

przeгляд®

6-7-8

2023

rocznik LXXVIII

cena 60,00 zł

w tym 8% VAT



komunikacyjny

UKAZUJE SIĘ OD 1945 ROKU



Baltic & Bohemian Rail

Założenia projektu szlaku kolejowego ze Świnoujścia do Pragi

eISSN
2544-6037

ISSN
0033-22-32

Baltic & Bohemian Rail Założenia projektu szlaku kolejowego ze Świnoujścia do Pragi. Organizacja ruchu i prognoza przewozów dla proponowanej linii kolejowej Otwock – Karczew. Infrastruktura kolejowa Województwa Zachodniopomorskiego w systemie transportowym kraju. Założenia budowy centrum badań i rozwoju obszaru monitoringu automatyki kolejowej. Uwarunkowania zastosowania systemów nadzoru i diagnostyki w systemach sterowania i telekomunikacji. Optymalizacja zużycia energii trakcyjnej przy zastosowaniu inteligentnych systemów prowadzenia ruchu kolejowego. Modele zakupowe energii elektrycznej u przewoźników kolejowych w dobie kryzysu na światowych rynkach energii i paliw. Koncepcja i uwarunkowania utworzenia Poznańskiej Kolei Metropolitalnej z uwzględnieniem aspektów ekonomicznych, przestrzennych i demograficznych. Jak działają najnowsze kolejowe systemy ochrony dzikich zwierząt. Rozwój niskoemisyjnej energetyki wodorowej w przemyśle energetycznym Egiptu z uwzględnieniem znaczenia kolei dla zmian w procesie dywersyfikacji źródeł pozyskiwania energii. Cyfryzacja i standaryzacja na kolejach Organizacji Współpracy Kolei (OSJD) na wybranych przykładach. Nowoczesne rozwiązania w konstrukcji węzłów tramwajowych

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 dyscypliny: inżynieria lądowa i transport; ekonomia i finanse; nauki prawne; nauki socjologiczne. Prosimy Autorów o deklarację (w zgłoszeniu), do której dyscypliny zaliczyć ich prace.

Materiały do publikacji: zgłoszenie, artykuł oraz oświadczenie Autora, należy przesyłać 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. Obowiązuje 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 w dyscypliny: inżynieria lądowa i transport, inżynieria lądowa i transport; ekonomia i finanse; nauki prawne; nauki socjologiczne podlegają procedurze recenzji merytorycznych zgodnie z wytycznymi MNIŚW, co pozwala zaliczyć je, po opublikowaniu, do dorobku naukowego oraz uwzględnić w ewaluacji jakości działalności naukowej (Dz.U. 2019 poz. 392).

Liczba uwzględnianych punktów wg listy czasopism punktowanych przez MNIŚW wynosi 40.

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.

Przygotowany materiał powinien obrazować własny wkład badawczy autora. Redakcja wdrożyła procedurę zapobiegania zjawisku Ghostwriting („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”.

Na stronie internetowej czasopisma dostępne są pełne wersje artykułów wraz ze streszczeniami w języku polskim (od 2010) i angielskim (od 2016) jako OPEN ACCESS. Pod koniec 2018 roku „Przegląd Komunikacyjny” rozpoczął indeksowanie artykułów angielskich z użyciem numerów cyfrowych DOI. Czasopismo ubiega się o partycypowanie w bazie SCOPUS. Rejestrowane jest w międzynarodowej bazie DOAJ <https://doaj.org/>.

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 Spółka Wydawnictwa SITK RP sp. z o.o..

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. Świętokrzyska 14 A, lok. 150, 00-050 Warszawa, tel.: (22) 336 12 06, 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: "Baltic & Bohemian Rail" (Pexels+oprac własne)

W numerze

Szanowni Czytelnicy!

Prezentujemy obszerny, trzymiesięczny i wakacyjny numer *Przeeglądu Komunikacyjnego*. Znajdziecie w nim Państwo 12 artykułów z zakresu transportu szynowego w tym tramwajowego. Kilka artykułów dotyczy propozycji kształtowania nowych korytarzy transportowych wykorzystując zarówno istniejące trasy jak i nowe. Do grupy tej należy pierwsza pozycja opisująca założenia projektu szlaku kolejowego ze Świnoujścia do Pragi (Baltic & Bohemian Rail), jak również kolejny artykuł dotyczący proponowanej linii kolejowej Otwock – Karczew (w aspekcie organizacji ruchu i prognozy przewozów). Podobny tematycznie jest artykuł trzeci charakteryzujący infrastrukturę kolejową Województwa Zachodniopomorskiego na tle systemu transportowego w Polsce. Nieco dalej w numerze (pozycja 8) jest artykuł o koncepcji i uwarunkowaniach utworzenia Poznańskiej Kolei Metropolitalnej z uwzględnieniem aspektów ekonomicznych, przestrzennych i demograficznych.

Osobną grupę tworzą artykuły dotyczące aspektów sterowania ruchem kolejowym, diagnostyki, ochrony i cyfryzacji. Zaliczyłbym tu następujące pozycje: „Założenia budowy centrum badań i rozwoju obszaru monitoringu automatyki kolejowej” (artykuł 4), „Uwarunkowania zastosowania systemów nadzoru i diagnostyki w systemach sterowania i telekomunikacji” (artykuł 5), „Jak działają najnowsze kolejowe systemy ochrony dzikich zwierząt” (artykuł 9) oraz „Cyfryzacja i standaryzacja na kolejach Organizacji Współpracy Kolei na wybranych przykładach” (artykuł 11). Dużo miejsca na łamach poświęcamy zagadnieniom energii, w tym wodorowej. To trzy artykuły o: optymalizacji zużycia energii trakcyjnej przy zastosowaniu inteligentnych systemów prowadzenia ruchu kolejowego (pozycja 6), modelach zakupowych energii elektrycznej u przewoźników kolejowych w dobie kryzysu na światowych rynkach energii i paliw (pozycja 7) oraz o rozwoju niskoemisyjnej energetyki wodorowej w przemyśle energetycznym Egiptu z uwzględnieniem znaczenia kolei dla zmian w procesie dywersyfikacji źródeł pozyskiwania energii (pozycja 10). Numer zamyka artykuł o nowoczesnych rozwiązaniach w konstrukcji węzłów tramwajowych. Zabrakło już miejsca na szerszą charakterystykę poszczególnych pozycji. Tym bardziej zachęcam do zapoznania się z ich treścią.

Maciej Kruszyna

Baltic & Bohemian Rail Założenia projektu szlaku kolejowego ze Świnoujścia do Pragi Jarosław Kiepusa, Dariusz Seliga	2
Organizacja ruchu i prognoza przewozów dla proponowanej linii kolejowej Otwock – Karczew Szymon Klemba	13
Infrastruktura kolejowa Województwa Zachodniopomorskiego w systemie transportowym kraju Juliusz Engelhardt	20
Założenia budowy centrum badań i rozwoju obszaru monitoringu automatyki kolejowej Radosław Zawierucha	26
Uwarunkowania zastosowania systemów nadzoru i diagnostyki w systemach sterowania i telekomunikacji Janusz Dyduch, Radosław Zawierucha	32
Optymalizacja zużycia energii trakcyjnej przy zastosowaniu inteligentnych systemów prowadzenia ruchu kolejowego Janusz Szkołpiński	44
Modele zakupowe energii elektrycznej u przewoźników kolejowych w dobie kryzysu na światowych rynkach energii i paliw Alan Beroud	51
Koncepcja i uwarunkowania utworzenia Poznańskiej Kolei Metropolitalnej z uwzględnieniem aspektów ekonomicznych, przestrzennych i demograficznych Adam Pawlik	55
Jak działają najnowsze kolejowe systemy ochrony dzikich zwierząt Marek Stolarski	60
Rozwój niskoemisyjnej energetyki wodorowej w przemyśle energetycznym Egiptu z uwzględnieniem znaczenia kolei dla zmian w procesie dywersyfikacji źródeł pozyskiwania energii Patrik Chmielarz, Alan Beroud	63
Cyfryzacja i standaryzacja na kolejach Organizacji Współpracy Kolei (OSJD) na wybranych przykładach Mirosław Antonowicz	71
Nowoczesne rozwiązania w konstrukcji węzłów tramwajowych Małgorzata Urbaneck, Tomasz Bis	77

Wydawca:

Wydawnictwa SITK RP sp. z o.o.
ul. Świętokrzyska 14 A, lok. 150, 00-050 Warszawa
www.sitkorp.org.pl
Wawrzyniec Wychowański – Prezes

Redaktor Naczelny:

Antoni Szydło

Redakcja:

Maciej Kruszyna (Z-ca Redaktora Naczelnego),
Agnieszka Kuniczuk - Trzciniowicz (Redaktor językowy),
Piotr Mackiewicz (Sekretarz), Wojciech Puła (Redaktor
statystyczny), Eryk Mączka (obsługa techniczna, strona
internetowa), Krzysztof Gasz, Jarosław Kuźniewski, Łukasz
Skotnicki, Bartłomiej Krawczyk, Igor Gisterek, Karina
Korycka (obsługa anglojęzyczna)

Adres redakcji do korespondencji:

Poczta elektroniczna:
redakcja@przeblad.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 Klībavičius (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)

Deklaracja o wersji pierwotnej czasopisma

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

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

Artykuły opublikowane w „Przeblądzie 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>
Międzynarodowa baza DOAJ <https://doaj.org/>

Prenumerata:

Szczegóły i formularz zamówienia na stronie:

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

Obecna Redakcja dysponuje numerami archiwalnymi
począwszy od 4/2010.

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

Druk:

Grupa Intromax Sp. z o.o., ul. Biskupińska 21, 30-732
Kraków, <http://www.intromax.com.pl/>

Reklama:

Dział Marketingu:
hanna.szary@sitkorp.org.pl,
elzbieta.nowicka@sitkorp.com,

Nakład: 800 egz.

Baltic & Bohemian Rail

Założenia projektu szlaku kolejowego ze Świnoujścia do Pragi

Baltic & Bohemian Rail

Assumptions of the railway route project from Świnoujście to Prague



Jarosław Kiepora

Mgr
Kierownik Projektu
PKP CARGO S.A.



Dariusz Seliga

Mgr
Prezes Zarządu
PKP CARGO S.A.

Streszczenie: Kluczowym czynnikiem rozwoju portu w Świnoujściu jest uzyskanie silnej pozycji w obsłudze czeskiego tranzytu morskiego, od lat zdominowanego przez porty niemieckie z Hamburgiem na czele. Zapowiadana budowa nowoczesnej infrastruktury przeładunkowej z hubem kontenerowym zdolnym do przyjmowania największych statków jest tu oczywistym atutem – niezbędnym dla podjęcia takiej rywalizacji, jednak dalece niewystarczającym. Potrzebne jest uruchomienie kompleksowych działań obejmujących zarówno inwestycje portowe, jak i niezbędne inwestycje na szlakach komunikacyjnych prowadzących do portu, a zapewniających sprawne jego skomunikowanie z zapleczem lądowym; głównymi generatorami i odbiorcami ładunków. Ważnym elementem – acz niewystarczającym, tych działań jest zbliżająca się do końca budowa drogi S3, jednak dla skutecznej rywalizacji konieczne jest stworzenie szlaku kolejowego o najwyższych parametrach przyjętych dla szlaków transeuropejskich. Należy bowiem mieć świadomość, że bez takiej arterii kolejowej nie da się zniwelować przewag konkurencyjnych portów niemieckich mających bardzo dobre skomunikowanie z obszarem zwłaszcza zachodnich Czech. I póki taki szlak nie powstanie, póty walka taka konkurencyjna z będzie z góry skazana na przegraną, zaś niemałe środki lokowane w rozwój portu w Świnoujściu w dużej mierze niewykorzystane.

Słowa kluczowe: Połączenia kolejowe; Czeski tranzyt morski; Sieć transportowa

Abstract: The key factor in the development of the Świnoujście seaport is gaining a strong position in handling Czech marine transit, which has been dominated for years by German seaports, with Hamburg at the forefront. Therefore, the announced construction of a modern re-loading infrastructure, with a container hub capable of receiving and handling large cargo ships, is an obvious asset here - necessary to take up such competition, but far from sufficient. It is necessary to launch comprehensive measures that would include investments associated with both seaport infrastructure and necessary communication routes that lead to the said port, ensuring its efficient communication with the land facilities - the main suppliers and recipients of cargo. An important element - although not sufficient - of these activities is the construction of the S3 expressway, which is nearing completion, but for effective competition, it is necessary to create a dedicated railway route with the highest possible parameters adopted for trans-European routes. It should be noted that without said railway artery, it is impossible to eliminate the competitive advantages of German ports that provide efficient supply chain with the area, especially the western Czech Republic. Until such route is created, the competition will be doomed from the start, and the considerable funds invested in the development of the Świnoujście seaport will remain largely unused.

Keywords: Railway connections; Czech marine transit; Transport network

Zarysowana tu koncepcja stworzenia szlaku kolejowego z portów w Świnoujściu i Szczecinie do Pragi Czeskiej jest odpowiedzią na realizację największego od czasu wojny programu rozbudowy portu Świnoujściu oraz drogi wodnej do niego prowadzącej. Skokowemu wzrostowi zdolności przeładunkowych portu musi bowiem towarzyszyć adekwatny wzrost zdolności przewozowych na połączeniach

z głównym generatorem i odbiorcą ładunków tego portu, jakim naturalnie jest obszar zachodnich Czech. Niniejszy materiał jest nie tylko propozycją wykorzystania zwiększonego potencjału zespołu portowego, ale zarazem uzyskania dodatkowych korzyści w obszarze logistyki wojskowej oraz przewozów pasażerskich.

Strategiczna inwestycja w porcie w Świnoujściu

18 maja br. w wykazie prac legislacyjnych rządu opublikowano informację o projekcie uchwały rządu ws. ustanowienia programu wieloletniego p pod nazwą "Budowa i rozbudowa infrastruktury dostępowej do portu w Świnoujściu, którego realizacja ma się zakończyć w 2029 roku. Szacowa-

ny koszt inwestycji zaplanowanych w jego ramach to ponad 10,3 mld zł. Inwestycja obejmuje budowę infrastruktury zapewniającej dostęp do portu zewnętrznego, w postaci nowego toru podejściowego (trasa wschodnia) oraz głębokowodnego terminalu kontenerowego o rocznej zdolności przeładunkowej sięgającej 2 mln TEU. Dzięki tej inwestycji port w Świnoujściu może stać się hubem przeładunkowym, obsługującym największe jednostki pływające, jakie mogą pływać po Bałtyku.

Port w Świnoujściu jest najbliższym pełnomorskim portem u wejścia na wody Morza Bałtyckiego od strony Cieśnin Duńskich. Dzięki dostępowi do spławnej rzeki port w Świnoujściu, posiada połączenie śródlądowe z systemem dróg rzecznych całej Europy Zachodniej, a dzięki sąsiedztwu z Niemcami jest naturalnym miejscem tranzytu dla krajów Unii Europejskiej. To – obok Szczecina najbliższy i najlepiej skomunikowany port morski Berlina. Ale transport rzeczny nie będzie w stanie obsłużyć innego, naturalnego rynku dla zespołu portowego Szczecin-Świnoujście - obszaru zachodnich Czech. Co ważne, sami Czesi preferują dla swojego wywozu morskiego porty w Szczecinie i Świnoujściu od lat aktywnie zabiegając o uruchomienie projektów usprawniających połączenia kolejowe do tych portów. W perspektywie tej wielkiej inwestycji portowej nabiera znaczenia podjęcie działań w zakresie podniesienie

zdolności przewozowej – udrożnienia, połączeń kolejowych łączących port w Świnoujściu z jego zapleczem lądowym. W trybie pilnym należy zająć się kwestią poprawy parametrów tych szlaków, co otworzy Świnoujściu szansę skutecznej rywalizacji o czeskie ładunki z portami i kolejami niemieckimi. Wymaga to sporych inwestycji na istniejących liniach oraz pewnych uzupełnień i korekt na liniach w projektowanym przebiegu szlaku Baltic&Bohemian Rail. Bez realizacji tego projektu - przy słabości oferty naszych połączeń kolejowych z Czech do tych portów, naturalnym zapleczem portowym naszych południowych sąsiadów pozostaną porty niemieckie na czele z Hamburgiem, a rozbudowane moce przeładunkowe portu w Świnoujściu nie będą w pełni wykorzystane.

Projekt nowego hubu kontenerowego na zachodnim Bałtyku

Pod koniec stycznia wiceszef resortu infrastruktury Marek Gróbarczyk informował, że przeładunki w polskich portach w 2022 roku wzrosły o 18%, do 133 mln ton. Rok wcześniej przeładowano w nich 113 mln ton towarów. Wiceprezes zarządu Morskich Portów Szczecin i Świnoujście Daniel Stachiewicz informował wówczas, że w 2022 roku w tych portach przeładowano łącznie 36,8 mln ton towarów. To oznacza wzrost o 10,8% w stosunku do 2021 roku. W segmencie kon-

tenerowym w 2019 r. przeładowano w Polsce 3,05 mln TEU. To najlepszy wynik wśród państw położonych w basenie Morza Bałtyckiego – Kolejne miejsce zajmują Rosja (2,54), Finlandia (1,61), Szwecja (1,60), Dania (0,87), Litwa (0,70), Łotwa (0,47) i Estonia (0,22). Dane te świadczą zarówno o wielkości i sile polskiej gospodarki, jak i nowoczesności naszych terminali kontenerowych. Zauważyć przy tym wypada, że sukces ten jest wyłącznym dziełem terminali z Trójmiasta, bowiem w Gdańsku przeładowano aż 2073 tys. TEU, a w Gdyni 897 tys. TEU. Łącznie na oba te porty przypada aż 97,5% wszystkich przeładunków kontenerowych w polskich portach. Mając to na uwadze, wolno założyć, że mamy wystarczająco dużo miejsca na terminal, który wypełni lukę między Hamburgiem a Gdańskiem i zapewni dogodny dostęp do szerokiego zaplecza zachodniej Polski, wschodnich Niemiec i dalszych obszarów położonych na południu Europy w tym zwłaszcza mocno uprzemysłowionego obszaru zachodnich Czech. Biorąc pod uwagę projektowany potencjał terminala w Świnoujściu wykluczyć należy groźbę konkurencji ze strony niemieckich portów bałtyckich - w Rostoku czy Lubecie. Strategiczne działanie inwestycyjne w Porcie Morskim w Świnoujściu wzmocni i ustabilizuje rynkową pozycję zespołu portowego Szczecin-Świnoujście, a także podniesie jego konkurencyjność.

Projektowany terminal ma być umiejscowiony w porcie zewnętrznym, zapewniając swobodną obsługę największym kontenerowcom wpływającym na Bałtyk. Głębokowodny terminal kontenerowy umożliwi zmianę modelu obsługi kontenerów w zespole portów Szczecin – Świnoujście. Z systemu feederowego, w którym obsługiwane są wyłącznie kontenery przeładowane z serwisów oceanicznych na mniejsze statki dowozowe w jednym z portów Morza Północnego, na system w którym Port Świnoujście może stać się portem bazowym, do którego docierają statki oceaniczne w bezpośrednich relacjach między-

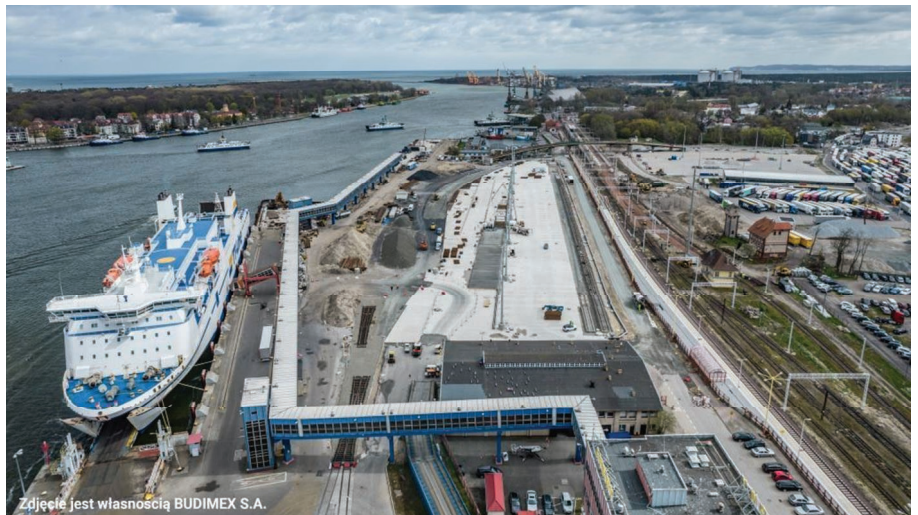


1. Projektowany głębokowodny terminal kontenerowy w Świnoujściu <https://www.gospodarkamorska.pl/glebokowodny-terminal-kontenerowy-w-swinoujsciu-w-przyszlym-roku-poznamy-wykonawce-61270#lg=1&slide=0>

kontynentalnych, i na którym część kontenerów zdjęta z jednostek oceanicznych przeładowywana jest dalej na statki dowozowe obsługujące basen Morza Bałtyckiego. Zwrócić należy uwagę, że terminal kontenerowy, mający zdolność przeładunkową 2 mln TEU wymaga adekwatnych inwestycji w infrastrukturze dostępowej do portu w Świnoujściu: rozbudowy potencjału żeglugowego Odry, połączeń drogowych i kolejowe ze Śląskiem, z Czechami, Austrią czy Węgrami. Umożliwi to rozwój i osiągnięcie pełnej funkcjonalności terminali głębokowodnych w Porcie Zewnętrznym w Świnoujściu dzięki czemu port w Świnoujściu stanie się portem węzłowym, tranzytową bramą dla całego zaplecza wzdłuż szlaków transportowych Bałtyk-Adriatyk-Morze Śródziemne.

Terminal promowy i perspektywy jego rozwoju

Kolejnym istotnym i perspektywicznym z punktu widzenia projektowanego szlaku B&BR źródłem towarów jest terminal promowy. Terminal w Świnoujściu to jeden z czterech polskich terminali promowych. Funkcjonujący praktycznie od zakończenia wojny wciąż jest unowocześniany i rozbudowywany. Niedawno Zarząd Morskich Portów Szczecin i Świnoujście SA powiększył o blisko 10 ha swoje tereny w świnoujskim porcie. Działkę kupiono od PKN Orlen. Nowo nabytą powierzchnię ZMPSiS SA planuje przeznaczyć na rozbudowę zaplecza terminalu promowego, w tym pod budowę parkingów. Ma to poprawić dojazd do terminalu oraz odciążać okoliczne ulice, zwłaszcza w sytuacji spiętrzenia się ruchu ciężarówek zmierzających na promy. Jesienią 2019 roku rozpoczęła się przebudowa terminalu, której przedłużającą się realizacja zbliża się do końca (pierwotny harmonogram inwestycji zakładał, że ukończenie wszystkich prac do końca 2021 roku). Dzięki modernizacji infrastruktury, terminal zyska możliwość obsługi transportu intermodalnego, w tym promów o długości do 265 m.



2. Terminal kontenerowy w Świnoujściu. Dynamiczne zmiany na europejskim rynku transportowym oraz skokowy wzrost ilości wożonych kolejną i morzem naczep pociąga za sobą konieczność wdrożenia rozwiązań zdolnych do obsługi wielkoskalowych przewozów naczep. Wymagać to będzie podjęcia niezbędnych inwestycji w infrastrukturę kolejową terminala. <https://builderpolska.pl/2021/05/28/cemex-uczestniczy-w-modernizacji-terminala-w-swinoujsciu/>

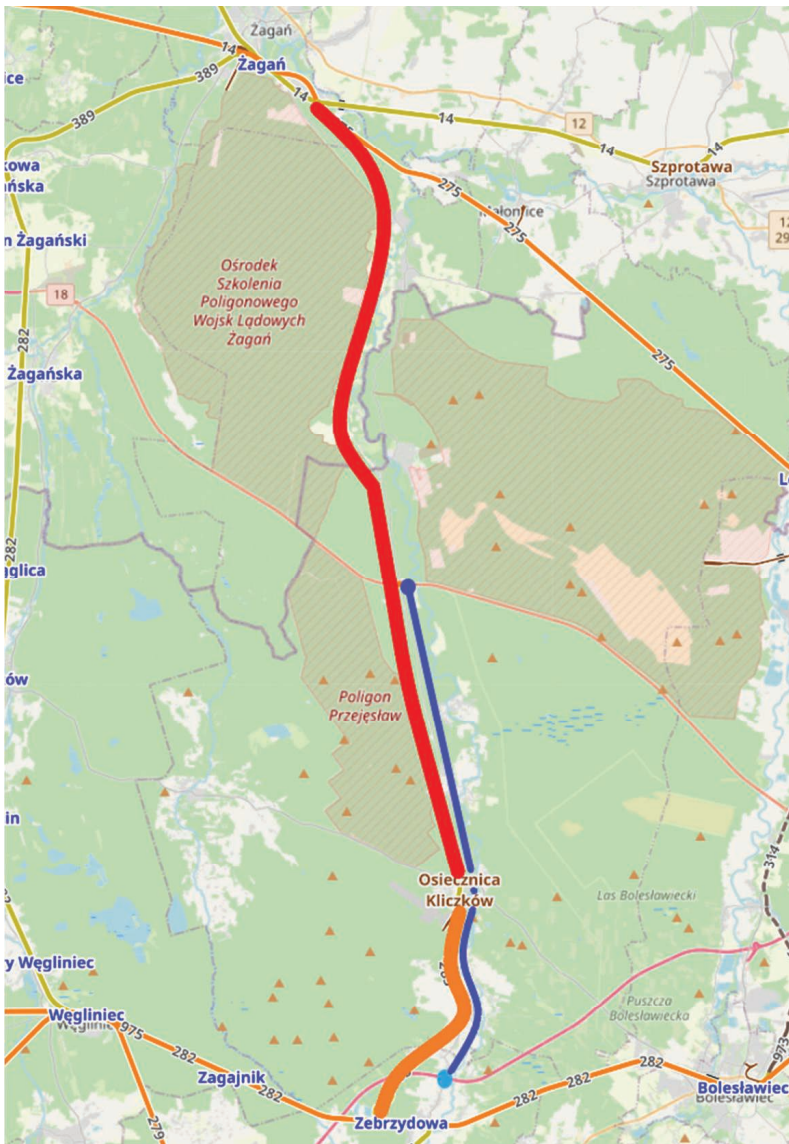
Zostanie on też przystosowany do świadczenia nowego rodzaju usług przeładunkowych przy udziale transportu kolejowego. Inwestycja o wartości 185 mln zł jest realizowana w ramach globalnego projektu, mającego na celu optymalizację łańcuchów logistycznych między Skandynawią i Europą Południową.

Kluczowym ładunkiem w tych relacjach stają się naczepy drogowe, coraz częściej transportowane kolejną. Jest to rezultatem przeobrażeń jakie obserwujemy na rynku przewozów międzynarodowych na Starym Kontynencie. Skokowy wzrost ilości wożonych kolejną i morzem naczep rodzi konieczność dostosowania go obsługi wielkoskalowych przewozów naczep wymagać będzie znaczących inwestycji w infrastrukturę kolejową, ale co nie mniej ważne wyboru optymalnego rozwiązania techniczno-eksploatacyjnego pozwalającego na szybkie, wielkoskalowe przeładunki naczep bezpośrednio ze statku na wagony. Rozwiązaniem takim może być projekt (prezentowany poniżej) autorstwa Wojskowej Akademii Technicznej. Należy przy tym zauważyć, że wybrany przez portowców system logistyczny przewozu naczep kolejną powinien stać się rozwiązaniem interoperacyjnym - standardowym dla całej infrastruktury przeładunkowej na całym szlaku B&BR.

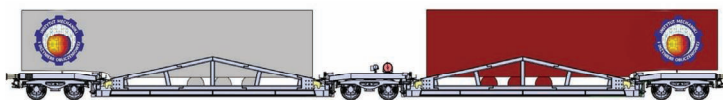
Linia dual use – Inwestycja podwójnego zastosowania

Tak zarysowana linia – poza pokojowym (cywilnym i komercyjnym) przeznaczeniu, miałaby istotne znaczenie wojskowe. Wyrazem tego jest sfinansowanie przez budżet MON (w kwocie 360 mln PLN) kompleksowej modernizacji 44 kilometrowego odcinka linii 283 z Żagania do Zebrzydowej, zapewniającego dojazd do garnizonów i obsługę poligonów zlokalizowanych wzdłuż tej linii. Biorąc pod uwagę zarysowany przebieg szlaku B&B Rail realizowałby on szereg istotnych z punktu widzenia naszej zadań obronnych komunikując:

- Jedyne bezpieczny port wojennych dostaw; port w Świnoujściu po zrealizowanej 20 lat temu inwestycji NATO-wskiej ma pełnić funkcje bezpiecznego punktu dostaw materiału wojennego w przypadku wojny z Rosją. Usytuowanie Świnoujścia – odległość od rosyjskich baz rakietowych i lotniczych sprzyja zapewnieniu bezpieczeństwa tych dostaw. Porty Trójmiasta z uwagi choćby na bliskość ekskawy królewieckiej nie spełniając wymogów bezpieczeństwa.
- Największe w Polsce „zagłębienie” koszarowo-poligonowe zlokalizowane na obszarze Borów Dolnoślą-



3. Przebieg odcinka linii 283 Zegrzydowa–Zagań; fragment będący w eksploatacji zaznaczono kolorem pomarańczowym, czerwonym wyłączonym z niej. Kolorem granatowym zaznaczono przebieg dróg DW 357 (Zegrzydowa-Osiecznica) i Nr 2271 D (Osiecznica węzeł autostrady A18 Luboszów) biegnących wzdłuż linii 283. Kolorem błękitnym zaznaczono proponowany węzeł Zegrzydowa na autostradzie A4



4. Wagon do przewozu naczep konstrukcji WAT w wersji 6-osiowej. Konstrukcja wychodząca naprzeciw oczekiwaniom branży logistycznej i shippingowej: szybkich masowych przeładunków, prostego załadunku „płaskiego”, obsługi dowolnego typu standardowej naczepy, przy zachowaniu dopuszczalnej masy 40 ton przy relatywnie niskich kosztach operacyjnych.



5. Samochodowiec Morning Cherry w Świnoujściu w drodze do Szczecina po sprzęt wojskowy z ćwiczeń „Brilliant Jump 2016”, czyli testu przerzucenia do naszego kraju tzw. szpiczy. Wykorzystanie zdolności przewozowych tego typu jednostek zależy od rozwiązania logistycznego zapewniającego sprawny przeładunek pojazdów w porcie i takąż ekspedycję kolejową w głąb kraju. <https://www.swinoujskie.info/2016/06/14/gigantyczny-samochodowiec-przeplynal-przez-port-w-swinoujściu/>

skich. Jest to obszar bezpiecznego szkolenia rezerw, odtwarzania gotowości bojowej jednostek, remontów i uzupełnień sprzętu. Podobnie jak Świnoujście z racji swojego oddalenia od wschodniej granicy jest to obszar stosunkowo bezpieczny.

- Czeskie przedsiębiorstwa przemysłu zbrojeniowego stanowiące naturalne zaplecze dla Polski w przypadku wojny z Rosją. Wiarygodność sojusznika Republiki Czeskiej, bliskość obszaru Dolnego Śląska i istotne zdolności produkcyjne (broni, sprzętu, amunicji, a także remontów uszkodzonego i zużytego sprzętu) powinny być istotnym impulsem do stworzenia wydajnych połączeń kolejowych komunikujących poligony dolnośląskie z ośrodkami czeskiego przemysłu zbrojeniowego. Poza wspomnianymi środkami budżetu krajowego na realizację obiektów infrastruktury podwójnego zastosowania można aplikować po specjalnie dedykowane do takich celów fundusze NATO-wskie. Z kolei w ogłoszonym niedawno budżecie unijnego Instrumentu „Łącząc Europę” wydzielona została specjalna pula na inwestycje podwójnego przeznaczenia cywilno-wojskowego przedsięwzięcia. Na, których jednym z efektów będzie poprawa mobilności wojska, można pozyskać łącznie 790 mln euro (ok. 3,55 mld zł) dofinansowania. Wyłania się zatem możliwość pozyskania dodatkowych środków na realizację projektu szlaku podwójnego przeznaczenia z siłą rzeczy z infrastrukturą podwójnego przeznaczenia. Dotyczy to zwłaszcza projektowanej infrastruktury przeładunkowej. Wojsko projektując swoje terminale przeładunkowe powinno uwzględnić wykorzystanie ich w normalnym cywilnym zastosowaniu przez partnera jakim może być PKP CARGO SA. Rozwiązanie takie jest praktykowane w krajach NATO i sojusz ma wypracowane

procedury realizacji takich inwestycji w partnerstwie z podmiotami cywilnymi. Realizacja terminali czysto wojskowych, przy niewielkim ich wykorzystaniu w okresie pokoju, koniecznością utrzymania stałej obsługi i sprzętu rodzi tylko dodatkowe i niepotrzebne obciążenia budżetu wojska. Dla cywilnego operatora logistycznego propozycja realizacji takiego projektu stwarza możliwość uzyskania nowoczesnej infrastruktury przeładunkowej dostosowanej do przeładunków kontenerów i naczep drogowych bez angażowania własnych środków finansowych – wojsko nie może zarabiać na wynajmowaniu wybudowanej dla siebie infrastruktury. Oczywiście usytuowanie takich terminali nie będzie w pełni optymalne dla strony cywilnej. Jednak terminal taki nie będzie musiał wypracowywać środków na pokrycie zobowiązań zaciągniętych a konto jego budowy i może zaproponować dużo korzystniejsze stawki terminalowe kompensujące większe oddalenie od obsługiwanych obszarów.

Dla wojska cywilny partner gwarantowałby bieżące utrzymanie terminali i ich stałą gotowość (ukompletowany i przeszkolony personel oraz w pełni sprawny sprzęt przeładunkowy) do sprawnego przejścia do realizacji zadań obronnych. Rzecz jasna w okresie pokoju operator realizowałby przeładunki wojskowe (traktowane priorytetowo) zapewniając sprawną obsługę transportową garnizonów i poligonów w Borach Dolnośląskich. Jednocześnie cywilna infrastruktura portowa w Świnoujściu pozwala na dokonywanie wielkoskalowych przeładunków sprzętu wojskowego. Najczęstszymi środkami transportu morskiego sprzętu jednostek wojskowych są statki klasy RoRo, RoPax, czy wielkie samochodowce, zaś terminal promowy w Świnoujściu mogący jednocześnie obsługiwać sześć takich jednostek znakomicie nadaje się do

roli. Warunkiem jest stworzenie wydajnego systemu logistycznego zapewniającego sprawny przeładunek pojazdów w porcie i takąż ekspedycję kolejną w głąb kraju. Zarazem systemu, który będącego standardowym i masowo stosowanym rozwiązaniem techniczno-eksploatacyjnym zapewniającym w chwili zagrożenia konfliktem zbrojnym możliwość spotęgowania zdolności przewozowej w skali niezbędnej do realizacji planów przewozów i koncentracji sił wsparcia z krajów sojuszniczych.

Takim rozwiązaniem mógłby być systemem oparty na wagonie do przewozu naczep (ale także pojazdów samochodowych) skonstruowanym przez Wydział Inżynierii Mechanicznej WAT. Jest to dziś jedyna tego typu konstrukcja w pełni wychodząca naprzeciw oczekiwaniom branży spedycyjnej - możliwości załadunku płaskiego naczep na wagon samym ciągnikiem, bez użycia urządzeń przeładunkowych, a zarazem bez ograniczeń tonażowych czy konstrukcyjnych samej naczepy. Wagon potrafi obrócić pełną towaru naczepę w bok (umożliwia jej zjazd wszędzie tam, gdzie tylko jest bocznicą kolejową, a ciężarówka może manewrować). Oznacza to, że nie jest potrzebny do załadunku siłownik, który unosi wagon i umożliwia jego obrót. Mechanizm ten umieszczony w wagonie, co powoduje, że jest dzięki temu niezależny i mobilny. Platforma wagonu umożliwia szybki wjazd tira, pozostawienie naczepy i zjazd. W wa-

runkach przewozów wojennych konstrukcja ta oferuje zdolność do rozładunku w dowolnym przygotowanym prowizorycznie miejscu. Innym istotnym walorem tej konstrukcji – z punktu widzenia obsługi wielkoskalowych potoków w terminalach portowych, jest możliwość realizowania przeładunków równocześnie na wszystkich wagonach w składzie. Podobne rozwiązanie w systemie Modalohr oferuje możliwość przeładowania całego pociągu w ciągu 45 – minut (w przypadku wagonu konstrukcji WAT będzie to nieco krócej).

Korzyści dla rozwoju połączeń pasażerskich.

Poza stworzeniem nowoczesnego szlaku towarowego łączącego portu w Szczecinie i Świnoujściu z Pragą Czeską inwestycja w istotny sposób powinna poprawić dojazd z Wrocławia do Lubania Śląskiego i Świeradowa Zdroju. Zaproponowane inwestycje w korzystny sposób powinny wpłynąć na obsługę zarówno ruchu regionalnego jak i ruchu dalekobieżnego do tego regionu. Zaproponowane inwestycje skracają i upraszczają dojazd z Wrocławia do Lubania Śląskiego Gryfowa Śląskiego, a zwłaszcza Świeradowa Zdroju - największego uzdrowiska na Dolnym Śląsku i dużego ośrodka turystycznego.

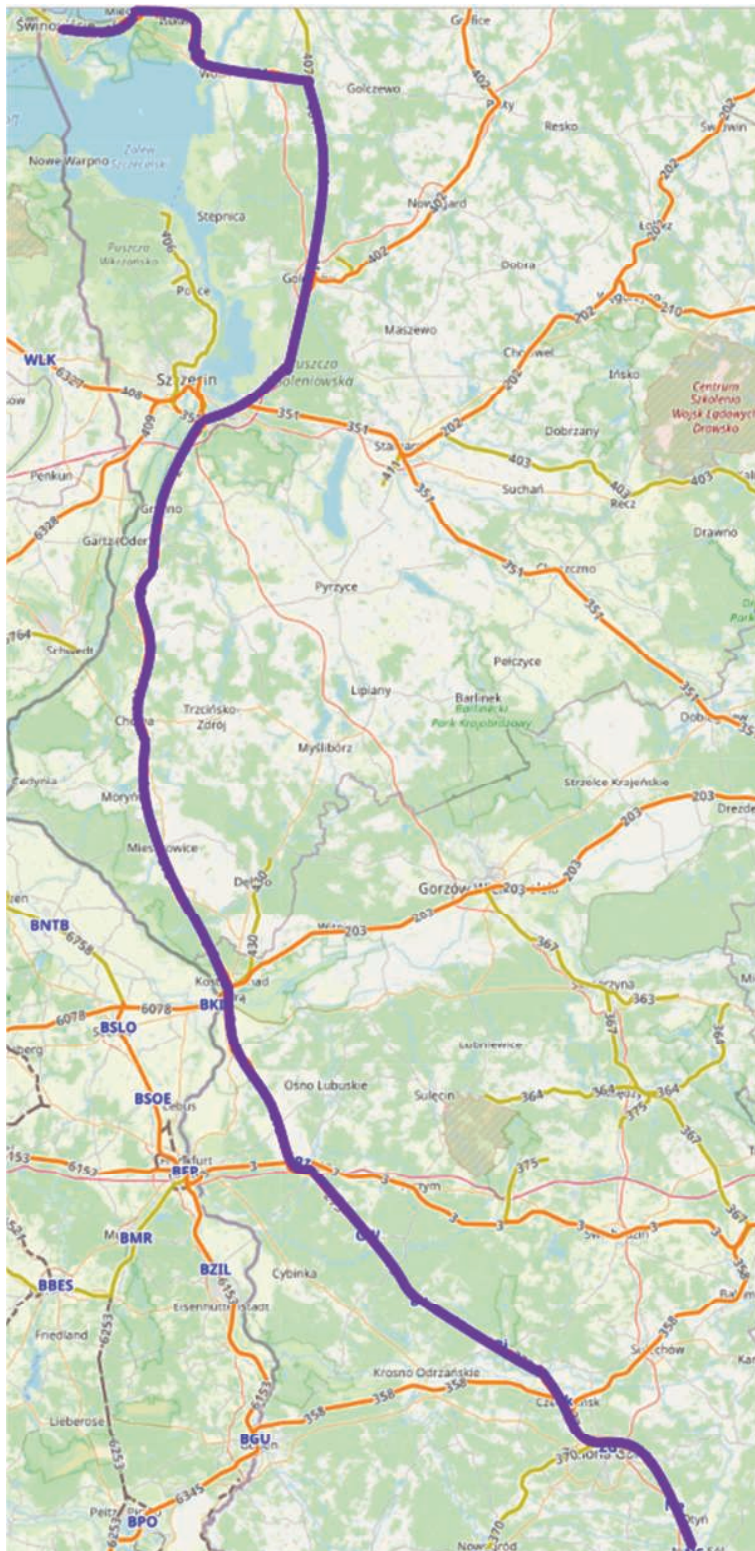
Zaproponowana tu trasa poprowadzona z pominięciem stacji w Zembrzydowej i w Węglińcu, przez Nowo-



6. Założenia techniczno-eksploatacyjne wagonu konstrukcji WAT znakomicie wpisują się w wymogi współpracy z terminalami morskimi zapewnienia szybkich i sprawnych przeładunków dużych potoków pojazdów. Fot: Firma Rewag

Tab. 1. Odległości w połączeniach Lubania Śląskiego, Gryfowa Śląskiego i Świeradowa Zdroju z Wrocławiem. Po lewej wariant linią 274 przez Wałbrzych-Jelenią Górę, w środku wariant liniami 275 i 282 przez Legnicę Węgliniec, po lewej wariant tymi samymi liniami po realizacji proponowanych inwestycji w ramach szlaku B&B.

