwiększa ryzyko zaistnienia zdarzeń kolejowych kategorii C44. Jeżeli maszynista nie porusza się służbowo regularnie po danej linii kolejowej o różnorodnym rozmieszczeniu peronów, po upływie kilku miesięcy - lecz nie więcej niż 6 - zobowiązany jest do ponownego rozpoznania szlaku jadąc tam/powrót



3. Konstrukcje wsporcze zasłaniające widok maszyniście na szlaku

jedną jazdę w dzień i jedną w nocy. Natomiast kiedy okres nieobecności wyniósł więcej niż 12 miesięcy, ilość jazd zapoznawczych zwiększa się dwukrotnie.

Niebezpieczne sytuacje związane z ruchem kolejowym mają miejsce również w obrębie stacji - na wyjeździe ze stacji, kiedy maszynista ma na semaforze wyjazdowym informację „wolna droga” – sygnał S5 (jedno

światło pomarańczowe ciągle), zaś w odstępie drogi hamowania znajduje się peron wyspowy. Takie rozwiązanie, przy braku solidnych barier zabezpieczających, powoduje nieuprawnione skracanie sobie drogi przez podróżnych. Ludzie zeskakują z peronu bezpośrednio na tory, często nawet wtedy, kiedy pociąg już rusza z peronu. Ciąg tych zachowań powoduje u maszynisty dekoncentrację. Kwestia



4. Dzikie przejście



5. Krzyż przy szlaku kolejowym

sekwencji wskazań sygnalizacji może powodować, że maszynista zapomni, że miał na semaforze wyświetlony sygnał S-5, oznaczający, że przy wyjeździe na blokadę samoczynną następny semafor wskazuje sygnał stój. Znane są przypadki wyjazdu ze stacji Warszawa Okęcie, gdzie semafor znajduje się za łukiem, a możliwość jego obserwacji jest mocno ograniczona dodatkowo z uwagi na przeskakujących przed pociągiem ludzi. Może to prowadzić do najechania na inny pojazd, który z różnych przyczyn musiał si zatrzymać za łukiem.

Inną kwestią jest obserwacja przez maszynistę składu pociągu ruszającego ze stacji. Dawniej skład obserwował kierownik pociągu. W pojazdach nowej generacji i zmodernizowanych drzwi zamykają się automatycznie, więc obsługa pociągu jest zwolniona z tego obowiązku. Obecnie odbywa się to w ten sposób, że drzwi zamykają się automatycznie, kierownik pociągu daje znak do odjazdu i jeśli ktoś wpadnie między peron a pojazd nikt z pociągu może tego nie zauważyć.

Podczas modernizacji linii kolejowych konstrukcje wsporcze sieci trakcyjnej (odciąg, ukośniki, ramiona pomocnicze, pręty pomocnicze ukośnika, konstrukcje bramkowe sieci trakcyjnej, kosze sygnalizatorów umieszczone na bramkach) zasłaniają maszyniście czytelny obraz wskazań sygnalizatorów.

Trzecią grupę zagrożeń w ruchu kolejowym powodują osoby nielegalnie przebywające na terenie kolejowym, w tym zamierzające popełnić samobójstwo. Problem ten występuje na prawie całej linii kolejowej w Polsce. Dzieci i młodzież chodzi na skróty do szkół. Dorośli idą na zakupy, pobiegać albo do pracy. Linie kolejowe przecinają miasta, miasteczka i wsie, dzieląc społeczności. Nowe inwestycje (mieszkania, centra handlowe, szkoły) są często zlokalizowane po obu stronach linii kolejowej, co zwiększa potrzeby ludzi do przekraczania torów w miejscach niedozwolonych.

Największa liczba spośród chodzących po torach chodzi na skróty, gdyż publiczna droga znajduje się za daleko. Wybierają zatem drogę najkrótszą i tym samym najszybszą, chociaż wyznaczone przejście znajduje się tylko 300 metrów dalej. Używają zwykle już wydeptanych ścieżek, chociaż są nielegalne oraz z powodu przyzwyczajenia do używania tych dróg. Chodzą tamtędy od lat i nie chcą zmieniać przyzwyczajenia. Inni robią to z powodów rekreacyjnych – spacerują z psem, długie spacerują wzdłuż torów to dla nich atrakcja, wałęsanie się bez celu w towarzystwie kolegów, picie alkoholu, palenie, szukanie miejsca na graffiti [4]. Dzieci potrafią zrobić sobie plac zabaw na torach i przeskakują przed przejeżdżającymi pociągami, rzucają kamieniami, wspinają się na mosty i słupy trakcyjne. Wymaga to wzmożonej koncentracji maszynisty. Zresztą wzdłuż szlaków widzimy często przy torach krzyże z kwiatami, gdzie zginęli nieuważni przechodnie.

Odrębną grupą, niestety niemałą, stwarzającą zagrożenie w ruchu kolejowym, są samobójcy. Śmierć pod kołami pociągu jest traktowana jako skuteczny sposób odebrania sobie życia, dlatego jest chętnie wybierana forma.

Ostatnia grupa zagrożeń wiąże się ze złymi warunkami atmosferycznymi, kiedy widoczność na szlaku jest mocno ograniczona. Mgła czy śnieżyca mogą uniemożliwiać prawidłowe odczytanie sygnalizatorów i innych oznakowań drogi kolejowej. Podobnie zdarzenia losowe będące skutkiem sił natury mogą stanowić zagrożenie dla bezpiecznej jazdy. Zaliczamy tu zerwania sieci trakcyjnej czy leżące na torach przeszkody w postaci przewróconych drzew wskutek silnych wiatrów.

Zapobieganie zagrożeniom w ruchu kolejowym

Zapobieganie zagrożeniom w transporcie kolejowym nabrało w ostat-

nich latach znaczenia. Źródłem tego stanu rzeczy są przede wszystkim przepisy unijne, które zobowiązują państwa członkowskie do prowadzenia wyceny i oceny ryzyka w celu podniesienia poziomu bezpieczeństwa systemu kolejowego. System kolejowy wciąż się rozwija, a wprowadzane do niego liczne zmiany we wszystkich obszarach podlegają konieczności ich oceny pod kątem ich znaczenia.

Wraz z Dyrektywą 2004/49/WE o bezpieczeństwie kolei [2] pojawiły się w branży kolejowej takie pojęcia jak: zarządzanie bezpieczeństwem, zarządzanie ryzykiem, analiza ryzyka. Dyrektywa wprowadziła podejście systemowe do omawianego zagadnienia, konieczne m.in. ze względu na coraz to nowe, niezwykle złożone technologie, wzrost prędkości pociągów czy coraz większą liczbę przewoźników kolejowych. Aspekty związane z prowadzeniem ruchu, systemami bezpieczeństwa wymagały dokonywania analizy ryzyka, zarówno własnego, jak i wynikającego z działalności wspólnej oraz przekazywania zagrożeń pomiędzy niezależnymi podmiotami branży kolejowej – zarządcami infrastruktury i przewoźnikami [5].

W celu zapobiegania zagrożeniom związanym z transportem kolejowym stosuje się wiele różnych metod. Powstają programy edukacyjne informujące o zagrożeniach i możliwościach ich uniknięcia lub zminimalizowania skutków. Zarządcy infrastruktury i przewoźnicy kolejowi są zobowiązani do wdrożenia i stosowania w swoich przedsiębiorstwach systemów zarządzania bezpieczeństwem (SMS) oraz przestrzegania zasad i warunków bezpieczeństwa ruchu kolejowego zawartych w różnych przepisach krajowych i unijnych. Dotyczy to przede wszystkim zatrudniania pracowników o odpowiednich kwalifikacjach i kompetencjach, znajomości wszystkich aktualnych przepisów określających wymagania

odnośnie prowadzenia ruchu kolejowego i utrzymania infrastruktury kolejowej oraz eksploatacji budowli i urządzeń niezbędnych dla prowadzenia ruchu kolejowego, w tym posiadania świadectw dopuszczenia do eksploatacji typów pojazdów kolejowych.

Pracownicy są zobowiązani do stosowania regulacji wewnętrznych, w tym procedur systemu zarządzania bezpieczeństwem właściwych dla ich stanowisk pracy, instrukcji, regulaminów itd. Każdy pracownik musi również umieć reagować na nieprawidłowości mogące prowadzić do zdarzenia niepożądanego.

Jedną z najistotniejszych kwestii stało się zarządzanie ryzykiem, którego nadrzędnym celem jest ograniczenie rozmiarów szkód, które może ono spowodować. W sytuacji zaistnienia ryzyka, ale również w sytuacji przewidywania, że ryzyko może wystąpić, stosowane są wszelkie możliwe środki. Wykorzystuje się wszystkie możliwości dopuszczające przeniesienie ryzyka w części lub całości na zewnątrz – na kontrahentów i/lub osoby trzecie. Wszystkie obszary ryzyka, pozostałe mimo usunięcia przyczyn muszą być ograniczane. W tym celu stosuje się środki ograniczające ich rozmiar.

W przypadku zarządzania ryzykiem w obszarze transportu kolejowego chodzi o poprawę bezpieczeństwa przewozów, zarówno pasażerskich, jak i towarowych. W transporcie kolejowym schemat procesu zarządzania ryzykiem przebiega wg faz zawartych w Rozporządzeniu nr 402/2013. Stosowanie tego procesu w takiej właśnie formie jest obligatoryjne dla wszystkich podmiotów wykonujących działalność mającą wpływ na bezpieczeństwo transportu kolejowego. Zarządzanie ryzykiem polega na poszukiwaniu obszarów, gdzie może wystąpić problem, następnie identyfikowaniu jego źródeł i przyczyn, a następnie minimalizowaniu prawdopodobieństwa i skutków jego

wystąpienia. W ostatnim etapie opracowywane są plany przeciwdziałania i monitorowania. Służy temu analiza ryzyka, na którą składają się dwa zadania:

1. Ocena ryzyka, polegająca na jego szacowaniu, czyli identyfikacji zagrożeń, podatności analizowanego systemu na te zagrożenia oraz prawdopodobieństwa wystąpienia skutków określonych wcześniej zagrożeń. Wiąże się z tym kwestia dopuszczalności ryzyka, którą należy odpowiednio określić. Ryzyko należy obniżyć do poziomu jak najmniejszego, a jednocześnie racjonalnie uzasadnionego, np. czynnikami społecznymi, technicznymi czy ekonomicznymi [1].
2. Ocena tolerowalności zagrożenia, przejawiająca się w porównywaniu ewentualnych strat z kosztami ponoszonymi na zapobiega-

nie zagrożeniom; tolerowalność ta jest zróżnicowana w zależności od zagrożenia, gdyż jedno rozwiązanie łatwiej jest wdrożyć niż inne.

W celu minimalizacji ryzyka wystąpienia zagrożeń wdraża się różne programy i projekty badawcze dot. poprawy bezpieczeństwa ruchu kolejowego. Charakteryzuje się w nich występujące nieprawidłowości oraz formułuje działania zapobiegawcze w obszarze organizacyjnym, kadrowym, technicznym i kontrolnym.

Jednym z takich projektów mających za zadanie podniesienie poziomu bezpieczeństwa w transporcie kolejowym jest wdrażany obecnie przez firmę INFRACERT TSI projekt badawczy „Maszynista 5.0”. Projektowi temu jest poświęcony następny rozdział artykułu.

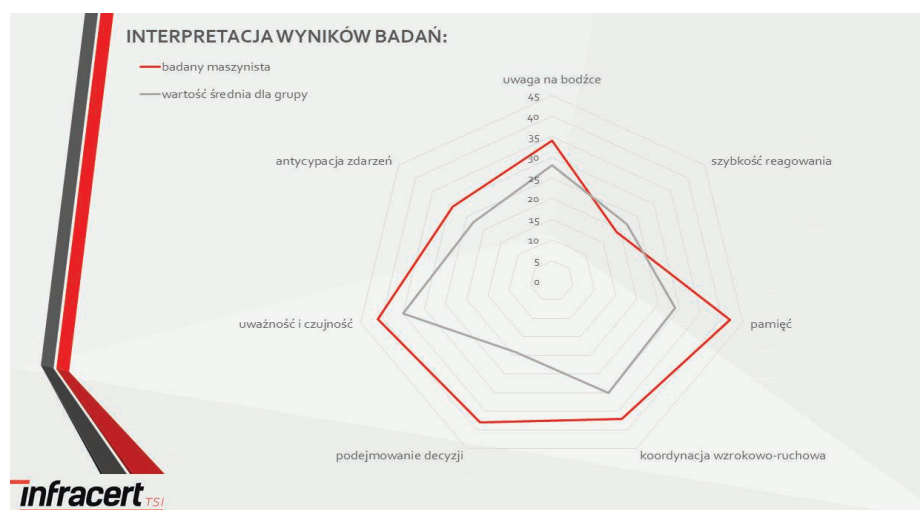
Projekt maszynista 5.0



6. Widok z badania – mapa skupienia wzroku, tzw. „heatmap”



7. Skupienie wzroku na semaforze



8. Pomiar kontroli reakcji na bodźce

Maszynista 5.0 to innowacyjny system, stworzony w celu diagnostyki i szkolenia pracowników zatrudnionych na stanowiskach związanych z bezpieczeństwem i prowadzeniem ruchu kolejowego. Naukowcy, badacze i kolejarze realizujący projekt wytypowali cechy, od których w dużej mierze zależy bezpieczeństwo ruchu kolejowego. Są to:

- koordynacja wzrokowo-ruchowa,
- szybkość reakcji,
- orientacja przestrzenna,
- odporność na frustrację i zmęczenie,
- pamięć i uwaga wzrokowa,
- ocena szybkości i przestrzeni.

System stanowi przełom w zasadach oceny oraz doskonalenia zdolności fizycznych i psychicznych pracowników kolejowych. Opiera się na nowoczesnych technologiach, w tym między innymi: wirtualnej rzeczywistości VR (Virtual Reality), komputerowych bateriach testów poznawczych oraz systemie eyetrackingowym RED (Remote Eyetracking Device). Pozwala na rozpoznawanie zdolności poznawczych (cognitive skills) kluczowych dla bezpieczeństwa ruchu kolejowego, a także jest narzędziem umożliwiającym przeprowadzenie kompleksowych treningów i szkoleń w zakresie rozwoju zawodowego pracowników.

System umożliwia trening zdolności poznawczych adekwatnie do zdiagnozowanego ich poziomu. Dzięki wykorzystaniu nowoczesnych technologii VR, środowisko treningowe odzwierciedla rzeczywiste warunki pracy maszynisty oraz pracowników

związanych z bezpieczeństwem ruchu kolejowego.

Istota i cel badań

Projekt Maszynista 5.0 stanowi model oparty na wiedzy na temat procesów poznawczych maszynisty oraz komponentów osobowościowych kluczowych dla bezpieczeństwa na kolei, które zostały połączone w nowatorski sposób z najnowocześniejszymi odkryciami z dziedziny technologii okulograficznych. Połączenie tych elementów daje nową jakość, dzięki której można uchwycić dotąd niedostępny wymiar przetwarzania informacji w trakcie kierowania lokomotywą. Kluczowym elementem odróżniającym projekt od wcześniejszych badań jest kontrolowanie zmiennych poznawczych i osobowościowych funkcjonowania maszynisty w kontakcie z realnymi bodźcami. Pozwala to przenieść diagnozę maszynisty w obszar rzeczywistych reakcji na sytuacje związane z bezpiecznym prowadzeniem pojazdów kolejowych.

Celem badań jest zidentyfikowanie czynników chroniących i czynników ryzyka w zachowaniu maszynisty w kontekście bezpieczeństwa ruchu kolejowego. Zostanie on zrealizowany poprzez pogłębioną i wielowymiarową diagnozę funkcjonowania zawodowego maszynisty. Do określenia potencjału zawodowego pracowni-

ków zostanie wykorzystana nowatorska metoda śledzenia ruchu gałek ocznych w kontekście zmieniających się warunków.

Zaproponowany model jest zgodny z wymaganiami przedstawionymi w Dyrektywie 2007/59/WE Parlamentu Europejskiego i Rady [3] oraz rezultatami badań dotyczących bezpieczeństwa w transporcie kolejowym, zwłaszcza z badaniami brytyjskimi prowadzonymi przez m.in. Rail Safety and Standards Board (2015), McLeod, Walker, Moray, Mills (2005), Mackenzie, Harris (2017).

Procedura badań

W ramach projektu przygotowano zestaw badań, którym będą poddawani maszyniści. Model badawczy będzie realizowany w trzech etapach. W pierwszym etapie zostanie stworzony profil psychologiczny maszynisty z uwzględnieniem identyfikacji czynników odpowiedzialnych za bezpieczne zachowania podczas prowadzenia pojazdów. Następnie oszacowane zostaną czynniki ryzyka, które mogą towarzyszyć zdarzeniom niepożądanym w ruchu kolejowym.

W drugim etapie oceniany będzie potencjał poznawczy maszynisty. Badanie będzie polegało na zebraniu danych opisujących maszynistę w zakresie cech takich, jak: zdolność do przetwarzania informacji, rozwiązywania problemów i podejmowania decyzji.

Trzeci etap stanowią badania okulograficzne, wykonywane przy użyciu technologii eye-trackingu. Polega ona na śledzeniu ruchu gałek i reakcji źrenicy na czynniki zewnętrzne, w tym obserwacji np. szlaku, urządzeń, itp. Obrazy z obu tych kamer są następnie przetwarzane i analizowane.

Analizowanie tego, na co patrzy badany ma niezliczoną ilość zastosowań. W przypadku maszynisty można użyć oprogramowania np. do sprawdzenia co wpływa na jego uwagę w kabinie i przy jej konstruowaniu wy-

eliminować elementy rozpraszające kierującego pojazdem.

Drugą częścią projektu jest program treningu specjalistycznego ukierunkowanego na poprawę wartości poszczególnych mierzonych parametrów. Na przykład ćwiczenie kontroli reakcji na bodźce pozwala poprawić wyniki badania odporności na frustrację i czynniki stresogenne. Zamierzeniem projektu jest, by w przyszłości obligatoryjnie stosowany był indywidualny dla każdego maszynisty zestaw ćwiczeń w procesie szkolenia i przygotowania zawodowego pracowników.

Badania realizuje zespół profesjonalistów z zakresu bezpieczeństwa kolejowego, psychologii transportu oraz profilaktyki zachowań ryzykownych.

Korzyści

System „Maszynista 5.0” generuje korzyści, które można rozpatrywać w czterech obszarach: maszynistów, przewoźnika, pasażera oraz systemu transportu kolejowego jako całości. Maszyniści podnoszą swoje kompetencje poznawcze, co jest szczególnie ważne w przypadku maszynistów emerytowanych i może korzystnie wpływać na sytuację na rynku pracy w tym sektorze. Przewoźnicy uzyskują wiedzę nt. poziomu kompetencji swoich pracowników i mogą to wykorzystać w procesie doskonalenia systemu zarządzania bezpieczeństwem oraz dostosowywania systemu szkoleń do potrzeb pracowników.

W dłuższym okresie czasu korzyścią będzie również obniżenie wskaźników kolejowych zdarzeń niepożądanych.