Wrocław Główny- Jelenia Góra -Gryfów Śląski – Lubań Śląski / Świeradów Zdrój		Wrocław Główny - Legnica - Węgliniec – Lubań Śląski - Gryfów Śląski-Świeradów Zdrój		Wrocław Główny- Legnica- Nowogrodzic–Lubań Śląski-Gryfów Śląski-Świeradów Zdrój	
Jelenia Góra	127 km	Legnica	63 km	Legnica	63 km
Gryfów Śląski	165 km	Węgliniec	136 km	Nowogrodzic	131 km
Lubań Śląski	179 km	Lubań Śląski	157 km	Lubań Śląski	142 km
Świeradów Zdrój	181 km	Gryfów Śląski	171 km	Gryfów Śląski	156 km
		Świeradów Zdrój	186 km	Świeradów Zdrój	171 km



7. Proponowany przebieg szlaku B&B Rail po stronie polskiej – odcinek północny od Świnoujścia do Nowej Soli.

grodziec do Lubania jest nie tylko 15 km krótsza od obecnego połączenia przez Legnicę, ale także eliminuje się konieczność zmiany kierunku jazdy na stacji w Węglińcu. W rezultacie czas przejazdu do wspomnianych miejscowości może ulec skróceniu o 20-30 minut. Z kolei w porównaniu do połączenia przez Wałbrzych Jelenią Górę zaproponowany wariant skraca drogę do Gryfowa Śląskiego i Świeradowa Zdroju o 6 km, ale do Lubania Śląskiego już o 22 km. Zwrócić należy uwagę na różnicę czasu przejazdu – szlak z Wrocławia do Węglińca w całości pozwala na jazdę z prędkością 160 km/h, podczas gdy prędkość ta na linii 274 jest istotnie niższa. Dodatkowo w relacji do Świeradowa Zdroju pociągi jadące linią 274 będą musiały również zmienić kierunek jazdy na stacji w Gryfowie Śląskim. Korzyść z proponowanego rozwiązania nie ogranicza się do polepszenia połączenia zachodniej części województwa dolnośląskiego z Wrocławiem. Ma to ono także walor dla poprawy połączeń dalekobieżnych co jest szczególnie istotne dla Świeradowa Zdroju. Kuracjusze i turyści zyskaliby tym sposobem dogodnie (w tym bezpośrednie) połączenia kolejowe, co bez wątpienia byłoby istotnym impulsem rozwojowym dla uzdrowiska.

Projektowany przebieg po polskiej stronie

Linia w zaproponowanym przebiegu gwarantować powinna wysokie parametry ruchowe, zapewniać wysoką przepustowość i płynność ruchu, spełniając parametry techniczno-eksploatacyjne sieci bazowej TEN-T: szlak powinien być w całości zelektryfikowany, prędkość maksymalną dla pociągów towarowych wynosić ma 120 km/h, nacisk na oś 221 kN; dopuszczalna długość składów to 740 m. W docelowym kształcie linia powinna być dwutorowa, gwarantując wysoką przepustowość oraz płynność prowadzenia ruchu pociągów towarowych w. Proponowany szlak składałby się z dwóch części:

- Północnej popularnie zwanej „Nadodrzańką” - obejmującej odcinek od Świnoujścia do Nowej Soli, w całości dziś stanowiącej element korytarza transportowego C59,
- Południowej – obejmującej odcinek od Nowej Soli do granicy w Mirsku-Pobiednej, przejmującego rolę istniejącego korytarza C 59/1 z Nowej Soli do Zawidowa i czeskiego Frýdlantu.

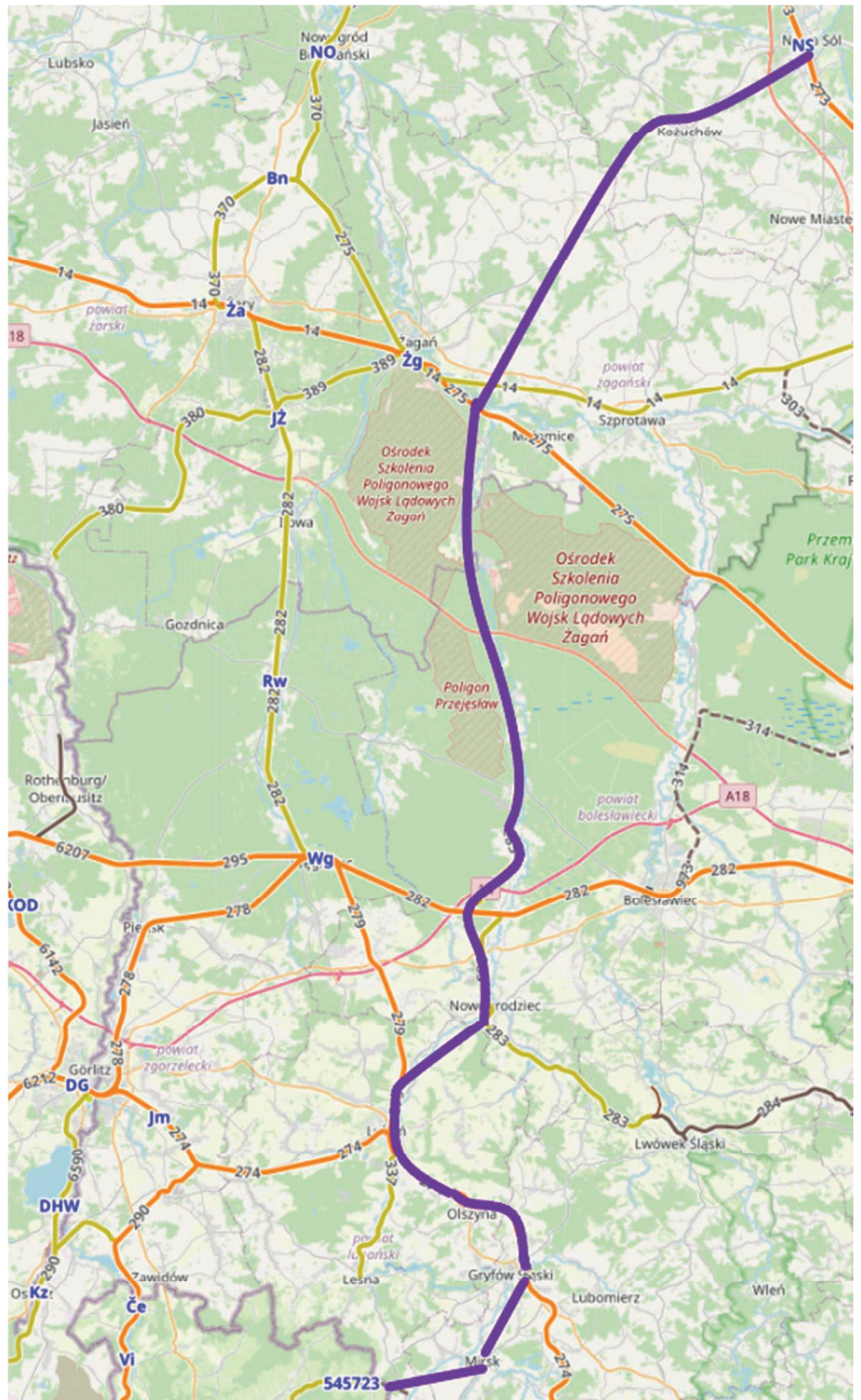
Cała północna część szlaku od Świnoujścia do Nowej Soli jest zelektryfikowana, a za wyjątkiem 6,4 km linii nr 428 między stacjami Szczecin Dąbie, a Szczecin Podjuchy w całości dwutorowa. Korzystny profil konstrukcyjny linii rzutujący na wysoki potencjał modernizacyjny umożliwił - w efekcie modernizacji prowadzonej od 2010 r., podnieść maksymalną prędkość pociągów towarowych do 120 km/h. Obecnie nie przekracza ona 70 km/h (a i to z licznymi ograniczeniami zwłaszcza na linii 273). Przywrócenie jej parametrów uzyskanych w trakcie modernizacji wiązać się będzie z wykonaniem naprawy okresowej.

Choć linia jest dedykowana do ruchu towarowego (stanowiąc w całości element szlaku CE-30), to prowadzenie na niej intensywnego ruchu towarowego uniemożliwia przestarzała architektura części położonych na niej stacji. W tych najbardziej skrajnych przypadkach długość pociągów które mogłyby zatrzymywać się na tych stacjach ograniczona jest zaledwie do 450 metrów. Ograniczenia te muszą zostać usunięte: bez zwiększenia długości torów użytecznych, użyteczność całego szlaku będzie mocno ograniczona, co z kolei fatalnie odbije się na konkurencyjności obu portów. Trzeba przy tym nadmienić, że usunięcie tych mankamentów ma szersze znaczenie – dotyczy poprawy efektywności przewozów na całej Nadodrzańce co ma istotne znaczenie dla obsługi centrów gospodarczych Dolnego i Górnego Śląska.

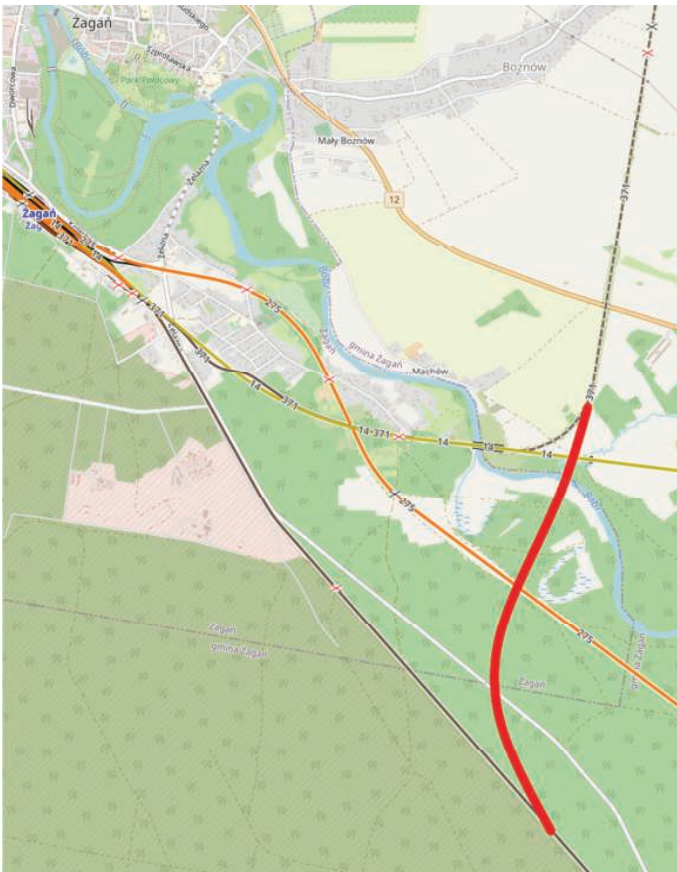
Odcinek południowy - między Nową Solą a granicą państwa, jest w całości jednotorowy. Jeśli nie liczyć

krótkiego odcinka między Lubaniem Śląskim a Gryfowem Śląskim jest on w całości niezelektryfikowany, W porównaniu do odcinka północnego południowa część szlaku wymaga głębokiej przebudowy - dostosowania jej parametrów do standardów określonych dla linii TEN-T. Należy przy tym rozważyć zasadność już w pierwszym etapie rozbudowy linii z Nowej Soli do granicy z Czechami do układu dwuto-

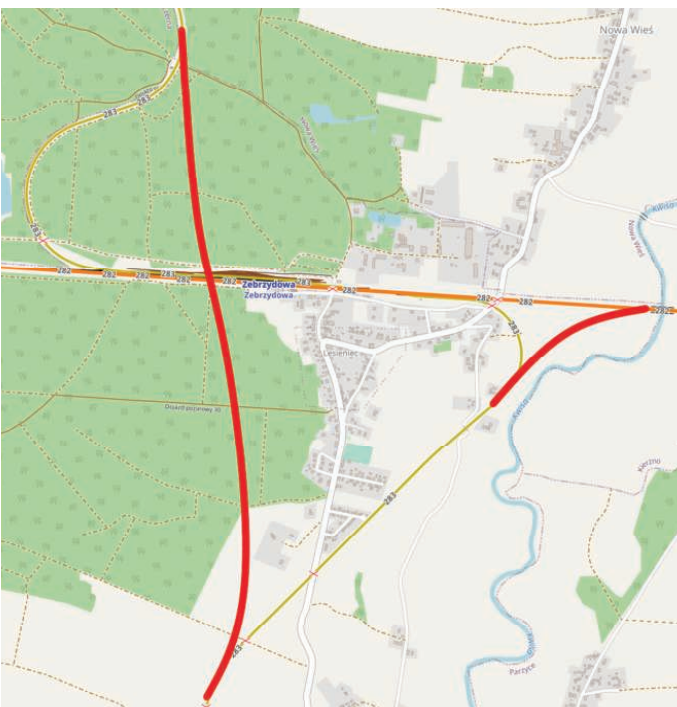
rowego. Biorąc pod uwagę znikomą wielkość spodziewanego na tej części szlaku B&BR ruchu osobowego raczej nie będzie potrzeby dobudowywać od razu drugiego toru. Rzecz jasna w dalszej perspektywie – gdy nastąpi zakładany wzrost przewozów, i niezbędne będzie zwiększenie przepustowości konieczne jest zaprojektowanie optymalnego sposobu rozbudowy szlaku. Zamiast kosztownego i wa-



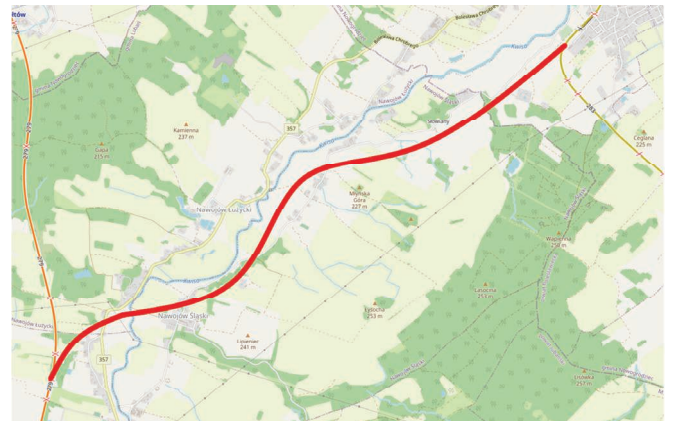
8. Proponowany przebieg szlaku B&B Rail po stronie polskiej – odcinek południowy od Nowej Soli do granicy PL/CZ. w wariantcie startowym szlaku jednotorowego.



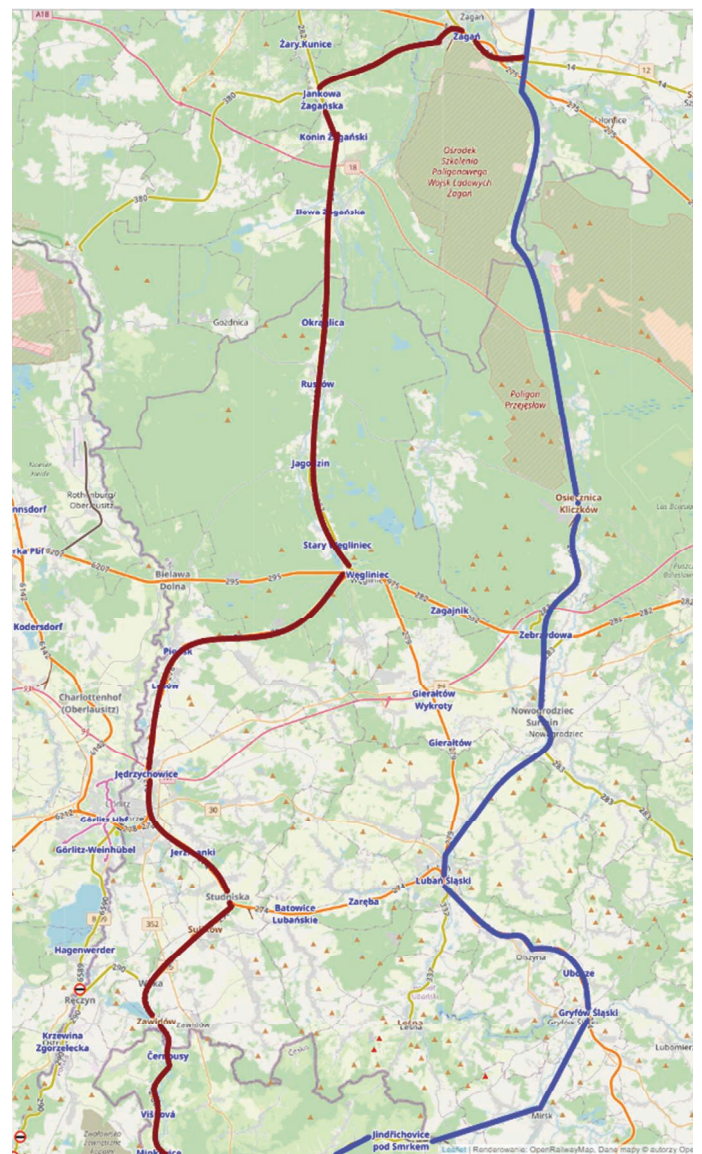
9. Projektowana łącznica omijająca stację Żagań w ruchu między liniami 371 i 283 mająca umożliwić płynny ruch pociągów szlakiem z portów Świnoujścia i Szczecina do Czech bez konieczności przejazdu przez węzeł kolejowy w Żaganiu i oraz zmiany kierunku jazdy na stacji Żagań. W rezultacie można się spodziewać istotnego skrócenia czasu przejazdu tego odcinka sięgającego co najmniej 30 minut. Rozwiązanie takie powinno także korzystnie wpłynąć na przepustowość tego odcinka szlaku – biorąc pod uwagę przywrócenie roli Żagania jako ważnego węzła kolejowego, zasadne jest dążenie do eliminacji pociągów przejeżdżających przezeń tranzytem.



10. Projektowany odcinek szlaku łączący linie 283 i 279 między Nowogrodzicem a Lubaniem Śląskim, stanowiący funkcjonalną część koncepcji skrócenia odległości i czasu przejazdu w relacji Wrocław-Lubań w ruchu osobowym oraz optymalizacji przebiegu szlaku B&B Rail na obszarze przygranicznym z Czechami.



11. Projektowane łącznice omijające stację Zbrzydowa stanowiące element koncepcji skrócenia odległości i czasu przejazdu w relacji Wrocław-Lubań w ruchu osobowym oraz optymalizacji przebiegu szlaku B&B Rail na obszarze przygranicznym z Czechami. Po lewej stronie w ruchu towarowym w ciągu linii 283 eliminująca krzyżowanie się dużych potoków ruchu z dwóch kierunków w Zbrzydowej. Po prawej stronie łącznica zjazdowa z linii 282 na linie 283. W rezultacie można się spodziewać istotnego skrócenia czasu przejazdu pociągów jadących szlakiem B&B Rail, oraz pociągów pasażerskich w relacjach do Lubania Śląskiego, Gryfowa Śląskiego i Świeradowa Zdroju.



12. Proponowany docelowy układ ruchu szlaku B&B Rail na odcinku od Żagania do granicy z Czechami po rozbudowie szlaku. Na niebiesko zaznaczono szlak do realizacji w pierwszym (startowym) etapie; kolorem brązowym zaznaczono korytarz z Żagania do przejścia w Zawidowie liniami 14, 389, 282, 278, 778, 274, 779, 290, 344 do realizacji w kolejnym etapie.

Tab. 2. Proponowane przebiegi szlaku B&B Rail ze Świnoujścia do granicy PL/CZ (odc. Północny Świnoujście-Żagań)

Odcinek	Linia	Dł. odcinka/narastająco	Parametry linii
Świnoujście Port - Szczecin Dąbie	401	100 km / 100 km	Dwutorowa, zelektryfikowana klasy D3/C3; dopuszczalny nacisk 221 kN, v max 70 km/h (13 km 80 km/h; 4 km 50 km/h)
Szczecin Dąbie - Szczecin Podjuchy	428	6,4 km / 106,4 km)	Dwutorowa, zelektryfikowana klasy D3/C3; dopuszczalny nacisk 221 kN, v max 60/80 km/h
Szczecin Podjuchy - Nowa Sól	273	217,5 / 323,9 km	Dwutorowa, zelektryfikowana klasy D3/C3; dopuszczalny nacisk 221 kN (na 68 km szlaku do 196 kN), v max 70 km/h z ograniczeniami: do 30km/h (40,0 km), do 40km/h (66,5 km), do 50 km/h (60,3km), na 7,3 km toru 100 km/h
Nowa Sól - Żagań p.o. Bober	371	36,4 km / 359,3 km	Jednotorowa, nieelektryfikowana, aktualnie wyłączona z eksploatacji.

Odcinek Południowy (Żagań - Pobiedna granica PL /CZ) korytarz wschodni (podstawowy)

Odcinek	Linia	Dł. odcinka/narastająco	Parametry linii
Żagań p.o. Bober - p.o. Trzebów	brak	2,0 km / 361,3 km	Odcinek projektowany
p.o. Trzebów - p.o. Zebrzydowa Pólnoc	283	36,4 km / 397,7 km	Jednotorowa, nieelektryfikowana; PKP PLK podpisały umowę na rewitalizację (zakończenie robót do 2026 roku)
p.o. Zebrzydowa Pólnoc - p.o. Zebrzydowa Wieś	brak	2,0 km / 399,7 km);	odcinek projektowany
p.o. Zebrzydowa Wieś - Nowogrodziec	283	6,5 km / 406,2 km	Jednotorowa, nieelektryfikowana, dopuszczalny nacisk 196 kN v-max 50 km/h
Nowogrodziec - Radogoszcz	brak	8,5 km / 414,7 km	odcinek projektowany
Radogoszcz - Lubań Śląski	279	3,5 km / 418,2 km	Jednotorowa, zelektryfikowana, dopuszczalny nacisk 211 kN v-max 60 km/h
Lubań Śląski - Gryfów Śląski	274	14,4 km / 432,6 km	Jednotorowa, zelektryfikowana, dopuszczalny nacisk 211 kN v-max 50 km/h
Gryfów Śląski - Mirk	317	8,7 km / 441,3 km	W trakcie rewitalizacji
Mirk - Pobiedna (granica PL/CZ)	284B	6,1 km / 457,4 km	Jednotorowa, nieelektryfikowana, wyłączona z eksploatacji.

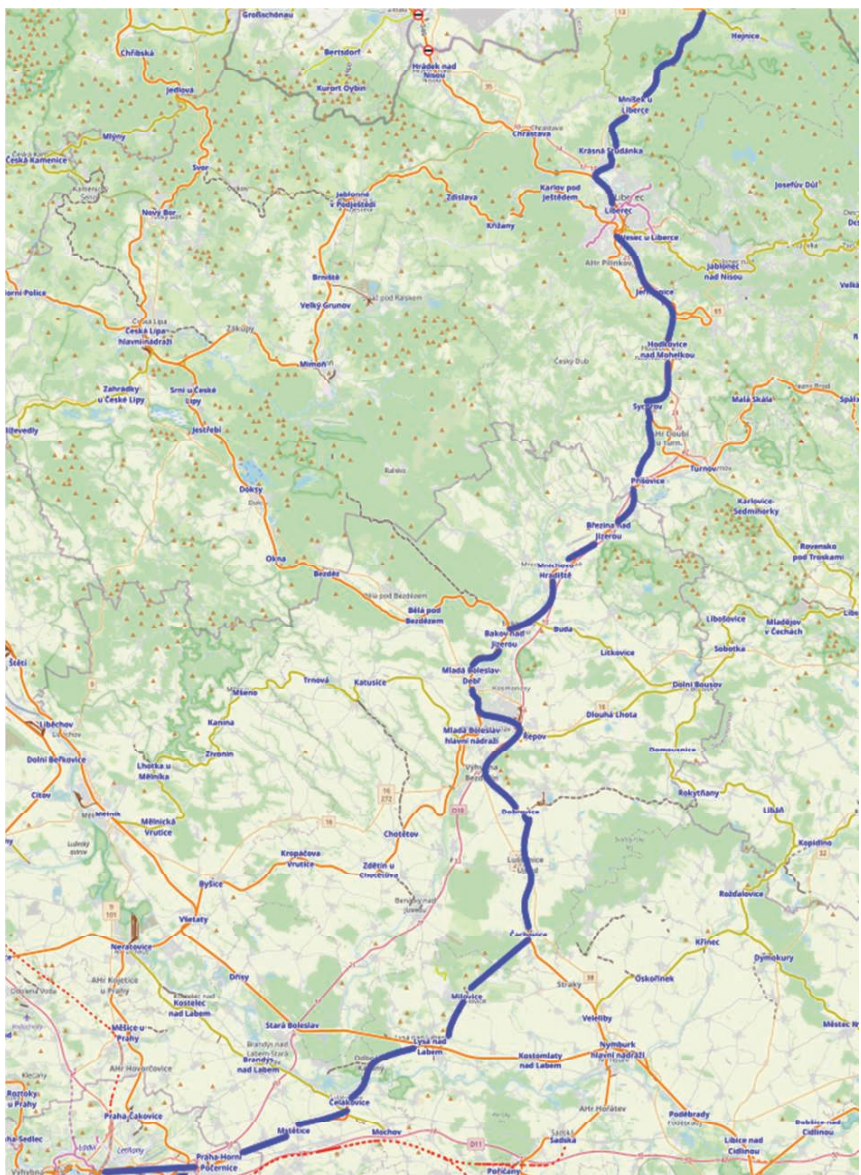
Odcinek Południowy (Żagań - Zawidów granica PL /CZ) korytarz zachodni (alternatywny)

Odcinek	Linia	Dł. odcinka/ Dł. trasy narastająco	Parametry linii
Żagań p.o. Bober - Żagań	371	3,7 km / 363,0 km	Jednotorowa, nieelektryfikowana, aktualnie wyłączona z eksploatacji.
Żagań - Jankowa Żagańska	389	11,1 km / 374,1 km);	Jednotorowa, nieelektryfikowana dopuszczalny nacisk 196 kN v-max 30 km/h
Jankowa Żagańska - Węglińiec	282	32,5 km / 406,6 km	Jednotorowa, nieelektryfikowana dopuszczalny nacisk 196 kN v-max 30 km/h (13 km), 50 km/h (17 km), 60 km/h (11 km)
Węglińiec - Zgorzelec R1	278	25,1 km / 431,7 km	Dwutorowa, zelektryfikowana; dopuszczalny nacisk 221 kN, v max 80 km/h
Zgorzelec R1 - Zgorzelec R11	778	1,7 km / 433,4 km	Jednotorowa, nieelektryfikowana dopuszczalny nacisk 221 kN v-max 40 km/h
Zgorzelec R11 - Studniska	274	6,8 km / 440,2 km	Jednotorowa, nieelektryfikowana dopuszczalny nacisk 196 kN v-max 50 km/h
Studniska - Las	779	0,8 km / 441,0 km	Jednotorowa, nieelektryfikowana dopuszczalny nacisk 196 kN v-max 40 km/h
Las-Wilka	290	7,5 km / 448,5 km	Jednotorowa, nieelektryfikowana dopuszczalny nacisk 211 kN v-max 40-50 km/h
Wilka - Zawidów (granica PL/CZ)	344	4,9 km / 453,4 km	Jednotorowa, nieelektryfikowana dopuszczalny nacisk 196 kN v-max 60 km/h

riantu z budową drugiego toru na całym odcinku, można rozważyć wariant uruchomienia korytarza równoległego biegnącego od p.o. Bober na linii 371 (w okolicy z Żagania) zmodernizowanymi liniami 371, 14, 389, 282, 278, 778, 274, 779, 290, 344 do przejścia w Zawidowie. Korytarzem tym prowadzony byłby ruch na południe do Czech, podczas gdy pierwotny korytarz obsługiwałby wyłącznie ruch powrotny. Takie rozwiązanie – dwóch jednotorowych szlaków, powinno być tańsze, a przy tym gwarantować wysoką przepustowość. Rozwiązanie takie ma również istotne korzyści z punktu widzenia eksploatacji szlaku w warunkach konfliktu zbrojnego, poważnie ograniczając groźbę wyłączenia całego szlaku.

Podsumowując: szlak od Świnoujścia do granicy w Pobiednej liczyłby sobie 454,7 km. Do jego realizacji w pierwszym (startowym) etapie (od p.o. Żagań Bober do Pobiednej linia jednotorowa) niezbędna jest:

1. Rewitalizacja linii kolejowych o długości 88,2 km, z czego 45,7 km jest w trakcie zaawansowanych przygotowań do realizacji (37 km linii Lk 283 finansowana z budżetu MON i 8,7 km linii Lk 317 finansowanych z budżetu Dolnośląskiego



13. Przebieg szlaku B&B Rail po stronie czeskiej od Pragi do Raspenavy koło Liberca na linii Frydlant-Liberec

metry ruchowe szlaku, przy sporo niższych nakładach finansowych.

Stan infrastruktury oraz realizacji procesów modernizacji infrastruktury szlaków kolejowych po stronie czeskiej

Kluczową kwestią z punktu widzenia szans realizacji proponowanego szlaku jest stanowisko partnera czeskiego. Infrastruktura projektowanego szlaku po czeskiej stronie dalece odbiega od standardów współczesnych połączeń międzynarodowych, ale stan ten po latach analiz i studiów ma się wkrótce zmienić i to w zasadniczy sposób. Niedawno ukończone zostało studium wykonalności modernizacji (a raczej głębokiej przebudowy) całego połączenia z Pragi do Liberca. Z wykonanych analiz wynika, że ekonomicznie uzasadnienie mają 3 warianty wydajne, z których dwa zakładają dostosowanie szlaku do prędkości 200 km/h (w ruchu osobowym). Warianty dotyczą odcinka Mladá Boleslav město – Liberec – granica państwowa. Częścią proponowanego rozwiązania są nowe odcinki linii w tym również odcinki biegnące w tunelach. Aktualnie trwa proces wyboru rekomendowanego wariantu. Celem jest skrócenie podróży ze stolicy Czech do Liberca do 70 minut; do tej pory jest to ponad 130 minut. Do czasu wyboru Ministerstwo Transportu nie chce jeszcze ujawniać szacunkowych kosztów.

Jednocześnie prowadzona jest aktualizacja projektów przyspieszających połączenie Praga – Mladá Boleslav. Pierwszy to odcinek Lysá nad Labem – Čachovice obejmujący modernizację istniejącej linii Lysá nad Labem – Milovice, oraz dobudowę odcinka z Milovice – Čachovice. Inwestycja ma być uruchomiona w czerwcu 2027 roku i ukończona do końca 2030 roku. Koszty oszacowano na 11,94 mld CZK CZK. Kolejny projekt to modernizacja linii kolejowej Nymburk – Mladá Boleslav, która na odcinku na odcinku Čachovice – Mladá Boleslav ma być dwutorową magistralą dostosowana do prędkości 160 km/h. Zakła-

dana realizacja tej inwestycji to okres 05/2027–12/2029. Ostatnimi elementami projektu są zadania związane z przebudową węzła kolejowego Mladá Boleslav. Pierwszy to przebudowa odcinka kolejowego Mladá Boleslav město – Mladá Boleslav hl. n. obejmująca kompleksową przebudowę stacji Mladá Boleslav město, przebudowę odcinka kolejowego Mladá Boleslav město – Mladá Boleslav hl. n. Obecnie trwają prace nad planem projektu i dokumentacją do decyzji o warunkach zabudowy. Oczekiwany termin realizacji to 08/2028–02/2031. Drugi z nich to budowa obwodnicy kolejowej stacji Mladá Boleslav od węzła Bezděčín do projektowanej stacji Mladá Boleslav Wschód. Projekt zakłada budowę nowej dwutorowej linii (biegnącej po wschodniej stronie autostrady D10), która połączy stację Bezděčín ze stacją Mladá Boleslav město (za którą zbudowana będzie łącznica umożliwiająca zjazd w kierunku na Liberec). Obecnie trwają prace nad dokumentacją dotyczącą decyzji o warunkach zabudowy. Założony termin rozpoczęcia prac to sierpień 2026 roku, a zakończenia koniec 2028 roku. Szacowane koszty inwestycji to 6,71 mld CZK CZK.

Podsumowanie

Z prognoz analityków wynika, że w ciągu 15-20 lat przeładunki kontenerów w polskich portach mogą wzrosnąć do 8 mln TEU. Oznaczałoby to przyrost o 167% w stosunku do bieżącego ich poziomu. W opinii znawcy zagadnienia - profesora Dariusza Zarzeckiego z Uniwersytetu Szczecińskiego, startujący z bardzo niskiej bazy zespół portów ujścia Odry, dysponujący nowoczesnym głębokowodnym terminalem kontenerowym w Świnoujściu, ma szansę na wyjątkowo dynamiczny rozwój. Ten terminal wpisujący się w oczekiwania rynku powinien przyczynić się do radykalnego zwiększenia rangi zespołu portów Szczecin-Świnoujście w przeładunkach kontenerów w basenie Morza Bałtyckiego, a w rezultacie wzmocnienia gospodarki regionu i zwiększenia atrakcyjności

Polski jako obszaru inwestycji.

Kluczowym czynnikiem rozwoju portu w Świnoujściu (a po części także w Szczecinie) jest zbudowanie silnych relacji z rynkiem czeskim, a w zasadzie odbudowa pozycji jaką oba porty miały przed 1989 rokiem. Warunkiem tego jest uzyskanie przewag konkurencyjnych nad największymi niemieckimi portami, które od lat mają dominującą pozycję na tym rynku, a to wymaga dużego wysiłku i kompleksowych działań. A te z pewnością nie pogodzą się łatwo z utratą tak dużego rynku i wielkich zysków z obsługi tranzytu morskiego silnego gospodarczo regionu. Oczywiście zbudowanie nowoczesnej infrastruktury z hubem kontenerowym zdolnym do przyjmowania największych statków jest tu oczywistym atutem – rzecz można niezbędnym dla podjęcia tej rywalizacji, jednak dalece niewystarczającym. Bo bez nowoczesnych linii kolejowych, zapewniającymi sprawne skomunikowanie portu z jego zapleczem lądowym – głównymi generatorami i odbiorcami ładunków, walka ta jest z góry skazana na przegraną, zaś niemałe środki lokowane w rozwój obu naszych nadodrzańskich portów w dużej mierze byłyby zmarnowane.

Oczywistym wnioskiem jest zatem potrzeba przygotowania kompleksowego planu: projektu logistycznego obejmującego zarówno inwestycje portowe, jak i niezbędne inwestycje w szlakach kolejowych prowadzących do tego portu. W tym działaniu uwzględnić należy dodatkowy czynnik – siły zbrojne z ich potrzebami logistycznymi zarówno czasu pokoju, jak i wojny. Zarysowana synergia i komplementarność celów cywilnej i wojskowej części projektu pozwala podnieść jego priorytet, znaleźć dodatkowe źródła finansowania, a w efekcie zrealizować go szybciej i w optymalnym kształcie. ◀

Organizacja ruchu i prognoza przewozów dla proponowanej linii kolejowej Otwock – Karczew

Traffic organization and transport forecast for the proposed Otwock – Karczew railway line



Szymon Klemba

Mgr inż.

Institut Kolejnictwa

sklemba@ikolej.pl

Streszczenie: Artykuł dotyczy koncepcji budowy nowej linii kolejowej łączącej Otwock i Karczew. Oprócz przedstawienia proponowanych wariantów przebiegu linii kolejowej zaproponowano organizację ruchu kolejowego dla wariantów przedstawionych w koncepcji. Założono wydłużenie istniejącej trasy istniejącej linii Szybkiej Kolei Miejskiej lub uruchomienie nowej linii kursującej okrężnie po „ringu”. Z wykorzystaniem Zintegrowanego Modelu Ruchu opracowano prognozy przewozowe. Uzyskane wyniki wskazują, że proponowana linia ma duży potencjał przewozowy, a w najbardziej rozbudowanym wariantcie otwierałaby nowe możliwości podróży po aglomeracji warszawskiej.

Słowa kluczowe: Transport kolejowy; Prognozowanie ruchu, Karczew

Abstract: The article concerns the concept of building a new railway line between Otwock and Karczew. Proposed variants of the railway line are presented and the organization of railway traffic for each variant presented in the concept is proposed. It is assumed that the existing route of Fast Urban Railway line would be extended or a new circle line would be launched. Transport forecasts were developed using the Polish Integrated Traffic Model. Results indicate that the proposed line has a large transport potential, and in the most developed variant, it would open up new travel opportunities around the Warsaw agglomeration.

Keywords: Railway Transport; traffic; Karczew

Wstęp

Karczew jest jednym z czterech miast aglomeracji warszawskiej (obok Konstancina-Jeziorny, Łomianek i Marek) pozbawionym bezpośredniego dostępu do sieci kolejowej. Koncepcja nowej linii kolejowej łączącej Otwock z Karczewem, jako możliwość włączenia drugiego z tych miast w sieć kolejową, została zaprezentowana w artykule w numerze 1/2023 „Przeglądu Komunikacyjnego” [1]. Przedstawiono tam główne założenia funkcjonalne dla nowej linii i wstępne trasowanie w trzech wariantach. Realizacja tej koncepcji stanowiłaby ważny krok w kierunku zwiększenia roli kolei aglomeracyjnej w przewozach osób w stołecznej aglomeracji i wpisywałaby się w strategię narodowego zarządcy infrastruktury – PKP Polskie Linie

Kolejowe S.A. [2], a przede wszystkim znacząco poprawiłaby dostępność transportową Karczewa, który jest położony peryferyjnie względem głównych ciągów komunikacyjnych. W niniejszym artykule, który można uznać za kontynuację poprzednich rozważań [1], zostały przedstawione wyniki analiz dotyczących proponowanej organizacji ruchu pociągów oraz przewidywanych wielkości przewozów na

proponowanym nowym fragmencie sieci kolejowej, w tym omówiono prognozy ruchu, które zostały opracowane przy pomocy Zintegrowanego Modelu Ruchu.

Rozważane warianty linii kolejowej

W przedstawionej w styczniu 2023 roku [1] koncepcji budowy linii kolejowej do Karczewa rozważane są trzy

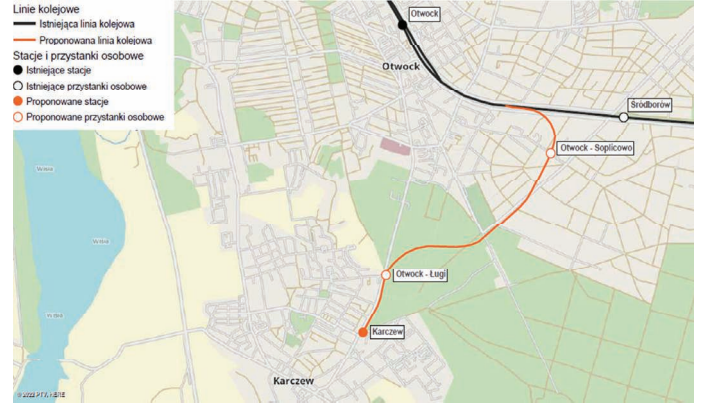
Tab. 1. Charakterystyka wariantów kolejowej do Karczewa

Cecha / wariant	W1A / W1A+	W1B+	W2
Długość linii	ok. 4,7 km	ok. 4,8 km	ok. 6,4 km
Liczba torów	1 (W1A) lub 2 (W1A+)	2	2
Nowe stacje i przystanki	Otwock Sopicowo, Karczew	Otwock Sopicowo, Otwock-Ługi, Karczew	Otwock Sopicowo, Karczew-Ługi, Karczew
Prędkość maksymalna	80 km/h	80 km/h	120 km/h
Możliwość przedłużenia linii	NIE	NIE	TAK
Możliwość przedłużenia linii	NIE	NIE	TAK

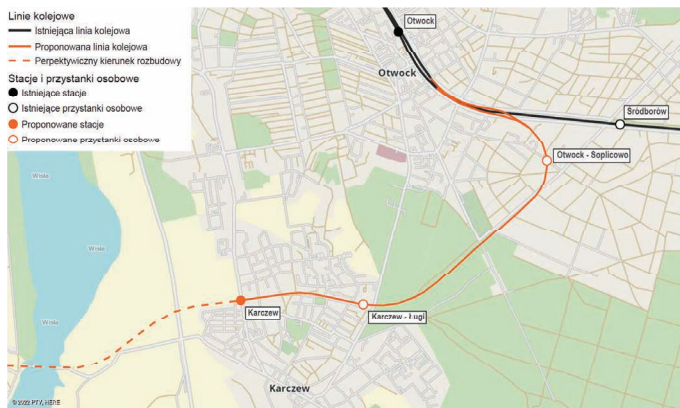
Źródło: Opracowanie własne na podstawie [1]



1. Schemat przebiegu proponowanej linii kolejowej do Karczewa w wariantach W1A (linia jednotorowa) i W1A+ (linia dwutorowa); Źródło: [1]



2. Schemat przebiegu proponowanej linii kolejowej do Karczewa w wariantach W1B+ (linia dwutorowa); Źródło: [1]



3. Schemat przebiegu proponowanej linii kolejowej do Karczewa w wariantach W2 (linia dwutorowa); Źródło: [1]

warianty, z podwariantami różnicującymi liczbę torów (linia jedno- lub dwutorowa). Charakterystykę wariantów, które są przedmiotem analizy, zawarto w tabeli 1.

Warianty W1A (W1A+) i W1B+ charakteryzują się „ślepy” zakończeniem linii w Karczewie, natomiast wariant W2 umożliwia jej przedłużenie, przez nowy most na Wiśle, w kierunku zachodnim. Wszystkie warianty są możliwe do realizacji bez większych przeszkód technicznych i terenowych. Przebieg linii w poszczególnych wariantach przedstawiono na schematach (rysunki 1, 2 oraz 3). Szczegółowo aspekty związane z trasowaniem linii opisane zostały w poprzednim artykule [1].

Metodyka

Dla każdego z analizowanych wariantów linii kolejowej opracowano założenia odnośnie organizacji ruchu kolejowego wraz z modelowym rozkładem jazdy. Następnie założenia te

były wprowadzane do Zintegrowanego Modelu Ruchu wraz z innymi niezbędnymi jego modyfikacjami (co opisano w dalszej części artykułu). Kolejnymi krokami było wykonanie obliczeń i opracowanie wyników. W celach porównawczych obliczenia wykonano również dla tzw. wariantu bazowego, czyli sytuacji, w której brak jest nowej linii kolejowej.

Zintegrowany model ruchu

W celu opracowania prognoz przewozów dla poszczególnych wariantów wykorzystano Zintegrowany Model Ruchu (dalej: ZMR) opracowywany przez Centrum Unijnych Projektów Transportowych (CUPT). Podstawowym celem opracowania ZMR ma być wspieranie ministerstw i innych instytucji w procesie planowania oraz podejmowania decyzji inwestycyjnych związanych z transportem [4]. Licencja na model udzielana przez CUPT zakłada możliwość jego wykorzystywania do prac niekomercyjnych,

zatem taka formuła stanowi wsparcie instytucji badawczych w realizacji ich działalności statutowej.

ZMR jest klasycznym czteroetapowym modelem podróży, obejmującym etapy: generowania podróży, dystrybucji przestrzennej podróży, podziału międzygałęziowego podróży i rozłożenia podróży na sieć transportową. Cztery etapy modelu, stanowiące de facto model popytu, zdefiniowano na bazie modelu podaży, na który składają się: model sieci infrastruktury transportu (drogowa, kolejowa, wodna i lotnicza), warstwa rejonów transportowych, model sieci transportu zbiorowego (linie komunikacyjne wszystkich środków transportu publicznego z rozkładami jazdy). Model wykonano z wykorzystaniem oprogramowania PTV VISUM w wersji 18. W dalszej części artykułu na podstawie liczącego 231 stron raportu technicznego [4] oraz pliku modelu, scharakteryzowano podstawowe cechy ZMR.

Odwzorowanie infrastruktury transportowej w ZMR

W modelu odwzorowano, jako odcinki sieci, wszystkie drogi samochodowe od autostrad do dróg powiatowych. W szczególnych przypadkach odwzorowano odcinki dróg gminnych i miejskich. W przypadku wybranych miast uszczegółowiono sieć ulic. Parametryzacji odcinków dróg dokonano z uwzględnieniem: kategorii drogi, parametrów technicznych drogi, klasy technicznej drogi (w przypadku terenów miejskich). Uzyskano w ten

sposób podział na 7 głównych typów odcinków, w ramach których zdefiniowano 57 podtypów odcinków (różnicowano przekrój drogi, prędkość maksymalną oraz przepustowość). Dla każdego głównego typu wyznaczono odrębną funkcję oporu odcinka. Oprócz tego zdefiniowano 5 typów skrzyżowań (zróżnicowanych ze względu na lokalizację w terenie zabudowanym lub kwestię wyposażenia w sygnalizację świetlną) i 12 typów relacji skrzyżunkowych (różnicowanych ze względu na czas jazdy i przepustowość). Na odcinkach odwzorowujących drogi samochodowe zdefiniowano przystanki autobusowe, jednakże zagregowane do poziomu miejscowości. Wyjątek stanowiły miasta, gdzie przyjęto większy poziom szczegółowości.

W przypadku sieci kolejowej zdefiniowano 8 typów odcinków. Podział uwzględniał następujące kryteria: szerokość toru, elektryfikację, rodzaj napięcia. Oddzielny typ wyznaczono dla linii aglomeracyjnych WKD i PKM. Głównym parametrem dla odcinków sieci kolejowej jest maksymalna prędkość ruchu pociągów, długość odcinka i numer linii kolejowej.

Odwzorowanie rejonów komunikacyjnych w ZMR

Rejony komunikacyjne rozumiane są jako uśrednione miejsca rozpoczęcia i zakończenia podróży przez modelowych podróżnych [4]. Autorzy modelu, ze względu na to, że obejmuje on obszar całego kraju, zdecydowali się na podział na rejony komunikacyjne na poziomie szczegółowości odpowiadający gminom. Zamodelowano 2875 rejonów komunikacyjne [5], odpowiadające poszczególnym gminom (w przypadku większych miast liczących przynajmniej 170 tys. mieszkańców – dzielnicom), a ponadto również portom lotniczym, portom morskim i śródlądowym oraz terminalom intermodalnym. W puli rejonów komunikacyjnych znajdują się również tzw. rejonów zewnętrznych odpowiadające obszarom poza terytorium Polski, dzięki czemu można w modelu

uwzględnić ruch zagraniczny. Należy zaznaczyć, że największym zbiorem rejonów jest zbiór odpowiadający gminom (dzielnicom), zróżnicowany na tyle, że w jego ramach wyodrębniono 13 rodzajów rejonów. Poszczególne rejony zostały podłączone do sieci infrastruktury transportowej za pomocą konektorów (zdefiniowano 9 ich typów).

Odwzorowanie linii komunikacyjnych w ZMR

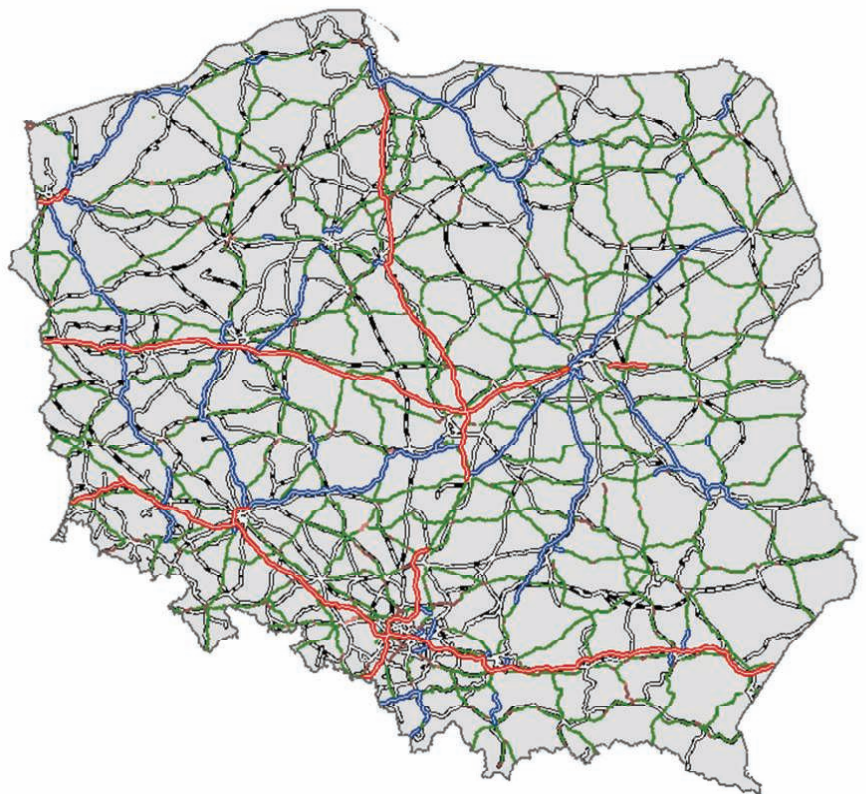
Na bazie zakodowanej w modelu sieci infrastruktury transportowej zdefiniowano przebiegi linii komunikacyjnych. Jak wynika z raportu [4], „dla transportu kolejowego dokładnie odwzorowano trasy przejazdów pociągów po istniejącej sieci kolejowej, z zachowaniem czasów przejazdów między poszczególnymi przystankami, wynikających z rozkładów jazdy”. W modelu uwzględniono połączenia wszystkich przewoźników z bazy danych e-podróżnik (556 przewoźników). Ze względu na sposób odwzorowania przystanków jak i bardzo duży rozmiar bazy danych kodowanie połączeń autobusowych

zostało wykonane w sposób uproszczony – mimo to model zawiera około 27 tys. przystanków autobusowych. Komunikacja miejska została zakodowana również w sposób uproszczony – wykorzystano w tym celu tzw. pomocniczy środek transportu (typ PuT-AUX). Na podstawie rzeczywistych cen biletów zdefiniowano kilka rodzajów taryf opłat, które później przyporządkowano poszczególnym liniom komunikacyjnym.

Model popytu w ZMR

Model popytu w ZMR jest klasycznym modelem czteroetapowym. Szczegółowy opis założeń modelu przedstawiono w raporcie CUPT [4], natomiast w niniejszym artykule zostaną przedstawione w sposób poglądowy tylko podstawowe jego założenia.

Podróże opisane modelem analizowano z uwzględnieniem następujących cech: motywacji podróży, grupy wiekowej, dostępu do samochodu, typu gminy zamieszkania oraz typu funkcjonalnego gminy zamieszkania. Ze względu na motywację zdefiniowano podróże obligatoryjne oraz nie-



4. Zobrazowanie infrastruktury transportowej odwzorowanej w ZMR; Źródło: opracowanie własne na podstawie [5]

obligatoryjne różniące się znacząco pod kątem ich częstotliwości i kryteriów decyzyjnych, którymi kieruje się podróżny. Do podróży obligatoryjnych zaliczono podróże dom – praca, dom – szkoła oraz dom – uczelnia (oraz odwrotnie), natomiast do podróży nieobligatoryjnych podróże dom – inne, dom – biznes, niezwiązane z domem biznesowe oraz inne niezwiązane z domem. Przyjęty podział na motywacje podróży można uznać za typowy. Ponadto podróże analizowano oddzielnie dla trzech grup wiekowych: wiek przedprodukcyjny, wiek produkcyjny, wiek poprodukcyjny. Kombinacja cech związanych z wiekiem i miejscem zamieszkania dała w efekcie 39 grup podróźnych, którym przypisano, na podstawie zebranych danych, różne wartości współczynników ruchliwości, w zależności od motywacji, tworząc 208 segmentów popytu. Pewnych segmentów podróży z założenia nie rozważano i przyjęto dla nich ruchliwość równą 0 (na przykład podróży służbowych osób w wieku przedprodukcyjnym czy podróży do szkoły emerytów). Zmiennymi objaśniającymi przyjętymi w modelu są: liczba ludności, średnia wielkość gospodarstwa domowego, liczba miejsc pracy, liczba uczniów w szkołach, liczba studentów, liczba miejsc noclegowych, wykorzystanie miejsc noclegowych i wskaźnik motoryzacji.

Podział międzygałęziowy został zamodelowany w sposób dyskretny za pomocą wielomianowego modelu logitowego. Przyjęty model dokonuje podziału podróży na: podróże samochodem osobowym, podróże transportem zbiorowym i podróże piesze. Model ten bazuje na odpowiednio zdefiniowanej funkcji kosztu uogólnionego transportu oraz dobranych stałych kalibracji. W przypadku transportu indywidualnego funkcja kosztu uogólnionego bierze pod uwagę: czas podróży i wartość tego czasu, opłatę drogową, koszt eksploatacji pojazdu, odległość podróży i średnie napełnienie pojazdu. W przypadku transportu publicznego funkcja kosztu uogólnionego bierze pod uwagę: czas jazdy,

czas odejścia i dojścia, czas oczekiwania, czas przesiadki, karę za przesiadkę, opłatę za przejazd. Jednostką kosztu uogólnionego jest minuta – zmienne wyrażane jako pieniężne przeliczane są na czas poprzez ich dzielenie przez wartość czasu.

Ostatni etap modelu popytu, czyli rozłożenie podróży na sieć transportową zrealizowano następująco: w przypadku transportu samochodowego wykorzystano procedurę rozłożenia równowagi „Equilibrium assignment Bi-conjugate Frank-Wolfe”, natomiast w przypadku transportu zbiorowego zastosowano „headway based assignment”, bazujący na częstotliwości kursów. Szczegółowo parametry dla tych procedur przedstawiono w raporcie technicznym dotyczącym ZMR [4].

Opracowanie prognoz – dostosowanie ZMR

Opracowanie prognoz przewozów dla proponowanej linii kolejowej Otwock – Karczew wymagało dostosowania ZMR. Zdecydowano, że do obliczeń będzie wykorzystany model bazowy dla roku 2019, a wszelkie wnioski wyciągane będą na zasadzie „jakie byłoby zainteresowanie nową linią kolejową, gdyby nagle się pojawiła”. Nie opracowywano więc prognoz przewozów w rozumieniu przewidywania przyszłości, lecz jako badanie hipotetycznej reakcji systemu transportowego na wprowadzone modyfikacje, tak jakby nowa linia kolejowa pojawiła się „z dnia na dzień” w 2019 roku.

Ze względu na brak danych, które mogłyby służyć uszczegółowieniu modelu, pozostawiono całkowicie bez zmian oryginalny model popytu z ZMR. Podejście takie jest uzasadnione tym, iż opracowywana prognoza ma charakter wstępny, a ewentualne decyzje o realizacji i kształcie inwestycji wymagałyby i tak przeprowadzenia szczegółowych analiz na przykład w ramach studium wykonalności. Nie wprowadzono również żadnych zmian w układzie rejonów komunikacyjnych oraz zmiennych objaśniających. Z punktu widzenia progno-

zy przewozów dla tej linii pożądanym byłby podział Karczewa na 2-3 rejonów oraz Otwocka na 3-5 rejonów, jednakże brak jest łatwo dostępnych danych niezbędnych do opisanego podzielenia rejonów odpowiednimi wartościami zmiennych objaśniających.

Modyfikacje modelu wprowadzone po stronie podaży dotyczą:

- uzupełniania i sparametryzowania nowych odcinków sieci kolejowej, odpowiednio dla poszczególnych wariantów proponowanej inwestycji,
- uzupełniania sieci przystanków kolejowych (na nowych odcinkach),
- uzupełnienia brakujących oraz modyfikacji istniejących konektorów (podłączenie nowych stacji/przystanków kolejowych),
- modyfikacji układu linii komunikacyjnych i rozkładu jazdy pociągów (tak aby odzwierciedlały bazową lub zakładaną w poszczególnych wariantach organizację ruchu pociągów),
- kompleksowej korekty sieci linii autobusowych przebiegających na terenie powiatu otwockiego.

Jak wcześniej stwierdzono, odwzorowanie sieci autobusowej w ZMR, z uwagi na skalę modelu, jest uproszczone, co w przypadku Otwocka miało specyficzny efekt. Wszystkie linie autobusowe, które w rzeczywistości przejeżdżają przez Otwock peryferyjnie (tzw. Szosą Lubelską oraz drogą S17) i nie pełnią żadnej roli w obsłudze tego miasta, w modelu funkcjonowały jako kursy obsługujące Otwock na równi z koleją czy autobusami lokalnymi, które pełnią rzeczywistą rolę w obsłudze regionu. Należało je więc wszystkie przetrasować, wraz z usunięciem przystanku w Otwocku. Z uwagi na to, że w latach 2020 – 2021 nastąpiła likwidacja wielu połączeń autobusowych, zweryfikowano model również pod tym kątem (przede wszystkim usunięto często kursującą prywatną linię autobusową Karczew – Otwock – Warszawa odpowiadającą zlikwidowanej linii firmy MiniBus). Do-

dano również połączenia, które zostały uruchomione w 2022 roku (przede wszystkim linie powiatowe D1, O1 oraz K2 łączące Otwock i Karczew z sąsiednimi gminami oraz linię autobusową L51 Karczew – Otwock).

Oprócz przedstawionych wyżej modyfikacji sieci autobusowej, zaktualizowano rozkład jazdy pociągów regionalnych na odcinku Dęblin – Otwock – Warszawa. Zdefiniowany w modelu rozkład jazdy pociągów dalekobieżnych pozostawiono bez zmian.

Stan bazowy i warianty przyjęte do analiz

Stan bazowy przyjęty do analizy uwzględniał model popytu zgodny z modelem ZMR na rok 2019, natomiast model podaży zgodny (w zakresie linii przebiegających przez obszar powiatu otwockiego) z rokiem 2022. Na jego bazie utworzono modele dla poszczególnych wariantów inwestycyjnych (W1A, W1A+, W1B+, W2 – Etap 1, W2), zgodnie z przedstawionymi w następnym akapicie założeniami. Wykorzystanie tego samego modelu popytu dla wszystkich wariantów (w tym bazowego) zapewnia porównywalność uzyskanych wyników.

Zakładana organizacja ruchu kolejowego

Jednym z rodzajów danych zaktualizowanych w ZMR jest rozkład jazdy środków transportu zbiorowego. Z tego względu dla każdego z wariantów należało założyć, jak wyglądałaby przewidywana organizacja ruchu kolejowego na nowym odcinku linii kolejowej i w jaki sposób wpływałoby to na ruch na istniejącej sieci kolejowej.

Co do zasady przyjęto, że uruchomienie przewozów na linii kolejowej do Karczewa będzie w najmniejszym możliwym stopniu ingerować w istniejący ruch kolejowy na linii kolejowej nr 7 oraz nr 448 (podmiejska linia średnicowa), choćby ze względu na wyczerpaną zdolność przepustową tej ostatniej. Dlatego w miarę możliwości przewiduje się przedłużenie relacji po-

Tab. 2. Założona liczba par pociągów na odcinku Karczew – Warszawa Wsch. [par poc./doba]

Odcinek / wariant	W0	W1A	W1A+	W1B+	W2 – Etap I	W2
Warszawa Wsch. – Otwock	79	79	82	82	82	82
Ottock – Karczew	0	39	51	51	51	51

Źródło: opracowanie własne

Tab. 3. Założony czas przejazdu pociągów na odcinku Karczew – Warszawa Wsch. [min]

Odcinek / wariant	W0	W1A	W1A+	W1B+	W2 – Etap I	W2
Warszawa Wsch. – Otwock	33	33	33	33	33	33
Ottock – Karczew	n.d.	6	6	6-8	6,5-9	6,5-9

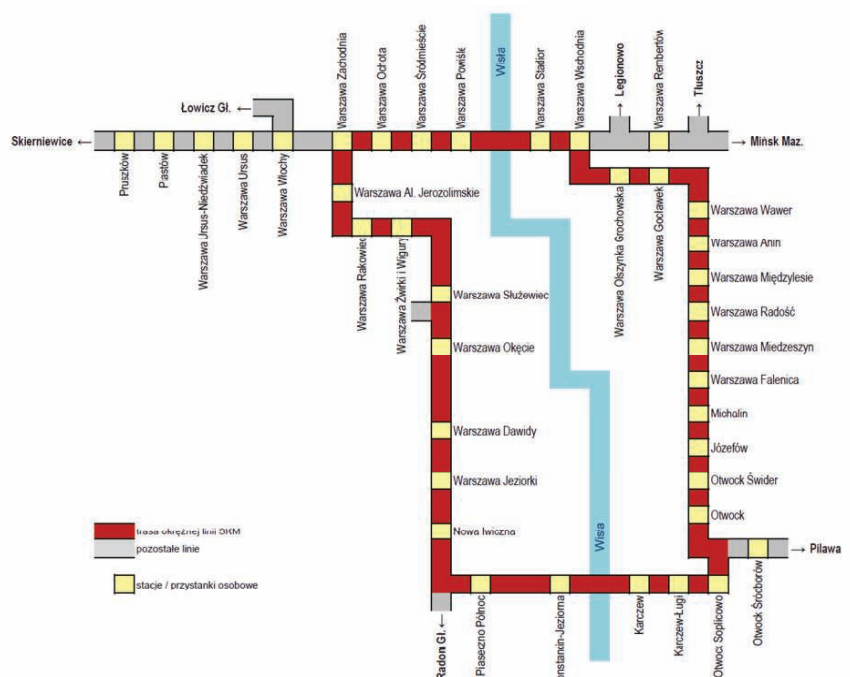
Źródło: opracowanie własne

ciągów kończących bieg w Otwocku.

W przypadku podwariantu jednotorowego W1A, zakłada się przedłużenie do Karczewa pociągów SKM linii S1. W przypadku podwariantu dwutorowego W1A+ założono dodatkowo wydłużenie do Karczewa wybranych pociągów regionalnych (Koleje Mazowieckie), przy jednoczesnym niewielkim zwiększeniu liczby pociągów na odcinku Otwock – Warszawa, za to bez zmian oferty przewozowej na odcinku Otwock – Dęblin.

Dla wariantu W2 analizę wykonano dla dwóch etapów inwestycji. Jako pierwszy etap założono zakończenie linii na stacji Karczew, natomiast docelowo powstanie połączenia z Konstancinem-Jeziorną i Warszawą przecinającego Wisłę. W pierwszym przypadku założono ofertę przewozową analogiczną do wariantów W1A+ i W1B+, czyli wydłużenie linii SKM S1 do Karczewa oraz wydłużenie z Otwocka

lub uruchomienie dodatkowych kursów pociągów Kolei Mazowieckich. W drugim przypadku zaproponowano uruchomienie kursującej w obu kierunkach okrężnej linii SKM S0 na trasie: Konstancin Jeziorna – Karczew – Otwock – Józefów – Warszawa – Piaseczno Północ – Konstancin Jeziorna (i jednocześnie skrócenie linii S1 z Pruszkowa do stacji Warszawa Wschodnia). Jako, że obliczony czas przejazdu całego „ringu” wyniósł 1 godzinę i 46 min, aby zachować 30-minutową częstotliwość kursowania linii założono wydłużony postój (14 minut) w Konstancinie-Jeziornie. Wyznaczenie postoju w tym miejscu nie wydłuża czasu dojazdu do Warszawy zarówno z Karczewa (przez Otwock) jak i z Konstancina, i zachowuje możliwość bezpośrednich podróży w każdej relacji pomiędzy punktami trasy okrężnej linii SKM. Schemat linii S0 przedstawiono na rysunku 5.



5. Schemat przebiegu proponowanej okrężnej linii SKM S0 w wariantcie W2;
Źródło: opracowanie własne

Zakładane liczby połączeń i czasy jazdy pociągów przedstawiono w tabelach 2 i 3.

Czas przejazdu pociągów (który jest jedną z danych wejściowych w modelu prognostycznym), na istniejących fragmentach sieci kolejowej przyjęto zgodnie z rozkładem jazdy pociągów 2021/2022. Dla nowych fragmentów czas jazdy obliczono metodą uproszczoną, opisaną w [3]. Różnice w czasie przejazdów z Otwocka do Karczewa pomiędzy poszczególnymi wariantami wynikają z przebiegu linii oraz lokalizacji przystanków osobowych / stacji.

Wyniki prognoz

Wyniki obliczeń wykonanych w ZMR przedstawiono w kolejnych tabelach, jako najbardziej istotne dane wyjściowe wybrano:

- czas przejazdu transportem pu-

blicznym (uwzględniający przeładki) z Karczewa do centrum Warszawy (tabela 4);

- postrzegany czas podróży transportem publicznym z Karczewa do centrum Warszawy (tabela 5);
- dobowe potoki pasażerskie na wybranych przekrojach linii kolejowej (tabela 6);
- dobowe potoki pasażerskie w wybranych relacjach podróży, realizowane transportem indywidualnym i publicznym (tabela 7);
- liczba pasażerów transportu kolejowego w Karczewie i Otwocku (tabela 8).

Czas przejazdu (tabela 4) jest to czas uwzględniający czas jazdy środkami transportu oraz czas na przesiadkę. Czas postrzegany (tabela 5) uwzględnia dodatkowe czynniki, takie jak rozkład jazdy (częstotliwość kursowania)

i związany z nim czas oczekiwania, jak również czas dojścia i odejścia. Na podstawie uzyskanych wyników można stwierdzić, że najdłuższy czas podróży z Karczewa do Warszawy występuje w przypadku braku linii kolejowej (wariant W0). Uruchomienie przewozów kolejowych nawet w najmniej rozbudowanym wariantcie (W1A) powoduje radykalne zmniejszenie się postrzeganego czasu podróży (o 38%), przy skróceniu czasu przejazdu o (16%). Różnice w przypadku kolejnych wariantów są niewielkie – w wariantcie W1A+ następuje niewielkie skrócenie postrzeganego czasu podróży w stosunku do wariantu W1A przy takim samym czasie przejazdu i jest efektem zwiększenia częstotliwości połączeń. Wariant W1B+ przynosi w stosunku do wariantu W1A+ niewielkie wydłużenie czasu przejazdu i postrzeganego czasu podróży – jest to spowodowane dodatkowym postojem handlowym pociągu. W wariantcie W2, z uwagi na inny przebieg linii i jej parametry, nieznacznie skraca się czas przejazdu pociągiem, jednakże postrzegany czas podróży pozostaje niezmienny z uwagi na inną lokalizację przystanków i stacji (zwiększenie długości linii).

Dobowy potok pasażerów na przekroju pomiędzy Otwockiem i Karczewem wynosi niespełna 2 tys. osób we wszystkich wariantach oprócz wariantu W2 (tabela 6). Brak większych różnic w wynikach spowodowany jest tym, że model jest modelem krajowym i trudno w nim odzwierciedlić efekty wynikające z różnic występujących na terenie jednej gminy. Uzyskane wyniki pokazują, że uruchamianie dodatkowych połączeń regionalnych (warianty W1A+, W1B+ oraz W2 – Etap 1) wzmacniających funkcjonującą z częstotliwością 30-minutową linię SKM (wariant W1A) nie przynosi praktycznie żadnych efektów jeśli chodzi o wielkość potoku. W wariantcie W2 potok pasażerów jest wyraźnie większy i wynosi prawie 2,7 tys. osób na dobę (tabela 6). Jako przykład graficznej prezentacji wyników prognozy, na rysunku 5 przedstawiono kartogram potoków pasażerskich dla wariantu W2

Tab. 4. Czas przejazdu transportem zbiorowym w relacji Karczew – Warszawa (centrum) [min]

Odcinek / wariant	W0	W1A	W1A+	W1B+	W2 – Etap I	W2
Karczew – Warszawa (centrum)	67	56	56	56,5	55,5	55,5

Źródło: opracowanie własne

Tab. 5. Postrzegany czas podróży w relacji Karczew – Warszawa (centrum) [min]

Odcinek / wariant	W0	W1A	W1A+	W1B+	W2 – Etap I	W2
Karczew – Warszawa (centrum)	117	73	72	72,5	72,5	72,5

Źródło: opracowanie własne

Tab. 6. Dobowy potok pasażerów na wybranych przekrojach linii kolejowej [pas./doba]

Przekrój (oba kierunki)	W0	W1A	W1A+	W1B+	W2 – Etap I	W2
Konstancin Jez. – Karczew	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	1 064
Karczew – Otwock Sopicowo	1 047*	1 968	1 985	1 990	1 986	2 692
Otwock Świder – Józefów	12 244	13 100	13 124	13 147	13 157	12 977

* potok w autobusach na przekroju pomiędzy Otwockiem i Karczewem

Źródło: opracowanie własne

Tab. 7. Dobowy potok pasażerów w wybranych relacjach podróży [pas./doba]

Relacja (tam/powrót)	W0	W1A	W1A+	W1B+	W2 – Etap I	W2
Karczew – Warszawa (samochód)	5 231	4 935	4 918	4 922	4 902	4 671
Karczew – Warszawa (tr. publ.)	651	1 400	1 409	1 411	1 409	1 362
Karczew – Warszawa (łącznie)	5 882	6 335	6 327	6 333	6 311	6 033
Karczew – Otwock (samochód)	644	556	556	557	551	536
Karczew – Otwock (tr. publ.)	167	187	188	188	186	177
Karczew – Otwock (łącznie)	811	743	744	745	737	713

Źródło: opracowanie własne

Tab. 8. Liczba pasażerów kolei [pas./doba]

Rejon komunikacyjny	W0	W1A	W1A+	W1B+	W2 – Etap I	W2
miasto Karczew	0	1 968	1 985	1 990	1 986	2 032
miasto Otwock	7 134	6 706	6 752	6 760	6 780	7 453
miasta Karczew + Otwock	7 134	8 674	8 737	8 750	8 766	9 485

Źródło: opracowanie własne

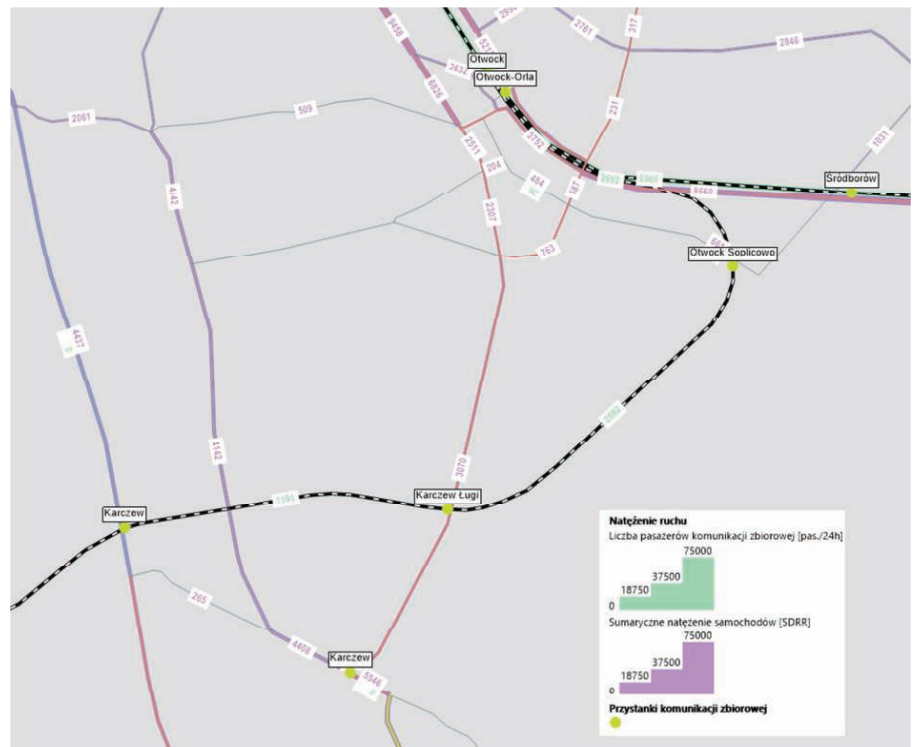
Ponieważ w wariantcie W2 nieznacznie maleje potok na wyjściu z Otwocka w kierunku Warszawy należy uznać, że część podróży z tego miasta realizowanych jest w kierunku Konstancina-Jeziorny lub Piaseczna. Świadczy o tym zwiększona w wariantcie W2 liczba pasażerów korzystających z transportu kolejowego w mieście Otwocku (tabela 8).

Jeśli chodzi o wymianę pasażerską na terenie miast Karczew i Otwock (tabela 8) można stwierdzić, że największej pasażerów korzysta w Otwocku z transportu kolejowego w wariantcie W0 – wynika to z faktu, iż pasażerowie z Karczewa dojeżdżają do pociągu autobusem, a zatem na sieci kolejowej pojawiają się fizycznie dopiero w Otwocku. W każdym z wariantów inwestycyjnych łączna liczba osób korzystających z kolei w Otwocku i Karczewie jest większa w stosunku do wariantu bazowego W0. Różnica ta wynosi od 16% do 33% (największa w wariantcie W2).

Uruchomienie (póki co tylko w modelu) kolei w Karczewie powoduje ponad dwukrotny wzrost liczby osób korzystających z transportu publicznego w relacji Karczew – Warszawa i około 10% wzrost liczby podróży w relacji Karczew – Otwock. W wariantcie W2 liczba podróży w tych relacjach jest niższa niż w wariantach W1A, W1A+ i W1B+, realizowane są bowiem podróże do Konstancina Jeziorny i Piaseczna (część z nich zamiennie zamiast podróży do Warszawy).

Podsumowanie

Przewidywana wielkość ruchu pasażerskiego jest jednym z kryteriów, które powinno być brane pod uwagę przy wyborze wariantu, bądź stwierdzeniu zasadności danej inwestycji. Opracowane i przedstawione w niniejszym artykule prognozy przewozowe należy uznać za wstępne, jako że zostały wykonane na modelu krajowym ZMR, toteż nie uwzględniają w pełni podróży lokalnych (w praktyce nie są w ogóle odwzorowane podróże które odbywają się wewnątrz



6. Rozłożenie potoków pasażerskich na sieci transportowej dla wariantu W2;
Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników uzyskanych w modelu ZMR

gmin, a można przypuszczać, że nowa linia zwiększyłaby wykorzystanie kolei np. w podróżach wewnątrz samego Otwocka). Uzyskane wyniki świadczą o dużym potencjale linii kolejowej do Karczewa. W każdym z wariantów inwestycyjnych, w stosunku do sytuacji w wariantcie bazowym, zwiększa się liczba osób korzystających z transportu kolejowego, jak i ogólnie transportu zbiorowego, a zmniejsza się liczba korzystających z samochodów osobowych. Ponadto dzięki nowej linii kolejowej wyraźnie ulega skróceniu czas podróży z Karczewa do Otwocka, co więcej taka podróż może się odbywać bez przesiadki. Obiecujący wydaje się być wariant W2, który dzięki zniwelowaniu ujemnego wpływu naturalnej bariery terenu jaką jest Wisła, otworzyłby nowe możliwości podejmowania aktywności przez mieszkańców zarówno Karczewa jak i Otwocka, i związanego z tym sprawnego podróżowania w kierunku Konstancina-Jeziorny i Piaseczna (jak również południowych dzielnic Warszawy). Dzięki uruchomieniu proponowanej okružnej linii Szybkiej Kolei Miejskiej możliwe byłyby bezpośrednie podróże koleją pomiędzy kilkoma miastami

stołecznej aglomeracji (Józefów, Karczew, Konstancin-Jeziorna, Otwock, Piaseczno, Warszawa), w tym część z nich nie wymagałaby niepotrzebnego przejazdu przez centrum Warszawy lub przesiadki, tak jak ma to miejsce obecnie. ◀

Materiały źródłowe

- [1] Dąbrowski A., Klemba Sz., Koncepcja włączenia miasta Karczew w sieć kolejową, Przegląd Komunikacyjny 1/2023
- [2] Kierunki rozwoju sieci kolejowej w Warszawskim Węźle Kolejowym Master Plan dla transportu kolejowego w aglomeracji warszawskiej (Master Plan WWK), PKP Polskie Linie Kolejowe S.A., 2019
- [3] Nowosielski L., Organizacja przewozów kolejowych, Kolejowa Oficyna Wydawnicza, Warszawa 1999
- [4] Zintegrowany Model Ruchu – raport techniczny, Warszawa 2021, CUPT
- [5] ZMR_2019.ver – plik Zintegrowanego Modelu Ruchu

Infrastruktura kolejowa Województwa Zachodniopomorskiego w systemie transportowym kraju

Railway infrastructure of the Zachodniopomorskie Voivodship in the transport system of the country



Juliusz Engelhardt

Prof. dr hab.

Uniwersytet Szczeciński
Instytut Gospodarki Przestrzennej
i Geografii Społeczno-Ekonomicznej

juliusz.engelhardt@usz.edu.pl

Streszczenie: W pierwszej części artykułu zaprezentowano projekty inwestycji w zakresie infrastruktury kolejowej realizowane w Województwie Zachodniopomorskim w ramach Krajowego Programu Kolejowego do 2023 roku. Oceniając pozytywnie zakres realizowanych inwestycji wskazano na opóźnienia w zakończeniu niektórych projektów. W drugiej części artykułu na podstawie istniejących dokumentów wskazano na planowane do realizacji liczne projekty modernizacji i rewitalizacji a także budowy nowych odcinków linii kolejowych na Pomorzu Zachodnim w perspektywie lat 2030 – 2040. Wskazano również na znaczenie geopolitycznego usytuowania infrastruktury transportowej Województwa Zachodniopomorskiego w systemie transportowym kraju.

Słowa kluczowe: *Polityka transportowa; Infrastruktura kolejowa; Inwestycje liniowe i stacyjne*

Abstract: The first part of the article presents investment projects in the field of railway infrastructure implemented in the Zachodniopomorskie Voivodeship under the National Railway Program until 2023. While positively assessing the scope of the implemented investments, delays in the completion of some projects were pointed out. In the second part of the article, on the basis of existing documents, numerous modernization and revitalization projects, as well as construction of new sections of railway lines in Western Pomerania in the perspective of 2030-2040 are indicated. The importance of the geopolitical location of the transport infrastructure of the Zachodniopomorskie Voivodeship in the transport system of the country is also indicated.

Keywords: *Transport policy; Railway infrastructure; Line and station investments*

Krajowy Program Kolejowy do 2023 roku – ku lepszej kolei na Pomorzu Zachodnim

O ile po pełnej akcesji Polski do Unii Europejskiej pierwsza unijna pełna perspektywa budżetowa lat 2007 – 2013 była w sumie mało korzystna z punktu widzenia procesów rozwojowych infrastruktury kolejowej Województwa Zachodniopomorskiego, w szczególności z powodu wstrzymania modernizacji linii E-59 w kierunku Poznania oraz modernizacji linii CE-59 w kierunku Zielonej Góry, to w kolejnej perspektywie budżetowej lat 2014 – 2020 sytuacja uległa w tym zakresie znaczącej poprawie. We wrześniu 2015 r. Rada Ministrów przyjęła wchodzący w życie od następnego roku Krajowy

Program Kolejowy do 2023 roku (KPK 2023) o wartości całkowitej 67,5 mld zł [11], który przewidywał, spośród wielu innych, podjęcie najważniejszych i od dawna postulowanych inwestycji w zakresie infrastruktury kolejowej na Pomorzu Zachodnim, takich jak modernizację linii E-59 (2250 mln zł) i CE-59 (1000 mln zł), modernizację kolejowej infrastruktury dostępowej do portów w Szczecinie i Świnoujściu (463 mln zł), przebudowę dworca głównego w Szczecinie, modernizację linii 210 na zachodniopomorskim odcinku Runowo Pomorskie – Szczecinek w ramach RPO (380 mln zł) oraz prace modernizacyjne na odcinkach granicznych linii 408 i 409 (80 mln zł). W nawiasach podano pierwotnie prelimitowane wartości projektów.