Każda z osób uczestniczących w projekcie poprzez podnoszenie swoich kompetencji obniża ryzyko wystąpienia wypadków i zmniejsza ich potencjalne skutki. Jest to korzyść dla całego systemu kolejowego, a przede wszystkim pasażerów, którzy mogą się czuć bezpieczniej.

Wśród zakładanych korzyści, jakie ma przynieść realizacja projektu można wymienić:

- eliminację sytuacji potencjalnie niebezpiecznych,
- ograniczenie liczby zdarzeń i wypadków,
- wzrost bezpieczeństwa ruchu kolejowego,
- diagnozę potrzeb szkoleniowych pracowników,
- stałe podnoszenie kompetencji zawodowych
- kształtowanie kultury bezpieczeństwa,
- nowy wymiar medycyny pracy,
- znaczącą poprawę jakości szkoleń na symulatorach

Podsumowanie

Co roku na sieci kolejowej dochodzi do wielu niepożądanych zdarzeń, w tym wypadków i incydentów. Wśród przyczyn istotną rolę odgrywa tzw. „czynniki ludzkie”. Wiele błędów z pewnością można by uniknąć lub choćby zminimalizować ich skutki.

Obok analizy ryzyka, która pozwala na identyfikację i minimalizację zagrożeń w różnych obszarach, także tych związanych z czynnikiem ludzkim, ważne jest również diagnozowanie pracowników odpowiedzialnych za bezpieczeństwo ruchu kolejowego. Niestety, ta kwestia nie jest obecnie podnoszona w takim stopniu, jak być powinna.

Na niepożądane zdarzenia narażeni są szczególnie maszyniści, odpowiedzialni za bezpieczeństwo jazdy pociągu. Ich praca wymaga wzmożonej koncentracji i ciągłej obserwacji otoczenia. Odpowiedzią na ten problem jest właśnie projekt „Maszynista 5.0”, który spośród wielu projektów i programów poprawy bezpieczeństwa stanowi innowację w obszarze diagnostyki i szkoleń pracowników związanych z bezpieczeństwem ruchu kolejowego. Zainteresowanych udziałem w projekcie jest coraz wię-

cej podmiotów, w tym m.in. Łódzka Kolej Aglomeracyjna, Koleje Wielkopolskie czy Państwowa Komisja Badań Wypadków Kolejowych. ◀

Materiały źródłowe

- [1] Bałuch H., Zagrożenia w nawierzchni kolejowej, Instytut Kolejnictwa, Warszawa 2017.
- [2] Dyrektywa 2004/49/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 29 kwietnia 2004 roku w sprawie bezpieczeństwa kolei wspólnotowych.
- [3] Dyrektywa 2007/59/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dn. 23.10.2007 roku w sprawie przyznawania uprawnień maszynistom prowadzącym lokomotywy i pociągi w obrębie systemu kolejowego Wspólnoty.
- [4] Garlikowska M., Gondek P., Problematyka wypadków kolejowych związanych z samobójstwami i przechodzeniem przez tory w miejscach niedozwolonych, Problemy Kolejnictwa. Wyd. Instytut Kolejnictwa. Zeszyt 174/2017.
- [5] Rozporządzenie Komisji (UE) nr 1078/2012 z dn. 16 listopada 2012 w sprawie wspólnej metody oceny bezpieczeństwa w odniesieniu do monitorowania, która ma być stosowana przez przedsiębiorstwa kolejowe i zarządców infrastruktury po otrzymaniu certyfikatu bezpieczeństwa lub autoryzacji bezpieczeństwa oraz przez podmioty odpowiedzialne za utrzymanie (Dz. Urz. UE nr L320/8 z 17.11.2012).
- [6] Rozporządzenie 402/2013 z dnia 30 kwietnia 2013 r. w sprawie wspólnej metody oceny bezpieczeństwa w zakresie wyceny i oceny ryzyka.

Wstęp do prognoz dla „wielkiego CPK” - podejście popytowe

Introduction to forecasts for the "great CPC" - demand approach



Marek Serafin

Magister Prawa – Uniwersytet
Warszawski
współzałożyciel i redaktor
prowadzący portalu Polski Rynek
Transportu Lotniczego – PRTL.pl



Ryszard Zaremba

Magister inżynier - Budowa dróg i
lotnisk – Politechnika Warszawska
Prezes Zarządu BSIPL
POLCONSULT Sp. z o.o.

Streszczenie: Budowę „Wielkiego CPK” uznano za uzasadnioną, mimo, że nie zostały przygotowane i przedstawione wystarczająco szczegółowe, wariantowe prognozy rynkowe. Mają być dopiero stworzone. W naszym materiale opracowując propozycje prognoz wychodzimy z kluczowych rynkowych założeń dla CPK. Ma to być lotnisko skoncentrowane na ruchu tranzytowym, a więc dla linii sieciowych. Nie będą w nim stworzone właściwe warunki do obsługi linii charterowych i tanich. Prawie całość krajowego ruchu tranzytowego będzie dowożona do i z CPK szybką koleją. W naszych propozycjach prognoz pokazujemy, jak ogromna jest różnica pomiędzy prognozami zadaniowymi, czyli takimi, które muszą się spełnić, aby CPK odniosło sukces rynkowy i finansowy oraz tymi, które uważamy za realne. Jednym z kluczowych atutów nowego, wielkiego lotniska, a więc i LOT-u, ma być jego wyjątkowo korzystne położenie geograficzne. Jak pokazujemy w naszym tekście ma to więcej wspólnego z mitem niż z rzeczywistością. Bardzo ważnym i ryzykownym, naszym zdaniem, elementem tego projektu jest ogromna inwestycja kolejowa, która ma umożliwić bardzo szybki i sprawny dowóz do CPK pasażerów nie tylko z aglomeracji warszawskiej, ale i prawie z całej Polski. Dotychczas nigdzie nie świecie nie został stworzony tak ogromny system transportu intermodalnego samolot – pociąg. Brak jest też nawet bardzo szacunkowych choćby kalkulacji finansowych pokazujących, że ta część projektu ma ogromne szanse na rentowność. Nie uważamy, że w przyszłości nie powinno powstać nowe lotnisko, które zastąpi port Chopina. Jednak najpierw powinny być stworzone właściwe warunki rozwoju kluczowych lotnisk obsługujących aglomerację warszawską i sąsiadujące z nią regiony Polski, położone głównie w jej wschodniej i Północno-Wschodniej części. Taki system - port Chopina oraz porty dedykowane przewoźnikom tanim i charterowym może być wystarczający jeszcze przez wiele lat. Natomiast projektując nowe lotnisko konieczne jest oparcie się na realnych założeniach rynkowych, zakładających różne scenariusze rozwoju, nie tylko rynku lotniczego, ale i ogólnej sytuacji gospodarczej. Jest to konieczne również dlatego, że, jak pokazują doświadczenia międzynarodowe, nawet, jeżeli w takim projekcie uczestniczy kapitał prywatny to inwestorzy nie zgadzają się na partycypowaniu w ryzyku finansowym i żądają twardych gwarancji dotyczących wielkości ruchu, które port będzie obsługiwał.

Słowa kluczowe: Centralny Port Komunikacyjny; Analiza rynkowa; Przewozy tranzytowe; Popyt

Abstract: Creation of „Polish Great Central Transportation Port” is considered justified despite the fact that no detailed traffic forecast for different scenarios of market development were created and presented. They are to be prepared in the future. In our Report we created traffic forecasts for CPK based on the key market and business assumptions for CPK. The airport will focus on transit traffic carried by network carriers. The proper and attractive conditions to serve low cost and charter airlines will not be created. Almost whole transit traffic from Polish regions will be transported by the fast trains. In our versions of forecasts we show how big are differences between the forecasts that will have to materialize so the CPK Project will be a market and financial success and the forecasts that we consider realistic. The unique geographical location of CPK is supposed to be its one of its key assets. As we prove in our Report this assumption is very far from reality. The enormous fast train investment necessary to transport passengers not only from Warsaw agglomeration but from all Polish regions is very important and risky in our opinion part of the CPK Project. Currently there is nowhere in the world an intermodal traffic system aircraft – train of such size and importance. Also there are no even very general financial calculations showing that the railway part of the Project has a very big chance to be profitable. We think that in the future the completely new airport serving Warsaw and some other Polish regions located mainly in Eastern and North-Eastern Poland will be justified and even necessary. Airport that will play a current role of Chopin Airport. But first the effective system of Chopin Airport and other airports dedicated mainly to low cost and charter airlines should be developed. The plans for the new airport have to be based on the realistic market assumptions and the different scenarios of air transportation market development and of general economic situation have to be taken into account. It is necessary because even if private capital is involved in financing of the investment the private investors do not agree to participate in the financial risks and they demand from the Government hard guarantees for the volumes of the traffic that the airport will serve.

Keywords: Polish Central Transportation Port; Market analysis; Transit traffic; Demand

Opis pozycji konkurencyjnej LOT-u w Polsce i całym regionie EŚW jest koniecznym wstępem do prognoz ruchu lotniczego dla głównego warszawskiego lotniska na kolejne lata. Więcej niż zdumienie musi budzić to, że w tak obszernym materiale dołączonym do cytowanej Uchwały RM nie ma nawet

próby sporządzenia takich prognoz, nawet chociażby ich zarysu. Tymczasem budowę CPK uważa się już za przesądzoną. W niniejszym artykule nie jest możliwe zawarcie wielowariantowych prognoz, konieczny jest dostęp do danych, które mają charakter poufny lub są płatne. Jednak już wstępna

analiza, bardzo ogólna i syntetyczna, daje pojęcie, jakie są najbardziej prawdopodobne scenariusze rozwoju sytuacji rynkowej.

Poniżej przedstawiono jedną z kluczowych części analizy, czyli dwie prognozy, z których pierwszą uznaje się za zadaniową, druga zaś - realną.

Prognoza zadaniowa

Prognoza pierwsza została sporządzona na podstawie kluczowych założeń przyjętych przez stronę rządową dla CPK. Zadeklarowano, że port będzie przeznaczony wyłącznie dla linii sieciowych. A od strony planistycznej – przy tak znacznej odległości od miasta musiałby być przewidziany tani terminal, aby jakiegokolwiek tanie linie zdecydowały się z CPK korzystać. Założono też stworzenie systemu dowożenia prawie całego krajowego ruchu tranzytowego szybką koleją.

Zagraniczne linie sieciowe, przy średniorocznym wzroście o 4%, będą przewoziły w roku 2029, z/do Warszawy około 5,2mln pasażerów. W roku 2017 było to 3,2mln. Trudno prognozować wyższy wzrost przy tak ogromnym rozwoju bezpośrednich połączeń LOT-u.

Ruch pasażerów krajowych w wariantcie najbardziej optymistycznym może osiągnąć około 0,5mln. W roku 2018 LOT i Ryanair przewiozły z/do Szczecina około 240tys. pasażerów. Wymienia się tu Szczecin, gdyż ze względu na odległość od Warszawy, tylko na tej trasie, przelot samolotem może być atrakcyjny. W roku 2018 sam LOT przewiózł z/do Warszawy około 1,6mln pasażerów, z tego nieco ponad połowa to ruch tranzytowy.

Jak widać, aby zbliżyć się do podawanej, jako „pierwszy próg” liczby 30mln pasażerów same przewozy międzynarodowe LOT-u będą musiały znacznie przekroczyć liczbę 20mln. W roku 2017, z/do Warszawy wyniosły one około 5,2mln pasażerów, a w roku ubiegłym, szacunkowo, 6,4 - 6,5mln pasażerów.

Oficjalnym źródłem prognozy ruchu lotniczego dla rynku polskiego jest „Projekcja liczby obsługiwanych pasażerów w Polsce do roku 2035” opublikowana przez Urząd Lotnictwa Cywilnego – ULC. Wynika z niej, że przewozy będą rosły w Polsce, w okresie 2017 – 2029, średnio o niecałe 6% rocznie – wzrost do roku 2029 o prawie 96%.

Przewozy międzynarodowe z/do Warszawy dzielą się na ruch bezpo-

średni oraz tranzytowy. Jak wspominaliśmy, według informacji LOT-u ruch bezpośredni stanowił około 50% całego ruchu, co dla roku 2017 oznaczało by około 2,6mln pasażerów. Aby ustalić ruch międzynarodowy LOT-u z i do Polski dodajemy 0,8mln pasażerów z ruchu tranzytowego kraj-zagranica (nieco ponad 50% z 1,45mln). Jak widzimy wyniósł on łącznie 3,4mln pasażerów. Jednak nawet, jeżeli popełniamy błąd na poziomie 100-200 tysięcy pasażerów, to nie ma to istotnego znaczenia w kontekście wartości kilkunastomilionowych.

Gdy nawet założymy, że dzięki wyjątkowo dynamicznemu rozwojowi oferty, wzrost ruchu międzynarodowego LOT-u będzie o 3p.proc. wyższy od średniej rynkowej dla Polski i wyniesie średniorocznie 9% to bezpośrednio przewozy międzynarodowe LOT-u z/do Warszawy plus tranzytowe kraj - zagranica powinny wynieść, w roku 2029, około 9,6mln pasażerów. Byłby to ogromny wzrost biorąc pod uwagę bazę 3,4mln pasażerów w roku 2017. Wskazuje się, na wariant bardzo optymistyczny. Jednak i przy tym wariantcie warunkiem powodzenia będzie ogromny wzrost przewozów tranzytowych zagranica – zagranica.

Od łącznego zagranicznego ruchu tranzytowego, w roku 2017, (2,6mln) odejmuje się ruch tranzytowy kraj – zagranica – około 0,8mln pasażerów. Zostaje 1,8mln pasażerów, jako ruch tranzytowy zagranica-zagranica. Z wcześniejszych wyliczeń wynika, że do osiągnięcia koniecznych dla uzasadnienia powstania CPK 30mln pasażerów konieczne będzie przewożenie przez LOT ponad 14mln międzynarodowych pasażerów tranzytowych. Przypominamy, że w roku 2017 było ich 1,8mln. Tak ogromny wzrost jest naszym zdaniem niemożliwy do osiągnięcia.

Obecnie nikt, dysponując nawet pełną bazą danych aktualnych i historycznych dotyczących łącznych potencjałów ruchu tranzytowego oraz udziałów rynkowych poszczególnych graczy nie jest w stanie sporządzić choćby przybliżonej prognozy w kilkunastoletnim horyzoncie czasowym. Po prostu sytu-

acja konkurencyjna, jaka wtedy będzie miała miejsce, jest nie do przewidzenia. Jednak niewątpliwie można pokusić się o określenie scenariuszy rozwoju poszczególnych segmentów rynku, które są bardzo mało prawdopodobne.

We wcześniejszej, opisowej części, przedstawiono trendy zmian rynkowych, kładąc nacisk na proces konsolidacji. Uczestniczą w nim jedynie giganci kilkunastokrotnie więksi od LOT-u. Aby znacznie przekroczyć poziom 10mln międzynarodowych pasażerów tranzytowych polski przewoźnik musiałby ogromną ich część „odebrać” liderom rynkowym. Jak już wspomnieliśmy położenie geograficzne Warszawy radykalnie ogranicza możliwości przewozów tranzytowych wewnątrz-europejskich, a przede wszystkim, pomiędzy naszym regionem i Europą Zachodnią. A jest to rynek gigantyczny – 83,4mln w roku 2016. Grupa Lufthansy przewiozła tu około 14mln pasażerów w bardzo znacznej części na połączeniach tranzytowych. LOT w przewozach tranzytowych będzie musiał skupić się na rynkach dalekiego zasięgu – Ameryka Północna i Azja, gdyż położenie geograficzne Warszawy uniemożliwia jej pełnienie roli istotnego hub-u dla innych rynków interkontynentalnych (Ameryka Łacińska, Afryka). Według oficjalnej koncepcji LOT ma skonsolidować rynek w Europie Środkowo-Wschodniej. Nawet, jeżeli zapomnimy o wcześniejszych argumentach i przyjmiemy, że uda mu się osiągnąć znaczący udział w rynku przewozów tranzytowych w naszym regionie to i tak będzie to zdecydowanie niewystarczające, aby choć zbliżyć się poziomowi przewozów tranzytowych określonego wcześniej, czyli kilkunastu mln pasażerów.

W roku 2016 według oficjalnych danych podanych w Uzasadnieniu do Uchwały RM, przewozy interkontynentalne wyniosły w naszym regionie: Płn. Atlantyk – 5,1mln, Azja Wsch. – 1,8mln, Azja Płd. Wsch. i Azja Płd. – 0,9mln, co daje razem 7,8mln. Nawet, jeżeli te rynki będą rosły istotnie szybciej niż cały region, tj. o 7% rocznie (wariant bardzo optymistyczny), to w roku 2029 ruch na

w/w trasach wyniesie „jedynie” 16,6mln. Z czego znacząca część do z/do Polski, która nie będzie stanowiła potencjału ruchu tranzytowego zagranica-zagranica.

Jak widać (tab. 1) nawet nierealnie wysoki wzrost udziału LOT-u w rynku przewozów interkontynentalnych z/do naszego regionu zdecydowanie nie wystarczy, aby spełnić ambicje LOT-u i osiągnąć poziom przewozów wymagany dla wypełnienia lotowskiego hub-u (CPK). Konieczne będzie pozyskanie ogromnych, dodatkowych strumieni ruchu, głównie na kierunku Europa Zachodnia – Azja. Tymczasem, w odróżnieniu od kierunku Europa Środkowo-Wschodnia – Atlantyk Północny konkurencja tam jest gigantyczna. Przypomnijmy: trzy globalne grupy europejskie połączone umowami J.V. z partnerami azjatyckimi, trzy wielkie linie z Zatoki Perskiej, globalny Turkish Airlines, Finnair i Aeroflot. Z upływem lat zmiany w sytuacji konkurencyjnej będą niekorzystne również ze względu na szybki wzrost oferowania nowych graczy, tj. tanich linii. Skutki tego odczują przede wszystkim mniejsi, „niezrzeszeni” przewoźnicy.

Warto rozważyć pytanie, czy położenie geograficzne Warszawy/CPK istotnie zwiększa szanse na powodzenie projektu „Wielkiego CPK”.

Wbrew stwierdzeniom zawartym w cytowanym już Uzasadnieniu do Uchwały RM Warszawa nie jest wyraźnie „uprzywilejowana geograficznie”, jeżeli chodzi o pozyskiwanie ruchu tranzytowego do Azji. Jedynie w przypadku Seulu jest jakościowa różnica w porównaniu z hub-ami w Europie Zachodniej. Znajduje się on na granicy rotacji dwudziesto-czterogodzinnej przy rejsach z Warszawy. W takiej zdecydowanie uprzywilejowanej geograficznie sytuacji są natomiast Helsinki i Moskwa. I Finnair to wspaniale wykorzystuje. Trzeba się też liczyć z tym, że w przyszłości znacząco wzrośnie rola Aeroflot-u i Moskwy. Cały czas posługujemy się tu szacunkami i mocno przybliżonymi prognozami. Ale mówimy o wielkich liczbach, gdy 1- 2mln pasażerów niewiele zmieniają.

Tab. 1. Potencjał ruchu tranzytowego pomiędzy EŚW i Ameryką Północną oraz poszczególnymi regionami Azji. Dane z roku 2016

Region	Potencjał w roku 2016	Prognozowany potencjał w roku 2029
	w mln pasażerów	
Ameryka Północna	5,1	10,9
Azja Wschodnia	1,8	3,8
Azja Płd. Wsch. i Azja Płd.	0,9	1,9
Łącznie	7,8	16,6

Źródło: Opracowanie na podst. Danych w Uzasadnieniu do Uchwały RM

Tab. 2. PWarianty prognozy

Warianty	Średnioroczny Indeks wzrostu	Przewozy w roku 2029	W tym LOT
	w %	w mln	
optymistyczny	108,0	19,2	14,0
ostrożny	106,0	16,5	11,3
pesymistyczny	103,0	13,1	7,9

Źródło: Opracowanie na podst. danych IATA

Jest jeszcze problem szczególny, jednak bardzo istotny, który dotyczy praw przelotu nad Syberią. Azja Wschodnia, czyli Chiny, Japonia i Korea to gigantyczny, bogaty i bardzo rozwojowy rynek, ale pod warunkiem uzyskiwania zgód na przeloty nad Syberią dla nowych połączeń i dla dodatkowych rejsów na trasach już obsługiwanych. LOT uzyskał zgody na kilkanaście rejsów tygodniowo, a będzie potrzebował ich wielokrotnie więcej. Dla porównania - Finnair otrzymał ich już prawie sto. Pomijając kwestie relacji politycznych warto uwzględnić, że Aeroflot będzie w przyszłości jednym z głównych konkurentów LOT-u, szczególnie w naszym regionie.

Prognoza realna

Z powodów opisanych powyżej prognoza powinna być oparta na ogólnej dynamice rynku polskiego i w naszym regionie. Dla rynku europejskiego prognoza IATA przewiduje średnioroczny indeks wzrostu 102,7% w okresie do 2034. Uzasadnione jest przyjęcie dla Polski i regionu znacznie szybszego tempa wzrostu tak, jak zakłada prognoza ULC, czyli około 5,5%-6,0%. Dla PLL LOT, z kilku istotnych powodów można, w wariancie bardzo optymistycznym, podnieść ten indeks o kilka punktów procentowych do 8,0%. Oznacza to w roku 2029 ruch międzynarodowy LOT-u z/do Warszawy na poziomie 13,4mln. Razem z ruchem

krajowym wyniósłby on 14mln. Jeśli dodać ruch obcych linii sieciowych daje to łącznie nieco ponad 19mln pasażerów, a zatem znacznie poniżej liczby wymaganej dla CPK (30mln). W wariancie bardziej ostrożnym, choć nie pesymistycznym - ruch międzynarodowy LOT-u to „tylko” 10,7mln, zaś jego indeks średnioroczny to 106,0%. Łącznie w porcie – 16,5mln pasażerów. Różnica pomiędzy wariantami jest dość duża, gdyż znaczną część stanowi tu ruch tranzytowy pozyskiwany w ostrej walce konkurencyjnej. A odpowiedzialny planista powinien też uwzględnić wariant pesymistyczny i indeks na poziomie 3%. Uważamy, że „czarny scenariusz”, czyli w długim horyzoncie czasowym, brak w Polsce linii sieciowej oznaczający jedynie minimalny ruch tranzytowy przez CPK, jest raczej mało prawdopodobny ze względu na wielkość rynku. Choć „prawdziwi pesymiści” pewnie nie zgodzą się z tym stwierdzeniem, wskazując na przykład rynku włoskiego i losy Alitalii, która prawie dwa lata temu ogłosiła niewypłacalność i znajduje się w procesie upadłościowym.

W wariancie ostrożnym przewozy są jedynie o niecałe 5% większe, niż w roku 2017. To konsekwencja przyjętych założeń – brak tanich linii (w roku 2017 - 2,8mln), brak charterów (1,4mln) i minimalny ruch krajowy (nieco ponad 2mln).

Luka pomiędzy prognozą zadaniową i prognozą realistyczną dla LOT-u jest znacząca i wynosi 10 - 12mln pa-

sażerów. A przecież to ma być dopiero wstęp do fajerwerków domniemanej, ogromnej ekspansji. Pierwsza faza budowy zakłada przepustowość na poziomie 45-50mln pasażerów i przygotowania do kolejnych inwestycji, aby zwiększyć przepustowość do 100mln.

Prognozując potencjał rynkowy musimy uwzględniać nie tylko pierwszy próg (30mln), ale i kolejne, gdyż już w pierwszej fazie procesu wiele istotnych i kosztownych elementów inwestycji około-lotniskowych, takich, jak drogi, linie kolejowe, linie energetyczne, system wodno-kanalizacyjny itd. musi być przystosowane do zdecydowanie większego ruchu. Pisząc o progach mamy na myśli wielkości ruchu, które uzasadniałyby dalszą rozbudowę CPK. Przy zbliżeniu się do poziomu 45mln planowana jest dalsza rozbudowa portu – do docelowej przepustowości 100mln pasażerów.

Komponent kolejowy

Problemom rentowności systemu kolejowego należy poświęcić dużo uwagi, gdyż chodzi o inwestycję rzędu 40mld, a w znanych nam dokumentach i oficjalnych wypowiedziach, kwestie te są praktycznie zupełnie pomijane. Nieokreśloność części projektu dotyczącej komplementarnego transportu kolejowego jest jedną z jego istotnych słabości. Trudno oprzeć się wrażeniu, że wprowadzono pomysł na transport intermodalny na tak ogromną skalę z „konieczności”. Przy tak oddalonym od stolicy lotnisku i poprawie efektywności transportu naziemnego, na przykład pomiędzy Warszawą a Gdańskiem, czy też Wrocławiem, trudno, za lat kilkanaście, liczyć na znaczący lotniczy ruch krajowy z/do Warszawy. Połączenia krajowe LOT-u, z których korzystałby prawie wyłącznie tani i bardzo tani ruch tranzytowy, byłyby strukturalnie nierentowne. Aby nie odciąć hub-u warszawskiego i LOT-u od reszty Polski rzucono koncepcję tranzytu szybkimi pociągami.

Pomysł ten wykazuje szereg słabości. Po pierwsze, nigdzie na świecie nie funkcjonuje on na taką skalę. Wy-

zwaniem będą problemy związane, między innymi, z kwestiami bezpieczeństwa, wykluczeniem możliwości wykorzystania odprawionego bagażu pasażerskiego do aktów terroru, z koniecznością integracji systemów IT linii lotniczych i kolei, z problemem odpowiedzialności finansowej za połączenia utracone z powodu opóźnień, itp. Ponadto można mieć poważne wątpliwości, czy zdecydowana większość potencjalnych pasażerów uzna tę ofertę za w pełni konkurencyjną z tranzytem samolot – samolot.

Większość komentatorów zadaje pytanie, czy nasz kraj będzie w stanie zbudować około 1300km nowych linii kolejowych, w okresie jednej dekady, jeżeli w ciągu ostatnich kilku zbudowano jedynie około 40km. Naszym zdaniem najważniejsze, wyjściowe pytanie powinno dotyczyć nie tylko kwestii wykonalności, ale sensu ekonomiczno-rynkowego tej koncepcji. Nie negując potrzeby zdecydowanej poprawy polskiej infrastruktury kolejowej, mamy ogromne wątpliwości, czy powinna być wpisana w projekt CPK. Stworzenie zupełnie nowego węzła kolejowego w Baranowie musi oznaczać koszty realizacji całego projektu oraz koszty operacyjne zdecydowanie wyższe, niż w sytuacji, gdy węzeł jest stworzony w optymalnym miejscu. Sposób zbadania rentowności tej części projektu CPK to porównanie kosztów infrastrukturalnych oraz operacyjnych nowego systemu transportu kolejowego z węzłem w CPK z kosztami systemu przy optymalnej lokalizacji węzła. Następnie należy zestawić różnice w kosztach z dodatkowymi przychodami, jakie będą uzyskane dzięki „nie-optymalnej kosztowo” lokalizacji.

W bardzo obszernym załączniku do Uchwały RM poświęconym komponentowi kolejowemu całego systemu, jest tylko kilka zdań dotyczących jego rentowności. Z niejasnych sformułowań wynika, że przyjęto założenie, że z dojazdów kolejowych do CPK ma w pierwszych latach funkcjonowania korzystać około 10mln pasażerów. Z naszych wcześniejszych wyliczeń wynika, że jest to liczba znacznie zawyżona, je-

żeli uwzględnimy, że łączny polski ruch z CPK ma wynieść około 10,1mln. Przy tym, znaczna jego część przy dojazdach z/do Warszawy będzie korzystać z innych środków transportu niż kolej. A ruch warszawski będzie tu dominować: cały ruch krajowy (0,5mln) oraz około 75% ruchu zagranicznego – tyle było w roku 2017 (2,6mln z 3,4mln). Przy tranzytach łączących bardzo krótkie odcinki podróży lotniczej, na przykład Warszawa – Kraków z bardzo długimi, na przykład Warszawa – Nowy Jork lub Los Angeles, przychód na odcinku krajowym jest bardzo niski. Przewoźnik lotniczy „dopłaca sam – sobie”, pokrywając straty wyższymi przychodami z odcinka interkontynentalnego. W przypadku kolei nie będzie to możliwe. Niektórzy konkurenci LOT-u będą też korzystać z ultra-tanich usług dowozowych tanich linii – na przykład irlandzki Air Lingus – Ryanaira. W cytowanym dokumencie nie wspomina się też o ogromnych problemach wykonawczych i finansowych związanych z kwestiami wymienionymi powyżej (pełne bezpieczeństwo bagażu pasażerów, którzy nadadzą go, na całą trasę, na dworcu kolejowym, integracja systemów IT itd.).

Uważa się, że jeżeli rzetelnie będą uwzględnione najważniejsze elementy strony kosztowej i przychodowej komponentu kolejowego, to jest bardzo prawdopodobne, że prostszym do wprowadzenia i bardziej ekonomicznym rozwiązaniem jest wykorzystanie usług taniej spółki-córki. Obsługiwałaby ona trasy krajowe samolotami nowej generacji, na przykład typu A220-100/300 o maksymalnie zagęszczonej konfiguracji lub najnowszą wersją turbośmigłowego Q400 z 90-cioma fotelami. A być może w najbliższej dekadzie powstaną jeszcze nowocześniejsze, ekonomiczniejsze typy samolotów, lepiej pasujące do polskich połączeń krajowych.

Rentowność projektu

Planując budowę nowego lotniska lub bardzo istotną rozbudowę już istniejącego, przy badaniu prognozy rentowności

projektu, praktycznie zawsze wiąże się go z minimalną liczbą pasażerów, jaka musi być obsłużona, aby próg ten został osiągnięty.

Zanim odniesie się do kwestii rentowności projektu CPK, należy przeanalizować przypadek jedyne dotąd europejskiego, dużego lotniska, które zostało wybudowane w ostatnich trzech dekadach, czyli lotnisku pod Atenami, w miejscowości Spata. Drugie, w Istambule, jest właśnie w okresie uruchamiania.

Po trwających ponad dwie dekady perturbacjach zupełnie nowe ateńskie lotnisko (AIA – Athens International Airport) zostało oddane oficjalnie do użytku w marcu roku 2001. Koszt jego budowy to było 2,2mld EUR, w wartościach z roku 2000, w tym kredyty komercyjne stanowiły 60% tej kwoty. W momencie oddawania AIA do eksploatacji jego przepustowość terminalowa wynosiła 21mln pasażerów. Po uruchomieniu tego portu zamknięto dotychczasowe lotnisko ateńskie Hellenikon. Port w Spata był i jest jedynym lotniskiem obsługującym aglomerację ateńską. W pierwszym, pełnym roku eksploatacji – 2002, obsłużył niecałe

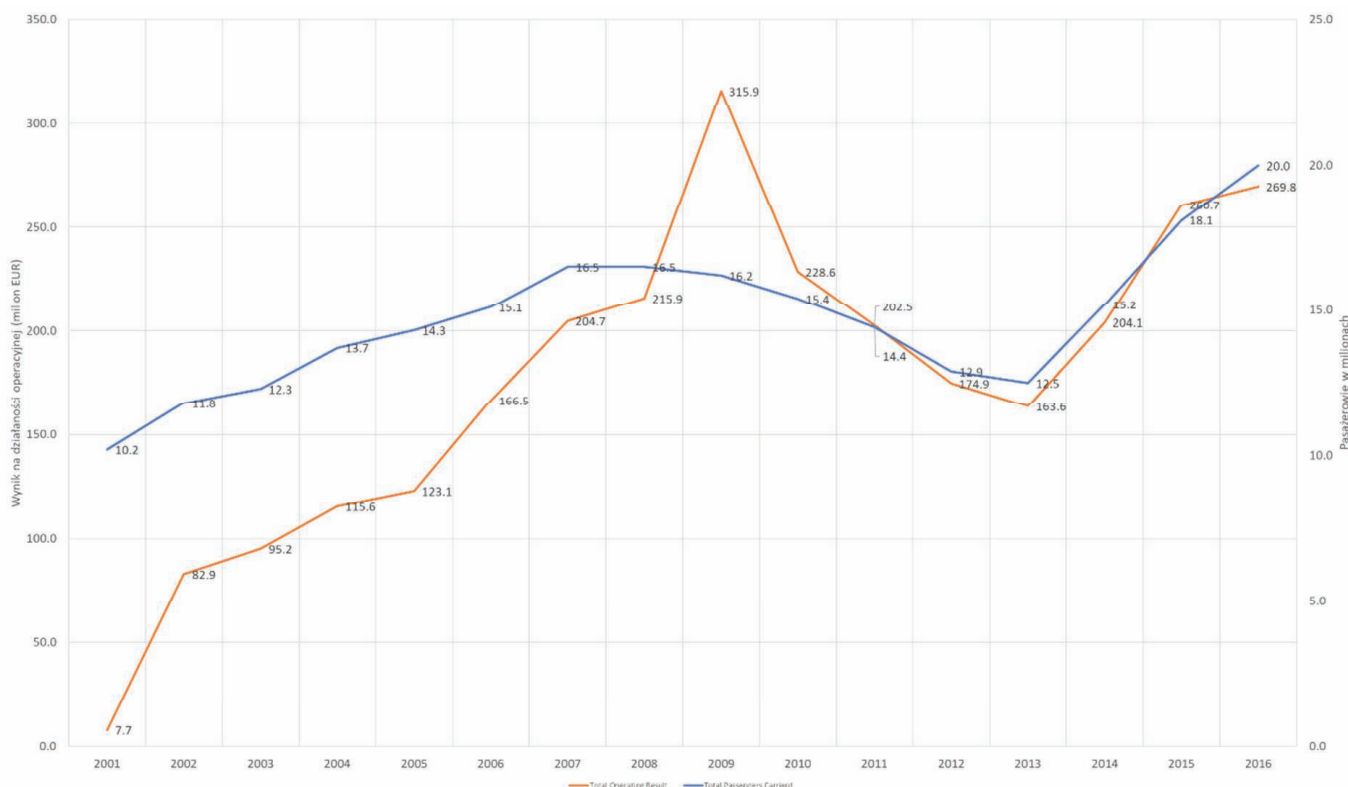
12mln pasażerów. Do roku 2008 ruch stabilnie rósł – do poziomu 16,2mln. Później załamał się (12,9mln w 2012) i dopiero w roku 2015 pobił dawny rekord – 18mln pasażerów. W roku ubiegłym obsłużył 21,7mln pasażerów. Poprzedni port Hellenikon w ostatnim roku działalności obsłużył 13,5mln pasażerów, ale porównując wyniki obu lotnisk musimy uwzględnić, że pod koniec roku 2001 rozpoczął się głęboki kryzys na światowym rynku lotniczym. Należy podkreślić, że przez cały okres działalności port wykazywał pozytywny wynik finansowy zarówno na działalności operacyjnej, jak i zysk przed opodatkowaniem – nawet w okresie najgłębszego kryzysu finansowego. Tendencję tę ilustruje wykres zestawiający liczby pasażerów obsłużonych w kolejnych latach z wynikami na działalności operacyjnej (wykres 1).

Dobre wyniki finansowe zapewniła portowi nie tylko znaczna podwyżka opłat lotniskowych, w wyniku, której AIA stał się jednym z najdroższych lotnisk w Europie. Miało miejsce, przede wszystkim, wprowadzenie specjalnej opłaty finansującej grecki Airport Development Fund (ADF). Dotyczyła pa-

sażerów odlatujących ze wszystkich greckich lotnisk. Była ona wyjątkowo wysoka, gdyż wynosiła 12EUR od pasażerów podróżujących w ramach strefy Schengen i aż 22EUR od pasażerów wylatujących poza tę strefę. Dopiero w ubiegłym roku wprowadzono ten sam poziom (12EUR) od wszystkich pasażerów. W roku 2024 planowane jest dalsze jej obniżenie do poziomu 3EUR.

Starając się wykorzystać wnioski z przykładu ateńskiego dla niniejszej analizy należy uwzględnić ogromne, wręcz fundamentalne różnice dotyczące CPK i AIA:

- nowe lotnisko zastąpiło port, który, jako jedyny obsługiwał aglomerację ateńską,
- gdy podejmowano decyzję o jego budowie fenomen tanich linii był dopiero daleko na horyzoncie,
- konieczność pokrycia kosztów operacyjnych lotniska wymusiła ogromną podwyżkę opłat lotniskowych. Wyjątkowa atrakcyjność turystyczna Aten i brak alternatyw lotniskowych spowodował, że popyt nie załamał się. Niestety Warszawa to nie Ateny.



1. Korelacja pomiędzy liczbą obsługanych przez port pasażerów z wynikami na działalności operacyjnej – w latach 2001 – 2016. Źródło: opracowanie własne (intelligent aviation) na podstawie raportów finansowych lotniska ATH

- analizując stronę finansową projektu CPK trzeba pamiętać o profilu biznesowym portu, jego specyfice.

Na podstawie dostępnych, bardzo ogólnych informacji oraz porównań z przykładami innych zagranicznych inwestycji można pokusić się o stwierdzenie, że sam komponent lotniskowy ma szansę uzyskać trwałą rentowność przy poziomie ruchu 25 – 28 milionów pasażerów. Przy tym poziomie ruchu będzie się całkowicie wyczerpywać przepustowość lotniska Chopina. Jednak ta prognoza musi być połączona z bardzo istotnymi zastrzeżeniami dotyczącymi głównie obowiązującego w CPK systemu opłat. Na dalszym etapie analiz może się okazać, że próg rentowności, w konkretnych realiach biznesowo-rynkowych zmieni się i to raczej w górę. Chodzi tu o sytuację, gdy znaczna część ruchu – tranzytowy – będzie korzystała z bardzo dużych zniżek.

Jak opisano wcześniej, CPK w ogromnym stopniu ma być przeznaczony dla ruchu tranzytowego. Tymczasem w hubach taki rodzaj ruchu korzysta z dużych zniżek od opłat. W porcie Chopina są one wręcz ogromne – obecnie 83%. Nie wydaje się możliwe utrzymanie ich na choćby zbliżonym poziomie w CPK. Ale nawet po znaczącym obniżeniu poziomu zniżek dla ruchu tranzytowego nieuniknione może okazać zastosowanie bardzo wysokiego poziomu opłat dla ruchu bezpośredniego. Konieczne jest też uwzględnienie, że istotna część pasażerów tranzytowych nie ma możliwości „wydawania pieniędzy” na lotnisku ze względu na zbyt krótką przerwę pomiędzy przylotem jednego rejsu i odlotem drugiego. Taka sytuacja oznacza mniejsze wpływy z wynajmowania powierzchni handlowej.