W toku realizacji KPK 2023 był kilkakrotnie aktualizowany i stopniowo zwiększała się jego ogólna wartość do poziomu 75,7 mld zł. W ramach nowelizacji w listopadzie 2016 r. [12] w priorytetach KPK 2023 wyartykułowano dodatkowo cel odnoszący się do poprawy stanu infrastruktury stanowiącej dostęp do portu w Szczecinie poprzez prace wstępne dotyczące przebudowy mostu na Regalicy w Szczecinie lub budowy nowego wysokowodnego mostu na linii kolejowej CE-59. Prace miały być prowadzone przez Regionalny Zarząd Gospodarki Wodnej w Szczecinie oraz finansowane ze środków pozostających w dyspozycji tej agencji rządowej w ramach zadania pn. „Przebudowa mostu kolejowego w km 733,7 rzeki Regalicy

w Szczecinie w celu zapewnienia minimalnego prześwitu dla prowadzenia akcji lodołamania przy użyciu lodołamaczy” - [12]. Natomiast w lutym 2019 r. w ramach kolejnej nowelizacji KPK 2023 nową, powiększoną listą projektów podstawowych objęto drugi projekt na linii E-59 dotyczący modernizacji odcinka Wronki – Słonice o wartości 1289 mln zł [13]. W następnej nowelizacji KPK 2023 z września 2019 r. wartości głównych projektów obejmujących infrastrukturę kolejową Pomorza Zachodniego zostały określone następująco [14]:

- przebudowa budynku dworca kolejowego Szczecin Główny wraz z infrastrukturą torowo – peronową – 1,6 mld zł,
- poprawa dostępu kolejowego do portów morskich w Szczecinie i Świnoujściu – 1,6 mld zł,
- prace na linii kolejowej E-59 na odcinku Poznań Główny – Szczecin Dąbie – 2,7 mld zł
- prace na linii kolejowej E-59 na odcinku Wronki – Słonice – 1,7 mld zł
- rewitalizacja linii kolejowej nr 210 na odcinku Szczecinek – Runowo Pomorskie – 178 mln zł (RPO),
- modernizacja linii kolejowej nr 273 na odcinku Głogów – Zielona Góra – Rzepin – Dolna Odra – 73 mln zł (środki krajowe)
- prace na liniach kolejowych nr 408 i 409 Szczecin Główny – Granica państwa (Tantow) – 30 mln zł (środki krajowe).

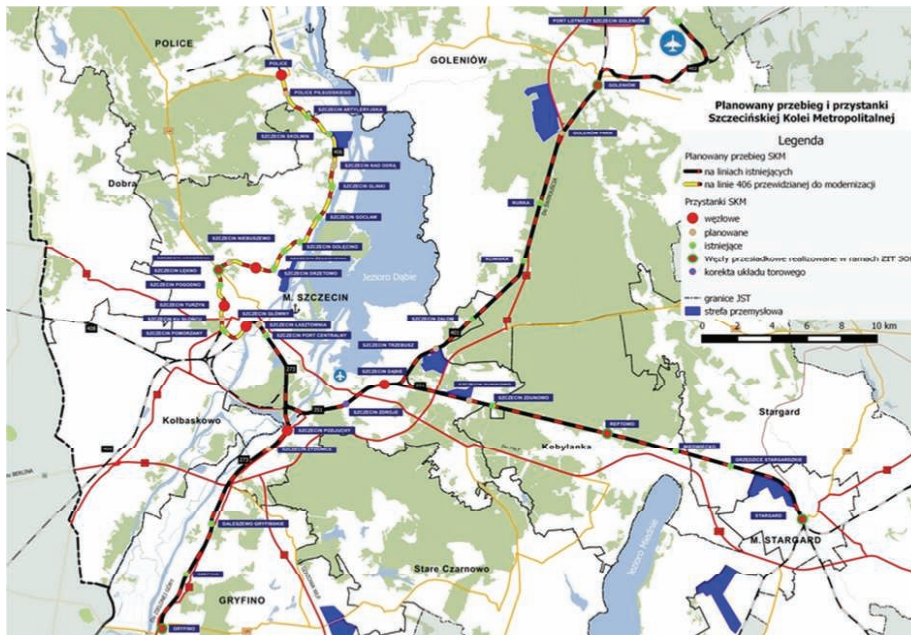
Jak można zauważyć największą zmianą dotyczącą finansowania projektów inwestycyjnych w zakresie infrastruktury kolejowej na Pomorzu Zachodnim w latach 2016 – 2020 było odejście od szerokiego zakresu planowanej wcześniej modernizacji linii CE-59 i znaczące zwiększenie finansowania modernizacji linii E-59 w wyniku wdrożenia drugiego projektu dla tej linii. Dodać jednak trzeba, że w styczniu 2023 r. rozpoczęto po długich przygotowaniach budowę nowego, dwutorowego mostu w Szczecinie na Regalicy (Odra Wschodnia). Budowa tego mostu to inwestycja Państwo-

wego Gospodarstwa Wodnego Wody Polskie przy ścisłej współpracy z PKP Polskimi Liniami Kolejowymi S.A. Prace zostaną zrealizowane w ramach rządowego Projektu Ochrony Przeciwpowodziowej w Dorzeczu Odry i Wisły. Wartość inwestycji to ok. 300 mln zł, z czego PLK S.A. przeznaczą na to przedsięwzięcie ok. 140 mln zł. Na bieżąco rozpoczęta budowa wywołuje duże perturbacje w obsłudze aglomeracyjnych przewozów pasażerskich w relacji Szczecin Główny – Gryfino ze względu na fakt, że wbrew pierwotnym założeniom nie udało się utrzymać ruchu kolejowego przez most nad Regalicą. Pociągi jadące w kierunku Gryfina i dalej do Rzepina i Wrocławia muszą kursować w klasycznym trójkącie przez stację Szczecin Dąbie, gdzie następuje zmiana czoła pociągu, co spowodowało wydłużenie czasu przejazdów w relacji Szczecin Główny – Gryfino o około 20 minut. Nowy most na Regalicy będzie ważną częścią składową linii CE-59 warunkującą dostępność do szczecińskiego węzła kolejowego, w szczególności do portu w Szczecinie od strony południowej, ponieważ stary był do tej pory element krytycznym przepustowości dla ruchu kolejowego do i z węzła szczecińskiego na lewym brzegu Odry. Dodać też należy, że zabytkowa konstrukcja tego zwodzonego mostu z 1877 r. utrudniała w znaczącym stopniu żeglugę w Szczecińskim Węźle Wodnym. Nowy projekt zwiększą prześwit mostu do 6,2 m ponad lustro wody, zapewniając bezkolizyjne przejścia barek i lodołamaczy. Wraz z budową nowego mostu przewiduje się modernizację układów torowych stacji Szczecin Podjuchy, co należy traktować jako zapoczątkowanie poszerzonej modernizacji Magistrali Nadodrzańskiej CE-59 umożliwiającej zwiększenie prędkości pociągów pasażerskich do 120 km/h i towarowych do 100 km/h oraz prowadzenie składów towarowych o długości do 750 m. Ten projekt inwestycyjny pozostaje więc jednym z ważnych priorytetów w bieżącej perspektywie unijnej 2021 – 2027.

W ramach Programu Operacyjnego Infrastruktura i Środowisko 2014 – 2020 przeznaczono kwotę 512,2 mln zł na dofinansowanie projektu o całkowitej wartości 907,4 mln zł pod nazwą „Budowa Szczecińskiej Kolei Metropolitalnej z wykorzystaniem istniejących odcinków linii kolejowych nr 406, 273, 351” [15]. Celem tego projektu, prowadzonego przez Stowarzyszenie Szczecińskiego Obszaru Metropolitalnego jest utworzenie nowoczesnej kolei aglomeracyjnej na bazie istniejących linii, uzupełnianej liniami autobusowymi i tramwajowymi pełniącymi funkcje dowozowo-odwozowe do i z węzłów przesiadkowych [16]. Obszar działania SKM obejmuje Szczecin, Police, Stargard, Goleniów i Gryfino wraz z przyległymi gminami, których władze wspólnie uzgodniły utworzenie sieci połączeń pasażerskich na istniejących liniach kolejowych – zob. rysunek 1:

- nr 351 na odcinku Stargard – Szczecin Główny,
- nr 273 na odcinku Gryfino – Szczecin Główny,
- nr 401 Szczecin – Goleniów z odgałęzieniem do Portu Lotniczego Szczecin Goleniów,
- nr 406 z jej modernizacją na odcinku Szczecin – Police oraz z budową drugiego toru na odcinku Szczecin Główny – Szczecin Turzyn.

Ogółem, w ramach projektu zaplanowano przebudowę lub modernizację ok. 24 km linii kolejowych, budowę zintegrowanych węzłów i przystanków z parkingami P&R i B&R (windy, podjazdy dla osób niepełnosprawnych) i pozostałymi niezbędnymi urządzeniami (biletomaty/kasowniki) [16]. W trakcie realizacji projektu budowy Szczecińskiej Kolei Metropolitalnej, który zgodnie z zawartymi umowami miał być zakończony do września 2022 r., wystąpiło szereg trudności na tle realizacji jego części związanej z infrastrukturą kolejową i w rezultacie terminu tego nie dotrzymano. Abstrahując od meritum sporów na tym tle, ich skutek finalny jest taki, że przy dalszym pozytywnym przebiegu projektu li-



1. Szczecińska Kolej Metropolitalna – projekt z lat 2014 – 2016.

Źródło: [16]

cząc od 2023 r. część kolejowa inwestycji może być dokończona w latach 2024 – 2025. W końcu 2022 r. Stowarzyszenie wystąpiło do CUPT o fazowanie zadania z podziałem zakresu na dwie fazy: fazę I – realizowaną do 31 grudnia 2023 r. na liniach kolejowych nr 273 do Gryfina, 351 do Stargardu i 401 do Goleniowa i fazę II – prace na linii kolejowej nr 406 do Polic, które mają być zrealizowane do 31 grudnia 2025 r. [10]. Na realizację fazy I zapewnione jest dofinansowanie z Programu Operacyjnego Infrastruktura i Środowisko 2014 – 2020. Natomiast na wykonanie prac objętych fazą II niezbędne jest dodatkowe dofinansowanie z Programu Fundusze Europejskie na Infrastrukturę, Klimat, Środowisko 2021 – 2027. Dodać należy iż szacunkowy koszt budowy SKM na początku 2023 r. wzrósł do kwoty ok. 1,184 mld zł, z czego przyznane już dofinansowanie środkami pomocowymi to 512 mln zł, a wnioskowana kwota na fazę II to 307 mln zł. W ciągu 2022 r. koszt wykonania zadania wzrósł o 335,7 mln zł, tj. o prawie 40% [10].

Realizowany nakładem ok. 4,4 mld zł projekt modernizacji linii E-59 na odcinkach Poznań – Szczecin to niewątpliwie największa inwestycja w infrastrukturze kolejowej we współczesnej historii Pomorza Zachodniego. Założeniem podstawowym moderni-

zacji całego odcinka linii jest znacząca poprawa dostępu towarów i podróźnych z Poznania i południowej Polski oraz południowej i środkowej Europy do nadbałtyckich portów morskich w Szczecinie i Świnoujściu poprzez dostosowanie do maksymalnej prędkości 160 km/h dla pociągów pasażerskich i do 120 km/h dla pociągów towarowych. Docelowo najkrótszy czas przejazdu pociągu pasażerskiego trasą 220 km pomiędzy Poznaniem Głównym a Szczecinem Głównym ma wynosić 1 godz. i 51 min. Cały projekt według wielu deklaracji PLK S.A. powinien zakończyć się w 2022 r. ale termin ten nie został dotrzymany. Zarządca infrastruktury oszczędnie wypowiada się co do terminu możliwego pełnego zakończenia projektu, natomiast niektórzy eksperci szacują, że może to być 2024 r. [9]. W trakcie realizacji projektu wystąpiły istotne utrudnienia w komunikacji kolejowej Szczecina z Poznaniem i resztą kraju, w szczególności z Warszawą. W porównaniu z czasami przejazdu pociągów ze Szczecina do Warszawy w czasie niewiele dłuższym niż 5 godz. sprzed modernizacji, w czasie jej trwania zwłaszcza w okresie całkowitego zamknięcia odcinka poznańskiego, przewoźnik oferował pasażerom 7, 8 godzinne lub nawet dłuższe czasy przejazdu do stolicy przez Rzepin ale też przez Wrocław lub

Gdynię, często przy tym nie zapewniając również wagonu barowego w pociągu. Wywołało to, przy ogólnym zrozumieniu i poparciu konieczności przeprowadzenia inwestycji, społeczną irytację i dezaprobatę dla takiego podejścia instytucji odpowiedzialnych za organizację komunikacji kolejowej oraz nieprzychylność mediów.

Projekt KPK 2023 pod nazwą „Poprawa dostępu kolejowego do portów morskich w Szczecinie i Świnoujściu” miał wielkie komplementarne znaczenie względem realizowanych inwestycji liniowych, w szczególności na linii E-59. W ujęciu rzeczowym projekt ten objął wybudowanie na stacji Szczecin Port Centralny 61 km torów, z czego blisko 5 km na terenie Portu Szczecin, modernizację 12 przejazdów kolejowo-drogowych, montaż ok. 180 nowych rozjazdów wraz z urządzeniami ich elektrycznego ogrzewania, budowę 50 km nowej sieci trakcyjnej a także centralizację sterowania ruchem w drodze likwidacji pięciu okręgów nastawczych i wybudowania nowej nastawni centralnej [17]. Natomiast na stacji Świnoujście Port wybudowano 35 km torów, z czego 2 km na terenie Portu Morskiego, zmodernizowano 10 przejazdów kolejowo-drogowych, wymieniono 108 rozjazdów i zbudowano 34 km nowej sieci trakcyjnej a także w ramach centralizacji sterowania ruchem zlikwidowano trzy okręgi nastawcze i wybudowano nową nastawnię centralną [17]. Dodać można, że projekt ten został zrealizowany przez jednego wykonawcę w zaplanowanym terminie, co niestety nie jest często spotykane w przypadku inwestycji w infrastrukturze liniowej. W przypadku niektórych projektów realizowanych na Pomorzu Zachodnim miało miejsce ich podzielenie na mniejsze zadania, które po przetargu obejmowali różni wykonawcy, jedni z większym inni z mniejszym potencjałem lub doświadczeniem. Hipotezą autorską w tej sprawie, którą w początkach 2023 r. trudno już byłoby zweryfikować, jest to, że duże rozproszenie wykonawców na wielkim projekcie inwestycyjnym znacząco zwiększa

ryzyko niedotrzymywanie terminów zakończenia projektu, co niewątpliwie miało miejsce na poznańskim odcinku linii E-59 do Szczecina.

Projekt rewitalizacji linii kolejowej nr 210 na odcinku Szczecinek – Runowo Pomorskie to kolejna ważna inwestycja w zakresie infrastruktury kolejowej Pomorza Zachodniego, mająca szczególne znaczenie dla przewozów pasażerskich w relacjach ze Szczecinka, Czaplinka, Złocienka i Drawska Pomorskiego do i ze Szczecina. Projekt był realizowany w dwóch etapach. Etap I w latach 2017 – 2019 obejmował w zakresie rzeczowym przywrócenie ruchu dwutorowego na odcinku Szczecinek – Łubowo (25 km) oraz zwiększenie maksymalnej prędkości pociągów pasażerskich do 120 km/h, co wymagało przebudowy 51 przejazdów kolejowo-drogowych i realizacji różnego rodzaju prac torowych na długości 70 km oraz modernizacji systemu sterowania ruchem kolejowym wraz z budową półsamoczynnej blokady liniowej na 5 szlakach a także budowy 16 peronów w pełni wyposażonych w wiaty, miejsca do siedzenia, informacje dla podróżnych i dostosowanych dla osób o ograniczonej mobilności [4]. Etap II rewitalizacji linii 210 zrealizowany w latach 2020 – 2021 dotyczył odcinka Czaplinka – Złocieniec (14 km) z głównym celem zwiększenia maksymalnej prędkości pociągów pasażerskich do 120 km/h oraz wybudowaniem urządzeń ulepszających jakość obsługi pasażerów [2]. Konieczność rewitalizacji linii 210 wynikała z wieloletnich zaniechań w jej utrzymaniu i eksploatacji w latach dziewięćdziesiątych minionego stulecia i w latach dwutysięcznych, co jest zupełnie niezrozumiałe w kontekście jej znaczenia nie tylko w przewozach pasażerskich, lecz również w przewozach wojskowych. Jest to bowiem podstawowa linia kolejowa obsługująca jeden z największych w Polsce poligonów wojskowych czyli poligon drawski i korzystają z niej dość intensywnie wojska sojusznicy przemieszczające się na ten poligon kolejną z portów w Gdyni i Szczecinie a także Wojsko Polskie przemieszczając

do Drawska Pomorskiego oddziały 12 Dywizji Zmechanizowanej od strony Szczecina, 16 Dywizji Zmechanizowanej z Elbląga od strony Chojnic czy 7 Brygady Obrony Wybrzeża w Słupsku.

Prace na liniach kolejowych nr 408 i 409 Szczecin Główny – Granica państwa (Tantow) to jeden z projektów krajowych KPK 2023, który nie został w pełni zrealizowany w planowanym terminie. O rozbudowie o drugi tor i elektryfikacji linii nr 408 i 409 prowadzących ze Szczecina w kierunku Berlina mówi się od wielu lat i wprowadza się optymistyczne plany ale faktyczne wykonanie tychże projektów przeciąga się w czasie. W 2022 r. rozstrzygnięto przetarg na wykonanie dokumentacji tej inwestycji z bardzo szerokim zakresem prac obejmującym modernizację całego odcinka z dobudową drugiego toru na odcinkach dotychczas jednotorowych (linia kolejowa nr 408 Szczecin Główny – Szczecin Gumieńce i nr 409 Szczecin Gumieńce – granica państwa (Tantow)). Ten ostatni ma być zelektryfikowany i dostosowany do prędkości 160 km/h dla pociągów pasażerskich i 120 km/h dla pociągów towarowych. Stacja Szczecin Gumieńce zostanie dostosowana do przyjmowania i wyprawiania pociągów o długości 750 metrów [3].

Planowana jest budowa bezkolizyjnych skrzyżowań dwupoziomowych w miejsce istniejących przejazdów kolejowo-drogowych m.in. w ciągu ul. Cukrowej (na linii kolejowej nr 408) oraz w ciągu drogi Przylep – Ostoja – Rajkowo – Szczecin (na linii kolejowej nr 409) a także trzech nowych przystanków osobowych: Szczecin Pomorzany Południowe, Warzymice, Przeclaw oraz stacji w Kołbaskowie, na której swój bieg będą kończyły pociągi aglomeracyjne. Rozpoczęcie prac budowlanych planowane jest na połowę 2024 roku. Zakończenie robót na linii kolejowej nr 409, stycznej ze stroną niemiecką, planowane jest do końca 2025 roku [3].

Ku lepszemu kolei na Pomorzu Zachodnim – perspektywy na lata 2030 - 2040

W 2021 r. zarządca infrastruktury kolejowej PLK S.A. opublikował dokument pod nazwą „Zamierzenia inwestycyjne na lata 2021 – 2030 z perspektywą do 2040 roku”, który ramowo określa wszelkie niezbędne, zdaniem zarządcy, przedsięwzięcia inwestycyjne na polskiej sieci kolejowej oraz na obszarach poszczególnych województw. W tabeli 1 zestawiono wskazane w przy-

Tab. 1. Zamierzenia inwestycyjne PLK S.A. w zakresie modernizacji i budowy linii kolejowych na obszarze Województwa Zachodniopomorskiego do 2040 r.

Projekty ponadregionalne i związane z CPK	Projekty regionalne
<ul style="list-style-type: none"> Prace na linii kolejowej nr 408 i 409 na odcinku Szczecin Główny - Szczecin Gumieńce - (granica państwa) - rozbudowa (sieć bazowa TEN-T) Prace na ciągu CE-59 na odcinku Świnoujście - Szczecin Dąbie - Szczecin Podjuchy - przebudowa (sieć bazowa TEN-T) Prace na ciągu CE-59 – linia kolejowa 273 na odcinku Rzepin - Szczecin Podjuchy – przebudowa (sieć kompleksowa TEN-T) Prace na ciągu transportowym Trójmiasto – Szczecin etap I: linia kolejowa nr 202 na odcinku Słupsk – Koszalin - budowa (sieć kompleksowa TEN-T) Prace na ciągu transportowym Trójmiasto - Szczecin etap II: linia kolejowa nr 402 na Koszalin – Goleniów - budowa Prace na ciągu transportowym Trójmiasto - Szczecin etap III: linia kolejowa nr 202 na odcinku Koszalin – Stargard – rozbudowa (sieć kompleksowa TEN-T) Utworzenie kolejowego dostępu do portu morskiego w Policach - budowa Prace na ciągu Gorzów Wlkp. - Szczecin obejmującym linie 415, 422 i 411 - budowa Prace na liniach kolejowych 404, 405 na odcinku Piła - Szczecinek - Kołobrzeg – przebudowa (CPK) Budowa linii Szczecin Dąbie - Szczecin Port Centralny – budowa (CPK) 	<ul style="list-style-type: none"> Rewitalizacja linii kolejowej nr 210 na odcinku Szczecinek – Runowo Pomorskie, Etap III - przebudowa Rewitalizacja linii kolejowej nr 405 odcinek Szczecinek - granica województwa - przebudowa Prace na linii kolejowej nr 403 Ulikowo - Piła na odc. gr. województwa – Ulikowo - przebudowa Rewitalizacja linii kolejowej nr 410 na odcinku Drawno - Choszczno - przebudowa Prace na linii kolejowej nr 407 Wysoka Kamińska - Kamień Pomorski - przebudowa Budowa nowych i modernizacja istniejących przystanków kolejowych na obszarze województwa Zachodniopomorskiego - budowa Włączenie do obsługi uzdrowiska Połczyn Zdrój - budowa Rewitalizacja linii kolejowej nr 210 Szczecinek - (Człuchów) - przebudowa Odtworzenie połączenia Złocieniec - Drawno - budowa Prace na linii kolejowej nr 418 Sławno - Darłowo z wydłużeniem do Darłówka - rozbudowa Odtworzenie połączenia Stargard – Myślibórz - budowa Modernizacja linii kolejowej nr 404 Szczecinek - Białogard – Kołobrzeg - przebudowa Prace na linii kolejowej nr 410 Grotniki Drawskie – Złocieniec - przebudowa

Źródło: [5]

wołanym dokumencie zamierzenia inwestycyjne na obszarze Województwa Zachodniopomorskiego.

Zakładając, że pominięcie w „Zamierzeniach ...” PLK S.A. wskazania na kontynuację projektu na linii nr 406 (Szczecińska Kolej Metropolitalna) jest jedynie formalnym uchybieniem i projekt ten będzie w pełni zrealizowany ponieważ został już rozpoczęty, pozostałe projekty wyszczególnione w tabeli – w opinii autora – bardzo trafnie określają wszelkie priorytetowe potrzeby inwestycyjne w zakresie infrastruktury kolejowej Pomorza Zachodniego, w szczególności dotyczące konieczności dokończenia modernizacji i przebudowy wszystkich odcinków linii E-59, CE-59, linii nr 202, 402, 405, 405, budowy odcinka Szczecin Dąbie – Szczecin Port Centralny oraz budowy zachodniej kolejowej obwodnicy Szczecina w celu utworzenia kolejowego dostępu do zakładów chemicznych i portu w Policach i wyeliminowania przewozów ładunków niebezpiecznych przez centralne dzielnice stolicy województwa. Podobnie trafnie zostały wskazane w dokumencie projekty regionalne niezbędne do realizacji w Województwie Zachodniopomorskim. Ogólnie biorąc, wskazane w „Zamierzeniach ...” PLK S.A. projekty są w wysokim stopniu zbieżne z oczekiwaniami regionalnej polityki transportowej wyrażonymi w dokumencie Urzędu Marszałkowskiego w Szczecinie z 2021 r. pod nazwą „Polityka transportowa Województwa Zachodniopomorskiego” [6]. Należy tu zaznaczyć, że dokument PLK S.A. jest jedynie wskazaniem na istniejące potrzeby dla opracowania oficjalnego rządowego programu inwestycyjnego w zakresie infrastruktury kolejowej, stąd np. nie znalazły w nim odzwierciedlenia niektóre koncepcje perspektywicznego rozwoju sieci kolejowej dużych prędkości, w tym postulowana przez zachodniopomorskie władze samorządowe budowa nowej linii KDP Gorzów – Szczecin [6]. Dodać tu można, iż taka możliwość – w dość odległej przyszłości – rysowałaby się wówczas, kiedy po doprowadzeniu

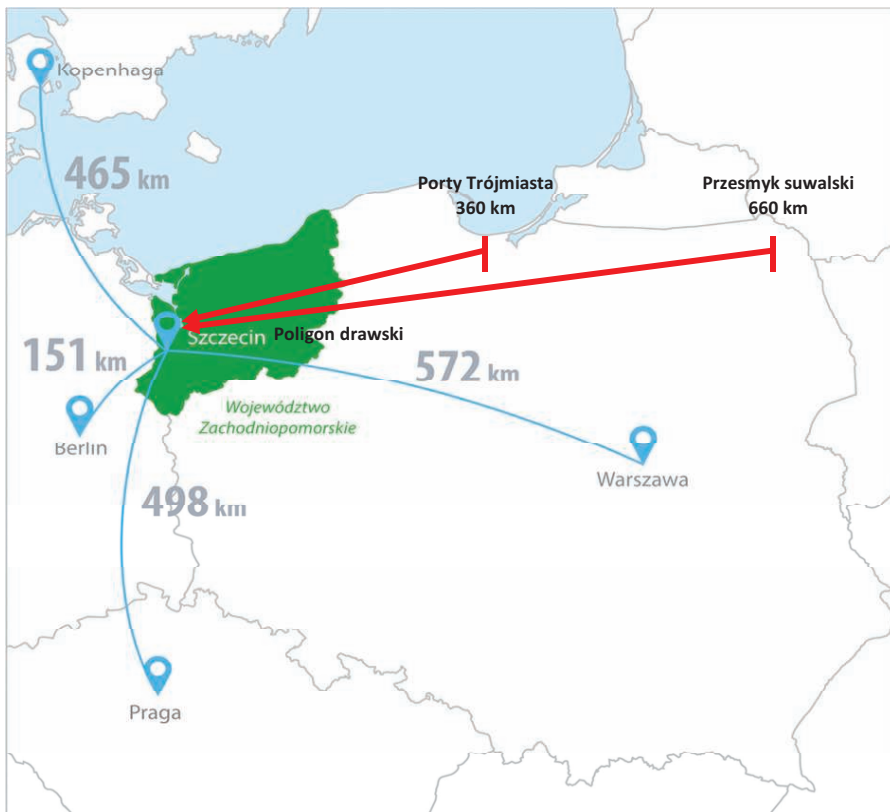
linii dużych prędkości do Poznania rząd podjąłby decyzję o rozbudowie polskiej sieci KDP w kierunku zachodnim np. do Gorzowa i dalej do Berlina oraz Szczecina, czego obecnie raczej nie można oczekiwać nawet w formie niewiążących deklaracji. Odnośnie tego połączenia kolejowego, należy jednak podkreślić, że dokument PLK S.A. dostrzega potrzebę jego budowy w zakresie brakujących odcinków linii konwencjonalnej nr 415 wraz z rewitalizacją linii nr 422 i 411, wpisując go na listę projektów ponadregionalnych [5].

W cytowanym dokumencie samorządu Województwa Zachodniopomorskiego umiejscowiono zamiar rozbudowy oraz częściowej rewitalizacji Nadmorskiej Kolei Wąskotorowej [6], która to na czynnym obecnie odcinku Pogorzela – Trzęsacz – Gryfice jest niewątpliwie atrakcją turystyczną, ale tego rodzaju projekty pozostają poza zainteresowaniem PLK S.A. Wydaje się więc, że koleje wąskotorowe pozostaną już polem zainteresowania władz samorządowych, które we własnym zakresie będą realizować modernizacyjne zabytkowych linii tego rodzaju. W omawianym przypadku władze samorządowe wskazują jednak na interesującą alternatywę, która może stać się w przyszłości zaczynem dla koncepcji budowy nowej, relatywnie krótkiej linii kolejowej na obszarze ciągnącego bezpośrednio do Szczecina wybrzeża Morza Bałtyckiego. Chodzi tu o linię jednotorową zelektryfikowaną nr 407 Wysoka Kamieńska – Kamień Pomorski, co do której dokument postuluje jej przedłużenie do Dziwnówka (8 km) a następnie budowę nowej linii normalnotorowej Dziwnówek – Trzebiatów do połączenia z linią 402 [6]. W ten sposób cały pas wzdłuż wybrzeża od Dziwnówka i Kamienia Pomorskiego przez Kołobrzeg do Koszalina uzyskałby w przyszłości bezpośrednie połączenie kolejowe, będące alternatywą dla wzmożonego w sezonie letnim ruchu samochodowego.

Reasumpcja i wnioski

Procesy modernizacji infrastruktury kolejowej Województwa Zachodniopomorskiego rozpoczęte w niewielkim zakresie w odniesieniu do linii regionalnych po akcesji Polski do Unii Europejskiej i następnie w szerszym zakresie obejmujące podstawowe linie kolejowe w województwie E-59, CE-59, nr 202, infrastrukturę dostępową do portów w Szczecinie i Świnoujściu oraz szereg pozostałych projektów w ramach Krajowego Programu Kolejowego do 2023 r. powinny być dokończone w bieżących latach, na co wskazano zarówno w dokumencie PLK S.A. „Zamierzenia inwestycyjne na lata 2021 – 2030 z perspektywą do 2040 roku” [5], jak też w dokumencie Urzędu Marszałkowskiego w Szczecinie z 2021 r. pod nazwą „Polityka transportowa Województwa Zachodniopomorskiego” [6]. Obydwa dokumenty wskazują, że w bieżących latach należy podejmować nie tylko modernizacje i rewitalizacje linii kolejowych, które powinny być możliwie w krótkim czasie zakończone, lecz również w niektórych przypadkach dobudowywanie drugich torów (np. linia nr 202, 402, 408) ale również budowy nowych odcinków linii kolejowych zarówno o charakterze ponadregionalnym, jak też regionalnym.

Modernizację podstawowych linii kolejowych Pomorza Zachodniego wraz z modernizacją kolejowej infrastruktury dostępowej do portów w Szczecinie i Świnoujściu, wprawdzie spóźnione co najmniej do dekadę w stosunku do realnych możliwości inwestycyjnych kraju, nabierają obecnie w czasach wojaskowej agresji Rosji na Ukrainę szczególnie dużego znaczenia, nie tylko ze społeczno-gospodarczego punktu widzenia generując oczywiście korzyści, lecz również z geopolitycznego punktu widzenia – zob. rysunek 2. W świetle hipotetycznego konfliktu zbrojnego krajów NATO – Polski i Krajów Bałtyckich z Rosją, czego nie można w pełni wykluczyć ze względu na agresywną postawę i neoimperialną politykę tego



2. Województwo Zachodniopomorskie – położenie geopolityczne.
Źródło: [14]

kraju, rosyjski Obwód Kaliningradzki jest obszarem kreującym szczególnie zagrożenie militarne. Jest to bowiem terytorium rosyjskie nad Morzem Bałtyckim stanowiące najdalej na zachód wysunięty ku Europie przyczółek o wysokim stopniu zmilitaryzowania, w szczególności nasycenia infrastrukturą wojskową, w tym również instalacjami broni jądrowej [1,7]. W razie hipotetycznego konfliktu z Rosją porty Trójmiasta, Gdynia i Gdańsk z powodu geograficznego położenia znajdują się w bezpośredniej strefie zagrożenia i w tej sytuacji jeszcze większego znaczenia obronnego nabierają oddalone o 360 km od Trójmiasta porty w Szczecinie i Świnoujściu ale także mniejsze porty pełnomorskie w Policach i Kołobrzegu. Nie trzeba szeroko uzasadniać, że te zachodniopomorskie porty w sytuacji hipotetycznego konfliktu mogłyby obsługiwać nie tylko normalne obroty handlowe kraju, ale również w szerokim zakresie wojska sojusznicy, które korzystając między innymi z linii kolejowej nr 210 ale również z autostrady A6, drogi ekspresowej S 6 a także z dróg S 3 i S 10 mogłyby prze-

mieszczać się na wschód, ku domniemanemu obszarowi koncentracji w rejonie poligonu drawskiego. ◀

Materiały źródłowe

- [1] J. Ciślak, Armia rosyjska – armia agresora: Wojsko w Obwodzie Kaliningradzkim (raport) – www.defence24.pl ((10.04.2023.))
- [2] J. Madrjas, NDI wraca na linię 210 – www.rynek-kolejowy.pl (30.05.2020.).
- [3] J. Madrjas, Startują przygotowania do elektryfikacji linii ze Szczecina do Berlina – www.rynek-kolejowy.pl (05.08.2022.).
- [4] NDI: Malownicza linia 210 już użytkowana – www.rynek-kolejowy.pl (30.10.2019.).
- [5] PKP POLSKIE LINIE KOLEJOWE S.A. – zamierzenia inwestycyjne na lata 2021-2030 z perspektywą do 2040 roku, Warszawa 2021 r.
- [6] Polityka transportowa Województwa Zachodniopomorskiego, Urząd Marszałkowski Województwa Zachodniopomorskiego,

Szczecin 2021 r. – www.wzp.pl (01.03.2023).

- [7] Potencjał militarny Federacji Rosyjskiej w obwodzie kaliningradzkim, komentarze Instytutu Europy Środkowej – www.ies.lublin.pl ((02.04.2023.))
- [8] Region w liczbach – www.coi.wzp.pl (01.03.2023)
- [9] J. Rösler, Od grudnia z Poznania do Szczecina jeździmy... dłużej – www.rynek-kolejowy.pl (24.01.2023.)
- [10] Szczecińska Kolej Metropolitalna donikąd – www.nik.gov.pl (30.01.2023.).
- [11] Uchwała nr 162/2015 Rady Ministrów z dnia 15 września 2015 r. w sprawie ustanowienia Krajowego Programu Kolejowego do 2023 roku wraz z załącznikiem – www.mi.gov.pl (01.02.2016.)
- [12] Uchwała Rady Ministrów nr 144/2016 dnia 23 listopada 2016 r. zmieniająca uchwałę w sprawie ustanowienia Krajowego Programu Kolejowego do 2023 roku wraz z załącznikiem – www.mi.gov.pl (16.01.2017.).
- [13] Uchwała nr 17/2019 Rady Ministrów z dnia 19 lutego 2019 r. zmieniająca uchwałę w sprawie ustanowienia Krajowego Programu Kolejowego do 2023 roku – www.mi.gov.pl (05.05.2019.).
- [14] Uchwała nr 110/2019 Rady Ministrów z dnia 17 września 2019 r. zmieniająca uchwałę w sprawie ustanowienia Krajowego Programu Kolejowego do 2023 roku – www.mi.gov.pl (10.01.2020.).
- [15] www.mapadotacji.gov.pl (30.03.2023.).
- [16] www.skm.szczecin.pl (15.12.2021.).
- [17] Zwiększają się możliwości linii kolejowych do portów w Szczecinie i Świnoujściu – www.rynek-kolejowy.pl (27.07.2022.).

Założenia budowy centrum badań i rozwoju obszaru monitoringu automatyki kolejowej

Building assumptions of a research and development center for the monitoring of railway automation



Radosław Zawierucha

Mgr

PKP Informatyka Sp. z o.o.

radoz72@gmail.com

Streszczenie: Artykuł zawiera wstępną analizę budowy Zespołu Badawczo-Rozwojowego (ZBR) w obszarze cyberbezpieczeństwa ze szczególnym uwzględnieniem analityki danych z systemów automatyki kolejowej. Opracowanie porusza zagadnienia organizacyjne, techniczne oraz biznesowe. Z racji doświadczenia własnego ostatnich lat pracy referat ten skonstruowany jest niejako z perspektywy operacyjnej i organizacyjnej spółki PKP Informatyka. Stąd wynika zakładany merytoryczny kontekst, otoczenie formalne, organizacyjne i legislacyjne przewidywanej domeny działania opracowywanego zespołu badawczo-rozwojowego. Praca opisuje zadania, metody badawcze, kompetencje i produkty zespołu badawczego. Samo przedsięwzięcie ma charakter projektowy – przewiduje więc pewne założenia, przyjmuje wybrane metodyki działania i zakłada osiągnięcie określonych wyników.

Słowa kluczowe: Zespół Badawczo-Rozwojowy; Cyberbezpieczeństwo; Automatyka Kolejowa

Abstract: The paper describes the initial analysis of the construction of the Research and Development Team (R&D) in the area of cyber security with particular emphasis on data analytics from railway automation systems. The study addresses organizational, technical and business issues. Due to the own experience of the last years of work, this paper is constructed from the operational and organizational perspective of PKP Informatyka. Hence the assumed substantive context, formal, organizational and legislative environment of the expected domain of operation of the research and development team under development. The work describes the tasks, research methods, competences and products of the research team. The project itself is of a project nature - it provides for certain assumptions, adopts selected methodologies and assumes the achievement of specific results.

Keywords: Research and Development Team; Cybersecurity; Railway Automation Systems

Definicje

Zespół Badawczo-Rozwojowy (ZBR): Zespół badawczo-rozwojowy w obszarze cyberbezpieczeństwa.

Badania podstawowe: Oryginalne prace badawcze eksperymentalne lub teoretyczne podejmowane przede wszystkim w celu zdobywania nowej wiedzy o podstawach zjawisk i obserwowalnych faktów bez nastawienia na bezpośrednio zastosowanie komercyjnego.

Badania stosowane/przemysłowe: Badania mające na celu zdobycie nowej wiedzy oraz umiejętności w celu

opracowywania nowych produktów, procesów i usług lub wprowadzania znaczących ulepszeń do istniejących produktów, procesów i usług; badania te uwzględniają tworzenie elementów składowych systemów złożonych, budowę prototypów w środowisku laboratoryjnym lub w środowisku symulującym istniejące systemy, szczególnie do oceny przydatności danych rodzajów technologii, a także budowę niezbędnych w tych badaniach linii pilotażowych, w tym do uzyskania dowodu w przypadku technologii generycznych.

CSIRT GOV: Zespół Reagowania na Incydenty Bezpieczeństwa Kompu-

terowego CSIRT GOV prowadzony przez Szefa Agencji Bezpieczeństwa Wewnętrznego

CSIRT MON: Zespół Reagowania na Incydenty Bezpieczeństwa Komputerowego działający na poziomie krajowym, prowadzony przez Ministra Obrony Narodowej, funkcjonujący w ramach Dowództwa Komponentu Wojsk Obrony Cyberprzestrzeni.

CSIRT NASK: Zespół Reagowania na Incydenty Bezpieczeństwa Komputerowego, działający na poziomie krajowym, prowadzony przez Naukę i Akademicką Sieć Komputerową – Państwowy Instytut Badawczy z

siedzibą w Warszawie.

Działalność badawczo-rozwojowa, B+R: Działalność badawcza i rozwojowa obejmuje pracę twórczą podejmowaną w sposób metodyczny w celu zwiększenia zasobów wiedzy. Termin obejmuje trzy rodzaje działalności: badania podstawowe, badania stosowane/przemysłowe i prace rozwojowe. Aby projekt dotyczący tworzenia oprogramowania został zaklasyfikowany jako B+R, warunkiem jego zakończenia musi być dokonanie postępu naukowego lub technicznego, a celem projektu musi być wyeliminowanie elementu naukowej lub technicznej niepewności w sposób metodyczny.