Nie znane są jeszcze sposoby finansowania budowy CPK i całego systemu infrastruktury. Zgodnie z wypowiedziami decydentów bardzo prawdopodobne jest zaangażowanie kapitału prywatnego. Jednak w takiej sytuacji inwestorzy wymagają od rządu twardej gwarancji minimalnej wielkości

obsługiwanego w porcie ruchu. Nie zgadzają się na dzielenie ryzyka. Nawet w sytuacji, gdy „wszelkie znaki na ziemi i niebie” wskazują, że inwestycja będzie pełnym sukcesem.

Aktualna przepustowość portu Chopina i portu w Modlinie

Zanim przejdzie się do ostatniej części analizy, warto w kilku zdaniach zreasumować obecny stan wiedzy na temat problemów związanych z ograniczeniami operacyjnymi, obecnymi i przyszłymi, warszawskiej infrastruktury lotniskowej. Nie jest ona jednak pełna, a jej ograniczenia wynikają z pośpiechu procesu decyzyjnego.

Przepustowość portu, określana liczbą pasażerów, którą obsłużyć, zależy od wielu czynników. Na niektóre z nich, na przykład na typy wykorzystywanych samolotów zarządzający infrastrukturą nie mają wpływu. Obecnie podawana, maksymalna i docelowa przepustowość lotniska Chopina to 27 – 28 milionów pasażerów.

W przypadku lotniska Chopina kluczowe znaczenie mają dwa czynniki: ograniczenia godzinowe liczby operacji na jednym i „pół” pasa oraz ograniczenia środowiskowe, głównie hałasowe.

Według informacji przekazanych przez Przedsiębiorstwo Państwowe Porty Lotnicze (PPL) oraz ekspertów ze współpracującej z nim firmy konsultingowej ARUP, możliwe jest istotne zwiększenie godzinowego limitu operacji na pasach startowych - z czterdziestu kilku do pięćdziesięciu, po przeprowadzeniu niezbędnych inwestycji infrastrukturalnych.

W odniesieniu do drugiego parametru obecne ograniczenie środowiskowe, „hałasowe” to 600 operacji dziennie. Zostało ustalone wiele lat temu i obecnie, przy zdecydowanie bardziej pro-ekologicznym spręcie może być zmienione.

LOT i PPL podnoszą argument, że lotnisko już się zatyka, gdyż w niektórych godzinach osiąga granice limitów operacji. Naszym zdaniem ma ono jednak jeszcze duże rezerwy związane na

przykład ze stopniową przebudową rozkładu dalekodystansowych rejsów LOT-u. Jednak, przede wszystkim, jeżeli wymienione wcześniej trzy warunki zostaną spełnione oraz ukończone zostaną niezbędne inwestycje infrastrukturalne, to przepustowość portu Chopina zdecydowanie wzrośnie do wspomnianych już 27-28mln pasażerów.

Port w Modlinie od początku był planowany jako uzupełnienie lotniska Chopina. Miał go odciążać przejmując stopniowo obsługę przewoźników charterowych oraz tanich. Po jego powtórny uruchomieniu, które nastąpiło po awaryjnym remoncie pasa startowego, powrócił do niego jedynie Ryanair. WizzAir pozostał w porcie Chopina zachęcony do tego specjalnymi zniżkami. Już kilkanaście miesięcy temu ruch na lotnisku modlińskim osiągnął granice przepustowości. Pomimo tego do niedawna jeden ze współwłaścicieli nie wyrażał zgody uruchomienie inwestycji niezbędnych do jej zdecydowanego zwiększenia.

Jeżeli chodzi o port w Modlinie to jest praktycznie pewne, że po przeprowadzeniu niezbędnych i relatywnie niezbyt kosztownych inwestycji oraz po złagodzeniu ograniczeń środowiskowych lotnisko to jest w stanie obsłużyć wielokrotnie większą liczbę pasażerów, niż obecnie (3,1mln pasażerów w roku 2018).

Jeżeli nie „wielki CPK”, to co?

Obecnie występuje kryzys infrastruktury lotniskowej w aglomeracji warszawskiej. Aby opracować rozwiązania, które będą miały perspektywę wieloletnią konieczne jest poddanie rzetelnej analizie obecną sytuację rynkową w Europie oraz kierunki zmian, również jakościowych. Najważniejszym efektem tych prac powinny być wystarczająco szczegółowe, wariantowe prognozy ruchu, które będą również prognozami dla „nowej infrastruktury”.

Nie powinno się określać szczegółowych, wieloletnich planów bez zakończenia pełnego procesu analitycznego. Niestety przy projektach będących w

istotnym stopniu owocem gigantomanii widzi się tylko pozytywne jego strony, takie, jak obsługa nierealnej liczby 100 mln pasażerów, pomijając słabości i zagrożenia. Nie próbuje rozważać scenariuszy alternatywnych, nie tylko „czarnych”, ale nawet „szarych”. Bez tego mamy do czynienia nie z profesjonalnym planowaniem i odpowiedzialnym wydawaniem publicznych środków, ale z hazardem.

Teraz wydaje się dość oczywiste, że w przyszłości, dla aglomeracji warszawskiej i Polski Centralnej optymalnym rozwiązaniem jest system duoportu, w którym nowy port lotniczy przejmie większość funkcji lotniska Chopina. Jego infrastruktura będzie, przede wszystkim, dedykowana liniom sieciowym oraz przystosowana do obsługi ruchu tranzytowego obsługiwanego przez przewoźnika tam bazowanego. Jednak znaczna część infrastruktury w nowym porcie, oraz cała infrastruktura w porcie wspomagającym (Modlinie), będzie musiała być przeznaczona dla tanich linii. Duo-port będzie obsługiwał nie tylko aglomerację warszawską, ale i bardzo znaczne obszary Polski Centralnej, Północno - Wschodniej i Wschodniej. W obecnych planach bardzo wyraźnie potrzeby tego najszybciej wciąż rosnącego segmentu rynku są, łagodnie mówiąc, pomijane. A ta część systemu transportu lotniczego pełni bardzo ważne funkcje społeczne i ekonomiczne.

Do momentu uruchomienia nowego, centralnego portu dla Polski powinien być rozwijany system duo-portu: lotnisko Chopina i lotnisko w Modlinie. Nieoparte na jakichkolwiek rzetelnych argumentach jest blokowanie przez PPL możliwości zwiększania przepustowości tego drugiego lotniska. Teza, że lotnisko w Modlinie, znajdzie się w „strefie śmierci CPK”, przedstawiona przez szefa PPL-u nie wytrzymuje rzetelnej krytyki. Stopniowe przejmowanie przez port w Modlinie ruchu obsługiwanego w porcie Chopina przez linie tanie i charterowe powinno być efektem naturalnych procesów rynkowych i wynikać z profili biznesowych obu portów. Tak zwany administracyj-

ny podział ruchu oznaczający całkowite „wysiedlenie” z portu Chopina przewoźników charterowych i częściowe tanich linii, powinien być zastosowany jedynie w ekstremalnej sytuacji. Wysiedlone linie powinny mieć wtedy możliwość korzystania z relatywnie dobrze położonego portu w Modlinie.

Podsumowanie

Należy podkreślić, że wnikliwe analizy rynkowe i próby jak najbardziej precyzyjnego określenia trendów zmian są konieczne, gdyż koncepcja CPK, jako wielkiego globalnego hub-u jest jakościowo inna, niż te, które leżały u podstaw budowy nowych lotnisk dla Pekinu i Stambułu. W Chinach i Turcji kontynuowane są strategie, które mają bardzo solidne i trwałe podstawy. W pierwszym przypadku stanowi je gigantyczny, wyjątkowo szybko rosnący i kontrolowany rynek, a w drugim unikalna sytuacja konkurencyjna linii narodowej i jej portu. Decyzję o budowie nowego lotniska dla Istambułu podjęto, gdy turecka linia i jej hub udowodniły, że strategia rozwoju została pozytywnie zweryfikowana przez rynek oraz przeszła testy kryzysów. Pomimo tego, jak już wspomnieliśmy, prywatni inwestorzy uzyskali od rządu tureckiego „gwarancję sukcesu”.

LOT i jego warszawski hub dopiero zaczynają walkę i to nie o zdobycie pozycji jednego z liderów europejskich, ale dopiero liczącego się gracza.

Uważa się, że nie ma presji czasu, która uzasadniałaby „bieg na skróty” i podejmowanie kolejnych decyzji bez przeprowadzenia właściwego procesu analitycznego. Procesu, który uwzględnia różne scenariusze rozwoju sytuacji rynkowej i konkurencyjnej. Co prawda zapewnia się, że ostateczne decyzje zapadną po wykonaniu Studium Wykonalności, jednak już teraz widać, że będzie ono tworzone pod ogromną presją polityczną. Dopiero prawidłowo przeprowadzony proces analityczny odpowie na pytanie, kiedy uruchomienie nowego portu będzie konieczne i obarczone minimalnym ryzykiem finansowym. Musi też rozwiązać wąpli-

wości „totalnych sceptyków”, którzy w ogóle kwestionują sens jego budowy.

Obecnie LOT na dalekim dystansie operuje tylko do wielkich aglomeracji, a tam potencjał ruchu, również wysokopłatnego, jest gigantyczny. Na średnim dystansie bardzo duży udział w jego siatce mają wciąż połączenia „z natury rentowne”, szczególnie w sytuacji hossy rynkowej (Londyn, Paryż, Bruksela, Budapeszt). Stopniowo musi uruchamiać trasy coraz bardziej ryzykowne finansowo, przede wszystkim, interkontynentalne. Na średnim zasięgu dochodzą połączenia dowozowe, na których przeważa bardzo tani ruch tranzytowy. Znaczna część z nich jest i będzie nierentowna. Strategię LOT-u dopiero czekają prawdziwe testy rynkowe i testy odporności na kryzysy.

Uważa się za w pełni uzasadnioną tezę, iż przedstawiane opinii publicznej materiały nie są wystarczające do podjęcia tak istotnej decyzji. Koncepcja Warszawy, jako jednego z głównych europejskich węzłów przesiadkowych nie przystaje do realiów rynkowych i zupełnie nie uwzględnia wieloletnich trendów zmian. Szczególnie tych, które odnoszą się do sytuacji konkurencyjnej. Projekt CPK przypisuje PLL LOT rolę, której nie będzie on mógł spełniać. ◀

Materiały źródłowe

- [1] https://www.gov.pl/documents/905843/1047987/koncepcja_przygotowania_CPK.pdf/f61866f9-4ea9-b5d7-cfd7-fdffa563b876 [dostęp 27.03.2019]
- [2] Załącznik nr 1 Do Uchwały RM o CPK – „Potencjał Konsolidacji Rynków Europy Środkowo - Wschodniej przez PLL LOT” oraz podtytuł drugiego fragmentu – „Niezagospodarowany Potencjał Rynku”
- [3] Uchwała RM Nr 173/2017 z dnia 7.11.2017 „W sprawie przyjęcia koncepcji przygotowania i realizacji inwestycji Port Solidarność – Centralny Port Komunikacyjny dla Rzeczypospolitej Polskiej - Załącznik Nr 1 s. 96

Wpływ pojazdów zautomatyzowanych na ruch oraz projektowanie infrastruktury drogowej – próba oceny

An attempt to evaluate the influence of automated vehicles on traffic flow and design of road infrastructure



Nina Kozaczka

Mgr inż.

Doktorantka, Katedra Budowy Dróg i Inżynierii Ruchu, Wydział Inżynierii Lądowej, Politechnika Krakowska

kozaczka.nina@gmail.com



Stanisław Gaca

Prof. dr hab. inż.

Katedra Budowy Dróg i Inżynierii Ruchu, Wydział Inżynierii Lądowej, Politechnika Krakowska

sgaca@pk.edu.pl

Streszczenie: W artykule podjęto próbę oceny potencjalnego wpływu pojazdów autonomicznych na projektowanie infrastruktury drogowej oraz na warunki i bezpieczeństwo ruchu. Przedstawiono charakterystykę poszczególnych poziomów automatyzacji oraz wyposażenie pojazdów samosterujących. Zwrócono uwagę na korzyści płynące z rozwoju systemów komunikacji pomiędzy pojazdami a otoczeniem. Zauważono możliwy negatywny wpływ pojazdów częściowo zautomatyzowanych na przepustowość dróg w przypadku występowania ruchu mieszanego, tj. pojazdów zautomatyzowanych i konwencjonalnych. Przedstawiono także potencjalne potrzeby w dostosowaniu infrastruktury drogowej do ruchu pojazdów zautomatyzowanych. Bliżej przedstawiono rozwiązanie zakładające wydzielenie pasa ruchu dla pojazdów zautomatyzowanych, jako elementu poprawiającego płynność i bezpieczeństwo ruchu, przy wysokim udziale tych pojazdów.

Słowa kluczowe: Pojazdy zautomatyzowane; Infrastruktura drogowa; Pojazdy samosterujące

Abstract: The article evaluates the impact of autonomous vehicles on road infrastructure design, road traffic conditions and safety based on a review of existing literature. Levels of driving automation and equipment of self-driving vehicles were presented. Attention was drawn to the benefits of developing communication systems between vehicle and the environment. The possible negative impact of autonomous vehicles on mixed traffic capacity was noted. The potential needs to adapt the road infrastructure to the traffic flow of automated vehicles were also presented. Separation of the lane, dedicated to self-driving vehicles, with a high share of these vehicles was presented as an element that improves the flow of traffic and safety.

Keywords: Automated vehicles; Road infrastructure; Self-driving cars

Wprowadzenie

W dzisiejszych czasach coraz więcej nowych pojazdów wyposażonych jest w systemy umożliwiające częściową automatyzację procesu jazdy. Producenci pojazdów samochodowych zmierzają do skonstruowania pojazdów w pełni autonomicznych, które będą w stanie podejmować wszystkie decyzje, bez udziału kierowcy. O ile perspektywa samochodów takich pojazdów, występujących powszechnie na drogach, wydaje się jeszcze dość odległa, to należy zauważyć, że pojazdy o niższym stopniu automatyzacji już uczestniczą w ruchu i ich liczba zwiększa się. Systemy wspomagania kierowcy, takie jak np. aktywny tempomat, asystent pasa ruchu, asystent parkowania, to

udogodnienia, które zaczynają być standardem w nowych pojazdach. Coraz większy stopień automatyzacji samochodów ma na celu poprawę bezpieczeństwa, zwiększenie płynności ruchu i lepszego wykorzystania zdolności przepustowej dróg. Ważnym jest również podniesienie komfortu podróżowania, dzięki odciążeniu kierowcy od śledzenia sytuacji na drodze i podejmowania decyzji, w tym np. wyboru optymalnych tras. Autonomiczne pojazdy stwarzają możliwość łatwiejszego poruszania się osobom o ograniczonej sprawności.

W związku z rozwojem technologii w zakresie automatyzacji pojazdów, pojawiają się następujące pytania dotyczące występowania w ruchu drogowym pojazdów samosterujących:

- czy istniejąca infrastruktura drogowa jest dobrze przygotowana na ruch pojazdów częściowo i w pełni zautomatyzowanych?
- w jaki sposób zautomatyzowane pojazdy mogą wpłynąć na bezpieczeństwo i sprawność ruchu?
- czy należy zmieniać obowiązujące zasady projektowania dróg w reakcji na rosnący udział pojazdów o różnym stopniu automatyzacji?

Poszukiwanie odpowiedzi na te pytania jest niezwykle ważne w aspekcie przygotowywanych zmian przepisów techniczno-budowlanych w drogownictwie i stały się główną inspiracją niniejszego artykułu. Aby lepiej przybliżyć problematykę ruchu pojazdów

Tab. 1. Poziomy automatyzacji wg klasyfikacji SAE [17]

Poziom wg SAE	Nazwa	Kierowanie, przyspieszanie, hamowanie	Monitoring otoczenia	Aktywność w awaryjnych sytuacjach	Możliwości systemu (tryby jazdy)
0	Brak automatyzacji				n/a
1	Wsparcie kierowcy				niektóre tryby jazdy
2	Częściowa automatyzacja				niektóre tryby jazdy
3	Warunkowa automatyzacja				niektóre tryby jazdy
4	Wysoka automatyzacja				niektóre tryby jazdy
5	Całkowita automatyzacja				niektóre tryby jazdy

zautomatyzowanych, przedstawiono charakterystykę techniczną tych pojazdów, ich obecny udział w ruchu oraz perspektywy rozwoju. Następnie poruszono zagadnienia komunikacji pojazdów z otoczeniem (systemy V2V, V2I) oraz ich możliwy wpływ na ruch drogowy i projektowanie infrastruktury drogowej.

Charakterystyka pojazdów autonomicznych

Określenie „pojazd autonomiczny” sugeruje niezależność systemu sterującego pojazdem, która umożliwia prowadzenie samochodu bez udziału kierowcy. W rzeczywistości jednak istnieje 5 poziomów automatyzacji, które zostały wyszczególnione przez SAE International [17]. Pojazdy charakteryzujące się poziomem automatyzacji 0, nie posiadają żadnych systemów wspomagających kierowcę, natomiast do poziomu 5 zaliczane są pojazdy, które nie wymagają obecności kierowcy i nie są wyposażone w tradycyjne elementy sterowania. W przypadku poziomu 1 można mówić jedynie o występowaniu w pojeździe elementów wsparcia kierowcy, tj. systemu awaryjnego hamowania, utrzymywania odległości od pojazdu poprzedzającego itp. Poziomy 2 i 3 definiują pojazdy częściowo zautomatyzowane, posiadające bardziej zaawansowane systemy, które przetwarzają kilka zadań jednocześnie. Zasadnicza różnica między nimi, polega na stopniu zaangażowania

kierującego pojazdem. W przypadku niższego poziomu, kierowca musi stale kontrolować jazdę, natomiast pojazd charakteryzujący się 3 poziomem automatyzacji, może wymagać interwencji człowieka, przy założeniu kilkusekundowego opóźnienia potrzebnego na analizę sytuacji oraz reakcję kierowcy. Pełna automatyzacja dotyczy poziomu 4 – pojazd sam pokonuje trasę, jednak wciąż wyposażony jest w układ sterowniczy i może w wyjątkowych sytuacjach wymagać przejęcia kontroli przez kierowcę nim [2],[12],[19].

Obecnie na rynku nie są jeszcze dostępne samochody o 4 i 5 poziomie automatyzacji, istnieją jedynie prototypy takich pojazdów. Należy jednak zauważyć, że samochody o niższym poziomie zautomatyzowania (poziom 2 i 3) są już dostępne w sprzedaży i można przypuszczać, że ich zwiększający się udział będzie miał znaczący wpływ na ruch drogowy.

W tabeli 1 przedstawiono klasyfikację poziomów automatyzacji wg SAE [13], gdzie:

- poziomy 0-2 oznaczają niski stopień automatyzacji - człowiek monitoruje przestrzeń drogi i jej otoczenie,
- poziomy 3-5 oznaczają wysoki stopień automatyzacji - czujniki w pojeździe monitorują przestrzeń drogi i jej otoczenie.

Wyposażenie pojazdów autonomicznych

Ważnym elementem pojazdów, charakteryzujących się określonym stopniem automatyzacji, są czujniki i lasery, które umożliwiają zarówno samodzielną jazdę, jak i mają również za zadanie wyeliminować błędy popełniane przez człowieka w procesie kierowania takim pojazdem. Jednym z systemów, wykorzystywanych w pojazdach samosterujących, jest system nawigacji satelitarnej, który odbiera i przetwarza sygnał z satelitów systemów GPS, GLONASS, Galileo i Beidou, umożliwiając określenie dokładnej lokalizacji.

Dodatkowo wykorzystywane są [11],[9]:

- lasery LiDAR - skanujące otoczenie pojazdu i tworzące trójwymiarowy obraz tego otoczenia,
- radary - ustalające odległość od innych pojazdów oraz prędkość z jaką się poruszają,
- kamery – wykrywające oraz interpretujące m.in. oznakowanie poziome i pionowe drogi,
- czujniki ultradźwiękowe – rozpoznające elementy znajdujące się w niewielkiej odległości od pojazdu.

Obecnie wiodący producenci samochodów osobowych posiadają w swojej ofercie sprzedaży pojazdy o poziomie automatyzacji 1 i 2, natomiast w przypadku poziomu 3 na razie tylko jeden model spełnia przyjęte założenia tego poziomu. Pozwala on na jazdę częściowo autonomiczną i nie wymaga ciągłej uwagi ze strony kierowcy [5].

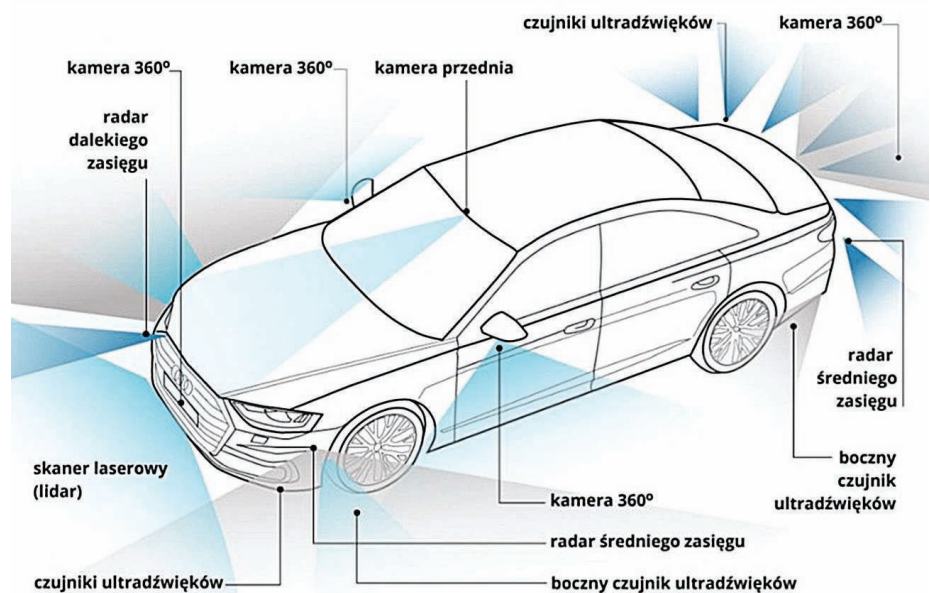
Na rysunku 1 przedstawiono schemat rozmieszczenia czujników i radarów w pojeździe zautomatyzowanym.

Można oczekiwać, że dzięki zastosowaniu wielu zaawansowanych systemów w pojeździe, prawdopodobieństwo popełnienia błędu przez system prowadzenia pojazdu będzie niewielkie. Statystyki pokazują

jednak, że konieczność interwencji kierującego podczas jazdy testowych nie należy do rzadkości. Jak wynika z raportu DMV (The California Department of Motor Vehicles) [18], obejmującego okres od grudnia 2017 r. do listopada 2018 r., podczas testowania pojazdów autonomicznych na publicznych drogach w Kalifornii, przejęcie kontroli nad pojazdem przez kierowcę nastąpiło 143 720 razy. Łączna długość odcinków dróg jakie pokonało 496 testowych pojazdów różnych producentów wynosiła 3 258 074 km. Wyniki te pokazują, że niezbędne są dalsze badania nad rozwojem technologii sterowania zastosowanych w pojazdach. Można również przypuszczać, że czujniki i radary nie są wystarczające, aby jazdy poruszały się w sposób w pełni bezpieczny i komfortowy. Niezbędnym elementem, zwiększającym bezpieczeństwo oraz poprawiających warunki ruchu są systemy umożliwiające komunikację pomiędzy pojazdami - V2V (vehicle-to-vehicle), a także między pojazdami a otoczeniem - V2I (vehicle-to-infrastructure) oraz I2V (infrastructure-to-vehicle). System V2V pozwala na wymianę informacji między pojazdami zautomatyzowanymi znajdującymi się blisko siebie. Dzięki powiadomieniu np. o nagłym hamowaniu innego pojazdu, kierowca może odpowiednio wcześniej zareagować na nietypową sytuację drogową. Systemy V2I oraz I2V odpowiadają za inteligentną współpracę pojazdów i infrastruktury [10],[13].

Samochody w pełni autonomiczne obecnie nie są jeszcze dostępne w sprzedaży, ale rośnie udział pojazdów częściowo zautomatyzowanych, który wynosi już około 5%, a do 2030 r. pojazdy częściowo i w pełni zautomatyzowane będą stanowić około 15-18% floty pojazdów [2]. Do momentu, gdy po drogach poruszać się będą wyłącznie pojazdy bezzałogowe, przez wiele lat będzie występował ruch mieszany, tj. pojazdów tradycyjnych i autonomicznych.

Zgodnie z wizją Unii Europejskiej, do 2050 roku ma nastąpić całkowite



1. Przykładowy schemat rozmieszczenia czujników i detektorów w pojeździe zautomatyzowanym. Źródło: [14]

wyeliminowanie wypadków śmiertelnych na europejskich drogach, a realizacja tego planu opiera się na zautomatyzowanej mobilności, zintegrowanej z całym systemem transportowym. Szacuje się, że do 2020 r. powinny być już dostępne niektóre pojazdy o wyższym poziomie automatyzacji (3 i 4), np. z funkcją autopilota na autostradzie, czy też samochodu osobowe samodzielnie parkujące. W [7] zwrócono uwagę na korzyści wynikające z łączności pomiędzy pojazdami, która umożliwi inteligentne sterowanie ruchem, zapewniając bezpieczeństwo i płynność ruchu. Z tego powodu, oczekuje się, że do 2022 r. wszystkie nowe samochody powinny mieć połączenie z internetem.

Systemy komunikacji pojazdów autonomicznych

Ze względu na dotychczasowo niewielki udział samochodów częściowo zautomatyzowanych, inwestycje w dostosowanie infrastruktury do potrzeb funkcjonowania systemów łączności między pojazdami a otoczeniem są ograniczone. Istnieją jednak miejsca, również w Europie, gdzie testuje się system V2X (vehicle-to-everything). System ten to połączenie systemów V2V, V2I oraz V2P, umożliwiający m.in. komunikację po-

jazdy z sygnalizacją świetlną oraz znakami drogowymi. Docelowo może on zostać wykorzystany do sterowania ruchem – zamiast pętli indukcyjnych czy kamer, zgłoszenie zapotrzebowania na wykonanie danego manewru na skrzyżowaniu może odbywać się automatycznie przez przekazanie informacji z podjazdu. Posiadanie informacji dotyczących trasy przejazdu każdego z pojazdów autonomicznych, umożliwia optymalizację sterowania ruchem i efektywniejsze wykorzystanie infrastruktury [11], [15].

W Wiedniu, firma Kapsch TrafficCom zaproponowała rozwiązanie polegające na zapewnieniu łączności pojazdów i elementów przydrożnych z centralnym systemem zarządzania ruchem, który generuje komunikaty dla kierowców. Wykorzystuje się do tego celu sieć radiową o częstotliwości 5.9 GHz, która w odróżnieniu od sieci GSM czy GPS, ma gwarantować brak opóźnień w przekazywaniu informacji. Niezawodność sieci wykorzystywanych do transmisji danych jest bardzo istotna dla bezpieczeństwa i sprawności ruchu. Powiadomienia np. o hamowaniu awaryjnym lub otworzeniu poduszek powietrznych, trafiają do centralnego systemu zarządzania ruchem, są analizowane i mogą być wysyłane do innych uczestników ruchu. Komunikacja infrastruktury z pojazdami umożliwia

również informowanie o występujących utrudnieniach i wypadkach. Omawiane rozwiązanie testowane jest w Wiedniu oraz Pradze, a docelowo ma funkcjonować na wszystkich drogach tzw. „Korytarza Europejskiego” [16].

Systemy umożliwiające łączność między pojazdami i infrastrukturą są niezbędnym, z punktu widzenia bezpieczeństwa, uzupełnieniem czujników i radarów, w które wyposażone są pojazdy. Należy zauważyć, że w przypadku niekorzystnych warunków atmosferycznych, opadów czy też niewłaściwego utrzymania znaków pionowych i poziomych, może pojawiać się problem z identyfikacją oznakowania przez kamery umieszczone w pojeździe. Zapis pozyskany dzięki nim, przetwarzany jest na serię nieruchomych obrazów. Następnie poddane są one procesowi wykrywania krawędzi, polegającemu na identyfikacji punktów, w których następuje gwałtowna zmiana jasności obrazu. Przeprowadzono badania [12], z których wynika, że wykorzystanie predykcji liniowej, która przewiduje przyszłe wartości sygnału na podstawie wartości przeszłych i obecnych, pozwala na rozpoznanie znaku STOP nawet w trudnych warunkach pogodowych i przy częściowym zaśnięciu znaku. Nadal trwają prace nad efektywnym i niezawodnym systemem rozpoznawania także innych znaków, np. ograniczenia prędkości.

Strefami, potencjalnie problematycznymi dla pojazdów autonomicznych, mogą być skrzyżowania oraz drogi, na których pasy ruchu nie są wyznaczone liniami lub oznakowanie nie jest odpowiednio utrzymane. Z tego względu szczególnie ważna jest komunikacja pomiędzy podjazdami oraz pomiędzy pojazdami i infrastrukturą. Stworzenie baz danych, w których byłyby cyfrowo zapisane informacje dotyczące dróg i ich otoczenia umożliwiłoby bardziej efektywne sterowanie pojazdu, ze względu na mniejszą ilość danych analizowanych w czasie rzeczywistym oraz eliminację problemu związanego z identyfikacją

oznakowania [6]. Takie rozwiązanie wymaga jednak sporych nakładów finansowych i zanim stanie się ono powszechne może minąć wiele lat.

Pojazdy autonomiczne a projektowanie infrastruktury i jej przepustowość

Zakłada się, że pojazdy autonomiczne docelowo mają zwiększyć przepustowość dróg i płynność ruchu oraz umożliwić bardziej ekonomiczne projektowanie infrastruktury drogowej [1], [2], [11]. Zanim jednak ruch będzie zdominowany przez pojazdy samosterujące, prawdopodobnie przez kilkadziesiąt lat będą one współistniały z pojazdami konwencjonalnymi. Pojawiają się zatem pytania, jak ta sytuacja wpłynie na przepustowość dróg i jak należy przystosować obecną infrastrukturę drogową do omawianego okresu przejściowego?

W [5] przeanalizowano potencjalny wpływ pojazdów autonomicznych na przepustowość w zależności od udziału tych pojazdów w ruchu. Założono zmniejszenie odstępu czasu pomiędzy pojazdami w pełni autonomicznymi do 0,5 s, przy średnich odstępach utrzymywanych przez kierowców pojazdów konwencjonalnych równych 1,15 s. W przypadku ruchu „pojazd samosterujący - pojazd konwencjonalny” odstęp czasu między nimi wynosiłby 0,9 s ze względu na komfort kierującego pojazdem konwencjonalnym. Wyniki analiz, uwzględniających powyższe założenia, wskazują na możliwość znacznego wzrostu przepustowości przy zwiększającym się udziale pojazdów autonomicznych (np. o około 40% przy udziale pojazdów autonomicznych w ruchu równym 70%). Należy jednak zauważyć, że przy ich udziale niższym niż 50% przepustowość wzrasta bardzo powoli (przy 50% udziale występuje wzrost o około 20%), natomiast powyżej tej wartości przyrost jest znacznie szybszy i może sięgać 75% dla ruchu w pełni autonomicznego.

Biorąc pod uwagę możliwy wzrost

przepustowości przy wysokim udziale pojazdów zautomatyzowanych, korzystna wydaje się segregacja pojazdów samosterujących i konwencjonalnych, poprzez wydzielenie pasów przeznaczonych wyłącznie dla pojazdów autonomicznych. Ze względu na jednorodność ruchu możliwe jest zwiększenie płynności ruchu oraz poprawa bezpieczeństwa, dzięki uniknięciu sytuacji potencjalnie kolizyjnych czy wypadkowych w ruchu mieszanym. Dedykowany pojazdom autonomicznym pas ruchu, pozwoliłby na jazdę z jednakową prędkością, przy utrzymaniu stałych odstępów pomiędzy nimi.

W odróżnieniu od pojazdów samosterujących, prędkość z jaką poruszają się pojazdy konwencjonalne, odstępy pomiędzy nimi, a także sposób jazdy kierowców są zróżnicowane i wynikają w dużym stopniu z indywidualnych cech kierujących pojazdami. Zatem ruch mieszany może powodować problemy z odpowiednią reakcją systemów sterowania pojazdów autonomicznych na nietypowe działania podejmowane przez kierujących. Z drugiej strony, kierujący mogą negatywnie odbierać sposób jazdy samochodów samosterujących, które dostosowując się do ograniczeń prędkości, mogą tworzyć trudne do wyprzedzenia kolumny. Nie bez znaczenia jest również aspekt prawny – konieczne jest stworzenie przepisów, regulujących zasady podejmowania decyzji przez systemy sterujące, które wiążą się z dylematami etycznymi oraz wskazujących podmiot odpowiedzialny za ewentualne wypadki [11]. Pomimo wyraźnych korzyści wynikających z segregacji pojazdów autonomicznych i tradycyjnych, w [2] zwrócono uwagę, że przy małym udziale tych pierwszych, wydzielenie pasów przeznaczonych wyłącznie dla ruchu autonomicznego byłoby nieuzasadnione ekonomicznie. W [3] przeprowadzono analizę, z której wynika, że przy udziale pojazdów autonomicznych mniejszym niż 20%, nie zaleca się stosowania wydzielonych pasów ruchu. Z kolei badania opisa-

ne w [20] wskazują, że korzystne jest wydzielenie pasa ruchu w przypadku 40% udziału pojazdów autonomicznych w ruchu lub 30%, przy założeniu wyższych dopuszczalnych prędkości na wydzielonym pasie, w stosunku do dopuszczalnej prędkości dla pojazdów tradycyjnych.

Jednym z przykładów badań wpływu pojazdów częściowo zautomatyzowanych na ruch drogowy są badania opisane w [2]. W ramach tych badań zbudowano model symulacyjny odcinka autostrady o 3 pasach ruchu, na którym założono ruch mieszany, z różnym udziałem podjazdów o niskim poziomie automatyzacji. Zauważono, że w przypadku ruchu mieszanego, pojazdy częściowo zautomatyzowane, przy ich udziale mniejszym niż około 80%, mogą mieć nieznacznie negatywny wpływ na przepustowość (spadek przepustowości o 1-7% w zależności od przyjętych odstępów czasu pomiędzy pojazdami). Główną przyczyną pogorszenia warunków ruchu jest utrzymywanie przez pojazdy częściowo zautomatyzowane, większych odstępów między poprzednikiem, na wypadek konieczności przejęcia sterowania przez kierującego.

Opisane powyżej badania nasuwają pytanie, czy biorąc pod uwagę okres przejściowy ze współlistnieniem konwencjonalnych i zautomatyzowanych pojazdów, należy zmieniać infrastrukturę, aby lepiej dopasować ją do specyfiki „mieszanego” ruchu? Jak już wcześniej zauważono, wydzielenie pasa ruchu tylko dla pojazdów samosterujących, może być opłacalne jedynie w przypadku, gdy staną się one bardziej powszechne. Pomimo tego, że okres przejściowy będzie trwał jeszcze przez wiele lat, rozbudowa infrastruktury dedykowana pojazdom zautomatyzowanym nie wydaje się jednak konieczna. Możliwy spadek przepustowości dróg przy występowaniu ruchu „mieszanego” jest oszacowany w wielu badaniach jako nieznaczny. Należy jednak zauważyć, że takie oszacowania opierają się na wielu założeniach i uproszczeniach,

które są trudne do zweryfikowania poprzez wykonanie badań empirycznych (niski udział tych pojazdów w ruchu).

Docelowo pojazdy autonomiczne mają umożliwić bardziej ekonomiczne projektowanie pasów ruchu, które mogą być węższe niż dla pojazdów konwencjonalnych. W związku z powyższym, może zaistnieć potrzeba poddania weryfikacji sposobu projektowania konstrukcji nawierzchni drogowej. Pojazdy samosterujące będą poruszać się po ściśle wyznaczonym torze jazdy, stale obciążając konstrukcję w tym samym śladzie. Inaczej jest w przypadku pojazdów konwencjonalnych, dla których występuje konieczność projektowania szerszych pasów ruchu, jednak obciążenia rozłożone są dużo bardziej nierównomiernie, ze względu na różnorodny sposób jazdy kierowców. Przy coraz większym udziale pojazdów autonomicznych w ruchu, mogą one wywierać niekorzystny wpływ na trwałość zmęczeniową nawierzchni.

Stan nawierzchni drogowej jest ważnym czynnikiem, mającym wpływ na komfort i bezpieczeństwo jazdy. Pojazd autonomiczny powinien potrafić zidentyfikować ewentualne uszkodzenia i w zależności od występujących warunków, dostosować swoją prędkość. Pojawiają się już koncepcje opon zawierających czujniki światłowodowe umożliwiające monitorowanie warunków drogowych oraz łączenie otrzymanych danych z informacjami pochodzącymi z komunikacji V2V oraz V2I [15]. Taki system umożliwia dostosowanie prędkości, w zależności od warunków pogodowych, które mają istotny wpływ na długość drogi hamowania.