Innowacja: Wdrożenie nowego lub istotnie ulepszanego produktu (wyrobu lub usługi) lub procesu lub też nowej metody organizacyjnej, przy czym nowe procesy lub metody organizacyjne zostają wdrożone, kiedy rozpoczyna się ich faktyczne wykorzystywanie w działalności przedsiębiorstwa.

ISAC-Kolej: Centrum Wymiany i Analizy Informacji.

Laboratorium: Infrastruktura umożliwiająca uruchomienie środowiska testowego, dostosowanego do przeprowadzania najbardziej wymagających testów, badań i prac rozwojowych w dziedzinie bezpieczeństwa IT/OT.

PoC: Proof of Concept, prototypowa wersja docelowego rozwiązania, prezentująca jego możliwość zastosowania w organicznym zakresie lub z zawężonymi funkcjonalnościami.

Poziom gotowości technologicznej TRL: Metoda oceny zaawansowania projektów badawczo-rozwojowych. Wydziela ona dziewięć poziomów zaawansowania, przyporządkowanych odpowiednio do badań podstawowych (poziomy I), badań przemysłowych (poziomy II-VI)

i prac rozwojowych (poziomy VII-IX). Poziomy IX projektu badawczo-rozwojowego oznacza wytworzenie gotowego, produkcyjnego rozwiązania innowacyjnego.

Prace rozwojowe: Nabywanie, łączenie, kształtowanie i wykorzystywanie dostępnej aktualnie wiedzy i umiejętności z dziedziny nauki, technologii i działalności gospodarczej oraz innej wiedzy i umiejętności do planowania produkcji oraz tworzenia i projektowania nowych, zmienionych lub ulepszonych produktów, procesów i usług, z wyłączeniem prac obejmujących rutynowe i okresowe zmiany wprowadzane do produktów, linii produkcyjnych, procesów wytórczych, istniejących usług oraz innych operacji w toku, nawet, jeżeli takie zmiany mają charakter ulepszeń. Prace rozwojowe nie obejmują rutynowych i okresowych zmian wprowadzanych do produktów, linii produkcyjnych, procesów wytórczych, istniejących usług oraz innych operacji w toku, nawet, jeżeli takie zmiany mają charakter ulepszeń.

Stan techniki: Najwyższy powszechnie i publicznie znany poziom zaawansowania prac techniki, typu urządzenia czy dziedziny.

Zespoły kompetencyjne: Zespoły doświadczonych pracowników o odpowiednich kompetencjach i kwalifikacjach wyspecjalizowany w określonej dziedzinie.

Charakterystyka odbiorców i interesariuszy

- Interesariusze projektu
 - o Podmioty działające na rynku kolejowym w Polsce – przewoźnicy, operatorzy infrastruktury, producenci.
 - o Właściciele biznesowi;
 - o Opiekunowie systemów;
 - o Klienci końcowi świadczonych usług – podmioty gospodarcze.

- Odbiorcy/użytkownicy projektu
 - o Sieci i instytuty naukowe;
 - o Zespoły badawczo-rozwojowe;
 - o Zespoły CSIRT;
 - o CERT PKP Informatyka;
 - o SOC PKP Informatyka;
 - o Zespoły bezpieczeństwa Grupy PKP;
 - o Zespoły kompetencyjne;
 - o Spółki grup PKP i PKP PLK;
 - o Administratorzy i użytkownicy systemów;
 - o Zespoły CERT i SOC innych podmiotów.

Cel utworzenia Zespołu Badawczo-Rozwojowego (ZBR)

Celem budowy Zespołu Badawczo-Rozwojowego jest wytworzenie potencjału badawczego do opracowywania i wdrażania innowacyjnych rozwiązań w obszarze cyberbezpieczeństwa. W pierwszej kolejności, zadaniem ZBR będzie gromadzenie wiedzy o najnowszych trendach i stanie nauki oraz reagowanie na pojawiające się nowe wyzwania i potrzeby klientów. Na ich podstawie, ZBR będzie dokonywać rozpoznania i proponować zastosowania innowacyjnych rozwiązań zabezpieczeń cyberprzestrzeni w infrastrukturze macierzystej organizacji oraz w infrastrukturze odbiorców usług.

W celu zwiększania zasobów wiedzy oraz jego wykorzystania do tworzenia nowych innowacyjnych zastosowań, do zadań ZBR należeć będzie między innymi:

- Przegląd i analiza dotychczas stosowanych rozwiązań;
- Testowanie i badanie innowacyjnych rozwiązań;
- Utworzenie laboratoriów cyberbezpieczeństwa;
- Opiniowanie rozwiązań innowacyjnych.

Jedną ze zidentyfikowanych inicjatyw dla ZBR jest utworzenie laboratoriów cyberbezpieczeństwa. Wykorzystywane one będą w celach badawczych, treningowych oraz jako narzędzie promocji badań i rozwoju

w dziedzinie bezpieczeństwa cybernetycznego.

Na podstawie prac badawczych Zespołu Badawczo-Rozwojowego, przeprowadzane będą:

- Planowania wdrożeń nowych rozwiązań;
- Implementacja nowych rozwiązań.

Zespół Badawczo-Rozwojowy prowadzić będzie również prace spełniającą formalne wymogi działalności B+R, docelowo dążące do budowy rozwiązań o poziomie gotowości technologicznej IX. Do działań o tym charakterze zaliczyć można:

- Badania innowacyjne;
- Budowa innowacyjnych narzędzi i rozwiązań;
- Opracowywanie innowacyjnych frameworków i metodyk badań.

Dodatkowo, Zespół Badawczo-Rozwojowy będzie zaangażowany w działania popularyzatorskie, proces budowania kompetencji, czy budowania sieci współpracy z instytucjami czy ośrodkami badawczymi.

Korzyści i ryzyka wynikające z powołania zespołu B + R

Zidentyfikowano następujące korzyści wynikające z budowy Zespołu Badawczo-Rozwojowego:

- Centralizacja wiedzy na temat rozwiązań cyberbezpieczeństwa;
- Poprawa jakości świadczonych usług w zakresie cyberbezpieczeństwa;
- Podniesienie poziomu cyberbezpieczeństwa;
- Ocena skuteczności dotychczasowych rozwiązań;
- Budowa zwinnego systemu reakcji na potrzeby klientów;
- Opracowanie innowacyjnych rozwiązań;
- Wprowadzanie nowych produktów cyberbezpieczeństwa;
- Nawiązanie współpracy z jednostkami badawczo-rozwojowymi, naukowymi, uczelniami oraz zespołami badawczo-rozwojo-

wymi podmiotów podsektora kolejowego oraz obszaru bezpieczeństwa IT;

- Możliwość świadczenia usług badawczych i analitycznych w zakresie cyberbezpieczeństwa w podsektorze kolejowym;
- Współfinansowanie prac zespołu ZBR na zasadach grantowych poprzez przeprowadzenie formalnego procesu B+R.

Zidentyfikowano następujące zagrożenia wynikające z budowy Zespołu Badawczo-Rozwojowego:

- Brak możliwości zapewnienia i pozyskania odpowiednich kompetencji w zespole;
- Nieodpowiednie przydzielenie ról w zespole ZBR;
- Niewypracowanie rozwiązań innowacyjnych;
- Nieopracowanie raportowalnych i przejrzystych KPI;
- Nieoptymalnie zaprojektowana współpraca wewnętrzna oraz podmiotami w otoczeniu.
- Zbyt wysokie koszty utrzymania zespołu, nieskompensowane przychodami z działalności

Zadania, usługi i produkty wytwarzane przez ZBR

W ramach określonych celów utworzenia Zespołu Badawczo-Rozwojowego zidentyfikowano 4 podstawowe obszary zadań i usług i realizowanych przez ZBR.

- Działania analityczne
 - o Działania analityczne dotyczyć mogą analizy systemów oraz analizy podatności. Analiza podatności ma na celu wytworzenie wiedzy na temat podatności, idących za nią zagrożeń, oraz opracowanie środków zaradczych.
 - o Prowadzone będą również przeglądy i testy dotychczas stosowanych rozwiązań.
 - o ZBR będzie prowadzić również analizy nowych rozwiązań informatycznych z domeny cyberbezpieczeństwa w celu oceny ich jakości i zastosowalności w pod-

sektorze kolejowym.

- o Przykładowe produkty i działania:
 - Raporty z analiz incydentów;
 - Raporty z testów penetracyjnych;
 - Opinie i zalecenia o zastosowaniach nowych rozwiązań w Spółce.
- Działania prototypowe i wdrożeniowe
 - o Po pozytywnym zaopiniowaniu rozwiązań, ZBR będzie opracowywać plany wdrożeniowe oraz wytwarzać PoC.
 - o Zaaprobowane przez Klientów systemy bezpieczeństwa będą implementowane i parametryzowane.
 - o W ramach działań wdrożeniowych uwzględnione są również testy bezpieczeństwa i konsultacje.
 - o Przykładowe produkty i działania:
 - Plany wdrożeniowe;
 - Wdrożenia systemów cyberbezpieczeństwa;
 - Konsultacje klienckie;
 - Dokumentacje projektowe.
- Działania o charakterze B+R
 - o Budowa laboratorium cyberbezpieczeństwa.
 - o ZBR będzie wykorzystywać wiedzę, dane oraz doświadczenie zebrane w ramach pozostałych działań w celu prowadzenia kompleksowych prac badawczo-rozwojowych.
 - o Prowadzone analizy będą stanowić podstawę do badań podstawowych, pozwalających zidentyfikować innowacyjne rozwiązania wykrytych problemów badawczych.
 - o W ramach badań technologicznych przeprowadzane będą prace badawcze mające na celu doprowadzanie rozwiązań do IV poziomu gotowości technologicznej, tj. gotowości do testów laboratoryjnych.
 - o Docelowo innowacyjne rozwiązania opracowywane przez ZBR będą rozwijane do poziomu produkcyjnego a następnie wdraża-

- ne u Klientów.
- o Przykładowe produkty i działania:
 - Laboratorium cyberbezpieczeństwa;
 - Innowacyjne frameworki zarządzania incydentami bezpieczeństwa;
 - Innowacyjne narzędzia, np. automatyzujące badania czy analizatory logów;
 - Innowacyjne aplikacje.
- Działania popularyzatorskie i edukacyjne
- o Zespół Badawczo-Rozwojowy powinien wspierać zespoły CERT i w SOC w zadaniach powiązanych z popularyzacją wiedzy dotyczącej cyberbezpieczeństwa w podmiotach kolejowych.
- o Na podstawie wytworzonej wiedzy prowadzone będą warsztaty i szkolenia.
- o Dodatkowym produktem prac B+R będą artykuły, publikacje i biuletyny, promujące usługi Spółki i rozwijające stan wiedzy.
- o ZBR będzie również odpowiedzialne za współpracę z instytucjami naukowymi, innymi organizacjami B+R i sieciami badawczymi.
- o Przykładowe produkty i działania:
 - Publikacje z prac badawczych;
 - Biuletyny informacyjne;
 - Warsztaty i szkolenia promujące bezpieczeństwo w Spółce;
 - Szkolenia z wykorzystania pozytywnie zaopiniowanych technologii u Klientów.

Role i kompetencje Zespołu Badawczo-Rozwojowego

Zadania realizowane przez Zespół Badawczo-Rozwojowy wymagają budowy zespołu o interdyscyplinarnych kompetencjach. Ze względu na charakter pracy badawczo-rozwojowych, niezbędne jest połączenie wieloletniej praktyki zawodowej, wiedzy teoretycznej, jak również zdolności analitycznych i doświadczenia w zakresie projektów B+R.

W odniesieniu do powyższych wy-

magań, określono następujące stanowiska wchodzące w skład ZBR:

- Koordynator zespołu badawczo-rozwojowego;
- Analityk bezpieczeństwa;
- Architekt IT;
- Inżynier wdrożeniowy;
- Tester bezpieczeństwa;

Dla poszczególnych ról w Zespole Badawczo-Rozwojowym zidentyfikowano następujące kompetencje:

- Koordynator zespołu badawczo-rozwojowego:
 - o Doświadczenie w planowaniu procesu B+R;
 - o Umiejętność pisania dokumentacji projektowej i technicznej oraz raportów;
 - o Doświadczenie w zakresie agregacji, analizy i wizualizacji danych;
 - o Znajomość metodyki PRINCE 2 lub PMI PMP (raportowanie na poziomie projektu i portfela projektów);
 - o Umiejętność pisania artykułów naukowych, raportów, recenzji i streszczeń;
 - o Umiejętność prowadzenia analiz przedwdrożeńowych i projektowania procesów biznesowych;
 - o Umiejętność przygotowywania wniosków badawczych i wniosków/ofert o dofinansowanie;
 - o Znajomość SQL;
 - o Umiejętnością wykorzystania narzędzi projektowych;
 - o Znajomość narzędzi JIRA, Confluence.

- Analityk bezpieczeństwa:
 - o Zaawansowana wiedza z dziedzin: technologii sieciowych, systemów operacyjnych, technologii i rozwiązań bezpieczeństwa, standardów, norm i metodologii informatycznych, wykonywania testów penetracyjnych;
 - o Wiedza i doświadczenie w konfiguracji i administracji systemów operacyjnych Windows oraz Linux/Unix;
 - o Praktyczna znajomość zagrożeń sieciowych oraz systemów i

- technologii bezpieczeństwa: IDS, IPS, Firewall, WAF, SIEM, EDR, DLP, oprogramowania antywirusowego, sandbox, skanerów podatności, systemów antyspamowych;
- o Bardzo dobra znajomość protokołów: HTTP, HTTPS, SSH, FTP, SMTP, IMAP, POP, SNMP, WMI, syslog, NTP, DHCP, DNS, CIFS, NFS, itp.
- o Znajomość zagadnień kryptograficznych;
- o Umiejętność analizy złośliwego oprogramowania;
- o Doświadczenie w przeprowadzaniu analizy powłamiowej;
- o Zaawansowana wiedza w zakresie wykonywania testów penetracyjnych.
- o Minimum 2 lata w pracy na stanowiskach związanych z bezpieczeństwem IT;
- o Praktyczna znajomość zabezpieczeń stosowanych w systemach informatycznych oraz metod przeprowadzania ataków na systemy IT, sposobów obrony oraz narzędzi do analizy zdarzeń i wykrywania incydentów bezpieczeństwa.

- Architekt IT:
 - o Znajomość notacji UML;
 - o Analityczne myślenie oraz rozwiązywanie złożonych problemów;
 - o Umiejętności modelowania architektury rozwiązań;
 - o Znajomość architektury oraz bezpieczeństwa IT/OT (m.in. tworzenie modelu bazy danych, podział na komponenty, zastosowanie frameworków);
 - o Doświadczenie w programowaniu interfejsów w m.in. C#, Python;
 - o Umiejętnością wykorzystania narzędzi projektowych;
 - o Znajomość narzędzi JIRA, Confluence;
 - o Znajomość wzorców architektonicznych na potrzeby budowania architektury rozwiązania;
 - o Wiedza praktyczna z zakresu sieci LAN/WAN.

- Inżynier wdrożeniowy:
 - o Znajomość zagadnień konteneryzacji oraz CI/CD;
 - o Wiedza oraz doświadczenie w pracy ze środowiskami zwiertalizowanymi;
 - o Dobra znajomość rozwiązań IT (systemy operacyjne, systemy serwerowe, usługi teleinformatyczne);
 - o Doświadczenie w zarządzaniu MS SQL Server, Sharepoint, Exchange;
 - o Znajomość SQL;
 - o Bardzo dobra znajomość języków skryptowych (m.in. Python, bash, Perl);
 - o Minimum roczne doświadczenie we wdrożeniach systemów informatycznych.
- Tester bezpieczeństwa:
 - o Bardzo dobra znajomość protokołów TCP/IP oraz protokołów : HTTP, HTTPS, SSH, FTP, SMTP, IMAP, POP, SNMP, WMI, syslog, NTP, DHCP, DNS, CIFS, NFS, itp.;
 - o Minimum 2 lata w pracy na stanowiskach związanych z testowaniem bezpieczeństwa IT;
 - o Znajomość metodologii testów penetracyjnych (OWASP, WASC-TC, PTES, OSSTMM);
 - o Umiejętność pisania raportów technicznych;
 - o Znajomość zagadnień kryptograficznych;
 - o Znajomość testowania hardware technikami inżynierii wstecznej oprogramowania;
 - o Umiejętność testowania pod kątem bezpieczeństwa aplikacji mobilnych oraz API;
 - o Fizyczne testy bezpieczeństwa;
 - o Dobra znajomość języka skryptowego (m.in. Python, bash, Perl);
 - o Wiedza i doświadczenie w użytkowaniu systemów operacyjnych Windows oraz Linux/Unix.

Metodyka Zespołu Badawczo-Rozwojowego

Narzędzia badawcze

W ramach zadań i celów zidentyfikowanych dla ZBR, niezbędne będzie wykorzystanie odpowiednich narzędzi. Zgodnie z obecnym stanem techniki, w obszarze badań nad cyberbezpieczeństwem wykorzystywane są:

- Piaskownice: mechanizmy uruchamiania programów komputerowych w odizolowanych od reszty systemów środowiskach. Narzędzia te wykorzystywane są do uruchamiania programów potencjalnie niebezpiecznych lub pochodzących z niezauważanych źródeł.
- Wirtualne platformy sprzętowe: Wirtualizacja to sposób tworzenia odseparowanej warstwy sprzętu komputerowego za pomocą oprogramowania. Dzięki niej elementy sprzętowe jednego komputera — takie jak procesory, pamięć operacyjna, masa i nie tylko — można podzielić na wiele urządzeń wirtualnych, powszechnie nazywanych maszynami wirtualnymi (VM). Wykorzystywane są one m.in. do uruchamiania piaskownic.
- Fizyczne platformy sprzętowe: Komputery PC, serwery, urządzenia sieciowe.
- Analizatory ruchu sieciowego: Oprogramowanie do analizy ruchu sieciowego.
- Narzędzia programistyczne i projektowe: Programy komputerowe służące do tworzenia, projektowania, modyfikowania i testowania oprogramowania (np. kompilatory, debuggery).
- Dziedziny systemy informatyczne i automatyki przemysłowej: Wyspecjalizowane systemy IT/OT wykorzystywane w sektorze kolejowego.
- Dostęp do baz wiedzy: Wykorzystywanie dostępnych źródeł informacji, know-how.

Jednocześnie, weryfikacja, aktualizacja i rozbudowa listy narzędzi będzie należeć do kluczowych zadań ZBR.

Proces badawczy

W ramach podstawowych zadań ZBR wykorzystywana będzie metodyka wypracowana przez SOC i CERT. Podstawą dla działań ZBR stanowią będą frameworki i metryki dla zespołów CSIRT takie, jak standardy FIRST CSIRT czy metryki ochrony informacji NIST.

Podstawą dla prowadzenia prac badawczo-rozwojowych w zespole ZBR jest kierowanie się kryteriami definiującymi działalność B+R, to jest:

- Kryterium nowatorskości: w sektorze przedsiębiorstw, projekty B+R mają prowadzić do wyników nowych dla przedsiębiorstwa i rozwiązań niewykorzystywanych w branży. Spełnia je również wytwarzanie wiedzy na potrzeby nowych produktów czy procesów.
- Kryterium twórczości: projekt B+R opiera się na oryginalnych, nieoczywistych koncepcjach i hipotezach.
- Kryterium nieprzewidywalności: na początkowych etapach prac badawczych niemożliwe jest dokładne określenie rezultatów i kosztów prac. Oznacza to, że prototypy wytwarzane w ramach prac B+R mają na celu weryfikację hipotez, a nie uzyskiwanie certyfikatów technicznych czy prawnych.
- Kryterium metodyczne: działalność badawczo-rozwojowa prowadzona jest w sposób zaplanowany, z dokładną rejestracją przebiegu i wyników procesu.
- Kryterium odtwarzalności: wyniki projektu B+R powinny dawać potencjalną możliwość wykorzystania wytworzonej wiedzy czy rozwiązań innym zespołom badawczym.

W procesie badawczo-rozwojowym dodatkowo kluczowe jest dobranie odpowiednich metryk, pozwalających na precyzyjną ewaluację skuteczności opracowywanych rozwiązań.

Przykładowo, w zagadnieniu au-

tomatycznego wykrywania szkodliwego stosowane są metryki charakterystyczne dla problemów typu klasyfikacja w uczeniu maszynowym (jak precision, recall i F1 score). W zagadnieniu oceny skuteczności zestawów reguł w firewallach stosowane są metryki z domeny wytwarzania oprogramowania, takie, jak złożoność cyklomatyczna czy złożoność halstead, jak również unikalne metryki mierzące, np. poziom współzależności reguł.

Modele współpracy z Zespołem Badawczo-Rozwojowym

Model współpracy z zespołami SOC i CERT

Współpraca z SOC i CERT będzie odbywać się na zasadach wymiany informacji oraz doświadczeń z obszaru informatycznego oraz sieci. Model ten zakłada również przeprowadzanie badań zleconych przez w/w zespoły. Realizowane będą zadania z zakresu cyberbezpieczeństwa a jego wyniki przedstawiane będą na spotkaniach podsumowujących prace badawczo-rozwojowe.

Model współpracy z KPRM, MON, ABW, NASK PIB

Współpraca z organami właściwymi do spraw cyberbezpieczeństwa (CSIRT GOV, CSIRT MON, CSIRT NASK) i organami władzy publicznej w Rzeczypospolitej Polskiej przebiegać będzie na zasadach określonych w ustawie z dnia 5 lipca 2018 r. o krajowym systemie cyberbezpieczeństwa, jak również w myśl uchwały nr 125 Rady Ministrów z dnia 22 października 2019 r. w sprawie Strategii Cyberbezpieczeństwa Polski na lata 2019-2024.

Model współpracy z Instytutem Kolejnictwa, NASK, ISAC-Kolej, sieciami i innymi podmiotami badawczymi

Współpraca z ISAC-Kolej opierać się będzie na zasadach ustalonych w po-

rozumieniu o utworzeniu ISAC-Kolej zawartym przez Spółkę. Zespół Badawczo-Rozwojowy będzie przekazywał zidentyfikowane problemy zwiększające ryzyko wystąpienia incydentów cyberbezpieczeństwa, jak również wspomagał proces opracowywania polityk, procedur i standardów dostosowanych do potrzeb podsektora kolejowego.

W pracach B+R, Zespół Badawczo-Rozwojowy może wykorzystywać ekspertyzę badawczą w zakresie cyberbezpieczeństwa i podsektora kolejowego Naukowej i Akademickiej Sieci Komputerowej Państwowego Instytutu Badawczego (NASK), Instytutu Kolejnictwa i sieci badawczych na mocy obecnie obowiązujących, lub zawartych w tym celu umów. Równocześnie, ZBR może świadczyć usługi dla wyżej wymienionych instytucji, na przykład poprzez wspólne uczestnictwo w programach grantowych.

Zakończenie

Dla utrzymania żywotnych funkcji społecznych, zapewnienia bezpieczeństwa i ochrony obywateli niezbędna jest infrastruktura krytyczna. Jej uszkodzenie, zniszczenie lub zakłócenie w wyniku klęsk żywiołowych, terroryzmu, awarii, działalności przestępczej lub złośliwych zachowań, może mieć znaczący i negatywny wpływ na bezpieczeństwo i dobrostan obywateli. Infrastruktury krytyczne (IK) są niezbędne do zagwarantowania obywatelom Unii Europejskiej (UE) podstawowych funkcji gospodarczych i społecznych. Świadczone przez nie usługi, w połączeniu z ich transgranicznym charakterem i współzależnościami, sprawiają że infrastruktury krytyczne stają się coraz bardziej narażone na różnego rodzaju zagrożenia, nie tylko naturalne i przypadkowe (losowe), ale także celowe. Wraz z postępem technologicznym i głębokimi wzajemnymi połączeniami, zmienia się i ewoluuje krajobraz potencjalnych zagrożeń na terytorium UE, torując drogę do większej podatności na nie. Jednym z

rodzajów są cyberataki, które w przypadku wystąpienia zjawiska „awarii kaskadowej” dokonują sekwencyjnego uszkodzenia sieci. Awaria jednej (pojedynczej) części (elementu) danej infrastruktury krytycznej może doprowadzić do załamania się jej innych (kolejnych) części (ogniów, komponentów) a ostatecznie do poważnych uszkodzeń w całej sieci. Dodatkowo rosnąca zależność IK od zagranicznego postępu technologicznego (korzystanie i implementacja rozwiązań informatycznych spoza państw UE, głównie z Chin) stanowi kolejny czynnik złożoności oraz podatności na ataki i uszkodzenia z zewnątrz. Dotychczasowa ochrona infrastruktury krytycznych regulowana jest dyrektywą 2008/114/WE w sprawie rozpoznawania i wyznaczania europejskiej infrastruktury krytycznej oraz oceny potrzeb w zakresie poprawy jej ochrony¹(tzw. dyrektywą EIK), transponowaną do porządków prawnych poszczególnych państw członkowskich. Do polskiego porządku prawnego poprzez przyjęcie ustawy z dnia 29 października 2010 r. o zmianie ustawy o zarządzaniu kryzysowym. Natomiast obszar cyberbezpieczeństwa opracowuje dyrektywa UE NIS oraz NIS2.

Dyrektywa NIS została przyjęta 6 lipca 2016 r. Jest pierwszym europejskim prawem w zakresie cyberbezpieczeństwa. Dyrektywa nakłada na państwa członkowskie szereg obowiązków, obliguje je do powołania konkretnych instytucji oraz wprowadzenia mechanizmów współpracy. W Polsce jej zapisy realizuje ustawa o krajowym systemie cyberbezpieczeństwa (KSC) z 28 sierpnia 2018 roku. Obecnie oczekiwana jest implementacja w polskim ustawodawstwie zapisów dyrektywy NIS2 poprzez nowelizację ustawy o KSC, zwiększająca obowiązki i zadania podmiotów w zakresie zabezpieczeń przed cyberzagrożeniami.

Realizacja omawianych zadań wymaga działań zainteresowanych instytucji zgodnych z przedstawionym modelem współpracy. ◀

Uwarunkowania zastosowania systemów nadzoru i diagnostyki w systemach sterowania i telekomunikacji

Conditions for the use of supervision and diagnostic systems in control and telecommunications systems



Janusz Dyduch

Prof. dr hab. inż.

Uniwersytet Technologiczno-Humanistyczny w Radomiu
Wydział Transportu,
Elektrotechniki i Informatyki



Radosław Zawierucha

Mgr

PKP Informatyka Sp. z o.o.

radoz72@gmail.com

Streszczenie: Artykuł dotyczy istotnych uwarunkowań stosowania systemów nadzoru i diagnostyki w systemach sterowania i telekomunikacji. We wstępie omówiono czynniki wpływające na poprawne funkcjonowanie Systemów SRKI, zwrócono uwagę także na problem zakłóceń. W dalszej części scharakteryzowano problem niezawodności i bezpieczeństwa systemów sterowania, systemy raportowania awarii, a także diagnostyki technicznej. W oparciu o temat badawczy realizowany w ramach NCBiR zaprezentowano rozwiązania nowej technologii wdrożenia na liniach kolejowych oraz specyfikację struktury systemu wspomagania. Wskazano modele badań oparte na symulacjach, systemach eksperckich, statystycznych. Opisano korzyści płynące z realizacji projektu.

Słowa kluczowe: Systemy nadzoru; Diagnostyka; srk; Sterowanie; Telekomunikacja

Abstract: The article concerns the essential conditions of the use of supervision and diagnostic systems in control and telecommunications systems. In the introduction, the factors affecting the correct functioning of the SRKI Systems were discussed, attention was also paid to the problem of interference. In the following part, the problem of reliability and safety of control systems, failure reporting systems, as well as technical diagnostics is characterized. Based on the research topic carried out as part of the National Center for Research and Development, solutions for a new technology for implementation on railway lines and a specification of the structure of the support system were presented. Research models based on simulations, expert and statistical systems were indicated. The benefits of the project were indicated.

Keywords: Surveillance systems; Diagnostics; rm; Control; Telecommunication

Wstęp

Działalności człowieka wprowadzone zostały sztuczne czynniki kształtujące. Na skutek powstania niezliczonych źródeł promieniowania i zakłóceń nastąpiły poważne zmiany w środowisku elektromagnetycznym. Rozwój elektrotechniki i elektroniki spowodował wprowadzenie niezliczonych sztucznych źródeł promieniowania elektromagnetycznego niejonizującego, emitujących pola w bardzo szerokim zakresie częstotliwości. Od nowoczesnych systemów sterowania i telekomunikacji wymaga się m. in. miniaturyzacji, ograniczonego poboru energii elektrycznej i dużej niezawodności działania. Wprowadzenie tych ograniczeń skutkuje tym, że poziom

sygnałów użytecznych urządzeń wykorzystywanych w Systemach SRKI (np. czujka, moduły, itd.) może być porównywalny z poziomem zakłóceń generowanych np. przez stacjonarne i ruchome źródła zakłóceń (np. stacje: bazowe, radiowe i telewizyjne TV, linie średnich i wysokich napięć, stacje transformatorowe, urządzenia elektryczne powszechnego użytku, pojazdy trakcyjne, itd.). Dlatego takim ważnym problemem jest ciągłe diagnozowanie stanu środowiska elektromagnetycznego przy wprowadzaniu nowych urządzeń i systemów, których moc znamionowa jest duża, np. zmiana mocy stacji transformatorowej, zastosowanie silników napędowych o większej mocy w pojazdach trakcyjnych, zwiększenie mocy nadaj-

ników stacji telefonii komórkowej. Problemem zakłóceń elektromagnetycznych pojawił się we wczesnym okresie rozwoju radiofonii.

Poprawne funkcjonowanie Systemów SRKI uzależnione jest od:

1. niezawodności poszczególnych części składowych tworzących system;
2. wewnętrznej struktury niezawodnościowej;
3. przyjętych do realizacji strategii eksploatacji;
4. zakłóceń oddziaływujących na procesy eksploatacji.

Systemy SRKI instalowane na rozległym obszarze kolejowym i w obiektach budowlanych są narażone na oddziaływanie zakłóceń, których źródłem

są obiekty ruchome (pojazdy trakcyjne), jak i cała elektryczna i elektroniczna infrastruktura obszaru kolejowego: zasilanie trakcyjne, elektroenergetyczne stacje transformatorowe, inne systemy sterowania ruchem kolejowym i telekomunikacji. Duży poziom zakłóceń może być przyczyną wystąpienia zaburzenia w działaniu układów cyfrowych, systemów mikroprocesorowych z których zbudowane są systemy bezpieczeństwa, sterowania i telekomunikacji.

Na obszarze kolejowym występują zakłócenia o różnych częstotliwościach i amplitudach. Trakcja elektryczna i stacje transformatorowe generują zakłócenia z zakresu małych częstotliwości, natomiast urządzenia impulsowe wykorzystywane do rozruchu pojazdów trakcyjnych generują zakłócenia bardzo szerokim widmem częstotliwości. Zagadnienie odporności na zakłócenia systemów bezpieczeństwa i sterowania, a tym samym zapewnienie bezpieczeństwa ruchu kolejowego, nabiera szczególnego znaczenia przy wprowadzeniu przez operatorów do ruchu elektrowozów o dużych mocach. Problem zakłóceń pojawił się we wczesnym okresie rozwoju radiofonii. Obecnie na obszarze kolejowym wykorzystuje się urządzenia elektroniczne zarówno analogowe jak i cyfrowe, które same podczas pracy wytwarzają niezamierzone pola elektromagnetyczne i są narażone na zewnętrzne pola wytwarzane przez inne urządzenia. Szerokie zainteresowanie niekorzystnym oddziaływaniem pól elektromagnetycznych z różnych zakresów częstotliwości na organizm ludzki i pracę urządzeń elektronicznych nastąpiło z chwilą wprowadzenia przez Unię Europejską dyrektywy dotyczącej kompatybilności elektromagnetycznej. Określenie warunków dopuszczalnych wobec oddziaływania zewnętrznych pól elektromagnetycznych na pracę urządzeń elektronicznych oraz sprzętu zawierającego układy elektroniczne zdefiniowano jako kompatybilność elektromagnetyczną.

Sieć kolejowa, zrównoważonym środkiem transportu

Transport kolejowy jest częścią polityki zrównoważonej mobilności w strukturach całej Unii Europejskiej. Globalne i całościowe podejście do wprowadzania swobodnej konkurencji w ramach określonych norm technicznych, norm bezpieczeństwa i przede wszystkim ochrony środowiska naturalnego, zapewnia ciągle próby wdrożenia nowatorskiego podejścia w celu zwiększenia dostępności linii kolejowych i zapewnienia relatywnie krótkiego czasu realizacji usługi transportowych oraz poprawę punktualności przyjazdu w miejsce docelowe. W celu zapewnienia realizacji kolejowych usług transportowych na najwyższym poziomie i umiejętne konkurowanie z transportem drogowym koniecznym staje się poprawa ciągłej wiedzy z zakresu stanu technicznego wszystkich urządzeń systemów sterowania ruchem kolejowym.

Najnowszy raport w sprawie bezpieczeństwa przygotowany przez Urząd Transportu Kolejowego [26] za 2019 rok na liniach kolejowych zarządzanych przez PKP Polskie Linie Kolejowe S.A., przedstawia wykaz wskaźników odnoszących się do zdarzeń mających największy wpływ na wypadki i katastrofy kolejowe. Powyższy dokument zawiera między innymi dane o stanie bezpieczeństwa na przejazdach kolejowo-drogowych, zwracając szczególną uwagę na przejazdy w kategorii D.

Budowa komputerowych centrów zarządzania siecią kolejową (TEN) [25] z całą pewnością zwiększy zakres dostarczanych usług transportu kolejowego w odniesieniu do transportu samochodowego. Obecne zastosowanie globalnych, inteligentnych systemów zarządzania ruchem kolejowym jest realizowane przez ERTMS [13], natomiast realizowane zadania nie sprowadzają się do każdego typu kolejowego punktu eksploatacyjnego.

Niezawodność i bezpieczeństwo systemów sterowania ruchem kolejowym

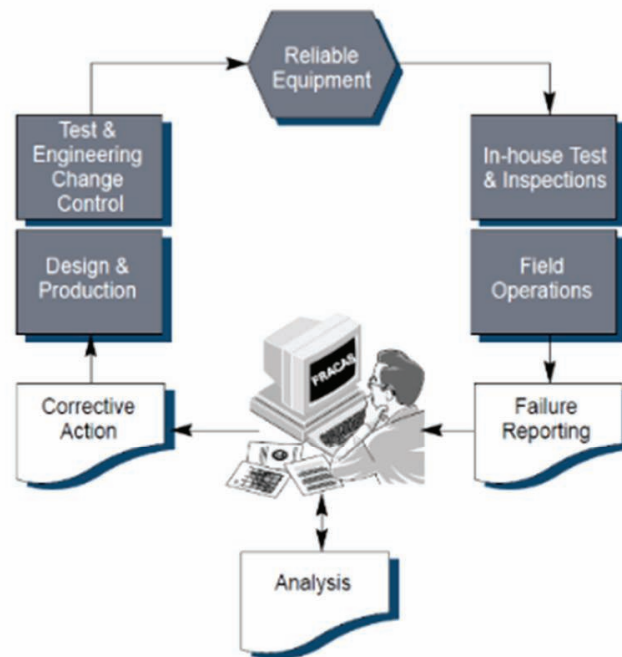
Nie ulega wątpliwości, że eksploatowane systemy sterowania ruchem kolejowym (srk), nie tylko te przeznaczone dla dużych prędkości, muszą być bezpieczne i niezawodne. Zarządzanie niezawodnością we wszelkiego rodzaju systemach technicznych zdefiniowano w serii norm PN-EN 60300 [22] od podstawowych pojęć do wytycznych stosowania procedur zarządzania niezawodnością. Natomiast wymaganiami dotyczącymi niezawodności, dostępności, podatności utrzymaniowej i bezpieczeństwa (RAMS - reliability, availability, maintainability, safety) technicznych systemów kolejowych zajmują się normy PN-EN 50126, 50128, 50129 i 50159 [23]. Kolejowe dokumenty szczegółowe z zakresu RAMS odnoszą się zazwyczaj albo do RAM czyli niezawodności w jej różnych wymiarach albo do bezpieczeństwa rozumianego jako bezpieczeństwo techniczne (safety) a nie bezpieczeństwo osób i mienia (security).

Analizując niezawodność i bezpieczeństwo należy pamiętać, że cały system sterowania ruchem kolejowym definiuje się jako zbiór urządzeń, dostosowanych do struktury obszaru kolejowego, realizujących sterowanie automatyczne lub przy udziale operatorów (np. dyżurnych ruchu), które to urządzenia muszą być zbudowane zgodnie z obowiązującymi przepisami i który to podsystem obejmuje także urządzenia łączności oraz tam gdzie jest to konieczne inne urządzenia wspomagające oraz operatorów i prowadzoną przez nich dokumentację. Praktyczna definicja srk to system, który w każdych warunkach eksploatacyjnych ma zapewnić bezpieczne sterowanie ruchem kolejowym, czyli w szczególności ma nie dopuścić do zderzeń czołowych pociągów, do najechania przez pociąg na tył innego pociągu, do zderzeń pociągów na rozjazdach w tym wtargnięć pojazdów kolejowych z bocznic na tory główne,

do wykolejenia wskutek przestawienia zwrotnicy pod jadącym pociągiem, do zderzeń z pojazdami drogowymi na przejazdach kolejowo-drogowych, czy do przekroczeń prędkości i przejazdu pojazdów kolejowych poza koniec drogi, która została im udostępniona.

Relacja pomiędzy niezawodnością i bezpieczeństwem

System sterowania ruchem kolejowym to system bezpieczeństwa aktywnego, który jako całość musi być systemem bezpiecznym. Jego bezpieczeństwo osiąga się stosując w całym okresie życia systemu dwie zasady. Zasadę fail-safe (zasadę uszkodzony-bezpieczny) i wymóg zapewnienia poziomu integralności bezpieczeństwa SIL 4. Zasadę fail-safe stosuje się w transporcie kolejowym powszechnie. Systemy i urządzenia w wyniku uszkodzenia mogą przechodzić do stanu zawodności sprawności, ale nie do stanu zawodności bezpieczeństwa. Podobnie urządzenia sterowania ruchem konstruowane są tak, aby w sytuacji awarii zamiast sygnału zielonego na sygnalizatorze świetlnym mógł zostać wyświetlony sygnał ograniczający prędkość np. pomarańczowy, czy wręcz sygnał zabraniający jazdy - sygnał STÓJ. W tworzonej specyfikacji wymagań bezpieczeństwa wyróżnia się wymagania funkcjonalne bezpieczeństwa czyli takie, w odniesieniu do których zastosowanie zasady fail-safe jest możliwe i wystarczające oraz wymagania integralności bezpieczeństwa, czyli takie, w odniesieniu do których konieczne jest przeprowadzenie szczegółowej analizy wpływu uszkodzeń losowych i uszkodzeń systematycznych na bezpieczeństwo urządzenia. Uszkodzenia losowe to uszkodzenia wynikające na przykład z wad materiałów. Uszkodzenia systematyczne to uszkodzenia wynikające z błędów ludzkich, które mogą mieć miejsce na różnych etapach życia urządzenia - na przykład błędy projektantów, wykonawców, czy personelu utrzymaniowego. W pierwszym



1. Metodologia FRACAS

przypadku definiuje się wymagania jakościowe i niezawodnościowe a w drugim różnego rodzaju wymagania proceduralne. W tym przypadku konieczne jest zastosowanie metodologii FRACAS (Failure Reporting, Analysis and Corrective Actions System. Raportowanie awarii, analiza i system działań naprawczych).

Raportowanie awarii, analiza i system działań naprawczych

Raportowanie awarii, analiza i system działań naprawczych (FRACAS) (rys. 1) jest ścieżką sprzężenia zwrotnego w zamkniętej pętli, w której użytkownik i dostawca współpracuje w celu zbierania, rejestrowania i analizowania awarii zarówno sprzętu i oprogramowania. Użytkownik przechwytuje dane o wszystkich problemach i przekazuje dane dostawcy.

Wszystkie zdarzenia lub wyniki odbiegające od założonych wartości nominalnych, które wystąpią podczas eksploatacji i testów powinny być zgłaszane zgodnie z ustanowioną procedurą, która obejmuje zbieranie i rejestrowanie informacji dotyczących konserwacji w celach zapobiegawczych lub naprawczych oraz czas potrzebny do realizacji zadań. Dane zawarte w raportach powinny zostać

zweryfikowane i przekazywane na formularzach do odpowiedniego sprzętu lub oprogramowania.