Ważnym aspektem, na który należy zwrócić uwagę w kontekście dostosowania infrastruktury do ruchu pojazdów autonomicznych, jest bezpieczeństwo pieszych. Pojazd może zidentyfikować tych użytkowników dróg przy pomocy dwóch metod. Pierwsza z nich to detekcja przy użyciu czujników i laserów zamontowanych w pojeździe. Istotnym

ograniczeniem takiej detekcji jest konieczność występowania dobrej widoczności, gdyż w przeciwnym wypadku nie ma pewności, że system czujników zadziała poprawnie. W związku z tym piesi wychodzący zza elementu ograniczającego widoczność (np. przechodzący między zaparkowanymi pojazdami), mogą nie zostać skutecznie zidentyfikowani. Druga metoda oparta jest na komunikacji bezprzewodowej pomiędzy pojazdem a pieszym i zakłada użycie do tego celu rozszerzenia sieci WiFi (IEEE 802.11p) lub sieci komórkowych (3G, LTE). W [1] zwrócono uwagę, że wykorzystanie obecnych technologii komunikacyjnych do rozwoju komunikacji V2P (vehicle-to-pedestrian), nie wymaga inwestycji w infrastrukturę. Smartfon, należący do pieszego, automatycznie przesyłałby informacje o jego aktualnej pozycji i prędkości poruszania się, a także dodatkowe dane, takie jak historia trasy czy maksymalna prędkość pieszego. Zastosowanie zaawansowanego filtrowania, wykorzystującego pozyskane dane od pieszych i pojazdów, umożliwiłoby ocenę ryzyka wystąpienia kolizji. Jeśli okazałoby się ono wysokie, to zarówno do pojazdu jak i na smartfon pieszego zostałaby przesłana informacja o zagrożeniu. Ograniczenia dotyczące tej metody dotyczą konieczności posiadania przez pieszego smartfona oraz czasu pracy jego baterii [4]. Połączenie obu metod pozwala zwiększyć bezpieczeństwo pieszych i nie wymaga dodatkowych inwestycji w infrastrukturę.

Innym istotnym aspektem, związanym z interakcją pomiędzy pieszymi a pojazdami autonomicznymi, jest zdefiniowanie charakteru jazdy pojazdów samosterujących. Przy założeniu bardziej agresywnego sposobu jazdy (mniejsze odstępy między pojazdami, ustępowanie pierwszeństwa pieszym tylko w razie konieczności) mogą one powodować spadek bezpieczeństwa, natomiast dla bardziej zachowawczego stylu jazdy (większe odstępy między pojazdami, ustępowanie pierwszeństwa pieszym w każdym

Tab. 2. Potencjalny wpływ pojazdów zautomatyzowanych na projektowanie infrastruktury drogowej

Problem projektowy	Potencjalny wpływ na projektowanie
Prędkość projektowa i miarodajna	Możliwość zdefiniowania określonej wartości prędkości projektowej dla poszczególnych odcinków danej klasy drogi, projektowanie elementów drogi w dostosowaniu do tej prędkości jako maksymalnej
	Możliwość powiązania wartości prędkości projektowej z optymalnym przepływem strumienia pojazdów, tj. maksymalizacja przepustowości (wpływ utrzymywania przez pojazdy autonomiczne mniejszych odstępów, większa jednorodność ruchu)
	Brak konieczności definiowania i wyznaczania prędkości miarodajnej ze względu na znaną maksymalną prędkość, z jaką będą poruszać się pojazdy autonomiczne
Szerokość pasów ruchu	Zmniejszenie szerokości pasów ruchu, szczególnie w przypadku dużych prędkości (przy uwzględnieniu wymagań wynikających z gabarytów pojazdów dopuszczonych do ruchu na danej drodze)
Promienie łuków poziomych	Możliwość indywidualnego projektowania w nawiązaniu do lokalnych uwarunkowań (automatyczna identyfikacja parametrów geometrycznych drogi z dostosowaniem prędkości do tych parametrów)
Maksymalna długość odcinka prostego	Brak konieczności określania maksymalnej długości odcinka prostego (brak zagrożenia monotonią jazdy oraz konieczności szacowania przez kierowcę prędkości pojazdów poruszających się z naprzeciwka)
Skrzyżowania	Pośredni wpływ poprzez możliwość indywidualnego definiowania prędkości do projektowania w obrębie skrzyżowania
Urządzenia techniczne drogi	Możliwość zmniejszenia odległości przeszkód bocznych od krawędzi jezdni
	Brak konieczności stosowania barier ze względu na minimalizację liczby wypadków (występowanie sytuacji potencjalnie niebezpiecznych, tylko w przypadku awarii systemu sterowania), z drugiej strony, brak urządzeń związanych z bezpieczeństwem może być trudny do zaakceptowania przez ludzi podróżujących pojazdem autonomicznym (aspekty subiektywnej oceny zagrożeń)
Konstrukcja nawierzchni drogi	Konieczność utrzymywania nawierzchni w dobrym stanie, ze względu na brak możliwości oceny jej stanu przez kierującego i dostosowania prędkości do warunków lub zastosowanie czujników, które przekazując informacje, przy pomocy systemów komunikacji (I2V), dotyczące aktualnego stanu nawierzchni, umożliwiłyby indywidualne dostosowywanie prędkości i określenie drogi hamowania
	Powtarzalność obciążeń w obrębie wąskich pasm wymaga wzmocnienia konstrukcji nawierzchni
Widoczność	Możliwość ograniczenia wymaganej odległości widoczności na zatrzymanie przez automatyczną identyfikację odcinków z ograniczeniami prędkości powodowanymi brakami widoczności
	Dostosowanie wymagań widoczności do możliwości detekcji przez systemy czujników i laserów

przypadku) może nastąpić pogorszenie warunków ruchu. Niezbędne są zatem badania, mające na celu określenie optymalnych parametrów sterowania z punktu widzenia bezpieczeństwa i warunków ruchu.

Rosnący udział pojazdów zautomatyzowanych poziomu 3 i 4 może wpłynąć na obowiązujące zasady dotyczące projektowania infrastruktury drogowej. W tabeli 2 przedstawiono problemy projektowe oraz potencjalny wpływ rosnącego udziału pojazdów zautomatyzowanych na projektowanie. Z tego zestawienia wynika, że zakres zmian zasad projektowania infrastruktury drogowej będzie determinowany tempem zmiany floty pojazdów i rozwoju systemów wspomagających w pojazdach. Ze względu na duży udział międzynarodowego ruchu tranzytowego bardzo ważne będzie także ujednolicenie w skali europejskiej niektórych wymagań projektowych wynikających z auto-

matyzacji pojazdów.

Podsumowanie

Obecnie pojazdy autonomiczne o różnym poziomie automatyzacji stanowią niewielki procent wszystkich uczestników ruchu drogowego, jednak wzrost ich udziału w przyszłości wydaje się nieunikniony. Taki rozwój jest wspierany m.in. polityką Unii Europejskiej [7]. W związku z tym, pojawiają się uzasadnione pytania dotyczące potencjalnego wpływu tych pojazdów na ruch i projektowanie oraz utrzymanie infrastruktury drogowej.

W wielu opracowaniach wskazuje się, że oparcie systemu sterowania wyłącznie na sygnałach z czujników i laserów, umieszczonych w pojeździe, może być niewystarczające z punktu widzenia bezpieczeństwa i sprawności ruchu. Zwraca się także uwagę na możliwe trudności z identyfikacją oznakowania, wynikające z

niewłaściwego utrzymania dróg bądź występowania trudnych warunków pogodowych. Niezbędne są więc inwestycje w rozwój systemu komunikacji pojazdu z infrastrukturą, który umożliwiłby wymianę informacji w czasie rzeczywistym oraz dostęp do bazy map, zawierających wiarygodne dane o drodze i jej otoczeniu.

Za bardzo trudny uznaje się okres przejściowy, w którym będzie występował ruch mieszany pojazdów autonomicznych i konwencjonalnych. Główne problemy tego współistnienia dotyczą bezpieczeństwa i przepustowości dróg. Dopiero przy wysokim udziale pojazdów samosterujących, może zostać osiągnięty wzrost przepustowości dróg i skrzyżowań, natomiast w przypadku niskiego udziału pojazdów częściowo zautomatyzowanych może wystąpić niewielki spadek przepustowości. Z punktu widzenia bezpieczeństwa ruchu, istotne jest wprowadzenie regulacji prawnych określających podmiot odpowiedzialny za decyzje podejmowane przez systemy sterowania pojazdów autonomicznych.

Docelowo upowszechnienie pojazdów autonomicznych ma umożliwić bardziej ekonomiczne projektowanie infrastruktury drogowej. Występowanie ruchu mieszanego pojazdów autonomicznych i konwencjonalnych nie wymaga zasadniczych zmian w dotychczasowych sposobach projektowania infrastruktury drogowej, chociaż można oczekiwać pogorszenia warunków ruchu w okresie przejściowym z dominującym udziałem pojazdów konwencjonalnych. Rozwiązaniem zwiększającym bezpieczeństwo i poprawiającym płynność ruchu we wspomnianym okresie mogą być pasy dedykowane wyłącznie pojazdom samosterującym. Jednak ich wydzielenie z istniejących przekrojów drogowych, kosztem zmniejszenia liczby pasów dla pojazdów konwencjonalnych, jest uzasadnione tylko w przypadku dużego udziału pojazdów autonomicznych w ruchu przekraczającego 30-40%. ◀

Materiały źródłowe

- [1] M. Bagheri, M. Siekkinen, J. K. Nurminen, Cellular-based Vehicle to Pedestrian (V2P) Adaptive Communication for Collision Avoidance, 2014 International Conference on Connected Vehicles and Expo (ICCVE), Wiedeń, 3-7 listopada 2014r., s.450-456
- [2] S. C. Calvert, W. J. Schakel, and J. W. C. van Lint, Will Automated Vehicles Negatively Impact Traffic Flow?, Journal of Advanced Transportation, 2017
- [3] Z. Chen, F. He, L. Zhang, Y. Yin, Optimal deployment of autonomous vehicle lanes with endogenous market penetration, Transportation Research Part C: Emerging Technologies, 2016, Volume 72, s. 143-156
- [4] K. David, A. Flach, Car-2-X and Pedestrian Safety Innovative Collision Avoidance System, IEEE Vehicular Technology Magazine, 2010, Volume 5, s. 70-76
- [5] B. Friedrich, The Effect of Autonomous Vehicles on Traffic, Autonomous Driving. Technical, Legal and Social Aspects, 2016, s. 317-334
- [6] B. Kollmus, T. M. Gasser, P. Lubrich, J. Ritter, L. Rittershaus, K. Scharnigg, Infra-strukturbedarf beim Automatisierten Fahren, Straßenverkehrstechnik, 2019, nr 4, s. 255-260
- [7] Komisja Europejska, Komunikat Komisji do Parlamentu Europejskiego, Rady, Europejskiego Komitetu Ekonomiczno-Społecznego i Komitetu Regionów, Droga do zautomatyzowanej mobilności: strategia UE na rzecz mobilności w przyszłości, 2018
- [8] W. Kühn, Hochautomatisiertes Fahren und Straßenverkehrsinfrastuktur, Straßenverkehrstechnik, 2018, nr 9, s. 623-630
- [9] M. Martínez-Díaz, F. Soriguera, Autonomous vehicles: theoretical and practical challenges, Transportation Research Procedia, 2018, Volume 33, s. 275-282
- [10] M. Szymczak, W oczekiwaniu na autonomiczne samochody. Czy spełnią oczekiwania kierowców i jak wpłyną na miasta?, Transport Miejski i Regionalny, 2013, nr 10, s. 4-9
- [11] T. Tettamanti, I. Varga, and Z. Szalay, Impacts of Autonomous Cars from a Traffic Engineering Perspective, Periodica Polytechnica Transportation Engineering, 2016, 44(4), s. 244-250
- [12] H. Vishwanathan, D. L. Peters, J. Z. Zhang, Traffic sign recognition in autonomous vehicles using edge detection, Proceedings of the ASME 2017 Dynamic Systems and Control Conference DSCC2017 Tysons, Virginia, USA October 11-13, 2017
- [13] www.autodna.pl/blog/nawatorskie-systemy-bezpieczenstwa-v2x-juz-na-japonskich-drogach/ (dostęp: 10.04.2019)
- [14] www.autoexpert.pl/technika-i-serwis/Jak-dzialaja-samochody-autonomiczne,11062,1 (dostęp: 17.04.2019)
- [15] www.autoexpert.pl/produkty/Goodyear-AERO-opona-koncepcyjna-dla-autonomicznych-i-latajacych-samochodow,12910,1 (dostęp: 07.05.2019)
- [16] www.rynekinfrastruktury.pl/wiadomosci/wieksza-plynnosc-ruchu-dzieki-its-51444.html (dostęp: 10.04.2019)
- [17] www.standards.sae.org/j3016_201401 (dostęp: 08.04.2019)
- [18] www.thelastdriverlicenseholder.com/2019/02/13/update-disengagement-reports-2018-final-results/ (dostęp: 10.04.2019)
- [19] www.transport-publiczny.pl/wiadomosci/o-testowaniu-samochodow-autonomicznych-krytycznych-slow-kilka-57672.html (dostęp: 08.04.2019)
- [20] L. Ye, T. Yamamoto, Impact of dedicated lanes for connected and autonomous vehicle on traffic flow throughput, Physica A: Statistical Mechanics and its Applications, 2018, Volume 512, s. 588-597

REKLAMA

WWW.TRAKOTARGI.PL

TRAKO

13. MIĘDZYNARODOWE TARGI KOLEJOWE

24-27.09.2019 | GDAŃSK | AMBEREXPO

rmRailProtector 4.0 – rodzina innowacyjnych produktów firmy Rail-Mil dla funkcjonalności ERTMS/ETCS L1

rmRailProtector 4.0 – the innovative Rail-Mil components based family for the ERTMS/ETCS L1 functionality

Sławomir Jasiński

Dr inż.

Rail-Mil Computers sp. z o.o. sp. k.

slawomir.jasinski@rail-mil.eu

Mariusz Maciejewski

Dr inż.

Rail-Mil Computers sp. z o.o. sp. k.

mariusz.maciejewski@rail-mil.eu

Paweł Wontorski

Dr inż.

Rail-Mil Computers sp. z o.o. sp. k.

pawel.wontorski@rail-mil.eu

Wawrzyniec Wychowanski

Dr inż.

Rail-Mil Computers sp. z o.o. sp. k.

wawrzyniec.wychowanski@rail-mil.eu

Streszczenie: W artykule przedstawiono zespół innowacyjnych produktów rmRailProtector 4.0, które stanowią kompleksowe rozwiązanie dla funkcjonalności ERTMS/ETCS poziomu L1. Prezentowany system opracowano w Polsce z wykorzystaniem polskiej myśli technicznej oraz potencjału i wieloletniego doświadczenia firmy Rail-Mil w projektowaniu, produkcji oraz wdrożeniach i eksploatacji systemów sterowania ruchem pociągów. System rmRailProtector 4.0 dzięki współpracy z ekspertami Zakładów Automatyki KOMBUD S.A. jako rozwiązanie kompleksowe dostosowany jest do współpracy z wielokomputerowym stacynowym systemem zależnościowym służącym do sterowania ruchem kolejowym typu MOR 3. Pierwsze planowane wdrożenia systemu rmRailProtector 4.0 zakładają konfigurację składającą się ze stacynowego systemu zależnościowego typu MOR-3 oraz systemu rmRailProtector 4.0 o funkcjonalności ERTMS/ETCS poziomu L1. rmRailProtector 4.0 obejmuje zgodne z wymaganiami TSI CCS (ang. Technical Specifications for Interoperability, Control-Command and Signalling) urządzenia, w tym: Eurobalisy w wersji stałej i programowalnej, innowacyjny interfejs światłowodowy w relacji LEU-Eurobalisa, kodery LEU ze standardowym interfejsem w wersji scentralizowanej oraz narzędzia do programowania i diagnostyki. Artykuł w sposób syntetyczny zestawia podstawowe aspekty funkcjonalne i formalno prawne proponowanych rozwiązań, z odniesieniem do wymagań dla interoperacyjności systemu kolei. Szczegółowo zaprezentowano nowatorskie podejście do projektowania systemu ERTMS/ETCS poziomu L1, w tym szerokie zastosowanie techniki światłowodowej włączeniu Eurobalis z LEU oraz zrealizowane w sposób innowacyjny zasilanie Eurobalis za pomocą łączy optycznych. W artykule celowo pominięto prezentację zcentralizowanych koderów LEU, w tym innowacyjnych koderów LEU z interfejsem optycznym, które przedstawione zostaną w kolejnych publikacjach. Prezentowane powyżej podejście stanowi nową jakość w zakresie projektowania rozległych sieci na dużych obiektach kolejowych. Innowacyjność prezentowanych rozwiązań znalazła swój wyraz w złożonym do Urzędu Patentowego Rzeczypospolitej Polskiej wniosku patentowym o numerze identyfikacyjnym: P.430674.

Słowa kluczowe: Eurobalisa; ERTMS/ETCS; interfejs światłowodowy

Abstract: The article presents a family of innovative products rmRailProtector 4.0, which are a comprehensive solution for the ERTMS / ETCS functionality on L1 level. The presented system was developed in Poland using Polish technical thought and the potential and many years of experience of Rail-Mil in the design, production, implementation and operation of train traffic control systems. The rmRailProtector 4.0 system thanks to cooperation with the experts of KOMBUD S.A. Automation Group as a comprehensive solution, it is adapted to work with the MOR-3 – multi-computer interlocking system used to control of railway traffic. The first planned implementations of rmRailProtector 4.0 systems assume a configuration consisting of MOR-3 interlocking system and rmRailProtector 4.0 system with ERTMS / ETCS level L1 functionality. rmRailProtector 4.0 covers devices, including: Eurobalises in the fixed and programmable version, an innovative fiber interface in the LEU-Eurobalise relation, standard and centralized LEU encoders as well as programming and diagnostic tools, according to the CCS TSI requirements (Technical Specifications for Interoperability, Control-Command and Signaling). The article synthetically summarizes the basic functional, formal and legal aspects of the proposed solutions, with reference to the requirements for the interoperability of the rail system. An innovative approach to the design of the ERTMS / ETCS L1 system was presented in detail, including the wide application of fiber optics in the connection of Eurobalise with LEU and the innovative supply of Eurobalise using optical interface. The article intentionally omits the presentation of centralized LEU, including innovative LEU with an optical interface, which will be presented in subsequent publications. The approach presented above is a new quality in the area of extensive network design at large railway stations. The innovation of the presented solutions found expression in the complex to Patent Office of the Republic of Poland with the patent application identification number: P.430674.

Keywords: Eurobalise; ERTMS/ETCS; fiber-optic interface

Wstęp

Innowacyjne komponenty systemu rmRailProtector 4.0 produkowane przez firmę

Rail-Mil stanowią odpowiedź na potrzeby rynkowe wyrażane przez zarządców infrastruktury kolejowej [8], [9]. Prezentowane rozwiązanie opracowane jest w Polsce, i oparte na wieloletnim doświadczeniu firmy w realizacji projektów badawczo roz-

wojowych oraz jej potencjału produkcyjnego.

Krajowy Plan Wdrażania Technicznej Specyfikacji Interoperacyjności „STEROWANIE” [1], przyjęty do realizacji przez Ministerstwo Infrastruk-

tury i Budownictwa Rzeczypospolitej Polskiej w 2017 roku, zakłada wyposażenie linii kolejowych objętych planem wg zestawionych w Tabeli 1 wartości liczbowych.

Wskazany powyżej, potencjalny

Tab. 1. Koszty zabudowy systemu ERTMS.ETCS na liniach kolejowych objętych planem

	ETCS poziom L1	ETCS poziom L2	GSM-R
Długość linii	3 555 km	4 678 km	13 680 km
Koszt jednostkowy	260 000 zł/km	485 000 zł/km	205 000 zł/km
Łącznie	0,924 mld zł	2,26 mld zł	2,80 mld zł

obszar wdrożenia obejmujący linie kolejowe które wyposażane będą zgodnie z planem wdrożenia TSI CCS oraz fakt iż wprowadzając prezentowane rozwiązania firma Rail-Mil będzie jedynym polskim dostawcą komponentów ERTMS/ETCS pozwalając twierdzić iż jest to strategiczny oraz ekonomicznie uzasadniony kierunek rozwoju.

System rmRailProtector 4.0 dzięki współpracy z ekspertami Zakładów Automatyki KOMBUD S.A. jako rozwiązanie kompleksowe dostosowany jest do współpracy z wielokomputerowym stacijnym systemem zależnościowym służącym do sterowania ruchem kolejowym typu MOR 3. Pierwsze planowane wdrożenia systemu rmRailProtector 4.0 zakładają konfigurację składającą się ze stacyjnego systemu zależnościowego typu MOR-3 oraz systemu rmRailProtector 4.0 o funkcjonalności ERTMS/ETCS poziomu L1.

rmRailProtector 4.0 – komponenty ERTMS/ETCS produkcji Rail-Mil System rmRailProtector 4.0 bazuje

na produkowanych przez firmę Rail Mil przedstawionych poniżej komponentach rodziny Q7.

Q7-BL-FX – Eurobalisa nieprzełączalna (fixed Eurobalise)

Zgodna ze specyfikacją wymagań dla komponentów systemu ERTMS/ETCS zestawionych w SUBSET-036 [2] Eurobalisa nieprzełączalna o wymiarach zredukowanych (ang. *reduced type balise*). Programowanie odbywa się poprzez szczelinę powietrzną, z wykorzystaniem dedykowanych programatorów balis Q7-UPKE lub Q7-UPKE-HAND.

Rozwiązaniem innowacyjnym jest możliwość dezaktywacji balisy przytorowej z poziomu urządzenia programującego, bez konieczności stosowania metalowej osłony (przesłony) w celu wyłączenia. Kolor pokrywy każdorazowo ustalany jest przez Zamawiającego. Na Rys. 1 przedstawiono Eurobalisę stałą w malowaniu RAL 1016.

Podstawowe parametry technicz-

ne Eurobalisy nieprzełączalnej typu: Q7-BL-FX przedstawiono w Tabeli. 2

Q7-BL-TR – Eurobalisa przełączalna (transparent Eurobalise)

Zgodna ze specyfikacją wymagań dla komponentów systemu ERTMS/ETCS zestawionych w SUBSET-036 [2] Eurobalisa przełączalna o wymiarach zredukowanych (ang. *reduced type balise*), obsługująca ustandaryzowane przez specyfikację interfejsy C1, C6 bez interfejsu C4.

Programowanie podobnie jak w przypadku balis nieprzełączalnych odbywa się poprzez szczelinę powietrzną, z wykorzystaniem dedykowanych programatorów balis. Rozwiązaniem innowacyjnym podobnie jak w przypadku balis nieprzełączalnych jest możliwość dezaktywacji balisy przytorowej z poziomu urządzenia programującego Q7-UPKE-HAND lub Q7-UPKE.

Podstawowe parametry techniczne Eurobalisy nieprzełączalnej typu: Q7-BL-TR, zestawia Tabela 3.

Tab. 2. Eurobalisa nieprzełączalna typu Q7-BL-FX – zestawienie podstawowych parametrów

typ balisy przytorowej	balisa o wymiarze zredukowanym
odporność na zanieczyszczenia	klasa A
sposób programowania	z wykorzystaniem szczeliny powietrznej
cechy szczególne	możliwość dezaktywacji balisy z poziomu programatora
sposób mocowania	otworowanie w rozstawie 200mm, śruby M12, w rekomendowanym wykonaniu ze stali A04 lub A02
wymiary fizyczne	440x250x55 [mm]
kolor obudowy	RAL1016 dla PKP PLK lub zgodnie z wymaganiami Zamawiającego

Q7-BL-FO – Eurobalisa przełączalna (transparent Eurobalise) z innowacyjnym interfejsem światłowodowym

Zgodna ze specyfikacją wymagań dla komponentów systemu ERTMS/ETCS zestawionych w SUBSET-036 [2]



1. Eurobalisa nieprzełączalna (fixed Eurobalise) typu Q7-BL-FX [4]
Źródło: materiały wewnętrzne firmy Rail-Mil [4]



2. Eurobalisa przełączalna (transparent Eurobalise) typu Q7-BL-TR
Źródło: materiały wewnętrzne firmy Rail-Mil [4]

Tab. 3. Eurobalisa przełączalna typu Q7-BL-TR – zestawienie podstawowych parametrów

typ balisy przytorowej	balisa o wymiarze zredukowanym
odporność na zanieczyszczenia	klasa A
sposób programowania	z wykorzystaniem szczeliny powietrznej
cechy szczególne	możliwość dezaktywacji balisy z poziomu programatora,
sposób mocowania	otworowanie w rozstawie 200mm, śruby M12, w rekomendowanym wykonaniu ze stali A04 lub A02
wymiary fizyczne	440x250x55 [mm]
kolor obudowy	RAL1016 dla PKP PLK lub zgodnie z wymaganiami Zamawiającego
obsługiwane interfejsy	interfejs C1, interfejs C6 bez interfejsu C4
maksymalny dystans instalacji od LEU	do 500m

Eurobalisa przełączalna z innowacyjnym interfejsem światłowodowym – **Q7-UPKE – programator Eurobalis**

Tab. 4. Eurobalisa przełączalna z innowacyjnym interfejsem światłowodowym typu Q7-BL-FO – zestawienie podstawowych parametrów

typ balisy przytorowej	balisa o wymiarze zredukowanym
odporność na zanieczyszczenia	klasa A
sposób programowania	z wykorzystaniem szczeliny powietrznej
cechy szczególne	- możliwość dezaktywacji balisy z poziomu programatora, - interfejs światłowodowy oparty o transmisję MM (ang. Multi Mode); - pełna diagnostyka on-line stanu Eurobalisy
sposób mocowania	otworowanie w rozstawie 200mm, śruby M12, w rekomendowanym wykonaniu ze stali A04 lub A02
wymiary fizyczne	440x250x55 [mm]
kolor obudowy	zgodnie z wymaganiami Zamawiającego
obsługiwane interfejsy	interfejs C1, interfejs C6, interfejs C4 innowacyjny interfejs światłowodowy: kabel FO MM 4x 62,5um/125 (bez dodatkowego złącza)
maksymalny dystans instalacji	do 3000m

nym interfejsem światłowodowym o wymiarach zredukowanych (ang. *reduced type balise*), obsługująca wg własnego standardu interfejsy C1, C6 oraz interfejs C4 oraz pełną diagnostykę wewnętrzną. Programowanie podobnie jak w przypadku balis nieprzełączalnych odbywa się poprzez szczelinę powietrzną, z wykorzystaniem dedykowanego programatora balis Q7-UPKE.

Szczegółowy opis innowacyjnego interfejsu światłowodowego przedstawiony jest w dedykowanej temu zagadnieniu dalszej części artykułu.

Programatory dedykowane do produkowanych przez Rail-Mil Eurobalis występują w wykonaniu standardowym i podręcznym. Rysunek 3 przedstawia wykonanie programatora w wersji standardowej.

Programatory w obydwu wersjach wykonania wykorzystują interfejs A w odczycie balis. Programowanie odbywa się poprzez szczelinę powietrzną. Zintegrowane w nich baterie pozwalają na nie krótszy niż 20 godzinny czas nieprzerwanej pracy Q7-UPKE i 50h Q7-UPKE-HAND po uprzednim pełnym naładowaniu.



3. Programator Eurobalis typu Q7-UPKE – w wykonaniu standardowym
Źródło: materiały wewnętrzne firmy Rail-Mil [4]

Obudowa wykonana jest w klasie szczelności IP65. Urządzenie posiada możliwość dostępu przez sieć WiFi wykorzystywane w celach diagnostycznych oraz odczycie danych dla dedykowanego oprogramowania.

Programator jest zsynchronizowany w zakresie lokalizacji oraz synchronizacji czasu z zintegrowanym w nim nadajnikiem GPS.

Q7-UPKE oraz Q7-UPKE-HAND

Programatory posiadają unikalną funkcjonalność dezaktywacji balisy przytorowej z poziomu programatora. Proces ten obejmuje, zestawione poniżej kolejne kroki (w kolejności wykonania):

w zakresie sprawdzenia statusu Eurobalisy:

- umieszczenie programatora nad centrum balisy;
- włączenie programatora;
- programator w sposób automatyczny po zbadaniu statusu sprawdzanej balisy aktywna/nieaktywna wyświetla go na panelu informacyjnym w postaci wskaźnika LED.

w zakresie dezaktywowania Eurobalisy:

- umieszczenie programatora nad centrum balisy;
- przyciśnięcie przycisku LOCK (dezaktywacja)
- po otrzymaniu informacji zwrotnej o zmianie statusu balisy z aktywna na status zdezaktywowana, nie będzie ona już wykrywana przez pojazdy wyposażone ze sprawnymi pojazdowymi urządzeniami ERTMS/ETCS.

Proces aktywowania jest analogiczny do powyższego, a po jego przeprowadzeniu aktywowana balisa jest ponownie wykrywana przez przejeżdżające nad nią pojazdy wyposażone

ne w sprawne pojazdy urzędowania ERTMS/ETCS.

Dzięki wbudowanemu GNSS (nowoczesna odmiana GPS), programatory mają dodatkową funkcjonalność diagnostyki linii, możliwe jest szybkie przejście po linii zgrać oraz zdjęcie zestawionych poniższych informacji diagnostycznych:

- telegramy
- dane o numerach seryjnych
- dane diagnostyczne
- pozycję balis
- czas i moment odczytu
- status zablokowana/odblokowana.

Q7-PROG – dedykowane oprogramowanie do programowania Eurobalis

Oprogramowanie Q7-PROG jest kompatybilne z dedykowanymi do programowania Eurobalis programatorem Q-UPKE, których cechy charakterystyczne przedstawiono powyżej.

Na Rysunku. 4 przedstawiono graficzny interfejs użytkownika specjalizowanego oprogramowania. Jako najistotniejsze cechy charakterystyczne wskazać należy:

- kompatybilność z programatorami

- mi Eurobalis produkcji Rail-Mil;
- funkcjonalność programowania Eurobalis;
- odczyt balis poprzez interfejs A z wykorzystaniem szczeliny powietrznej;
- dekodowanie telegramu na język ETCS;

Jako cechy innowacyjne w odniesieniu do oprogramowania Q7-PROG wskazać należy:

- możliwość łatwego kopiowania telegramów z jednej balisy do następnej;
- możliwość aktywacji i dezaktywacji balisy z wykorzystaniem programatora.

Programowanie Eurobalis odbywa się zgodnie z zestawionymi poniżej krokami (w kolejności wykonania), dla otrzymanego pakietu telegramów:

- konwersja/import do oprogramowania Q7-CREATOR lub wypracowanie ich w oprogramowaniu;
- wygenerowanie finalnego telegramu dla Eurobalisy;
- określenie wymaganego formatu telegramu (krótki/długi);

- umieszczenie programatora Q7-UPKE/Q7-UPKE-HAND nad centrum balisy;
- połączenie oprogramowania z programatorem z wykorzystaniem kabla transmisyjnego lub w formie bezprzewodowej poprzez Wi-Fi;
- wydanie z dostępnych poleceń dotyczącego:
 - programowania balisy;
 - weryfikacja zawartości (telegramu) balisy.

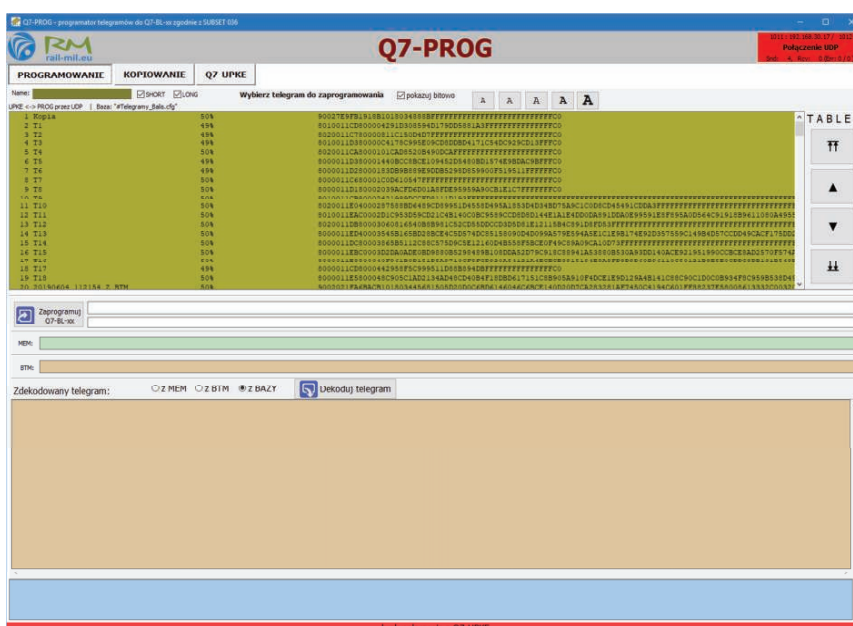
Interfejs światłowodowy jako innowacyjne rozwiązanie dla transmisji danych w relacji LEU-Eurobalisa

Połączenie eurobalisy z systemem zależnościowym realizowane jest poprzez jednostkę koder LEU (ang. *Lineside Electronic Unit*). Interfejs między Eurobalisą a koderem LEU jest ustandaryzowany i wyspecyfikowany w [2] jako interfejs „C”. Interfejs „C” przekazuje szeregowo telegramy generowane przez LEU do Eurobalisy, która transmituje je dalej do urządzeń pojazdowych.

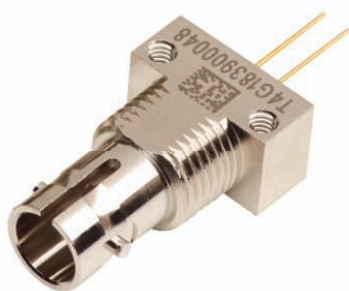
Ze względu na to, że kabel uważany jest za część Eurobalisy, specyfikacja dotyczy w szczególności samego podłączenia do LEU. Preferowane przez specyfikację rozwiązanie obowiązuje dla kabli do 500 m (wymagania dla dłuższych kabli nie są znormalizowane). Sygnały przesyłane interfejsem „C” muszą być niezależne od polaryzacji – co oznacza, że zamiana dwóch przewodów wejściowych nie wpłynie na odbierany strumień bitów.

Specyfikacja w [2] definiuje cztery różne interfejsy „C”:

- „C1” – wejście danych (ang. up-link),
- „C4” – wyjście blokowania przełączania telegramów w LEU (opcja),
- „C5” – wejście programowania eurobalisy (brak standaryzacji),



4. Oprogramowanie do programowania Eurobalis – graficzny interfejs użytkownika
Źródło: materiały wewnętrzne firmy Rail-Mil. [4]



5. Konwerter energii optycznej na elektryczną w paśmie 800-850nm. Źródło: [5]

- „C6” – wejście zasilania.

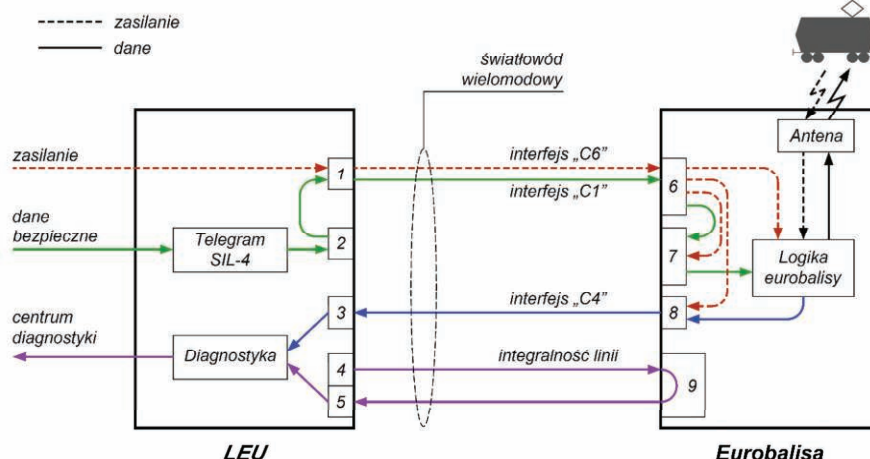
Interfejs „C1” służy do transmisji telegramów z LEU do eurobalisy. Medium transmisyjne powinno być przezroczyste dla przesyłanych wiadomości. Szybkość transmisji powinna wynosić 564,48 kbit/s.

Interfejs „C4” służy do transmisji do LEU informacji, że Eurobalisa zasilana jest przez urządzenia pokładowe przejeżdżającego nad nią pojazdu, i wówczas zmiana wysyłanego telegramu przez LEU powinna być zablokowana.

Interfejs „C6” służy do zasilania obwodów interfejsu wejściowego eurobalisy *up-link*. Sygnał powinien być falą sinusoidalną o częstotliwości $8,820 \text{ kHz} \pm 0,1 \text{ kHz}$.

Firma Rail-Mil proponuje innowacyjną realizację interfejsu „C” w oparciu o technikę światłowodową. W rozwiązaniu uwzględnione zostały interfejsy „C1”, „C4” i „C6”, wykorzystujące kabel światłowodowy zarówno do dwukierunkowej cyfrowej transmisji danych, jak również do zasilania układu logiki eurobalisy.

Technologia przysyłania energii do zasilania, a nie tylko (lub zamiast) cyfrowej transmisji danych PoF (ang. *power-over-fibre*), umożliwia rezygnację z oddzielnych metalicznych linii transmisji danych i zasilania [6], [7]. Ma ona obecnie zastosowanie do zasilania urządzeń o mocy rzędu kilku watów, co w przypadku eurobalisy jest w pełni wystarczające. Warto jednak pokreślić, że technika światłowo-



6. Schemat połączenia LEU i Eurobalisy z interfejsem światłowodowym (opis w tekście). Źródło: Materiały wewnętrzne firmy Rail-Mil. [4]

dowa umożliwia zasilanie urządzeń o mocach wielokrotnie większych [10]. W powiązaniu stosowany jest światłowod multimodowy (ang. *multi-mode*). Na Rysunku 5 przedstawiono zastosowany konwerter energii optycznej na elektryczną.

Rysunek 6 przedstawia schemat powiązania LEU i Eurobalisy z zastosowaniem techniki światłowodowej w oparciu o komponenty rodziny rmRailProtector 4.0. Powstały dwa rozwiązania wykorzystujące cztery lub pięć włókien. Pod względem logicznym można wyróżnić cztery interfejsy:

- 1 – 2: zasilanie układu logiki eurobalisy (interfejs „C6”),
- 2 – 7: transmisja telegramów (interfejs „C1”),
- 8 – 3: transmisja informacji o blokowaniu telegramów z LEU (interfejs „C4”) oraz dane diagnostyczne,
- 4 – 9 – 5: kontrola integralności linii światłowodowej.