Kolejnym procesem jest analiza, która ma za zadanie określić podstawową przyczynę niepowodzenia do zakresu, w jakim można zidentyfikować przyczynę źródłową niezgodności. Zastosowane metody w analizie przyczyn źródłowych mogą być następujące:

- Burza mózgów
- Histogram
- Analiza Pareto
- FMEA
- Analiza trendów
- Diagram drzewa błędów
- Diagram przyczynowo - skutkowy

Wyniki i wnioski są dokumentowane oraz należy podjąć działania naprawcze. Plan powinien zostać opracowany i wdrożony aby wyeliminować lub zmniejszyć liczbę powtórzeń awarii. W sytuacji wystąpienia awarii systemowych konieczne jest ponowne zaprojektowanie, prace symulacyjne i homologacja przed przekazaniem do eksploatacji. System uczy się permanentnie.

Niezawodność systemów sterowania ruchem kolejowym

Potwierdzenie zgodności na spełnienie wymagań SIL 4, poprzez dowód bezpieczeństwa całego systemu sterowania ruchem kolejowym jest realizowany w taki sposób aby wynikające z niezawodności całego układu prawdopodobieństwo wystąpienia niebezpiecznego uszkodzenia było mniejsze od współczynnika tolerowanego zagrożenia na godzinę i na funkcję pracy układu. Dla SIL 4 wartość współczynnika określono jako mniejszą od 10^{-8} ($10E-8$). Oznacza to, że statystycznie uszkodzenie funkcji takie nie może występować częściej niż raz na 10 000 000 godzin ciągłej pracy. Dla spełnienia wymagań dotyczących uszkodzeń systematycznych układy takie wyposaża się w zdalne systemy diagnostyczne realizujące ciągłą kontrolę poprawności pracy układu. W przypadku części rozwiązań technicznych zdalna diagnostyka jest integralną częścią systemu.

Analizując wpływ uszkodzeń urządzeń sterowania ruchem kolejowym na eksploatację za szczególnie pomocny parametr uznać należy opóźnienia w ruchu pociągów powodowane przez uszkodzenia. Za dane wyjściowe do takiej analizy przyjęto dane zebrane dla potrzeb analizy RAMS przez ERTMS ujęte w dokumencie definiującym wymagania w zakresie niezawodności i bezpieczeństwa europejskiego systemu zarządzania ruchem kolejowym. Zgodnie z tym dokumentem uznaje się, że pociąg jest opóźniony jeżeli opóźnienie przekracza 1 minutę na całej długości trasy pociągu, przyjmuje się, że:

- o prawdopodobieństwo opóźnienia pociągu wynosi 15%
- o prawdopodobieństwo, że przyczyną opóźnienia jest usterka techniczna wynosi 40%
- o prawdopodobieństwo, że usterka techniczna jest ustereką systemu sterowania wynosi 30%
- o prawdopodobieństwo, że w ramach systemu sterowania przyczyną jest uszkodzenie Europejskiego Systemu Zarządzania Ruchem Kolejowym wynosi 15%

Dostępne dane dotyczące uszkodzeń systemów sterowania pozwalają na przyjęcie prawdopodobieństwa, że przyczyną uszkodzenia systemu sterowania:

- o jest uszkodzenie urządzeń lub systemów kontroli niezajętości wynosi 10%
- o jest brak możliwości ustawienia zwrotnicy rozjazdu we właściwym położeniu wynosi 5%
- o jest uszkodzenie układów zależnościowych (nastawnicy, blokady) wynosi 3%
- o jest obraz na sygnalizatorze świetlnym wymagający interwencyjnego ograniczenia prędkości (np. przepalenie żarówki lub interwencyjne ograniczenie prędkości wynikające z obrazu sygnałowego wyświetlonego na tarczy ostrzegawczej przejazdowej) wynosi 65%
- o jest uszkodzenie systemu bezpiecznej kontroli jazdy (np. systemu transmisji elektronicznych zezwoleń do pojazdów) wynosi 15%
- o jest inne uszkodzenie systemu sterowania 2%

Prawdopodobieństwo opóźnienia pociągu z powodu awarii na sygnalizatorze świetlnym wynosi więc około setnej części procenta $P_o = 0.15 * 0.4 * 0.3 * 0.65 = 0,011$ na całej długości trasy pociągu z uwzględnieniem przejazdu przez wszystkie sygnalizatory świetlne na takiej trasie.

Do głównych elementów tradycyjnego systemu sygnalizacji i sterowania należą:

- Urządzenia do wykrywania pociągów
- Obwody torowe
- Liczniki osi
- Detektory masy
- Systemy bezpieczeństwa
- Sygnalizacja w kabinie
- Interlocking
- Zasady eksploatacji
- Sygnały stałe
- Sygnały mechaniczne
- Kolorowe sygnały świetlne
- Sygnalizacja tras i prędkości
- Sygnalizacja blokowa
- Scentralizowana kontrola ruchu
- Rozkład jazdy i kolejność pociągów

Najważniejsze elementy, które należy monitorować w systemach sygnalizacji i sterowania to:

- Napędy zwrotnicowe;
- Systemy sygnalizacji;
- Obwody torowe;
- Liczniki osi;
- Przejazdy kolejowo - drogowe

System diagnostyki urządzeń i procesów technologicznych

Podstawowym problemem zagadnień niezawodnościowo-eksploatacyjnych jest wyznaczenie wartości funkcji nie-

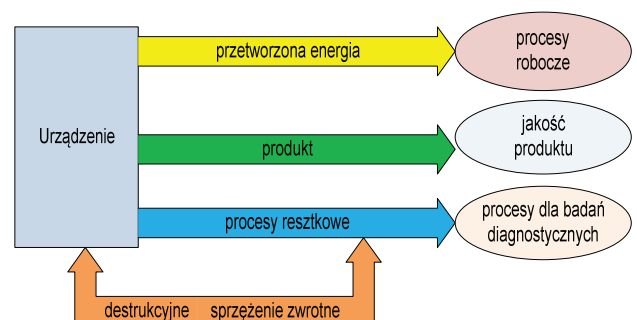
Parametry niezawodnościowe:

- MTTF** - średni czas do uszkodzenia - dla systemów nieodnawialnych;
- MDTF** - średni dystans do uszkodzenia - dla systemów nieodnawialnych;
- MTBF** - średni czas pomiędzy uszkodzeniami - dla systemów odnawialnych;
- MDBF** - średni dystans pomiędzy uszkodzeniami - dla systemów odnawialnych.

Ocena typu awarii oraz MTBF – niezawodność

Kategoria awarii	Typ awarii systemu	Efekt w eksploatacji	MTBF (w godz., latach lub km)
Generalna	Całkowita awaria	Eksploatacja niemożliwa	
Ważna	Awaria krytycznego elementu funkcjonalnego	Eksploatacja awaryjna 1	
Drugorzędna	Awaria niekrytycznego elementu funkcjonalnego	Eksploatacja awaryjna 2	
Pomijalna	awaria nieistotnego elementu funkcjonalnego	Normalna eksploatacja	

2. Parametry niezawodności systemu



3. Parametry wykorzystywane do oceny stanu urządzenia

zawodności $R(t)$. Najprostszym sposobem jest analiza przebiegu procesu eksploatacji urządzenia lub procesu technologicznego i wyszczególnienie w nim przypadków występowania awarii, ich częstotliwości i przyczyn. Na tej podstawie możliwe jest określenie odstawowych parametrów niezawodnościowych, do których zalicza się: prawdopodobieństwo działania, intensywność uszkodzeń, oczekiwany średni czas pomiędzy uszkodzeniami, średni czas napraw, itp. Parametry niezawodności systemu w zależności od podziału na systemy odnawialne i nieodnawialne oraz ocenę typu awarii pokazuje rys. 2.

W przypadku złożonych systemów technicznych problem niezawodności jest uwarunkowany wieloma czynnikami, których znaczenia i wpływu na bieżące funkcjonowanie środków technicznych nie jesteśmy w stanie do końca poznać, ani oszacować. Wynika to z braku możliwości prowadzenia dostatecznie szczegółowych analiz i modelowania tak procesu produkcyjnego, jak i zjawisk niezawodności. Dodatkowym problemem jest fakt, że dynamicznie prowadzone procesy są procesami stochastycznymi, które nie do końca pozwalają się modelować czy przewidywać i to niezależnie od przestrzegania zasad polityki niezawodności. Niezależnie więc od poziomu świadomości technicznej, ważnym składnikiem procesu utrzymania są systemy diagnostyczne urządzeń i systemów technicznych. Wykorzystywane są standardowo układy pomiaru przeciążeń napędów i dopuszczalnych temperatur pracy urządzeń i ich układów sterowania. Wyniki prowadzonej diagnostyki eksploatacyjnej pozwalają na wypracowanie informacji związanych z bieżącą obsługą urządzeń dla:

- Operatorów - informacje dotyczące stopnia sprawności maszyny, przewidywanych okresów pracy bezawaryjne,
- Służb remontowych, wskazujące miejsce awarii i jej przyczynę.

Dzięki takiemu podejściu możliwe jest realizowanie w sposób ciągły zadań

monitorowania stanów urządzeń i ich diagnostyki, co w kontekście przyjętego modelu niezawodnościowego, opisującego analizowany proces techniczny, pozwala na bezpośrednią ocenę stanu prowadzonego procesu, pozwalającymi na wykrycie i rozpoznanie stanów awaryjnych urządzeń, ustalenie ich miejsca i przyczyn. Wykrycie stanów oraz zjawisk prowadzących do powstania awarii sygnalizowane jest w tych systemach odpowiednim alarmem. Sygnał wykrycia awarii jest ponadto dostarczany dla operatora lub dyspozytora systemu. Działania takie pozwalają na ograniczenie skutków ewentualnych awarii lub umożliwiają ich uniknięcie.

Wiedza o sygnałach i symptomach świadczących o stanie diagnozowanego obiektu obejmuje zarówno sygnały nieodłącznie związane z pracą obiektu, jak również sygnały np. generowane w sztucznie wymuszonym stanie. Niezbędna staje się wtedy znajomość metod generacji sygnałów, ich przetwarzania, jak i tworzenia diagnostycznie zorientowanych symptomów stanu obiektu. Zastosowanie symptomów ma szczególne znaczenie w diagnostyce technicznej. Obserwacja procesów resztkowych towarzyszących funkcjonowaniu obiektów może zostać wykorzystane wg podstawowego modelu istnienia jednoznacznej zależności między stanem technicznym a mocą procesów resztkowych, takich jak: drgania, hałas, promieniowanie cieplne, itp. Jest ona na ogół niemierzalna, stąd o stanie technicznym wnioskuje się pośrednio, na podstawie mierzalnych symptomów, powiązanych z mocą procesów resztkowych.

Diagnostyka techniczna urządzeń

Aby urządzenia znajdowały się w stanie stałej zdadności do użycia, należy poddawać je ciągłej obserwacji. Należy obserwować i lokalizować ewentualne uszkodzenia lub zużywanie się podzespołów urządzeń, a następnie usuwać zauważone usterki. W celu odpowiedniego zaplanowania i zreali-

zowania procesów obsługi urządzenia niezbędne jest uzyskanie odpowiednich o nim informacji. Informacje te powinny być wiarygodne i przedstawiać aktualny stan urządzeń oraz przedstawiać prognozy o przyszłych ich stanach. Uzyskanie takich informacji odbywa się za pomocą metod diagnostyki technicznej.

Przeprowadzenie diagnozowania polega na ocenie stanu urządzenia w sposób pośredni, przez porównanie zmierzonych sygnałów diagnostycznych z ich wartościami nominalnymi. Wytwarzane sygnały diagnostyczne nazywamy symptomami, dzięki którym można zobaczyć zaistniałe uszkodzenie. Diagnostyka opiera się na symptomach umożliwiających ocenę stanu technicznego diagnozowanego urządzenia.

Dokonywanie oceny stanu urządzenia może odbywać się przez:

- monitorowanie sposobem ciągłym lub okresowym parametrów procesów roboczych,
- ocenę jakościową wytworzonego produktu lub efektu działania,
- obserwowanie parametrów w procesach resztkowych.

Podstawowymi zadaniami realizowanej diagnostyki technicznej jest:

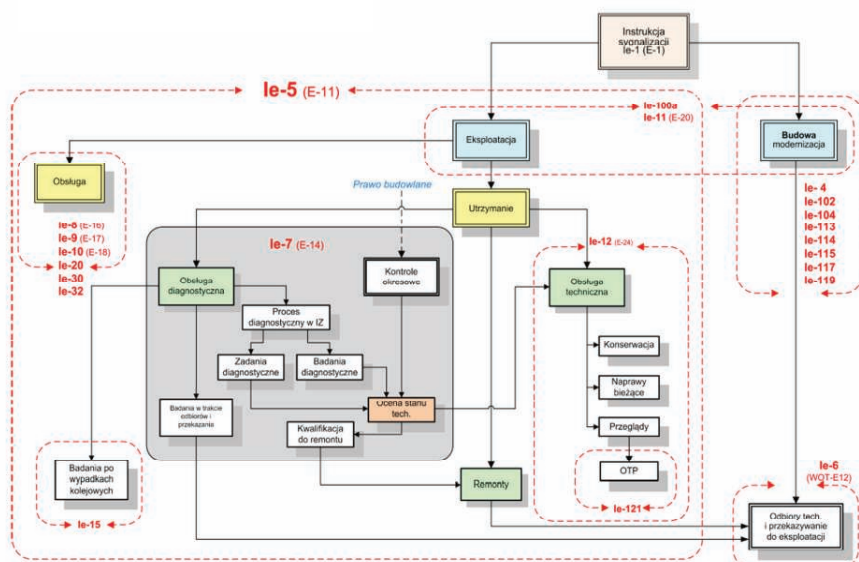
- badanie, identyfikowanie i klasyfikacja uszkodzeń, jakie się rozwijają wraz z ich symptomami,
- opracowywanie metod potrzebnych do badania i selekcjonowania symptomów diagnostycznych,
- wystawianie decyzji diagnostycznej o stanie diagnozowanego urządzenia oraz ewentualnych zaleceń profilaktycznych jakie mają być zastosowane.

Do uzyskania diagnozy konieczne jest przeprowadzenie czynności, które umożliwią rozpoznanie stanu aktualnego urządzenia oraz ocena jego stanów w przeszłości i przyszłości. W metodologii badań diagnostycznych wyróżniamy następujące etapy:

- kontrola stanu urządzenia,
- ocena tego stanu i jego konsekwencji,

- Instrukcji konserwacji i przeglądów urządzeń srk – Instrukcja le-12 [14],

Sama diagnostyka urządzeń sterowania ruchem kolejowym oparta jest na wewnętrznej instrukcji le-7 [17], wydanej przez PKP PLK SA, która opisuje proces diagnostyczny w następujących etapach: planowania, diagnozowania, analizy technicznej, formułowania diagnozy, wnioskowania dla dalszego użytkowania urządzeń srk oraz dokumentowania tego procesu (m.in. wyników badań i pomiarów) co obrazuje rys. 4.



4. Zakres merytoryczny diagnostyki urządzeń srk z Instrukcji le-7

Diagnostyka zdalna urządzeń srk

Wraz z rozwojem technologii informatycznych i telekomunikacyjnych pojawiły się możliwości ciągłego monitorowania pracy urządzeń srk w czasie rzeczywistym z pewnych odległości (tzw. zdalnej diagnostyki). Zdalną diagnostykę z powodzeniem wykorzystuje się w Centrum Utrzymania i Diagnostyki (CUID), które mieści się w pomieszczeniu Lokalnego Centrum Sterowania (LCS). Z punktu widzenia rozwiązania informatycznego CUID składa się ze sprzętu i oprogramowania, do gromadzenia danych diagnostycznych z dowolnego systemu srk i przechowywania ich w lokalnych bazach danych. Do podstawowych zadań jakie spełnia CUID należy: ciągłe monitorowanie, zbieranie i prezentacja informacji diagnostycznych o stanie urządzeń i systemów sterowania ruchem znajdujących się w obszarze oddziaływania LCS.

Ciekawym rozwiązaniem LCS-u jest nowoczesne rozwiązanie zastosowane w Drzewicy, na odcinku Tomaszów Mazowiecki – Radom. Zakłady Automatyki KOMBUD z Radomia zbudowały tu rodzinę nowoczesnych systemów srk o nazwie MOR. Podstawowym użytym systemem srk jest system zdalnego sterowania MOR-2, który pozwala na rozszerzony obraz stanów operacyjnych, automatyczne planowanie ruchu kolejowego, kontrolę dyspozytorską, analizę biegu

- zlokalizowanie i odseparowanie powstałych uszkodzeń,
- prognozowanie przyszłych stanów urządzenia.

Po zrealizowaniu wyżej wymienionych etapów możliwe jest przeprowadzenie następujących procesów:

- diagnozowania, czyli określenia aktualnego stanu urządzenia,
- genezowania, czyli odtworzenie historii pracy urządzenia,
- prognozowania, czyli określenie możliwych stanów urządzenia w przyszłości.

Diagnostyka techniczna urządzeń sterowania ruchem kolejowym

Podstawowym celem diagnostycznym w przypadku urządzeń sterowania ruchem kolejowym (srk) niezmiennie jest zapewnienie bezpieczeństwa oraz sprawności ruchu pociągów na szlaku kolejowym.

Pomijając technikę komputerową proces diagnostyczny przeprowadza-

ny jest głównie w sposób manualny przy użyciu odpowiednich przyrządów pomiarowych. Diagnostyka taka nazywana jest działalnością prewencyjną usterkowości. Urządzenia srk poddaje się badaniom diagnostycznym pozwalającym określić stopień ich zużycia, aby podjąć niezbędne działania naprawcze oraz określić warunki techniczne dla dalszej pracy urządzeń wraz z oceną poziomu ich utrzymania.

Ustalając kryteria badań diagnostycznych urządzeń sterowania ruchem kolejowym należy brać pod uwagę wymagania oraz wskazania techniczne, które zawarte są m.in. w:

- Dokumentacji Techniczno-Ruchowej urządzeń srk (DTR),
- Wytycznych technicznych budowy urządzeń sterowania ruchem kolejowym – Instrukcja le-4 [15],
- Wytycznych odbioru technicznego oraz przekazywania do eksploatacji urządzeń sterowania ruchem kolejowym – Instrukcja le-6 [16],



5. Panel operatorski w CUID w pomieszczeniu LCS, Mińsk Mazowiecki



6. Wyposażenie LCS Drzewica w nowoczesne rozwiązania prowadzenia ruchu kolejowego

pociągów z automatyczną rejestracją, elektroniczne zapowiadania pociągów i komunikację między dyżurnymi ruchu. Wszystkie elementy zamontowane w LCS Drzewica wyposażono w rozbudowane mechanizmy monitorowania pracy urządzeń, autonomicznego wykrywania usterek i zdalnej diagnostyki.

Firma Bombardier Transportation Polska wdrożyła do eksploatacji System Diagnostyki Zdalnej typu SDZ-2. System ten wykonany jest w technice komputerowej i jest przeznaczony do zbierania informacji diagnostycznych od wielu urządzeń srk jednocześnie. Informacje, które są pozyskiwane z diagnozowanych liniowych urządzeń srk są przetwarzane i wyświetlane w przejrzystej formie na monitorze panela diagnostycznego w CUiD. System SDZ-2, w zależności od obszaru i od ilości diagnozowanych obiektów, opiera się na pracy serwerów umieszczonych na jednym lub wielu komputerach.

Dzięki temu, że system SDZ-2 posiada otwartą architekturę to może jednocześnie monitorować wiele liniowych systemów srk o różnym przeznaczeniu, a bez większych problemów monitoruje systemy wyprodukowane przez Bombardier Transportation Polska, np. system samoczynnej blokady liniowej SHL 12, system samoczynnej sygnalizacji przejazdowej SPA-4 lub SPA-5, czy też system stwierdzania niezajętości odcinków torowych SOL-21.

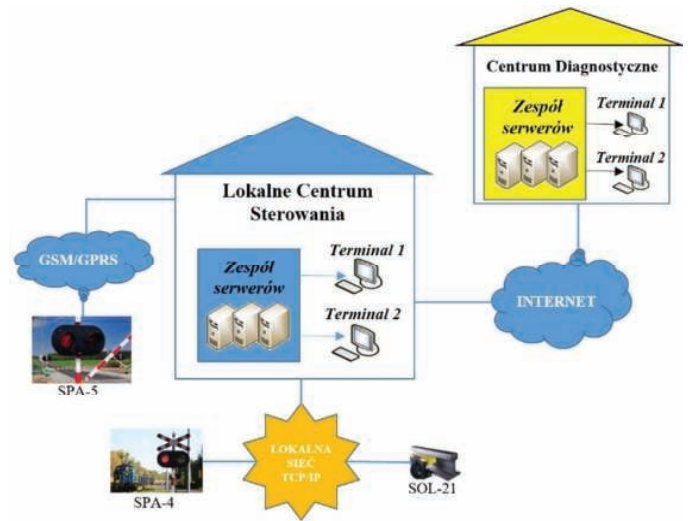
Opis nowej technologii, gotowej do wdrożenia na liniach kolejowych zarządzanych przez PKP Polskie Linie Kolejowe S.A.

Temat badawczy realizowany w ramach NCBiR przez zespół badawczy Uniwersytetu Technologiczno-Humanistyczny im. Kazimierza Pułaskiego w Radomiu pod tytułem „System gromadzenia danych eksploatacyjnych i analizy niezawodności i bezpieczeństwa układów automatyki kolejowej”, otrzymał w 2021 roku Nagrodę Ministra Edukacji i Nauki.

Opis rozwiązania

Realizowany przez konsorcjum projekt dotyczył fundamentalnego problemu związanego z bezpieczeństwem na kolei i obejmował problematykę badań stosowanych w zakresie niezawodności urządzeń sterowania ruchem kolejowym (srk). Badania miały na celu doskonalenie metod podejmowania decyzji eksploatacyjnych będących istotnym czynnikiem osiągnięcia wzrostu bezpieczeństwa ruchu kolejowego. Działania te objęły problematykę eksploatacji urządzeń i systemów srk w zakresie metod oceny i klasyfikacji stanu technicznego, modelowania procesów realizowanych w trakcie eksploatacji oraz algorytmów podejmowania decyzji w procesie obsługi.

Informacja o stanie urządzeń technicznych i zdarzeniach zachodzących



7. Przykładowa konfiguracja Systemu Diagnostyki Zdalnej typu SDZ-2

w systemie eksploatacji i przebiegu realizacji poszczególnych procesów jest kluczowa przy podejmowaniu efektywnych decyzji eksploatacyjnych. Identyfikacja procesu zarządzania eksploatacją i obsługiwania systemów srk w PKP PLK, analiza struktury systemu obsługiwania, dokumentów wewnętrznych regulujących proces obsługiwania urządzeń oraz stosowanej strategii eksploatacji pozwoliły na sformułowanie i potwierdziły zasadność podjęcia próby rozwiązania problemów badawczych takich jak:

- opracowanie metody efektywnego wykorzystania wyników badań diagnostycznych,
- opracowanie metody rozwiązywania problemów decyzyjnych w procesie eksploatacji poprzez zaproponowanie procedur wspomagających podejmowanie decyzji.

Rozważenia wymagało także szeregu nowych zagadnień badawczych obejmujących:

- analizę procesów realizowanych w systemie eksploatacji, w tym określenie rozkładów prawdopodobieństw np. dla czasów poprawnej pracy,
- modelowanie działań i procesów realizowanych w systemie eksploatacji z wykorzystaniem adekwatnych do tych celów metod,
- opracowanie modelu procesu eksploatacji urządzeń srk jako sekwencji zdarzeń i działań powo-

dujących zmianę ich stanu technicznego.

Zdiagnozowało potrzeby PKP PLK SA, przez realizacji celów:

- gromadzeniu pozyskiwanych danych eksploatacyjnych i ich analizie z wykorzystaniem narzędzi informatycznych,
- weryfikacji przyjętych złożań i rozwiązań dla realizacji wspomagania decyzyjnego zarządzania procesem eksploatacji systemów srk w obszarze podejmowania decyzji dotyczących fizycznej realizacji wybranych procesów i działań, a w szczególności racjonalnego użytkowania urządzeń srk, podtrzymywania i odtwarzania stanu zdadności, materiałów, części zamiennych, diagnozowania stanu urządzeń oraz badania charakteru zachodzących procesów destrukcyjnych, modernizacji urządzeń, wymiany lub ewentualnej likwidacji,
- przygotowaniu i opracowaniu założeń wdrożeniowych wprowadzenia u zarządcy infrastruktury PKP PLK, Systemu Analizy Danych Eksploatacyjnych w automatyce Kolejowej (SADEK) jako jednolitej platformy programowej dla potrzeb utrzymaniowych obejmującej status urządzeń i podsystemów srk z odcinków lub węzłów sieci kolejowej.

Prace badawcze, założenia i rozwiązania projektowe dotyczyły systemów srk eksploatowanych w ramach infrastruktury kolejowej PKP PLK, tj.:

- systemów zabezpieczenia ruchu na przejazdach kolejowo-drogowych,
- systemów zależnościowych,
- urządzeń stacyjnych,
- blokad liniowych,
- urządzeń oddziaływania tor-pojazdu,
- systemów zdalnego sterowania urządzeniami warstwy podstawowej na odcinku linii.

Projekt nowej technologii „gromadze-

nia danych eksploatacyjnych i analizie niezawodności i bezpieczeństwa układów automatyki kolejowej” realizowany w 8 etapach w zakres których wchodziło:

Przygotowanie wyposażenia, bazy sprzętowej i narzędzi badawczych. Połączone zostały następujące systemy i urządzenia srk:

- Komputerowy system urządzeń stacyjnych typu EbiLock 950 ze sterownikami obiektowymi STC,
- Stanowisko dyżurnego ruchu z komputerowym systemem EbiScreen 2,
- Komputerowa dwukierunkowa blokada liniowa typu SHL-12,
- Komputerowa samoczynna sygnalizacja przejazdowa typu SPA-5,
- Licznikowy system stwierdzania niezajętości odcinków typu SOL-21,
- Napęd zwrotnicowy typu EAA-5,
- Sygnalizator 5-komorowy typu EHA-22,
- Sygnalizator drogowy typu EHZ-7,
- Sygnalizator ostrzegawczy maszynisty typu EHZ-5.

Przeprowadzono następujące działania:

- I. Budowę sieci światłowodowej w budynku Wydziału Transportu i Elektrotechniki, zabezpieczającej warunki pełnej integracji laborato-

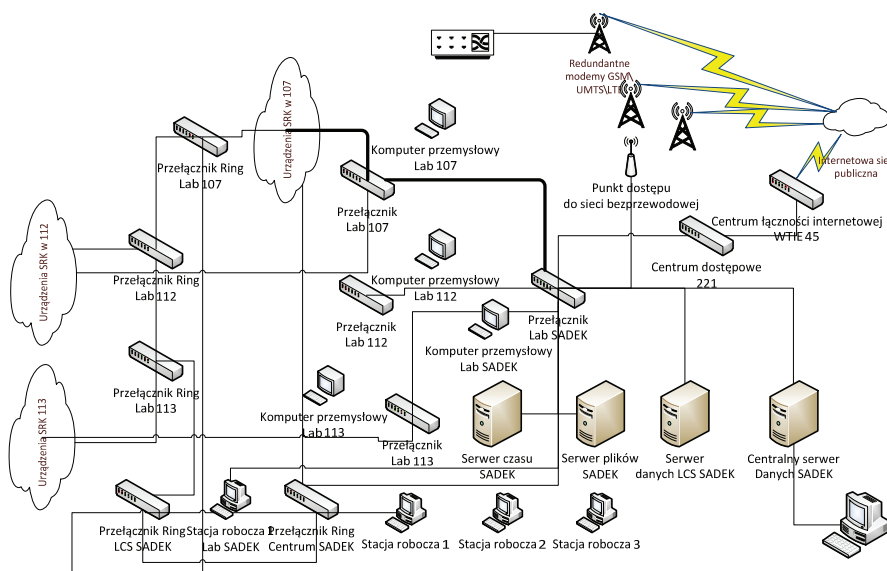
riów wykorzystywanych w projekcie oraz podłączenie do sieci MAN i testowanie połączeń w ramach realizowanych w zadaniu prototypów i protokołów transmisji.

- II. Opracowanie projektu prototypów urządzeń do zbierania danych z interfejsów cyfrowych i przesyłania telegramów w sieci ETHERNET. Metody zapewnienia zachowania bezpieczeństwa w diagnozowanych podsystemach automatyki kolejowej.

- III. Analiza protokołów bezpiecznej transmisji (szyfrowania) w systemach otwartych.

Odczytywane dane diagnostyczne pochodzą z następujących źródeł:

- a) urządzeń srk zainstalowanych w laboratorium Scheidt & Bachmann Polska Sp. z o. o. powstałego w trakcie realizacji projektu jako urządzenia SRK113 lub z urządzeń srk pochodzących z laboratorium firmy Bombardier Transportation oznaczonych jako urządzenia SRK w 112, które powstało przed realizacją tego projektu. Rejestrowane w ten sposób dane mają charakter lokalny – pochodzą z systemów zainstalowanych w laboratoriach Uniwersytetu Technologiczno-Humanistycznego w Radomiu,
- b) drugim źródłem danych diagnostycznych są rejestrowane na bie-



8. Ogólna struktura sieci komputerowej i urządzeń srk w laboratoriach WTE połączonych dla potrzeb badawczych i wypracowania założeń tworzonego Systemu Analizy Danych Eksploatacyjnych w automatyce Kolejowej SADEK

żąc dane pochodzące z urządzeń srk znajdujących się na rzeczywistej linii kolejowej i pochodzących np. z Lokalnych Centrów Sterowania (LCS). Przesyłanie tych danych realizowane jest w oparciu o internetową sieć publiczną z wykorzystaniem dedykowanych do tego celu programów na przykład w postaci automatycznie generowanych e-maili zawierających dane diagnostyczne, bądź też w oparciu o technologie bezprzewodowe takie jak modemy GSM, UMTS oraz LTE,

- c) trzecim źródłem danych są informacje o uszkodzeniach i naprawach poszczególnych urządzeń srk znajdujących się na linii kolejowej rejestrowanych przez personel serwisujący powyższe urządzenia. Informacje te były do tej pory zapisywane w formie papierowej. Informacje te są gromadzone w formie elektronicznej, co pozwoli na znaczne zautomatyzowanie procesu pozyskiwania tego typu danych,
- d) czwarty rodzaj danych stanowią dane generowane przez program pozwalający na symulację uszkodzeń. Uszkodzenia są generowane na podstawie pozyskanych rozkładów uszkodzeń uzyskanych z danych rzeczywistych.

Specyfikacja struktury systemu wspomagania eksploatacji

Wykonano analizę struktury systemów sterowania ruchem kolejowym w aspekcie określenia wymagań dotyczących złożoności systemów (liczebność urządzeń w sieci kolejowej) oraz struktury i zakresu rejestrowanych danych eksploatacyjnych. Określono specyfikację struktury systemu wspomagania eksploatacji urządzeń automatyki kolejowej. Opracowano wymagania dotyczące złożoności systemu eksploatacyjnego urządzeń automatyki kolejowej.

Założenia dla struktury funkcjonalnej dla systemu SADEK przedstawiono na rys. 9.

Dane o stanie urządzeń srk są wprowadzone do bazy zdarzeń na trzy sposoby:

- Import XLS – w systemie zaimplementowano serwer poczty i klienta do automatycznego importu plików i konwersji do formatu bazy danych,
- Internet – elektroniczna książka E 1758 z jej wszystkimi funkcjami,
- Automatycznie – z rzeczywistych urządzeń poprzez interfejsy diagnostyczne,

Informacja z bazy zdarzeń jest cyklicznie pobierana przez program nadzorujący i po wstępnej weryfikacji i

przetworzeniu przesyłana do bazy statystycznej. Informacje w bazie statystycznej są przetwarzane z wykorzystaniem Pakietu R. Opracowywane są informacje o rozkładach statystycznych i umieszczane w odpowiednich polach bazy. Zaimplementowany system ekspertowy, bazując zarówno na danych pierwotnych jak i statystykach przewiduje przyszły stan urządzeń. Służby eksploatacyjne mogą uzyskać zdalny dostęp do statystyk i wniosków z systemu ekspertowego.

Modele do badań niezawodnościowych

Realizacja zadania nastąpiła poprzez specyfikacje:

- modeli niezawodnościowych dla systemów automatyki przejazdowej, urządzeń stacyjnych, urządzeń blokady liniowej,
- modeli eksploatacyjnych systemów automatyki kolejowej z uwzględnieniem elementów naprawialnych i nienaprawialnych, w szczególności specyfikacje badań niezawodności systemów naprawialnych i nienaprawialnych oraz specyfikacje zbioru stanów eksploatacyjnych i zakresu badań niezawodności w odniesieniu do systemu srk.

Ponadto:

- sprecyzowano zbiór parametrów niezawodności w badaniach elementów odnawialnych o skończonym czasie naprawy przydatnych dla systemów automatyki kolejowej,
- opracowano metodę oceny poprawności funkcjonowania systemów sterowania ruchem kolejowym z uwzględnieniem parametrów eksploatacyjno-niezawodnościowych na potrzeby matematycznego modelu niezawodności.

Realizacja tej części zadania objęła wykonanie analiz:

- funkcjonalna rzeczywistych urządzeń srk objętych strefą oddziaływania Lokalnego Centrum Stero-



9. Struktura funkcjonalna systemu SADEK

- wania,
- specyfikacja funkcji Lokalnego Centrum Sterowania w prowadzeniu ruchu pociągów,
- charakterystyka techniczna systemów kierowania i sterowania ruchem pociągów,
- analiza wyposażenia w systemy srk i prowadzenia ruchu kolejowego w wybranym istniejącym Lokalnym Centrum Sterowania,
- analiza struktur niezawodnościowych systemów automatyki kolejowej,
- analiza struktur niezawodnościowych systemów technicznych z możliwością adaptacji dla systemów automatyki kolejowej.

Na podstawie powyższych specyfikacji zostały opracowane modele symulacyjne systemów sterowania ruchem kolejowym przeznaczone do badań niezawodnościowych.

Stan techniczny badanych urządzeń systemów srk

Określono bieżący stan techniczny badanych urządzeń srk na podstawie zbioru charakterystycznych dla nich cech. Założono, że większość rodzajów uszkodzeń urządzeń generuje pewne skojarzone z nimi cechy (odpowiadające pewnym mierzalnym wielkościom fizycznym), na podstawie których możliwie jest określenie rodzaju uszkodzenia bądź też jego braku. Stan każdego urządzenia opisany jest przez nadmiarową liczbę cech, których część może nie odzwierciedlać rzeczywistego stanu, wobec czego konieczne jest wyselekcjonowanie reprezentatywnej liczby cech oraz określenie ich przebiegu i zakresu. Do wyodrębnienia reprezentatywnych cech wykorzystano metodę bazującą na opracowanym modelu niezawodnościowym symulacyjnym dla poszczególnych urządzeń srk. Przedstawiono również metodę pozwalającą na wyodrębnienie cech w oparciu o dane pochodzące z rzeczywistych urządzeń srk występujących na szlaku kolejowym. Wykorzystuje ona algorytmy genetyczne oraz

klasyfikator statystyczny, a konkretnie jego implementację w postaci klasyfikatora SVM (Support Vector Machine).

Projekt bazy danych i gromadzenie danych eksploatacyjnych

Wykonano projekt, instalacji i konfiguracji systemów serwerowych oraz bazodanowych przeznaczonych do gromadzenia danych eksploatacyjnych. Dokonano wyboru technologii opartej o metodykę firmy Microsoft SQL 2012 pracujący pod nadzorem systemu operacyjnego Microsoft Windows Server 2012R2. Wykorzystano środowisko wirtualne oparte na technologii VMWare.

Wykorzystując wyniki uzyskane w poprzednich etapach, opracowano strukturę tabel bazodanowych na potrzeby gromadzenia danych eksploatacyjnych poszczególnych systemów srk. Dodatkowo utworzono również bazę pozwalającą na przechowywanie danych pochodzących z opracowanej, jako podsystem w SADEK, wersji elektronicznej książki EP1758. Opracowano program do konwersji danych przechowywanych w wersji elektronicznej (w formacie Excel) do formatu bazy danych (SADEK).

Zaplanowane działania realizacyjne wykonane zostały w następujących krokach i objęty:

- I. Projektowanie bazy danych, instalację i konfigurację systemów serwerowych opartych na środowisku Microsoft
- II. Instalację serwera baz danych oraz niezbędnych elementów
- III. Konfigurację środowiska bazodanowego w systemie zarządzania Microsoft SQL Server
- IV. Opracowanie koncepcji struktury tabel dla poszczególnych systemów srk.
- V. Wykonanie programów do importu danych

Rejestracja i analiza danych eksploatacyjnych została zrealizowana poprzez pozyskanie danych eksploatacyjnych. Z dostępnych danych wyselekcjonowano te, które były przydatne do

badań. Opracowany i uruchomiony został program współpracujący z programem do automatycznej konwersji danych, pozwalający na automatyczne przesyłanie danych z książki elektronicznej EP1758 i ich automatyczny zapis w dedykowanej bazie danych. Następnie przeprowadzono testowanie programu do automatycznego przesyłania danych oraz współpracującego z nim programu automatycznej konwersji danych.

Modelowanie i symulacja

Przeprowadzono analizy statystycznych danych eksploatacyjnych. Określono dla każdego z dostępnych podsystemów parametrów odpowiadających im rozkładów gęstości prawdopodobieństwa dla czasów poprawnej pracy oraz czasów naprawy. Do tego celu został napisany program w pakiecie R. Realizuje on następujące zadania:

- łączy się z dedykowaną bazą danych celem pozyskania danych eksploatacyjnych przyporządkowanych do poszczególnych podsystemów,
- na podstawie danych eksploatacyjnych określa w oparciu o metodę największej wiarygodności (ang. Maximum Likelihood - ML) parametry rozkładów dla każdego z podsystemów,
- przeprowadza test zgodności dla parametrów rozkładów uzyskanych przy pomocy metody największej wiarygodności z założonymi rodzajami rozkładów; wykorzystuje do tego dwie metody: Kołmogorowa-Smirnowa oraz Anderson-Darlinga.

Badania statystyczne, baza reguł wnioskowania

Utworzono bazy reguł wnioskowania na potrzeby systemu ekspertowego. Do opracowania reguł użyto dane wykorzystywane do weryfikacji funkcjonalnej działania wybranego systemu srk dostarczone przez jednego z producentów. W ten sposób powstał

system ekspercki pozwalający na zautomatyzowanie procesu weryfikacji funkcjonalnej wyżej wymienionego systemu srk. Do jego realizacji wykorzystano uprzednio zdefiniowane reguły wnioskowania. Zweryfikowano również prawidłowe działanie tego systemu wykorzystując do tego dane testowe.

System ekspercki

W ramach założeń projektowych dla systemu wspomagającego eksploatację urządzeń srk wykonano elektroniczną wersję książki E 1758 i zaproponowano ścieżkę etapowego wprowadzenia tej wersji w miejsce dokumentu E 1758 prowadzonego aktualnie w wersji papierowej.

Pozwoli to na:

- usystematyzowanie i skodyfikowanie zapisów rejestracji zakłóceń w prowadzeniu ruchu kolejowego,
- utworzenie dla personelu zarządzającego tym ruchem kanału dostępu "na odległość" do zapisów rejestrujących istotne wydarzenia w prowadzeniu ruchu kolejowego,
- uszczelnienie procedur dostępu do obsługi, obsługi technicznej, nadzoru i kontroli na posterunkach ruchu,
- zautomatyzowanie procesów analiz usterkowości, punktualności kursowania pociągów i klasyfikowania opóźnień,
- dostarczenie na posterunki ruchu narzędzia upraszczającego procesy rejestracyjne zachowań obsługowych personelu, stanu działania urządzeń oraz automatycznego "przenoszenia" zapisów do dokumentacji powiązanej,
- dostarczenie dla personelu nadzoru narzędzia do analiz charakteryzujących działanie urządzeń srk i prowadzenie ruchu kolejowego.

Pozwoli ponadto realizować:

- Syntetyczny opis lokalizacji posterunku ruchu jego wyposażenia w urządzeniu sterowania ruchem ko-

- lejowym i obszaru oddziaływania,
- Rejestr personelu utrzymania upoważnionego do prowadzenia określonych zabiegów na urządzeniach srk na danym posterunku,
- Rejestr personelu upoważnionego do prowadzenia robot przy elementach rozjazdów współpracujących z urządzeniami srk,
- Rejestrowanie:
 - o przeszkód w działaniu i uszkodzeń urządzeń sterowania ruchem kolejowym,
 - o przypadków prowadzenia ruchu pociągów na sygnały zastępcze i rozkazy pisemne,
 - o wprowadzonych i odwoływanych obostrzeń w prowadzeniu ruchu,
 - o użycia poleceń specjalnych obsługi urządzeń sterowania ruchem kolejowym,
 - o dostępu do zamykanych i plombowanych urządzeń sterowania ruchem kolejowym,
 - o prac usuwania zakłóceń w pracy urządzeń sterowania ruchem kolejowym,
 - o przyczyn występowania zakłóceń w pracy urządzeń sterowania ruchem kolejowym,
 - o informacji o wykonywanych pracach utrzymaniowych urządzeń sterowania ruchem kolejowym,
 - o informacji o wprowadzonych zmianach w konfiguracji i obsłudze urządzeń sterowania ruchem kolejowym,
 - o informacji o wykonywanych sprawdzaniach urządzeń sterowania ruchem kolejowym.

Udostępniono następujące podstawowe funkcjonalności projektowanego systemu rejestracji danych:

- Opis lokalizacji posterunku ruchu i jego wyposażenia w urządzeniu srk,
- Rejestrowanie upoważnionego personelu utrzymania,
- Rejestrowanie upoważnionego personelu do prowadzenia robót w rozjazdach,
- Rejestrowanie urządzeń srk na posterunku,

- Rejestrowanie zakłóceń w pracy urządzeń srk,
- Rejestrowanie zabiegów utrzymania urządzeń srk.

Sposób wdrożenia projektu

Pełne wykorzystanie systemu SADEK umożliwi integrację z systemami zewnętrznymi, do których należą między innymi:

- SWDR – System Wspomagania Dyżurnego Ruchu,
- SEPE – System Ewidencji Pracy Eksploatacyjnej,
- Opcjonalnie SMUE – System Monitorowania Urządzeń Elektroenergetycznych,
- Inne, które mogą być wykonane, takie jak:
 - o D831 (dziennik oględzin rozjazdów),
 - o System informacji geograficznej GIS (ang. geographic information system) z lokalizacją na mapie:
 - Układu torowego, urządzeń srk oraz miejsc niebezpiecznych,
 - Obiektów kubaturowych zawierających urządzenia takie jak nastawnie, szafy, kontenery.

Integracja powinna być zrealizowana przy użyciu serwisów sieciowych (WEB serwisów). Integracja z systemami zewnętrznymi jest wymaganiem rozwojowym. Wymagać to będzie użycia dodatkowego serwera integracyjnego, który będzie mógł obsługiwać różne aplikacje pracujące w odmiennych środowiskach programowych i systemowych.

Wpływ projektu na poprawę bezpieczeństwa

Zasadniczym czynnikiem wzrostu bezpieczeństwa ruchu kolejowego jest stosowanie odpowiednich metod eksploatacyjnych koniecznych do utrzymania urządzeń srk w stanie zdolności oraz doskonalenie metod podejmowania decyzji eksploatacyjnych (niezawodnościowo-utrzymanio- wych) systemów sterowania ruchem kolejowym dotyczących planowania

obsługi tych systemów i metod postępowania w sytuacjach awaryjnych. Wsparcie procesu decyzyjnego i udostępnienie narzędzi informatycznych wszystkim jednostkom odpowiedzialnym w Systemie Zarządzania Bezpieczeństwem PKP PLK – Procedura SMS-PW-01 – wyciąg dotyczący OTP.

Ocena efektywności rozwiązań systemowych

Technicznymi korzyściami realizacji projektu są:

- wzrost bezpieczeństwa eksploatowanych systemów srk,
- uzyskanie jednorodnie usystematyzowanych informacji o przebiegu procesu ruchu kolejowego z terenu całej sieci kolejowej,
- umożliwienie „zdalnej” kontroli działania i utrzymania urządzeń srk oraz postępowania personelu obsługi i utrzymania,
- udostępnienie zebranych rzeczowych danych eksploatacyjnych o urządzeniach sterowania ruchem kolejowym na posterunku ruchu dla systemu SADEK.

Biznesowymi korzyściami realizacji projektu są:

- czas dostępu do informacji z posterunków ruchu,
- oraz tworzy możliwość:
 - o szybszej reakcji z poziomu zarządczego na występujące stany zagrożenia,
 - o budowania alternatywnych rozwiązań dla ruchu kolejowego w przypadku występujących zakłóceń,
 - o efektywniejszego wykorzystanie istniejących zasobów technicznych i informacyjnych w PKP Polskie Linie Kolejowe S.A. ◀

Materiały źródłowe

- [1] Dyduch J. inni: "Innowacyjne systemy sterowania ruchem" Monografia 147, WPR Radom, 2010
- [2] Dyduch J. Paś J. Rosiński A.: „Podstawy eksploatacji transportowych systemów elektronicznych”

WPR Radom, 2011

- [3] Dyduch J. Pawlik M.: "Systemy automatycznej kontroli jazdy pociągu" Wyd. II, WPR Radom, 2011
- [4] Dyduch J., Kornaszewski M.: Systemy sterowania ruchem kolejowym. Wyd. Politechniki Radomskiej, Radom 2003
- [5] Dyduch J., Moczarski J.: "Podstawy eksploatacji systemów SRK" Wyd. Pol. Radomskiej 2008. II wydanie
- [6] Dyduch J., Pawlik M.: Systemy automatycznej kontroli jazdy pociągu. Wyd. Politechniki Radomskiej, Radom 2002
- [7] Dyduch J., Rosiński A.: Proces eksploatacji systemów nadzoru. Prace naukowe „Transport” nr 1(17) Politechnika Radomska, Radom 2003
- [8] Dyduch J.: Decision process In the exploitation of the railway traffic control systems. Archives of Transport v.13, Warszawa 2001
- [9] Dyduch J.: Efektywność systemów sterowania ruchem. Tom II, KBM PAN, PWN Warszawa 1990
- [10] Dyduch J.: Model niezawodnościowo – funkcjonalny systemu sterowania ruchem kolejowym. Zagadnienia Eksploatacji Maszyn, z. 1-2, PWN, Warszawa 1987
- [11] Dyduch J.: Ocena funkcjonowania transportu kolejowego w 2003 r. Problemy Kolejnictwa, z. 139, Warszawa 2004
- [12] Dyduch J.: Transportation system certification with respect to EU approval Transport Engineering, XIVt, Nr. 2S Vilnius, 1999
- [13] ERTMS, European rail, Traffic Management System. System zarządzania europejskim ruchem kolejowym
- [14] Instrukcja le-12, „Instrukcja konserwacji, przeglądów oraz napraw bieżących urządzeń sterowania ruchem kolejowym”, PKP Polskie Linie Kolejowe SA, Warszawa 21.12.2017
- [15] Instrukcja le-4, „Wytyczne techniczne budowy urządzeń sterowania ruchem kolejowym”, PKP Polskie Linie Kolejowe SA, Warszawa 30.12.2019
- [16] Instrukcja le-6, „Wytyczne odbioru

technicznego oraz przekazywania do eksploatacji urządzeń sterowania ruchem kolejowym”, PKP Polskie Linie Kolejowe SA, Warszawa 19.05.2020

- [17] Instrukcja le-7, „Instrukcja diagnostyki technicznej i kontroli okresowych urządzeń sterowania ruchem kolejowym”, PKP Polskie Linie Kolejowe SA, Warszawa 30.01.2018
- [18] PN-EN 50126:2002, Zastosowania kolejowe – Specyfikacja niezawodności, dostępności, podatności utrzymaniowej i bezpieczeństwa
- [19] PN-EN 50128:2011, Zastosowania kolejowe – Systemy łączności, przetwarzania danych i sterowania – Oprogramowanie kolejowych systemów sterowania i zabezpieczeń
- [20] PN-EN 50129:2007, Zastosowania kolejowe – Systemy łączności, przetwarzania danych i sterowania – Elektroniczne systemy sterowania związane z bezpieczeństwem
- [21] PN-EN 50159:2011, Zastosowania kolejowe – Systemy łączności, sterowania ruchem i przetwarzania danych – Łączność bezpieczna w systemach transmisyjnych
- [22] PN-EN 60300-1:2006, Zarządzanie niezawodnością – Część 1: Systemy zarządzania niezawodnością
- [23] PN-EN 60300-2:2006, Zarządzanie niezawodnością – Część 2: Wytyczne zarządzania niezawodnością
- [24] Projekt realizowany przez UTH Radom: „System gromadzenia danych eksploatacyjnych i analizy niezawodności i bezpieczeństwa układów automatyki kolejowej”, nr PBS/A6/29/2015
- [25] TEN, Trans-European Transport Network. Transeuropejska sieć transportowa
- [26] Urząd Transportu Kolejowego „Raport w sprawie bezpieczeństwa”, Warszawa 2020

Optymalizacja zużycia energii trakcyjnej przy zastosowaniu inteligentnych systemów prowadzenia ruchu kolejowego

Optimization of traction energy consumption using intelligent rail traffic management systems

Janusz Szkopiński

Dr inż.

*PKP Polskie Linie Kolejowe SA,
janusz.szkopinski@plk-sa.pl*

Streszczenie: Przedmiotem pracy jest analiza korzyści z wdrożenia inteligentnych systemów prowadzenia ruchu kolejowego w aspekcie uzyskania płynności jazdy pociągu i w konsekwencji na zmniejszeniu zużycia energii trakcyjnej pociągu. Analiza przeprowadzona jest w odniesieniu do stosowanych na kolejach europejskich rozwiązań technicznych, umożliwiających optymalizację ruchu pociągu. Jednym z czynników pozwalających na taką optymalizację jest takie kształtowanie profilu prędkości pociągu, aby czas jazdy pociągu do semafora wskazującego sygnał „Stój” był nie krótszy niż przewidywany czas do zmiany sygnału na zezwolenie na dalszą jazdę. W ramach tej analizy przeprowadzono symulacje ruchu w oparciu o model pociągu ETR610 typu ED250, dla różnych wariantów sterowania prędkością pociągu i dwóch wariantów odległości wstępnej do semafora. Rezultatem pracy są spostrzeżenia o możliwości wdrożenia inteligentnych systemów prowadzenia ruchu kolejowego, w tym porównanie możliwych oszczędności w zużyciu energii trakcyjnej.

Słowa kluczowe: *Optymalizacja; Zużycie energii; Prowadzenie ruchu kolejowego*

Abstract: The subject of the work is an analysis of the benefits of implementing intelligent rail traffic control systems in terms of achieving smooth train travel and, consequently, reducing the train's traction energy consumption. The analysis is carried out in relation to the technical solutions used on European railways, enabling the optimization of train traffic. One of the factors allowing for such optimization is shaping the train speed profile in such a way that the train travel time to the semaphore indicating the "Stop" signal is not shorter than the expected time until the signal changes to permission to continue. As part of this analysis, traffic simulations were carried out based on the ETR610 train model of the ED250 type, for different variants of train speed control and two variants of the initial distance to the semaphore. The result of the work are observations on the possibility of implementing intelligent rail traffic management systems, including a comparison of possible savings in traction energy consumption.

Keywords: *optimization; Energy consumption; Rail traffic management*

Wstęp

Prowadzenie ruchu kolejowego oparte jest na rozkładzie jazdy pociągów oraz możliwościach przepustowych danej linii kolejowej [4]. Opracowanie rozkładu jazdy pociągów realizowane jest na podstawie planowanej oferty przewozowej, możliwości realizacji jazdy przez poszczególne składy, ograniczeń infrastruktury (np. dopuszczalnych prędkości, nacisków na oś i skrajni), zdolności przepustowej, koniecznych zatrzymań i postojów wynikających z potrzeb ruchowych, eksploatacyjnych i handlowych, jak również identyfikacji ewentualnych kolizji w ruchu tych pociągów. O zdolności przepustowej natomiast decyduje m.in. liczba posiadanych torów oraz systemy sterowania ruchem na szlakach i posterunkach ruchu, umożliwiających zachowanie od-

powiednich, bezpiecznych, odległości pomiędzy pociągami.

Przewidywanie w czasie rzeczywistym pozycji pociągów jest podstawowym wymogiem skutecznego wyznaczania tras, sterowania ruchem pociągów oraz ewentualnych zmian rozkładu jazdy. W praktyce [5] w centrach sterowania ruchem znane są tylko sumaryczne i końcowe wartości opóźnienia pociągów, a dyspozytorzy muszą przewidywać czasy przyjazdu pociągów wyłącznie na podstawie doświadczenia, bez odpowiedniego wsparcia komputerowego. Często prowadzi to do prostej ekstrapolacji bieżących opóźnień na oczekiwane opóźnienia przyjazdów. Niektóre koleje wykorzystują liniowe przesunięcie rozkładu jazdy, aby ekstrapolować obecne opóźnienia na przyszłość. W metodzie tej pomija się fakt, że niektóre pociągi

mogą (częściowo) nadrobić zaległości za pomocą skrócenia czasu jazdy, podczas gdy inne mogą być (bardziej) opóźnione z powodu konfliktów tras.

W związku z powyższymi problemami, pojawiły się rozwiązania połączenia centr sterowania ruchem z centrami zarządzania ruchem, aby przyspieszyć przepływ sterowania z poziomu kierowania planistycznego na poziom operacyjny [3]. Nowe kanały komunikacji między dyspozytorami w centrach zarządzania ruchem a maszynistami są w stanie natomiast zapewnić ciągłą i bezpośrednią kontrolę ruchu pociągów, jak również na bieżąco porównywać rzeczywiste przemieszczanie się pociągu z modelem szacowanego ruchu tego pociągu.

Artykuł jest kontynuacją pracy autorów nad zagadnieniem efektywności energetycznej jazdy pociągu w wyni-

ku optymalizacji jego profilu prędkości [11], biorąc pod uwagę następstwo pociągów na linii kolejowej ze stałymi odstępami blokowymi [9] jak również z ruchomymi odstępami blokowymi [10]. W publikacjach tych zostały poruszone zagadnienie odpowiedniego sterowania prędkością pociągu „następującego”, na podstawie rozszerzonej informacji o prędkości pociągu „poprzedzającego”. Jak zauważono, wyniki były silnie uwarunkowane przyjętymi kontekstami ruchu pociągu „poprzedzającego” oraz momentem (odległością między pociągami) w chwili rozpoczęcia sterowania pociągiem „następującym”.

W obecnej publikacji skoncentrowano się natomiast nad możliwością uzyskania zmniejszenia zużycia energii ruchu pociągu, dzięki zastosowaniu inteligentnych systemów prowadzenia ruchu kolejowego.

Inteligentne systemy prowadzenia ruchu kolejowego

Dzisiejsze nowoczesne stanowisko dyspozytorskie, m.in. na kolejach SBB, wyposażone są w zespół monitorów dostarczających (niemal) aktualnych informacji o stanie sytuacji ruchowej za pomocą różnych graficznych interfejsów użytkownika (GUI) [3].

Najważniejszy GUI dyspozytora wyświetla tzw. wykres czasowo-dystansowy, gdzie dyspozytor może wybrać konkretną linię kolejową, wyświetlić prognozy ruchu pociągów oraz dokonać zmian w czasie jazdy pociągów poprzez wydawanie bezpośrednich decyzji dyspozytorskich do systemu sterowania i do pociągów, czy prowadzenie pociągu przez maszynistę. Efektem takiej możliwości jest adaptacyjne sterowanie pociągiem, które pozwala na optymalizację profilu prędkości pociągów, realizując tzw. politykę zielonej fali polegającą na unikaniu zbędnych zatrzymań pociągów na sygnałach „Stój” [3].

Zastosowanie takiej optymalizacji profilu prędkości pociągów pozwala na osiągnięcie większej przepustowości i płynności ruchu pociągów, i tym samym, uzyskanie zmniejszenia zuży-

cia energii ruchu pociągów.

W artykule [5] przedstawiono narzędzie (model demonstracyjny zastosowany na linii Haga – Rotterdam w Holandii) do ciągłego przewidywania ruchu pociągów w czasie rzeczywistym za pomocą wykresu zdarzeń w czasie. Narzędzie to pozwala na rejestrację wszystkich zaplanowanych zdarzeń i relacji kolejności pociągów m.in. minimalne wymagane odstępy między pociągami oraz ich ewentualne skomunikowanie. Wykres ruchu jest regularnie aktualizowany, gdy pojawiają się nowe informacje na temat pozycji pociągów lub decyzji kontroli ruchu. Czasy realizacji wszystkich zdarzeń na wykresie są przewidywane z uwzględnieniem wykorzystania buforów czasu jazdy, a także straty czasu z powodu konfliktów tras na podstawie schematu wykrywania konfliktów w ramach algorytmu predykcji.

W szwajcarskim systemie sterowania ruchem RCS-DISPO [8] zaimplementowano narzędzie predykcyjne „on-line”. Główną częścią tego narzędzia jest model mikroskopowy oparty na skierowanym grafie acyklicznym z wagami łuków, obliczanymi za pomocą równań ruchu pociągu przy uwzględnieniu opisu infrastruktury oraz charakterystyk dynamiki jazdy pociągu. Narzędzie jest stosowane w przypadku dużej liczby pociągów (między 900 a 2000) z dokładnością predykcji na poziomie błędu mniejszego niż 1 minuta dla zdarzeń w 20-minutowym horyzoncie czasu.

Drugim interesującym rozwiązaniem zastosowaniem przez kolej SBB jest narzędzie RCS-HOT (Hub Optimization Technology) [8], który pozwala na optymalizację zarządzania grupami pociągów w problematycznych, pod względem przepustowości, punktach sieci torowej. Narzędzie to oblicza idealny profil jazdy dla każdego pociągu i przekazuje te informacje załodze lokomotywy za pośrednictwem urządzeń przytorowych lub tabletu w pojeździe. HOT oblicza również najlepszą kolejność pociągów i automatycznie przesyła dane do systemów sterowania i bezpieczeństwa, umożliwiając w ten sposób, efektywniejsze wykorzystanie

przepustowości tras pociągów.

Pozytywnym zwiastunem zastosowania inteligentnego systemu prowadzenia ruchu na sieci kolejowej w Polsce jest realizowany na zlecenie Centralnego Portu Komunikacyjnego „Plan wdrażania systemu kierowania i sterowania ruchem kolejowym w architekturze RCA-CPK” [14].

Architektura RCA-CPK bazuje na doświadczeniu z wcześniejszych międzynarodowych prac w ramach inicjatyw: EULYNX (standardy dla interfejsów), RCA (kształt struktury poszczególnych systemów ksrk), Smartrail 4.0 (modułowa budowa systemów ksrk), BRIC (uniwersalny protokół transmisji oraz standaryzacja podstawowych interfejsów), OCORA (architektura referencyjna CCS na pojeździe) itd.

RCA zwiększa interoperacyjność i zapewnia wymiennność elementów, bazuje na architekturze i standardzie EULYNX oraz pozwala na integrację z regułami ERTMS, a tym samym, umożliwia na włączenie w jednolitą architekturę systemu ETCS oraz jego przyszłego rozszerzenia m.in. w obszarze ATO (ang. Automatic Train Operation).

RCA opiera się na założeniu budowy systemów ksrk z modułów stanowiących pewne wyodrębnione części systemu (komponenty), co wynika z podziału na funkcje, cykl życia poszczególnych komponentów i wymagań bezpieczeństwa.

Jedną z warstw zarządzanych w architekturze RCA-CPK jest warstwa zarządzania, kierowania i sterowania ruchem (TMS, ang. Train Management System), która obejmuje funkcje: planowania ruchu pociągów, konstrukcji wykresów ruchu, realizacji planu przewozowego i rozkładu jazdy, kierowania i sterowania ruchem, w szczególności: automatyczne rozwiązywanie konfliktów ruchowych, kontroli dyspozytorskiej oraz przekazywania informacji o pociągach, automatycznego nastawiania przebiegów, zdalnego sterowania, wyznaczania parametrów optymalizacji jazdy pociągów itd.

RCA zapewnia centralizację funkcji zależnościowych i sterowania ruchem na poziomie odcinkowo-węzłowym, znacznie powyżej pojedynczego po-

sterunku ruchu. Górnym poziomem do którego specyfikowane są interfejsy jest poziom planowania i analiz, określony jako moduł TMS-PAS.

Wyniki obliczeń wypracowane na poziomie centrum dyspozytorskiego (TMS-PAS) przekazywane są do obszarowych centrów sterowania, do modułu TMS-PE (ang. *Traffic Management system – Plan Execution*) oraz do modułu TMS-AE (ang. *Traffic Management system – ATO Execution*), który dedykowany jest do generowania komunikatów przekazywanych przez moduły pośredniczące do pojazdu, w ramach realizacji funkcjonalności ATO.

Z perspektywy wdrożenia omawianego w artykule zagadnienia, zastosowanie warstwy zarządzania, kierowania i zdalnego sterowania ruchem (TMS) umożliwi uzyskanie nowych funkcjonalności w obszarze kontroli przebiegu procesu ruchowego i podejmowania decyzji dyspozytorskich, w tym: optymalizacji trasy pociągu, optymalizacji obciążenia infrastruktury na stacjach węzłowych oraz optymalizacji jazdy pociągu.

Moduł TMS-PAS współpracuje z modułem TMS-PE i modułem TMS-AE poprzez wykorzystanie modułu śledzenia sytuacji ruchowej i zastosowanych funkcji:

- odbierania danych o sytuacji ruchowej z posterunków,
- automatycznego wykrywania odchyleń od planowanego przebiegu procesu ruchowego,
- generowania informacji o opóźnieniach pociągów,
- sygnalizacji potencjalnych sytuacji konfliktowych,

w wyniku zastosowania modułu wspomagania decyzji dyspozytorskich w obszarze:

- planowania ruchu pociągów,
- prognozowania sytuacji ruchowej,
- symulacji sytuacji ruchowej dla planowanych zmian na bieżącą sytuację ruchową,

i ostatecznie zastosowaniu modułu dynamicznej optymalizacji trasy pociągu oraz modułu dynamicznej optymalizacji jazdy pociągu za pomocą funkcji:

- automatycznej analizy wpływu proponowanych zmian na bieżącą sytuację ruchową,
- dynamicznej optymalizacji trasy pociągu,
- optymalizacji obciążenia infrastruktury na stacjach węzłowych,
- optymalizacji jazdy pociągu w celu zapewnienia płynności, efektywności energetycznej, punktualności („zielona fala”).

Zagadnienie najbardziej zbliżone do przedmiotu analizy w publikacji jest funkcja optymalizacji jazdy pociągu, w celu uzyskania tzw. zielonej fali.

Jak zostało przedstawione przez autorów pracy [14]: *Potocznie efekt wdrożenia takiej funkcji określa się jako „zielona fala” ponieważ pociągi jadą zasadniczo z prędkością maksymalną lub najwyższą możliwą do uzyskania przy zachowaniu warunków ograniczenia zbędnego hamowania i przyspieszania do minimum. „Zielona fala” ogranicza zatrzymania pojazdów przed semaforami z sygnałem „Stój”.*

Optymalizacja jazdy pociągu

Przedstawione przez autorów zagadnienie optymalizacji ruchu pociągów rozważane jest w wybranym aspekcie kształtowania się profilu prędkości pociągu, na podstawie posiadanych informacji o odległości pociągu do semafora wskazującego sygnał $S1$ „Stój” ($D0$) oraz czasu T , po którym sygnał na semaforze zmieni się na sygnał $Sp2$ (zezwolenie na jazdę z największą dozwoloną prędkością).

Informacja o odległości uzyskuje się z systemu sterowania ruchem pociągu, natomiast informacje o T na podstawie

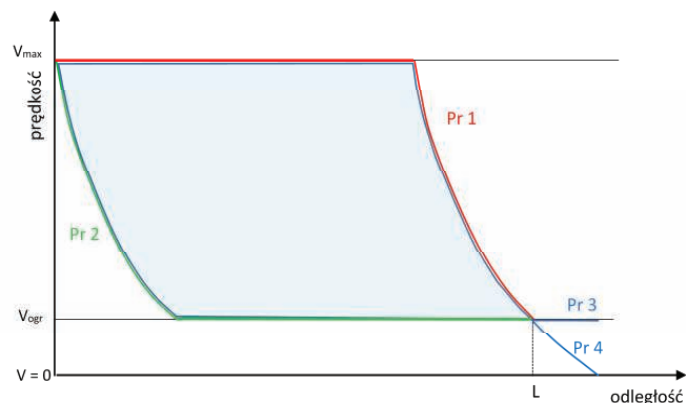
informacji predykcyjnych z inteligentnego systemu prowadzenia ruchu kolejowego (m.in. w oparciu o sytuację ruchową na linii kolejowej przed pociągiem).

Na rysunku 1 przedstawione są dwa profile prędkości jazdy pociągu: $Pr1$ i $Pr2$, ograniczające zbiór szukanych rozwiązań (zaznaczony kolorem niebieskim).

Profil $Pr1$ polega na utrzymaniu najwyższej dopuszczalnej prędkości jazdy pociągu na danym odcinku linii kolejowej. Jego ograniczenie wynika z krzywej hamowania umożliwiającego na zatrzymanie pociągu w odległości bezpiecznej od semafora wskazującego sygnał „Stój”. Profil ten cechuje najkrótszy czas jazdy, ale wymaga największego zużycia energii mechanicznej na pokonanie największych oporów ruchu przy prędkości maksymalnej (siła oporu ruchu zależy m.in. od kwadratu prędkości jazdy pociągu).

Profil $Pr2$ polega na zastosowaniu hamowania (według krzywej hamowania roboczego) już w początkowym etapie jazdy pociągu oraz na kontynuację jazdy z minimalną prędkością do ww. semafora. Profil ten cechuje najdłuższy czas przejazdu do punktu L , ale charakteryzuje się najmniejszym zużyciem energii mechanicznej, co wynika z długości odcinka na którym porusza się pociąg ze stałą minimalną prędkością jazdy.

W sytuacji ruchowej, gdy pociąg w punkcie L uzyska zezwolenia na dalszą jazdę, kontynuuje jazdę z prędkością V_{ogr} (linia $Pr3$), w przypadku braku zezwolenia na dalszą jazdę następuje jego hamowanie ze zmniejszeniem prędkości poniżej V_{ogr} (linia $Pr4$), aż do zatrzymania pociągu. Linie $Pr3$ i $Pr4$ sta-



1. Zbiór rozwiązań dopuszczalnych dla hamującego pociągu (źródło: opracowanie własne)

nowią kontynuację profili prędkości ze zbioru szukanych rozwiązań.

Zadanie optymalizacyjne polega na wskazaniu takiego profilu prędkości pociągu, aby pociąg w najmniejszym stopniu utracił energię kinetyczną ruchu dojeżdżając do ww. semafora, w tym nie zachodziła konieczność zatrzymania i postoju pociągu.

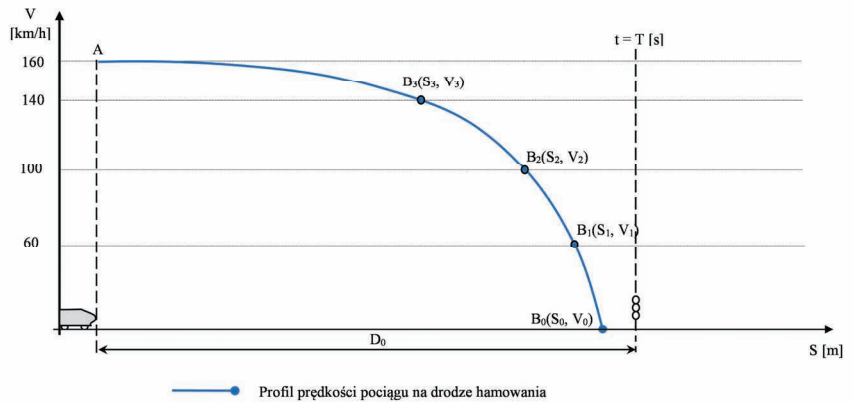
Przedmiotem optymalizacji jest zatem znalezienie takiego profilu prędkości pociągu (przedstawiono przykład na rysunku 2), aby poruszający się pociąg z punktu A uzyskał w czasie T punkt B, o określonej prędkości i przebyłym dystansie. Kryterium zaś oceny stanowi miara zużycia energii mechanicznej potrzebnej na przywrócenie prędkości maksymalnej pociągu i odzyskanie utraconego dystansu, w stosunku do przypadku jazdy pociągu bez wystąpienia ograniczenia prędkości (pociąg odniesienia Pw).

Przedstawione na rysunku 2 punkty: B_0 , B_1 , B_2 , B_3 stanowią punkty na krzywej hamowania pociągu zgodnie z instrukcją le-4 [7].

Pierwszym etapem analizy jest sprawdzenie, dla którego punktu na krzywej hamowania (określającej prędkość pociągu i jego odległość do semafora w chwili zmiany sygnału z $S1$ na S_2) uzyskuje się najmniejsze zużycie energii mechanicznej, aby przywrócić utraconą prędkość i drogę z powodu zastosowanego hamowania. W kolejnym etapie dokonano symulacji ruchu pociągu od punktu A do punktu B przy założeniu znajomości wymaganego czasu na zmianę sygnału z $S1$ na S_2 (czas symulacji $T = 133$ s, dla dwóch scenariuszy odległości wstępnej do semafora wynoszących D_0 : 3 km i 5 km).

Symulacje realizuje się dla różnych sposobów prowadzenia pociągu, z zachowaniem wymaganej drogi hamowania (zależnie od prędkości) przed semaforem z sygnałem $S1$, według następujących wariantów:

- W1: hamowanie z opóźnieniem $a_h = -1,0$ m/s² i następnie jazda ze stałą prędkością,
- W2: hamowanie z opóźnieniem $a_h = -0,5$ m/s² i następnie jazda ze stałą prędkością,
- W3: hamowanie z opóźnieniem $a_h =$



2. Punkty na krzywej hamowania (źródło: opracowanie własne na podstawie [7])

-1,0 m/s², odcinek jazdy ze stałą prędkością oraz ruch z maksymalnym przyspieszeniem.

W4: hamowanie z opóźnieniem $a_h = -0,5$ m/s², odcinek jazdy ze stałą prędkością oraz ruch z maksymalnym przyspieszeniem.

W5: jak w wariantcie 3 ale na krótszym odcinku z niższą prędkością stałą.

Zużycie energii mechanicznej liczone jest jako cząstkowe sumy energii potrzebnej na pokonanie oporów ruchu, natomiast w przypadku zwiększenia prędkości, dodatkowo różnicy energii kinetycznej w granicach zmiany prędkości.

W przypadku energii potrzebnej na pokonanie oporów ruchu, określono siłę oporu dla średniej prędkości w sekundowym przedziale czasu, i pokonanego w tym czasie dystansu:

$$Z_{opr} = \sum_{i=1}^{T_n} F_{sr} \Delta S_i \quad (1)$$

gdzie: i stanowi numer kolejnych 1 sekundowych odcinków czasu takich że, $i: \{i = 1, \dots, T_n\}$, a T_n jest czasem trwania analizowanej zmiany, natomiast F_{sr} stanowi średnią siłę oporu działającą dla określonego odcinka czasu T_i .

Dla ruchu przyspieszonego zużycie energii kinetycznej w czasie T_n od prędkości V_1 do prędkości V_2 wynosi:

$$Z_{\Delta V} = \int_{V_1}^{V_2} m_f V dV \quad (2)$$

gdzie: m_f – masa uwzględniająca energię masy wirującej, V – prędkość pociągu, natomiast sumaryczne zużycie energii mechanicznej dla ruchu przyspieszonego wynosi:

$$Z_m = Z_{opr} + Z_{\Delta V} \quad (3)$$

Metoda porównania wyników (normalizacja)

Celem normalizacji nie jest wyznaczenie wielkości zużytej energii mechanicznej przez pociąg (wartość taka bowiem zależy od różnych czynników jak np. profil linii kolejowej, łuki poziome, przyczepność koło-szyna itd.), lecz możliwość dokonania, dla identycznych warunków eksploatacyjnych, porównania wariantów prowadzenia pociągu za pomocą jednego kryterium oceny, jakim jest zużycie energii mechanicznej.

Zastosowanie w optymalizacji kryterium zużycia energii mechanicznej wymaga zdefiniowania metody porównania wartości tj. prędkość pociągu (P_n) i jego odległość do semafora uzyskanych w momencie $t = T$. Realizuje się to poprzez wyznaczenie wielkości zużycia energii mechanicznej pociągu, która jest wymagana do „odzyskania” utraconej prędkości i dystansu.

Utracone wielkości odnosi się do tzw. pociągu odniesienia (P_w), dla którego przyjmuje się brak konieczności ograniczenia prędkości – semafor wyświetla sygnał S_2 już w momencie $t = 0$ gdy pociąg znajduje się w punkcie A.

Zagadnienie normalizacji realizowane jest za pomocą symulacji jazdy pociągu dla różnych wariantów wartości wejściowej. Proces normalizacji przeprowadzony jest zaś w następujący sposób (rysunek 3):

1. Podniesienie prędkości pociągu P_n do wartości prędkości pociągu P_w .

W symulacji wyznacza się czas T_{B-s1} i energię mechaniczną $Z(\Delta V)$ konieczną na odzyskanie przez P_n prędkości jak dla pociągu P_w (odcinek $B - s1$).

2. Pokonanego dystansu przez pociąg P_n do miejsca gdzie był pociąg P_w w chwili rozpoczęcia procesu normalizacji.

Wyznacza się potrzebny czas t_{s1-s2} i energię mechaniczną $Z(\Delta S)$ potrzebną na pokonanie brakującego dystansu do miejsca, gdzie w momencie $t = T$ był P_w (odcinek $s1 - s2$).

3. Wyrównanie powstałego czasu opóźnienia pociągu P_n do pociągu P_w .

Wyznacza się energię mechaniczną $Z(\Delta T)$ potrzebną na tzw. dogonienie przez pociąg P_n pociągu P_w (odcinek $s2 - C$), co możliwe jest poprzez hipotetyczne podniesienie prędkości powyżej ustalonej prędkości maksymalnej: $V_H > V_{max}$.

Uzyskane zużycie energii pociągu pomniejszone o zużycie energii pociągu odniesienia stanowi wartość, którą należy porównać między analizowanymi wariantami ruchu pociągu P_n .

$$uZ_m = Z_B + Z(\Delta V) + Z(\Delta S)Z(\Delta T) - Z_{w_{A-s2}} - Z_{w_{s2-C}} \quad (4)$$

gdzie:

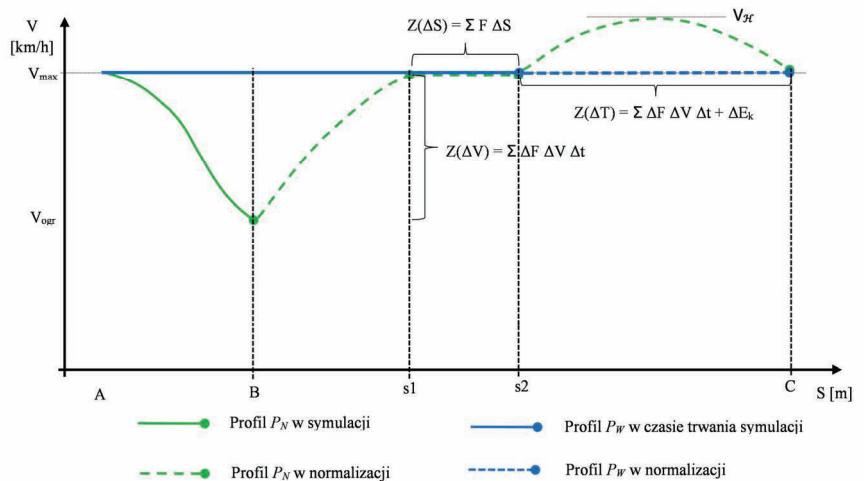
Z_B – zużycie energii przez pociąg P_n na odcinku $A-B$, w czasie od $t = 0$ do $t = T$;
 $Z(\Delta V)$ – zużycie energii przez pociąg P_n na odzyskanie prędkości w procesie normalizacji;

$Z(\Delta S)$ – zużycie energii przez pociąg P_n na odzyskanie drogi w procesie normalizacji;

$Z(\Delta T)$ – zużycie energii przez pociąg P_n na odzyskanie czasu w procesie normalizacji;

$Z_{w_{A-s2}}$ – zużycie energii przez pociąg P_w na odcinku $A-s2$, w czasie od $t = 0$ do $t = T$;

$Z_{w_{s2-C}}$ – zużycie energii przez pociąg P_w w procesie normalizacji.



3. Proces normalizacja wyników

Symulacja

Model symulacyjny oparty jest na charakterystykach pociągu ETR610 typu ED250.

Parametry przyspieszeń ustalone zostały w oparciu o informacje w publikacji [13], gdzie dla przyspieszenia pociągu na prostym i poziomym torze, z normalnym obciążeniem (masa 427 ton) i 100% dostępnej mocy trakcyjnej, stosuje się następujące wartości:
 $a_r = 0,49 \text{ m/s}^2$ - średnie przyspieszenie od prędkości 0 km/h do 40 km/h,
 $a_r = 0,42 \text{ m/s}^2$ - średnie przyspieszenie od prędkości 0 km/h do 120 km/h,
 $a_r = 0,36 \text{ m/s}^2$ - średnie przyspieszenie od prędkości 0 km/h do 160 km/h,
 $a_r = 0,07 \text{ m/s}^2$ - przyspieszenie resztkowe przy prędkości 250 km/h.

Opór ruchu wyznaczono na podstawie parametrów określonych dla zespołów w trakcyjnych publikacjach: [1][2] i opisany został charakterystyką: $F = 8V^2 + 130V + 4000 \text{ [N]}$ dla prędkości określonych w m/s.

Pociąg ETR610 o długości 187,4 m posiada masę $m = 427$ ton, w przeliczeniu na masę uwzględniającą energię elementów wirujących [12] – $m_f = 452$ ton.

Wyniki symulacji

Analiza wymaganego wydatkowania energii mechanicznej na odzyskanie utraconej prędkości i dystansu (punkty na krzywej hamowania) zostały przedstawione w tabeli 1.

Z uzyskanych obliczeń wynika, iż najmniejsze zużycie energii jest dla sytuacji w B3, gdzie w chwili zmiany sygnału S1 na Sp2 na semaforze pociąg posiada prędkość 140 km/h oraz znajduje się w odległości 1000 m do tego semafora. Taki stan rzeczy wskazuje, iż zachowanie jak największej energii kinetycznej pociągu do momentu $t = T$ (zmiany sygnału na semaforze z S1 na Sp2) jest rozwiązaniem najkorzystniejszym według kryterium minimalizacji zużycia energii.

Biorąc pod uwagę powyższe wyniki, wykonano obliczenia dla różnych profili kształtowania się prędkości pociągu, z uwzględnieniem zmniejszenia zużycia energii mechanicznej pociągu w wyniku uzyskania niższych wartości siły oporu ruchu dla niższych prędkości jazdy pociągu.

Uzyskane wyniki z symulacji oraz normalizacja wyników dla dwóch wybranych odległości wstępnych pociągu od semafora ($D0 = 3 \text{ km}$ i 5 km) zostały przedstawione w tabelach 2 i 3

Tab. 1. Zużycie energii mechanicznej z normalizacji wyników dla różnych punktów B

Punkt na krzywej hamowania			Normalizacja wyników			
B	V [km/h]	Sb [m]	tN [s]	ZN [kWh]	Zw [kWh]	ZN-Zw [kWh]
B3	140	1000	24	166,117	50,025	116,092
B2	100	700	27	224,873	65,198	159,675
B1	60	400	34	273,239	83,852	189,387
B0	0	100	55	339,067	121,722	217,345

oraz na rysunkach: 4 – 7.

Przeprowadzone symulacje wskazały, iż najmniejsze zużycie energii mechanicznej uzyskujemy dla wariantu W1 i W2, gdzie pociąg wstępnie hamuje, aby poruszać się do punktu B ze stałą prędkością.