Wykorzystanie łączy światłowodowego do współpracy Balisa-LEU jest rozwiązaniem prawnie chronionym na rzecz Rail-Mil (nr zgłoszenia to P.430674)

Interfejs światłowodowy nie jest wprost zdefiniowany w TSI w zakresie technicznej realizacji. Natomiast jest on w zakresie funkcjonalnym jak

najbardziej zgodny z wymaganiami określonymi w [3].

Zastosowanie kabla światłowodowego w realizacji interfejsu „C” posiada szereg zalet stanowiących o przewadze tego rozwiązania w porównaniu z połączeniami metalicznymi:

- zwiększenie maksymalnej odległości między Eurobalisą a LEU do 3000 m (co umożliwia centralizację LEU nawet na bardzo dużych stacjach kolejowych),
- odporność na zakłócenia elektromagnetyczne, przepięcia, wyładowania atmosferyczne,
- odporność na ingerencję z zewnątrz (cyberbezpieczeństwo),
- transmisja informacji z Eurobalisy do LEU, w tym pełnej informacji diagnostycznej,
- ciągła kontrola integralności linii światłowodowej,
- uproszczenie okablowania – bezpośrednie podłączenie światłowodu do Eurobalisy,
- separacja galwaniczna połączonych urządzeń.
- zmniejszenie ryzyka kradzieży, ze względu na brak kabla miedzianego.

Eurobalisa z interfejsem światłowodowym typu Q7-BL-FO przystosowana będzie do współpracy z koderem LEU wyposażonym w odpowiednim

interfejs po swojej stronie. W przypadku urządzeń firmy Rail-Mil będzie to koder typu Q7-LU-FO3. W takim przypadku Eurobalisa musi być dostarczana razem z LEU, więc można zastosować grupowanie składników interoperacyjności, zgodnie z punktami 4.2.7.4 oraz 5.2.2 [3]. Grupa zdefiniowana poprzez realizowane przez nią funkcje oraz przez pozostałe interfejsy zewnętrzne, jest uważana za składnik interoperacyjności.

Podsumowanie

Przedstawiona w artykule koncepcja innowacyjnej linii produktów rmRailProtector 4.0 stanowi odpowiedź na rynkowe zapotrzebowanie na rozwiązania najwyższej jakości i o najlepszych parametrach technicznych, znacznie wykraczających poza wymagania określone jako minimalne dla tej klasy urządzeń.

Wdrażanie systemu ETCS w Polsce jest i będzie procesem długotrwałym i obejmującym bardzo różne odcinki linii kolejowych [8],[9]. Instalowanie systemu ETCS L2 jest kosztowne [11] i nie wszędzie będzie opłacalne. W takich przypadkach alternatywnym rozwiązaniem może być właściwie zaprojektowany system ETCS L1. Taki system powinien być oparty na technice światłowodowej umożliwiającej znaczne wydłużenie linii transmisyjnych, nowoczesnych narzędziach programowania eurobalis oraz scentralizowanym LEU i pozyskiwaniu informacji z nastawnicy, które pozwolą lepiej wykorzystać informacje przetwarzane w warstwie podstawowej, poprawić wyniki eksploatacyjne i zapewnić płynność ruchu [12]. Wszystkie wyżej wymienione postulaty spełnia jednocześnie rodzina produktów rmRailProtector 4.0 firmy Rail-Mil.

Prezentowane rozwiązanie dostosowane jest do współpracy z wielokomputerowym stacyjnym systemem zależnościowym służącym do sterowania ruchem kolejowym

typu MOR 3 produkowanym przez Zakłady Automatyki KOMBUD S.A. Pierwsze wdrożenia systemu rmRailProtector 4.0 planowane są jako wspólne wdrożenia w kooperacji ww. firm.

Wyznaczony kierunek można z powodzeniem uznać za słuszny, ponieważ prowadzone badania i testy potwierdzają wysoką niezawodność i efektywność proponowanych rozwiązań. Rodzina rmRailProtector 4.0 wyznacza zupełnie nową jakość w projektowaniu, instalacji i eksploatacji systemu ETCS L1. W niedalekiej przyszłości będzie możliwe również sprawdzenie systemu w warunkach rzeczywistego zastosowania. Dalsze prace będą skupiały się więc nie tylko na doskonaleniu samych urządzeń, ale także zasadach projektowania zbudowanych z nich systemów. Ma to na celu pełne wykorzystanie możliwości wynikających z wdrożenia systemu ETCS na sieci kolejowej.



Materiały źródłowe

- [1] Ministerstwo Infrastruktury i Budownictwa Rzeczypospolitej Polskiej, Krajowy Plan wdrażania Technicznej Specyfikacji Interoperacyjności „Sterowanie”, Warszawa – Czerwiec 2017
- [2] SUBSET-036 Issue 3.1.0: FFFIS for Eurobalise, ERA - UNISIG - EEIG ERTMS USERS GROUP, ISSUE: 3.1.0: 17/12/2015.
- [3] Dziennik Urzędowy Unii Europejskiej, Rozporządzenie Komisji (UE) 2016/919 z dnia 27 maja 2016 roku w sprawie technicznej specyfikacji interoperacyjności w zakresie podsystemów „Sterowanie” systemu kolei e Unii Europejskiej
- [4] Sławomir Jasiński, Mariusz Maciejewski, rmRailProtector 4.0 Rail-Mil / ETCS Components – rodzina Q7 – prezentacja założeń systemu, Lipiec-2019

- [5] Fiber Optic Modules and Components, <https://www.broadcom.com/products/fiber-optic-modules-components>, dostęp dnia 04.09.2019
- [6] Sittakul Vitawat, Clare L., Burrow Stephen, Li X., Cryan Martin, Sittakul Vitawat, Power-over-fibre for wireless applications [w:] Microwave and Optical Technology Letters, maj 2011, Vol.53(5), ss.1027-1032
- [7] Wild G., Allwood G., Hinckley S., Distributed sensing, communications, and power in optical Fibre Smart Sensor networks for structural health monitoring [w:] Sixth International Conference on Intelligent Sensors, Sensor Networks and Information Processing, grudzień 2010, ss.139-144
- [8] Kulińska E., Dendera-Gruszka M., Wojtynek L., Masłowski D., Szczurek M., Europejski system sterowania ruchem kolejowym: analiza techniczno-ekonomiczna [w:] Autobusy: technika, eksploatacja, systemy transportowe, 2017, r. 18, nr 6, ss. 1454-1459
- [9] Fajczak-Kowalska A., Krenski C., Implementacja ERTMS/ETCS w Polsce [w:] Logistyka, 2015, nr 3, ss. 1286-1296
- [10] Gonthier F, Martineau L, Azami N., Faucher M., Seguin F., Stryckman D., Villeneuve A., High-power All-Fiber® components: The missing link for high power fiber lasers [w:] Fiber Lasers: Technology, Systems, and Applications, Vol. 5335, 2004
- [11] Drobysz T., Wdrożenia i tranzycje w systemie ERTMS/ETCS na sieci PKP PLK, prezentacja, Zakopane 2017
- [12] Kochan A., Koper E., Ilczuk P., Gruba Ł., Tranzycje w systemie ERTMS/ETCS [w:] Prace Naukowe Politechniki Warszawskiej, Transport, z. 121, 2018

Recenzja książki „KONTENERYZACJA w logistyce materiałów niebezpiecznych” autorstwa Henryka Zielaskiewicza i dra Mirosława Antonowicza

Książka to możliwość poszerzenia wiedzy z zakresu przewozów intermodalnych, które w ostatnim okresie w Polsce rozwijają się bardzo dynamicznie. Pomimo dobrej koniunktury na ten segment przewozów ich udział w ogólnych przewozach kolejowych jest niewielki. W tym segmencie przewozów znacząco wyprzedzają nas inne kraje Europy Zachodniej. Promocja tej formy przewozów jest bardzo ważnym elementem w ich dalszym rozwoju. Autorzy przedstawili stan obecny oraz perspektywy rozwoju tak ważnego segmentu przewozów,

który łączy poszczególne gałęzie transportu w budowaniu łańcuchów dostaw. Jednostka intermodalna jaką jest kontener naczepa wymienna czy nadwozie przewożona przez różne środki transportu pozwala na transport szeregu towarów bez ich przeładunku, jest korzystna z uwagi na ogólne koszty realizacji przewozów. Z powodu swoich własności uznano, iż negatywne oddziaływanie na środowisko tej formy transportu jest mniejsze od przewozów samochodowych. Ważnym elementem jest też wskazanie obszaru transportu ładunków niebezpiecznych, których konteneryzacja może znacząco wpłynąć na poprawę naszego bezpieczeństwa. W Polsce powstaje coraz więcej zakładów bez dostępu do bocznic kolejowych, które do produkcji używają różnego rodzaju materiałów o różnym stopniu szkodliwości dla otoczenia. Transportowane samochodami przewożone są po drogach i ulicach miast i często narażone są narażone na różne kolizje. Stopień zagrożenia jest znacznie większy niż w transporcie kolejowym, który powinien być wykorzystywany w szerszym niż obecnie stopniu w logistyce materiałów niebezpiecznych. Duże firmy transportu samochodowego powinny współpracować przy rozwoju transportu intermodalnego, szczególnie na trasach o znacznych odległościach. Wykorzystując efekty skali możliwe jest uzyskiwanie korzystnych rozwiązań ekonomicznych. Informacje zawarte w książce zostały poparte bardzo bogatym materiałem fotograficznym co uwiarygodnia i znakomicie podwyższa wartość prowadzonych wywodów. Przedstawiana problematyka w kontekście realizacji usług przewozowych sprawia, iż monografia jest dojrzałym dziełem i zasługuje na wysoką ocenę. Stanowi ona pozycję w której autorzy przedstawiają przyjazne dla środowiska rozwiązania które powinny być szeroko stosowane w nowoczesnych usługach transportowych. Książka jest potrzebna dla środowiska praktyków zajmują-

cych się transportem intermodalnym i przewozami materiałów niebezpiecznych oraz jako materiał dydaktyczny. Wzbogaca dotychczasową literaturę przedmiotu i może służyć pogłębianiu wiedzy zainteresowanym transportem intermodalnym. Wszystkim zainteresowanym pogłębieniem wiedzy z tej dziedziny polecam tą książkę.

Recenzent:



**prof. dr hab. inż.
Janusz Dyduch**

Uniwersytet Technologiczno-Humanistyczny im. K. Pułaskiego w Radomiu. Wydział Transportu i Elektrotechniki, Kierownik Zakładu Systemów Sterowania w Transporcie

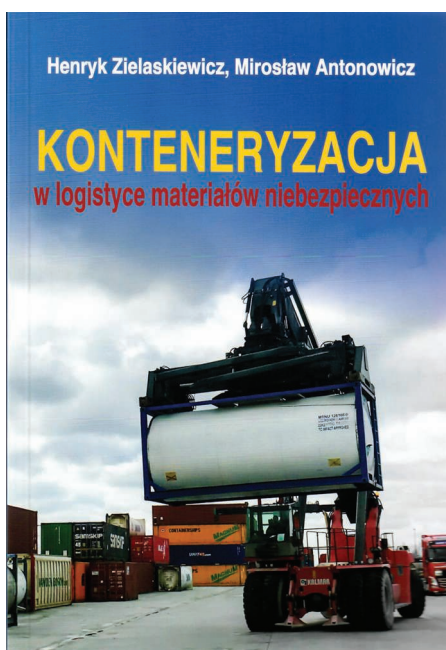
Prezes Stowarzyszenia Inżynierów i Techników Komunikacji RP.

Stowarzyszenie Inżynierów i Techników Komunikacji RP Zarząd Krajowy oferuje Państwu do zakupu książkę autorstwa: Henryk Zielaskiewicz i dr Mirosław Antonowicz pod tytułem „KONTENERYZACJA w logistyce materiałów niebezpiecznych”.

Cena książki 50,00 zł brutto (5%VAT) / szt. + koszt wysyłki. Możliwy odbiór osobisty w biurze Zarządu Krajowego SITK RP w Warszawie: ul. Czackiego 3/5 p. 214 lub w Radomiu: ul. prof. W. Kruskowskiego 1 p. 217.

Zamówienia proszę składać drogą mailową na adres: martyna.lis@sitkrp.org.pl lub hanna.szary@sitkrp.org.pl. W treści proszę podać: zamawiającego, ilość sztuk, adres do wysyłki, dane do FV.

Zachęcamy Państwa do zakupu wydawnictwa.



Mgr inż. Henryk ZIELASKIEWICZ – absolwent Politechniki Śląskiej oraz szereg studiów podyplomowych. Dyrektor Biura Logistyki PKP SA, członek Polskiego Stowarzyszenia Logistycznego, Stowarzyszenia Menadżerów i Ekspertów Transportu Szynowego przy Krajowej Izbie Gospodarczej, Przewodniczący Krajowej sekcji przewoźców Intermodalnych Stowarzyszenia Inżynierów i Techników Komunikacji RP. Ekspert w zakresie kolejowej infrastruktury terminalowej. Na PKP zatrudniony od 1978 r. na stanowiskach kierowniczych związanych z bezpieczeństwem i techniką prowadzenia ruchu pociągów. Obecnie zajmuje się procesami logistycznymi i infrastrukturą terminalową. W latach 2007–2014 członek sekcji Logistyki Transportu Towarowego oraz ekspert w zakresie przewozów intermodalnych i infrastruktury terminalowej Sekcji Logistyki Transportu PAN. Posiada międzynarodowy certyfikat logistyka, wykładowca Akademii Wyższej Szkoły Biznesu w Dąbrowie Górniczej. Autor licznych publikacji o tematyce związanej z logistyką i kolejowymi procesami transportowymi. Opublikował ponad 100 artykułów w czasopiśmie branżowym. Autor książki „Spełnienia w okresie przemian na rynku kolejowych przewozów towarowych” wydanej przez Wydział Szkoły Główną i Logistykę w Warszawie oraz „Transport intermodalny na rynku usług przewoźców” (wydanej przez Instytut Technologii Eksploatacji – PIB w Radomiu). Wpółautor dwóch książek o tematyce związanej z transportem kolejowym i przewozami intermodalnymi.



Dr Mirosław ANTONOWICZ – absolwent Uniwersytetu Warszawskiego. Adiunkt w Katedrze Marketingu Akademii Leona Koźmińskiego. Autor ponad 200 publikacji w zakresie transportu, logistyki, marketingu i zarządzania, w tym współautor 2 monografii w zakresie transportu i zarządzania w transporcie. Ekspert w zakresie marketingu B to B, transportu, logistyki i zarządzania łańcuchem dostaw i regulacji rynku transportu kolejowego. Kierownik Studiów Podyplomowych Logistyka w zarządzaniu, „Zarządzanie zakupami”, Tworzenia i opiekun merytoryczny studiów magisterskich „Zarządzanie logistyką i łańcuchami dostaw” w Akademii Leona Koźmińskiego. Dyrektor Centrum Naukowego Logistyki i Zakupów w Akademii Leona Koźmińskiego. Wieleletni pracownik Polskich Kolei Państwowych i administracji rządowej związanej z transportem kolejowym. Obecnie członek Zarządu PKP SA ds. Strategii i Logistyki oraz przewodniczący Rady Nadzorczej PKP LHS Sp. z o.o. oraz wiceprzewodniczący Rady Nadzorczej Spółki Giełdowej PKP CARGO Logistika S.A., a także członek Rady Naukowej Instytutu Kolejnictwa, Rady ds. Transportu Kolejowego przy Prezisie Urzędu Transportu Kolejowego, pełnomocnik Zarządu Stowarzyszenia Inżynierów i Techników Komunikacji ds. Transportu Intermodalnego, członek Polskiego Stowarzyszenia Logistycznego, Stowarzyszenia Menadżerów i Ekspertów Transportu Szynowego przy Krajowej Izbie Gospodarczej, Polskiej międzynarodowych certyfikacji zawodowych w zakresie transportu, logistyki i biznesu. Były ekspert i członek Sekcji Logistyki i Procesów Transportowych Komitetu Transportu Polskiej Akademii Nauk w latach 2007–2014.

ISBN 978-83-7789-568-9

TOROMIERZ INERCYJNY iTEC

Dokładny pomiar strzałek



www.graw.com

REKLAMA



CZAS NA INNOWACYJNE BUDOWNICTWO

Oferujemy profesjonalne usługi z zakresu:

- budowy infrastruktury komunikacyjnej, sieci instalacyjnych i obiektów hydrotechnicznych,
- wykonywania pomiarów geodezyjnych, tworzenia map do celów projektowych, wytyczenia budynku i sieci.



W BUDOWNICTWIE WYBIERZ FIRME,
KTÓREJ MOŻESZ ZAUFAĆ

Zobacz, co już wybudowaliśmy
i dla kogo pracowaliśmy:
www.gm-roads.pl

Biuro:

ul. Krzemieniecka 47,
54-613 Wrocław

Budownictwo inżynieryjne:

tel.: (71) 300 12 40
e-mail: info@gm-roads.pl

Geodezja:

tel.: 697 660 932
e-mail: m.wozniak@gm-roads.com

Siedziba firmy:

ul. Wrocławska 41, Łańcuch
58-130 Żarów



REKMA Sp. z o.o.

ul. Szlachecka 7

32-080 Brzezie

tel. +48 12/633 59 22

fax +48 12/397 52 20

www.rekma.pl

- Dylatacje bitumiczne EDM typ Rekma
- Dylatacje mechaniczno-asfaltowe
SILENT-JOINT^{RESA}
- Szczeliny dylatacyjne w nawierzchniach betonowych i asfaltowych
- Naprawa spękań nawierzchni
- Specjalistyczne cięcie nawierzchni betonowych i asfaltowych
- Wypełnianie szczelin dylatacyjnych w torowiskach tramwajowych
- Natrysk środkami hydrofobowymi i hydrofilowymi
- Rowkowanie (grooving) nawierzchni
- Specjalistyczne wiercenie otworów pod kotwy i dyble
- Kruszenie nawierzchni betonowych metodą ultradźwiękową – RMI



SPECJALISTYCZNE PRACE DROGOWE

Od ponad 50 lat zmieniamy świat



budimex
zmieniaj świat

www.budimex.pl





RM
rail-mil.eu

ERTMS / ETCS L1 Components



Q7-BL-FX (Fixed Euro-Balise)

Fixed Euro-Balise Q7-BL-FX is a part of the Rail-Mil rmRailProtector 4.0 range within the RM Q7 product family, which has been designed to meet the needs and the requirements of the European Train Control System (ETCS).

Basic device characteristics:

SUBSET-036 compliant

Balise type:	reduced size balise
Debris:	class A
Programming:	via the air gap
Addition features:	electronically switched ON/OFF by the programming tool, not needed metal cover to deactivate the balise
Mounting:	two holes at 200mm distance, screws M12 (steel A4 or A2 recommended)
Size:	440 x 250 x 55mm
Color:	RAL 1016 (or different upon request)



made in
POLAND

Learn more about our products at: **rail-mil.eu**