Dla dystansu $D0 = 3$ km różnice zużycia energii między wariantami (tab. 2):

$$\Delta Z_{21} = Z_{w2} - Z_{w1} = 225,430 - 214,219 = 11,211 \text{ [kWh]},$$

$$\Delta Z_{31} = Z_{w3} - Z_{w1} = 231,586 - 214,219 = 17,367 \text{ [kWh]},$$

$$\Delta Z_{41} = Z_{w4} - Z_{w1} = 227,391 - 214,219 = 13,172 \text{ [kWh]},$$

$$\Delta Z_{51} = Z_{w5} - Z_{w1} = 223,827 - 214,219 = 9,608 \text{ [kWh]}.$$

Dla dystansu $D0 = 5$ km różnice zużycia energii między wariantami (tab. 3):

$$\Delta Z_{12} = Z_{w1} - Z_{w2} = 148,751 - 145,477 = 3,274 \text{ [kWh]},$$

$$\Delta Z_{32} = Z_{w3} - Z_{w2} = 152,509 - 145,477 = 7,032 \text{ [kWh]},$$

$$\Delta Z_{42} = Z_{w4} - Z_{w2} = 150,666 - 145,477 = 5,189 \text{ [kWh]},$$

$$\Delta Z_{52} = Z_{w5} - Z_{w2} = 187,554 - 145,477 = 42,077 \text{ [kWh]}.$$

Z przedstawionych wyników można zauważyć, iż zastosowanie sterowania prędkością pociągu w jak najwcześniejszym etapie jazdy (odpowiednio dużej odległości do semafora $D0 = 3$ km i 5 km), pozwala na uzyskanie wyższych

prędkości stałych pociągu, co przynosi się na uzyskanie niższego zużycia energii. Dla przyjętego stałego czasu T (zmiany sygnału z $S1$ na $Sp2$), w rozwiązaniu z odległością 3 km wymagana prędkość stała kształtuje się na poziomie 40 km/h – 60 km/h, podczas gdy dla odległości 5 km, prędkość ta mieści się w granicach 100 km/h – 120 km/h.

Istotne jest, iż intuicyjne dążenie do uzyskania najwyższej prędkości pociągu w chwili $t = T$ (jak uzyskano w etapie 1 dla punktu B3, wyniki w tabeli 1) nie gwarantuje optymalnego zużycia energii. Warianty z zastosowaniem przyśpieszenia na etapie zbliżania się do semafora (wariant: W3, W4 i W5) wymagają bowiem ostatecznie większego zużycia energii, niż wariant 1 i 2, z zastosowaniem stałej prędkości zbliżania się do semafora. Należy zwrócić uwagę, iż dla każdego wariantu w normalizacji przyjęte jest na odcinku B–s1 (rysunek 3) odzyskanie prędkości maksymalnej, czyli w każdym przypadku obliczenia zużycia energii mechanicznej występuje faza przyśpieszenia pociągu.

Taki stan rzeczy wskazuje, iż rozważenie prędkości pociągu wyłącznie na drodze hamowania do semafora jest nie wystarczające, a istotny wpływ na wynik obliczeń ma zachowanie odpowiedniego profilu prędkości pociągu na odcinku dłuższym niż droga hamowania do ww. semafora.

Dodatkową zaletą zastosowania

sterowania prędkością na dłuższym odcinku jazdy jest możliwość zastosowania łagodniejszych zmian prędkości pociągu, gdzie dla odległości 3 km najkorzystniejszy jest wariant W1 z opóźnieniem hamowania $a_h = -1,0$ m/s², natomiast dla odległości 5 km – wariant W2 z opóźnieniem hamowania $a_h = -0,5$ m/s².

Wnioski

Zastosowanie inteligentnych systemów prowadzenia ruchu kolejowego pozwala na uzyskanie oszczędności energetycznych dzięki odpowiedniej modyfikacji profilu prędkości pociągu. Korzyści energetyczne wynikają podstawowo ze zmniejszenia prędkości pociągu, co przenosi się na mniejsze siły oporu ruchu działające na pociąg. Wyklucza się jednocześnie przypadek zatrzymania pociągu, co powoduje konieczność wydatkowania znacznego zużycia energii na przywrócenie jego energii kinetycznej.

Najkorzystniejszy wariant rozważa się z punktu widzenia najmniejszej utraty prędkości oraz najdłuższej przebytej drogi przez pociąg, co implikuje wielkość wydłużenie czasu jego jazdy. Przeliczenie (normalizacja) utraconych wielkości do wariantu ruchu pociągu nie podlegającego ograniczeniu prędkości, pozwala na oszacowanie ewentualnego zwiększenia zużycia energii mechanicznej, i tym samym, na porównanie wariantów różnego kształtowania profilu prędkości pociągu.

Z przeprowadzonych analiz można wnioskować o istotności momentu uzyskania informacji o przewidywanym czasie zmiany sygnału (z $S1$ „Stój” na $Sp2$ „Zezwolenie na jazdę z największą dozwoloną prędkością”) biorąc pod uwagę odległość do przedmiotowego ograniczenia prędkości. Pozwala to na uniknięcie nadmiernego zastosowania siły hamowania (utrata energii kinetycznej) jak i, w konsekwencji, wydłużenia drogi na której konieczne będzie zastosowanie siły trakcyjnej na przyśpieszenie pociągu.

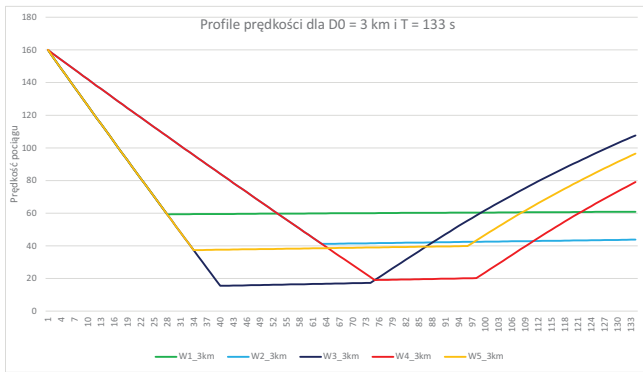
Wartym rozważenia jest więc wdrożenie, na przykładzie szwajcarskich kolei SBB, inteligentnego systemu prowa-

Tab. 2. Zużycie energii mechanicznej dla różnych wariantów symulacji przy $D0 = 3$ km

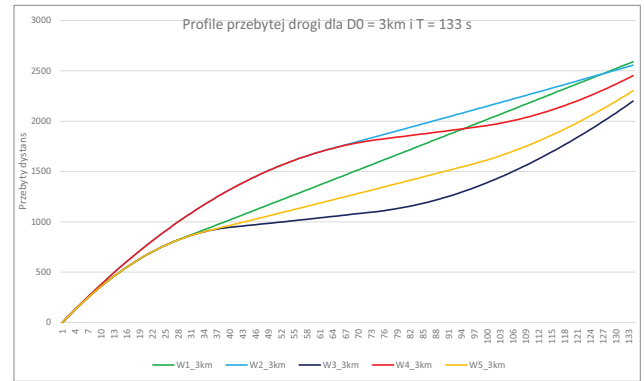
Wariant	Symulacja ($D0 = 3$ km, $T = 133$ s)			Normalizacja wyników ($V_{max} = 160$ km/h; $V_H = 200$ km/h)			
	Vn [km/h]	Sn [m]	Zn [kWh]	tN [s]	ZN [kWh]	Zw [kWh]	Zn+ZN-Zw [kWh]
W1	61	2591	5,047	99	417,320	208,148	214,219
W2	44	2557	2,609	107	444,013	221,192	225,430
W3	108	2200	58,364	91	360,899	187,678	231,586
W4	79	2453	29,811	96	397,161	199,581	227,391
W5	97	2303	41,553	93	374,080	191,806	223,827

Tab. 3. Zużycie energii mechanicznej dla różnych wariantów symulacji przy $D0 = 5$ km

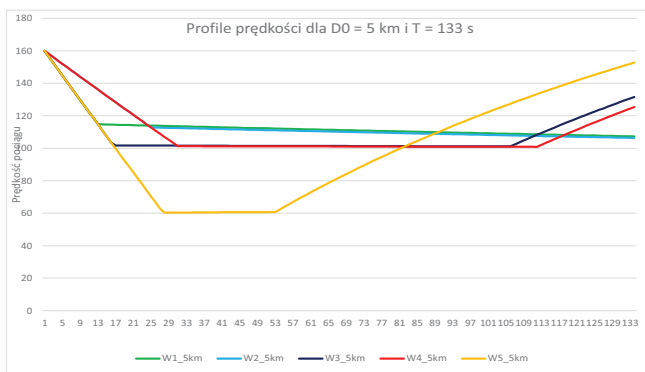
Wariant	Symulacja ($D0 = 5$ km, $T = 133$ s)			Normalizacja wyników ($V_{max} = 160$ km/h; $V_H = 200$ km/h)			
	Vn [km/h]	Sn [m]	Zn [kWh]	tN [s]	ZN [kWh]	Zw [kWh]	Zn+ZN-Zw [kWh]
W1	107	4187	16,175	48	264,409	131,832	148,751
W2	106	4225	14,159	47	262,702	131,385	145,477
W3	132	3995	48,348	46	226,540	122,378	152,509
W4	125	4056	38,817	46	236,471	124,622	150,666
W5	153	3757	108,425	49	197,576	118,447	187,554



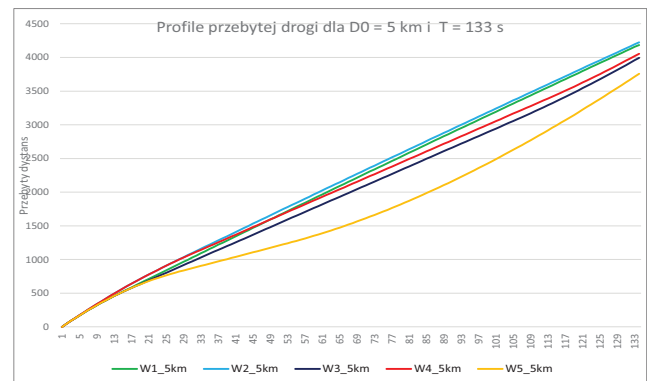
4. Profile prędkości pociągu na odc. A – B dla $D_0 = 3\text{ km}$
(źródło: opracowanie własne)



5. Profil przebytej drogi na odc. A – B dla $D_0 = 3\text{ km}$
(źródło: opracowanie własne)



6. Profile prędkości pociągu na odc. A – B dla $D_0 = 5\text{ km}$
(źródło: opracowanie własne)



7. Profil przebytej drogi na odc. A – B dla $D_0 = 5\text{ km}$
(źródło: opracowanie własne)

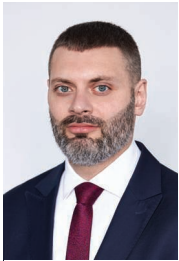
dzenia ruchu kolejowego, biorąc pod uwagę korzyści wynikające z oszczędności energii, jak i uzyskania większej płynności ruchu pociągów (unikanie zbędnego hamowania i przyśpieszania pociągu). Jak podano w publikacji [8] zastosowanie systemu RCS koleje SBB uzyskały oszczędności około 74 gigawatogodzin energii elektrycznej w skali roku, natomiast sam system pozwala na wykrywanie w ciągu dnia około milion możliwych konfliktów ruchowych, co umożliwia na zwiększenie płynności ruchu pociągów, optymalizując około 2000 operacji wyznaczanych tras. ◀

Materiały źródłowe

- [1] Biliński J., Błazejewski M., Malczewska M., Szczepiórkowska M. „Opory ruchu pojazdów trakcyjnych”. Technika Transportu Szynowego, 3/2019.
- [2] Durzyński Z., Łastowski M., „Energochłonność pociągów zespołowych na duże prędkości”, Pojazdy szynowe nr 3/2010.
- [3] Fuchsberger M., Doctoral Thesis: “Algorithms for railway traffic management in complex central station areas”. ETH Zurich, 2012.
- [4] Jacyna M., Gołębiowski P., Krześniak M., Szkopiński J., “Organizacja ruchu kolejowego”. Wydawnictwo Naukowe PWN. Warszawa 2019 r. 384 s., ISBN 978-83-01-20689-5.
- [5] Kecman P., Goverde Rob M.P., “An online railway traffic prediction model”, Conference: 5th International Seminar on Railway Operations Modelling and Analysis - Rail Copenhagen, The Netherland, May 2013.
- [6] PKP Polskie Linie Kolejowe S.A., „Instrukcja sygnalizacji le-1 (E-1)”. Warszawa, 2020 r.
- [7] PKP Polskie Linie Kolejowe S.A., „Wytyczne techniczne budowy urządzeń sterowania ruchem kolejowym. le-4 (WTB-E10)”. Warszawa, 2019 r.
- [8] SBB CFF FFS, “The swiss way to capacity optimization for Traffic Management”, White Paper. 23 August 2017.
- [9] Szkopiński, J.; Kochan, A. Energy Efficiency and Smooth Running of a Train on the Route While Approaching Another Train. Energies 2021, 14, 7593. <https://doi.org/10.3390/en14227593>.
- [10] Szkopiński, J.; Kochan, A. Maximization of Energy Efficiency by Synchronizing the Speed of Trains on a Moving Block System. Energies 2023, 16, 1764. <https://doi.org/10.3390/en16041764>.
- [11] Szkopiński, J., „Sterowanie ruchem pociągu w aspekcie minimalizacji zużycia energii”, Materiały Konferencyjne NOVKOL 2022. SITK RP, Oddział w Krakowie. ISBN 978-83-63492-18-2.
- [12] Szela A.: „Trakcja elektryczna – podstawy”, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2019 r.
- [13] Wawrzyniak A., „Elektryczne pociągi zespołowe ETR610 serii ED250 dla PKP Intercity S.A.”, Technika Transportu Szynowego nr 9/2013.
- [14] Wontorski P., Kochan A., Malinowski M., Śmieszek M., Dzierżak M., Więsek A.: „Plan wdrażania systemu kierowania i sterowania ruchem kolejowym w architekturze RCA-CPK, opartej o zestandaryzowane moduły i interfejsy”, Centralny Port Komunikacyjny, Warszawa 01.2022 r.

Modele zakupowe energii elektrycznej u przewoźników kolejowych w dobie kryzysu na światowych rynkach energii i paliw

Energy purchase schemes of railway carriers in times of crisis on global energy and fuel markets



Alan Beroud

Mgr inż.

Szybka Kolej Miejska Sp. z o.o.

Streszczenie: W publikacji scharakteryzowano modele zakupowe energii u przewoźników kolejowych, w szczególnie trudnej sytuacji na rynku energii i paliw. Opisano Krajowy System Elektroenergetyczny i omówiono zależność cen terminowych energii elektrycznej od cen surowców energetycznych to jest gazu ziemnego, węgla energetycznego, praw do emisji CO2. Podjęto również analizę wpływu sytuacji geopolitycznej na rynek energetyczny i paliwowy. Wyjaśniono również jak na bazie ustawy Prawo energetyczne funkcjonują schematy kontraktowania energii elektrycznej.

Słowa kluczowe: Ceny Energii; Kolej

Abstract: The paper outlines energy purchase schemes for railway carriers, in a particularly difficult situation on the energy and fuel market. The National Power System was described and the dependence of forward prices of electricity on the prices of energy raw materials, i.e. natural gas, coal, CO2 emission allowances. An analysis of the impact of the geopolitical situation on the energy and fuel markets was also undertaken. It was also explained how electricity contracting schemes operate on the basis of the Energy Law.

Keywords: Energy prices, Railway

Wstęp

Transport kolejowy jest kluczowym elementem w europejskiej strategii na rzecz zrównoważonej i inteligentnej mobilności. Niezmiennie też pozostaje kolej sektorem o strategicznym znaczeniu dla krwioobrotu gospodarczego, co dobitnie pokazała agresja Rosji na Ukrainę, która pomimo, iż odbywa się w sferze militarnej to najbardziej jest odczuwalna w sferze ekonomicznej. To właśnie rosyjska interwencja zbrojna na Ukrainie przyczyniła się do światowego kryzysu i wzrostu cen na rynku energii oraz paliw.

Wydatki na energię elektryczną stanowią blisko 15% wszystkich kosztów przewoźników kolejowych i są zwykle drugą pozycją po wynagrodzeniach, często przewyższającą wydatki na dostęp do infrastruktury kolejowej. W stosunku do wysokości wydatków

niezmiennie od lat, zgłaszają obiektywnie przedstawiciele przewoźników. W publikacji przeanalizowano modele zakupowe energii u przewoźników kolejowych pozostających bez swojej winy w szczególnie trudnej sytuacji rynkowej. Warto pamiętać, że problem cen energii nie jest równie dotkliwy dla wszystkich przewoźników. Część z nich ma obecnie zabezpieczone dostawy energii w ramach długoterminowych kontraktów, a tym samym po cenach sprzed podwyżek. Inni zaś musieli kontraktować zakupy energii przy uwzględnieniu kilkusetprocentowego wzrostu stawek. Omówienie modeli zakupowych może być przydatne dla przewoźników, którzy w najbliższym czasie będą się przymierzać do kontraktowania energii na kolejne okresy, jak również dla tych, którzy dotąd kupowali energię w ramach jednego modelu, co wymusza poszukiwanie alternatywy.

Charakterystyka Krajowego Systemu Elektroenergetycznego

Źródła wytwórcze przyłączone do Krajowego Systemu Elektroenergetycznego (KSE) to głównie elektrownie ciepłe opalane węglem (zarówno kamiennym, jak i brunatnym), których łączna moc zainstalowana wynosi około 31 GW. Źródła odnawialne to 19 GW mocy zainstalowanej. Ich generacja to jednak tylko średnio 13% energii wytwarzanej, zaś ich wydajność zależy od czynników atmosferycznych (wiatr, słońce), dlatego źródła te nie stanowią podstawy pokrycia zapotrzebowania, a jedynie jego uzupełnienie. Wpływają one pozytywnie na poziom cen energii elektrycznej oraz emisję zanieczyszczeń. Elektrownie gazowe mają z kolei 3,3 GW mocy zainstalowanej, to około 10% produkowanej energii elektrycznej. Pozostała część produkcji energii

przypada na biomasownię i biogazownie oraz inne jednostki wytwórcze, między innymi elektrownie szczytowo-pompowe.

Ceny terminowe energii elektrycznej zależą w znacznym stopniu od cen surowców energetycznych tj. gazu ziemnego, węgla energetycznego, praw do emisji CO₂ oraz sytuacji geopolitycznej. Ceny SPOT są natomiast silnie zależne od dyspozycyjności źródeł wytwórczych, w tym źródeł OZE w danym dniu.

Jeżeli chodzi o paliwa, w przypadku węgla energetycznego, znaczna jego ilość pochodzi z wydobycia krajowego. Implikowało to niewielkie wzrosty cen tego surowca po rozpoczęciu wojny w Ukrainie (inaczej niż w przypadku węgla ARA), na wykresie **1** przedstawiono zależności pomiędzy tymi dwoma indeksami.

W przypadku gazu ziemnego występuje znacząca korelacja pomiędzy notowaniami krajowymi (TGE), a indeksami globalnymi (np. TTF). Wynika to z około 25-procentowego pokrycia krajowego zapotrzebowania źródłami krajowymi. Pozostała część jest importowana - do niedawna głównie z kierunku wschodniego. Wykres **2** pokazuje korelację wyżej wymienionych indeksów (TTF oraz BASE_Y-23/24 TGE).

W funkcjonującym na rynku SPOT modelu merit order cena energii wyznaczana jest przez najdroższe źródło, które w danym momencie dopełnia bilans KSE. Pewną rolę w kształtowaniu ceny SPOT odgrywa dostępność generacji źródeł OZE, dzięki której możliwe jest ograniczenie produkcji z obciążonych opłatami środowiskowymi źródeł konwencjonalnych. W związku z pojawiającymi się ponadwymiarowymi marżami, w niektórych przedsiębior-

stwach wytwórczych wprowadzono szereg regulacji, których zadaniem - w przyjętych założeniach - miało być ustabilizowanie cen w obrocie energią dla odbiorców.

Ustawa z 27 października 2022 r. o środkach nadzwyczajnych mających na celu ograniczenie wysokości cen energii elektrycznej oraz wsparciu niektórych odbiorców w 2023 roku zobowiązuje przedsiębiorstwa energetyczne do dokonania odpisów na Fundusz Wyплаты Różnicy Ceny. Wysokość odpisu jest ustalona jako różnica pomiędzy giełdową ceną energii elektrycznej, a kosztami wytwarzania związanymi z zakupem paliwa oraz uprawnieniami do emisji CO₂ oraz marżą 3%. Fundusz - według zamysłu jego twórców - pokrywa straty występujące po stronie sprzedawców energii elektrycznej, spowodowane obowiązkiem sprzedaży energii odbiorcom po ustalonych administracyjnie cenach.

Zasygnalizowane powyżej zmiany w sposobie funkcjonowania rynku energii oraz uwarunkowania globalne mają znaczący wpływ na zachowania podmiotów funkcjonujących na rynku. Nowe założenia w tym zakresie zostały wprowadzone w ramach formuły kontraktowania energii elektrycznej, które wobec zmian na rynku oraz panującej na nim niepewności zacierają do coraz bardziej wyrafinowanych technik zarządzania ryzykiem (m.in. poprzez rozłożenie ryzyk kontraktowych na sprzedawcę i odbiorcę) Dotyka to także specyficznego rynku, jakim są przewoźnicy kolejowi zarówno w obszarze energii trakcyjnej, jak i nietrakcyjnej. W dalszej części referatu omówiono ewolucję modeli zakupu energii trakcyjnej, która dokonała się w ostatnim czasie.

Ewolucja modeli kontraktowania energii elektrycznej

Aktualnie obowiązujące Prawo energetyczne przewiduje kontraktowanie energii elektrycznej w dwóch schematach:

- umowa kompleksowa;
- rozdzielone umowy sprzedaży energii i usług dystrybucji.

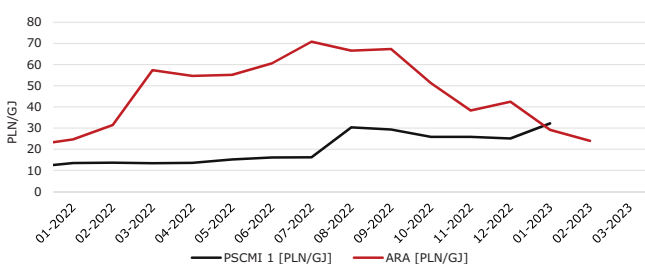
Zawarcie dwóch oddzielnych umów z dystrybutorem i sprzedawcą energii umożliwia zasada TPA (ang. Third Party Access - dostęp strony trzeciej do infrastruktury). W takim modelu koszty zakupu energii fakturuje sprzedawca energii, a koszty usług dystrybucji OSD. Przedsiębiorstwa Obrotu, które sprzedają energię elektryczną odbiorcom przyłączonym do sieci dystrybucyjnej zobowiązane są zawrzeć z OSD Generalną Umowę Dystrybucyjną.

Należy zaznaczyć, że przejście na model TPA może wiązać się w przyszłości z dostosowaniem układów pomiarowo-rozliczeniowych do wymagań określonych w Instrukcji Ruchu i Eksploatacji Sieci Dystrybucyjnych (Irysa).

Model stałej ceny

Jednostkowy, całkowity koszt energii wyrażony w PLN/MWh jest znany już w chwili przyjęcia oferty sprzedawcy i pozostaje niezmienny przez okres trwania umowy sprzedaży.

Od 2022 r. model ten praktycznie nie funkcjonuje z uwagi na brak możliwości oszacowania stałej ceny w okresie trwania umowy, przy wysokiej dynamice zmian cen na rynku hurtowym (przy długim terminie związania ofertą).



1. Zależności pomiędzy dwoma indeksami PSCMI ORAZ ARA



2. Korelacja indeksów TTF oraz BASE_Y-23/24 TGE. Źródło: Audytel

Alternatywną możliwością jest zakup zielonej energii bezpośrednio od wytwórcy w formie umowy PPA (ang. Power Purchase Agreement) z pominięciem spółki obrotu energią. Na takie rozwiązanie decyduje się coraz więcej producentów energii z OZE, w szczególności te podmioty, które nie mogą liczyć na wsparcie w postaci systemu aukcyjnego. Zielone PPA charakteryzuje najczęściej wieloletnia perspektywa (10 lat i więcej), a cena energii jest okresowo indeksowana według ustalonej między stronami formuły.

Zawarcie oddzielnych umów sprzedaży energii i dystrybucji (model TPA) może wiązać się w przyszłości z koniecznością dostosowania układów pomiarowo-rozliczeniowych, znajdujących się w pojazdach przewoźników do wymagań określonych w Instrukcji Ruchu i Eksploatacji Sieci Dystrybucyjnej. Może to się przyczynić do zmian warunków świadczenia usługi dystrybucji, co w dłuższej perspektywie może stanowić pewną barierę dla rozwoju TPA w sektorze kolejowym.

Model transzowy

W modelu transzowym kupujący energię decyduje o momencie zakontraktowania określonej ilości energii po cenie indeksowanej produktami notowanymi na Rynku Terminowym Produktów z dostawą energii elektrycznej (RTPE). Zakup energii w modelu transzowym polega na wskazaniu sprzedawcy części wolumenu oraz ceny, po jakiej zostanie on zakontraktowany.

Umowa sprzedaży energii określa zasady obliczenia ceny energii na dany

okres w oparciu o notowania instrumentów terminowych. Rozłożenie w czasie zakupów energii powoduje, że uzyskiwana średnia cena energii może być korzystniejsza, niż w modelu, w którym jej wartość określamy jako constans. Wymaga to jednak od kupującego stałego monitoringu rynku energii i podejmowania na tej podstawie decyzji biznesowych obciążonych standardowym ryzykiem cenowym. Umowa sprzedaży określa pozostałe koszty związane z zakupem energii takie jak: koszty nabycia praw majątkowych, akcyzę oraz pozostałe konieczne w tym względzie wydatki. Przy tym szczególną rolę odgrywają koszty bilansowania oraz marża sprzedawcy energii.

Wadą modelu transzowego jest fakt, że energia, której obrót dokonuje się w ramach rynku terminowego na Towarowej Gieldzie Energii pochodzi w praktyce wyłącznie z węgla, a więc jej wartość ściśle zależy od coraz mniej przewidywalnej ceny gazu oraz uprawnień do emisji CO₂.

Produkt chroniący cenę

W opisywanym modelu cena zostaje obliczona samoczynnie jako średnioważona wolumenem cena wszystkich transakcji dotyczących produktu BASE_Y w okresie od stycznia do około połowy grudnia. Model występuje również w wariantach wyznaczania cen na każdy kwartał osobno.

Podobnie jak w modelu transzowym, umowa sprzedaży określa pozostałe składniki ceny energii takie jak: koszty zakupu praw majątkowych, akcyzę oraz pozostałe koszty, w tym

koszty bilansowania oraz marżę sprzedawcy energii.

Produkt chroniący cenę z „kliknięciem”

W opisywanym modelu kupujący energię może dokonać jednego „kliknięcia” pierwszego dnia roboczego miesiąca „M” w okresie od stycznia do grudnia roku poprzedzającego rok rozpoczęcia dostaw. Jeżeli kupujący podejmie decyzję o niedokonywaniu „kliknięcia”, cena energii zostanie obliczona jako średnioważona wolumenem cena wszystkich transakcji dotyczących produktu BASE_Y w danym roku.

W przypadku kliknięcia, cena zostaje obliczona jako średnioważona wolumenem cena wszystkich transakcji dotyczących produktu BASE_Y w okresie od stycznia do końca miesiąca, w którym dokonano kliknięcia wyłącznie. Podobnie jak w poprzednim modelu, umowa sprzedaży określa pozostałe składniki ceny energii.

Wariant wczesnego wyznaczania ceny

Z dużą dozą precyzji można stwierdzić, że omawiany przez nas w tym akapicie model, który funkcjonuje mniej więcej od połowy 2022 r. zastąpił w praktyce inny, oparty na stałej cenie.

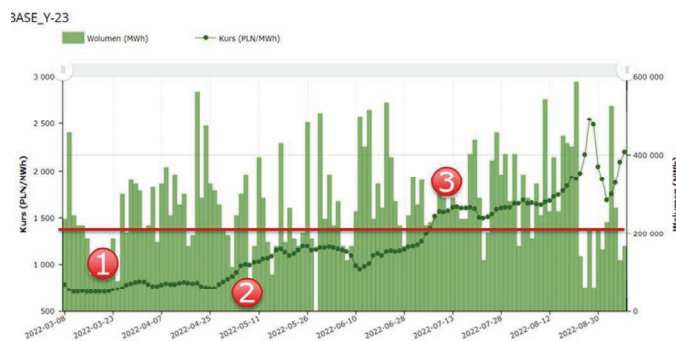
Różnica pomiędzy modelem wczesnego wyznaczania ceny, a modelem chroniącym cenę polega na wyznaczeniu ceny w oparciu o kilka notowań (występuje także w wariantach kwartalnym).



3. Wykres zależności kursu i wolumenu (Model stałej ceny)

1 – zakończenie zbierania ofert (dzień zaoferowania stałej ceny energii), 2 – rozstrzygnięcie postępowania;

Źródło: Audytel



4. Wykres zależności kursu i wolumenu (Model transzowy)

1 – Zakup pierwszej transzy, 2 – Zakup drugiej transzy, 3 – Zakup trzeciej transzy, Cena energii wyznaczona jako średnioważona wolumenem transzy oraz ceną transzy; Źródło: Audytel

BASE_Y-23



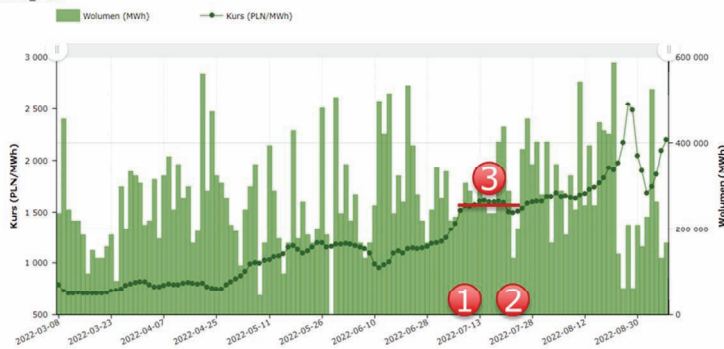
5. Wykres zależności kursu i wolumenu (Produkt chroniący cenę)
1 – Początek okresu wyznaczania ceny (~2.01), 2 – Koniec okresu wyznaczania ceny (~15.12), 3 – Cena energii wyznaczona jako średnioważona wolumenem ze wszystkich transakcji między 1 i 2
Źródło: Audytel

BASE_Y-23



6. Wykres zależności kursu i wolumenu (Produkt chroniący cenę z „klikaniem”)
1 – Początek okresu wyznaczania ceny (~2.01), 2 – Koniec okresu wyznaczania ceny. Zamawiający sam decyduje, kiedy następuje, 3 – Cena energii wyznaczona jako średnioważona wolumenem ze wszystkich transakcji między 1 i 2. Źródło: Audytel

BASE_Y-23



7. Wykres zależności kursu i wolumenu (Wariant wczesnego wyznaczania ceny)
1 – Początek okresu wyznaczania ceny (przyjęcie oferty), 2 – Koniec okresu wyznaczania ceny (piąte notowanie od momentu przyjęcia oferty), 3 – Cena energii wyznaczona jako średnioważona wolumenem ze wszystkich transakcji między 1 i 2;
Źródło: Audytel

Podsumowanie

Omówione modele zakupu energii elektrycznej przez przewoźników kolejowych stopniowo ewaluowały z powodu zachodzących w ostatnim czasie w gospodarce globalnej zmian, spowodowanych między innymi przez epidemię Sars-Cov 2 oraz wojnę w Ukrainie. Przerwanie tradycyjnych łańcuchów dostaw oraz wywołane zmianami politycznymi surowcowe „trzęsienie ziemi” implikuje brak stabilności cenowej nie tylko nośników energii, ale także innych towarów i usług niezbędnych w wytwarzaniu i przesyłaniu energii oraz gazu. Trzeba przy tym pamiętać, że znaczący wzrost cen nośników energii wywołuje istotny impuls inflacyjny, co w dobie wielokryterialnej inflacji może stanowić istotne zagrożenie dla stabilności gospodarczej państw o mało zdywersyfikowanym miksie energetycznym, do których należy Polska.

W związku z powyższym koniecznym jest wprowadzenie takich rozwiązań, które w pełni, a nie tylko czasowo uregulowałyby podnoszone w artykule treści. Wśród obszarów problemowych znajdują się:

- Utrudnienia w planowaniu finansowym w okresie średnio i długoterminowym. Energia elektryczna to dla przewoźników eksploatujących tabor elektryczny jeden z głównych driverów kosztowych. Jej cena wpływa nie tylko na bieżące wskaźniki ekonomiczne, ale także przekłada się na cenę usługi przewozowej, a więc wpływa na dostępność do czystego środowisko transportu pasażerskiego. Ma to szczególne znaczenie w przypadku przewoźników aglomeracyjnych, którzy o ile użytkują pojazdy elektryczne, nie obciążają lokalnego środowiska naturalnego.

- Konieczność wzmożonej obserwacji rynku energii. Większość z przedstawionych w niniejszej publikacji modeli zakupu energii determinuje u przewoźników kolejowych konieczność bieżącej obserwacji rynku energii i surowców. Wymaga to m.in. stworzenia eksperckiego zaplecza kadrowego zdolnego nie tylko do bieżącej analizy wielu parametrów ekonomicznych (w tym analizy ryzyka), ale także potrafiącego podejmować szybkie decyzje o znacznym wolumenie kosztowym.
- Rosnące koszty energii (nie tylko w zakresie handlowym, ale ostatnio także w obszarze cen i stawek opłat dystrybucyjnych) wywołują konieczność podejmowania działań o charakterze efektywnościowym. Niektórzy przewoźnicy od kilku lat podejmują szereg projektów oszczędnościowych (m.in. stosując ecodriving). Jednak w najbliższej przyszłości należy spodziewać się wzrostu znaczenia efektywności zużycia energii nie tylko w zakresie bieżącej eksploatacji taboru, ale także przy podejmowaniu długoterminowych decyzji inwestycyjnych. Tak bowiem, a nie inaczej kształtuje się sytuacja w sektorze odpowiadającym za kolejnictwo. Te ostatnie zaś, o czym często opinia publiczna zapomina stanowi strategicznie ważną część infrastruktury definiującej połączenia transportowe na obszarze całego państwa. ◀

Koncepcja i uwarunkowania utworzenia Poznańskiej Kolei Metropolitalnej z uwzględnieniem aspektów ekonomicznych, przestrzennych i demograficznych

The concept and conditions for the creation of the Poznań Metropolitan Railway, taking into account economic, spatial and demographic aspects



Adam Pawlik

Mgr

Członek Zarządu – Dyrektor
Handlowy, POLREGIO S.A.

Streszczenie: W artykule omówiono uwarunkowania utworzenia Poznańskiej Kolei Metropolitalnej jako inicjatywy władz Województwa Wielkopolskiego, przewoźników kolejowych oraz organizacji społecznych wychodzącej naprzeciw potrzebom komunikacyjnym mieszkańców Poznańskiego Obszaru Metropolitalnego (POM). Zadaniem Poznańskiej Kolei Metropolitalnej jest poprawa jakości transportu pasażerskiego w aglomeracji poznańskiej (zwanej dalej Aglomeracją) poprzez budowę atrakcyjnej i sprawnej siatki połączeń kolejowych w istniejących uwarunkowaniach funkcjonowania transportu kolejowego w Polsce istotnie tańszej od realizacji podobnej jakości obsługi transportowej mieszkańców poprzez rozbudowę sieci dróg samochodowych.

Słowa kluczowe: Poznańska Kolej Metropolitalna; infrastruktura kolejowa; Poznański Obszar Metropolitalny

Abstract: The article discusses the conditions for establishing the Poznań Metropolitan Railway as an initiative of the authorities of the Wielkopolska Region, railway carriers and social organizations meeting the communication needs of the inhabitants of the Poznań Metropolitan Area (POM). The task of the Poznań Metropolitan Railway is to improve the quality of passenger transport in the Poznań agglomeration (hereinafter referred to as the Agglomeration) by building an attractive and efficient network of railway connections in the existing conditions of rail transport in Poland, significantly cheaper than providing a similar quality of transport services for residents by expanding the road network.

Keywords: Poznań Metropolitan Railway; railway infrastructure; Poznań Metropolitan Area

Układ linii kolejowych

Prace koncepcyjne nad kształtem Poznańskiej Kolei Metropolitalnej (PKM) trwają od wielu lat w ramach szerokiego środowiska kolejowego, naukowego, samorządowego i społecznego. W tym okresie odbyło się wiele dyskusji na ten temat oraz powstało wiele opracowań studialnych. W artykule przedstawiono wybrane trzy koncepcje PKM (rys. 1, 2, 3), uzupełnione o koncepcję Poznańskiej Kolei Obwodowej (PKO - rys. 4), które najbardziej odzwierciedlają możliwości wykorzystania technicznego oraz społeczno-gospodarczego kolei w

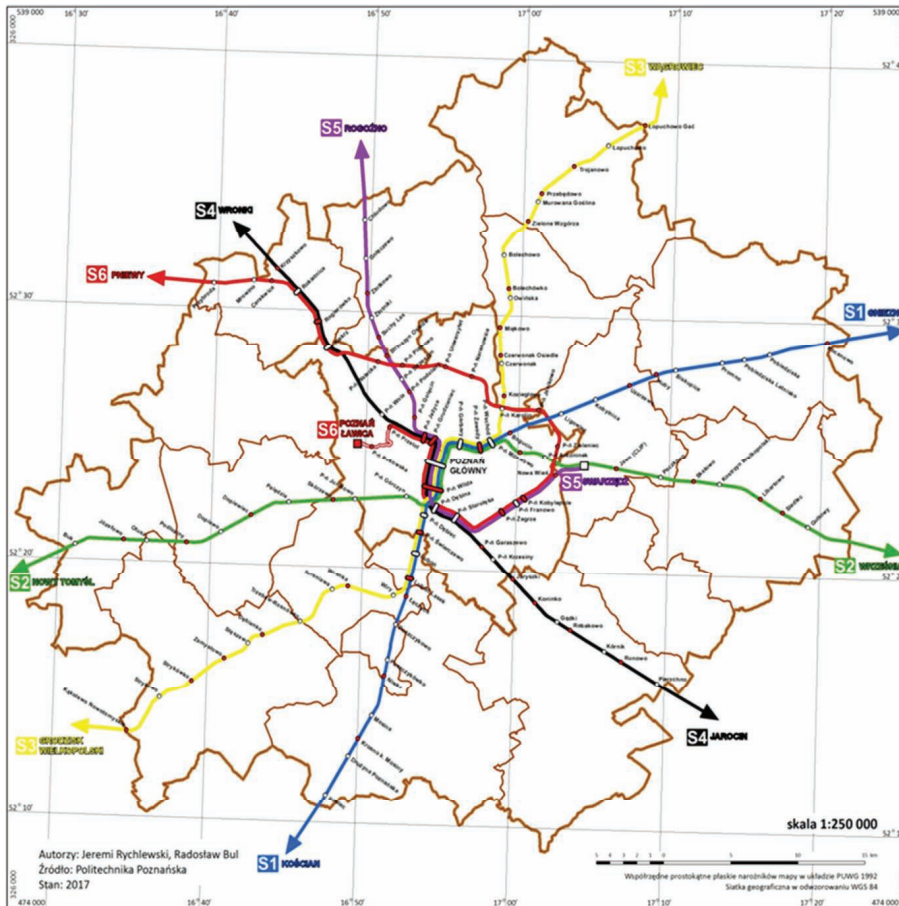
Poznańskim Obszarze Metropolitalnym (POM).

W przedstawionych koncepcjach można dostrzec wiele cech wspólnych, ale też pewne rozbieżności. Układ pierwszych 5 tras jest w tych koncepcjach stały, z wyjątkiem korekt w przebiegu tras S5 i S4, w szczególności kończenia jednej z nich na stacji Poznań Główny, Swarzędz lub Września; układ ten pokrywa się zresztą z realizowanym obecnie układem tras pierwszego etapu PKM. Stabilność układu tras w pierwszym etapie wynika z:

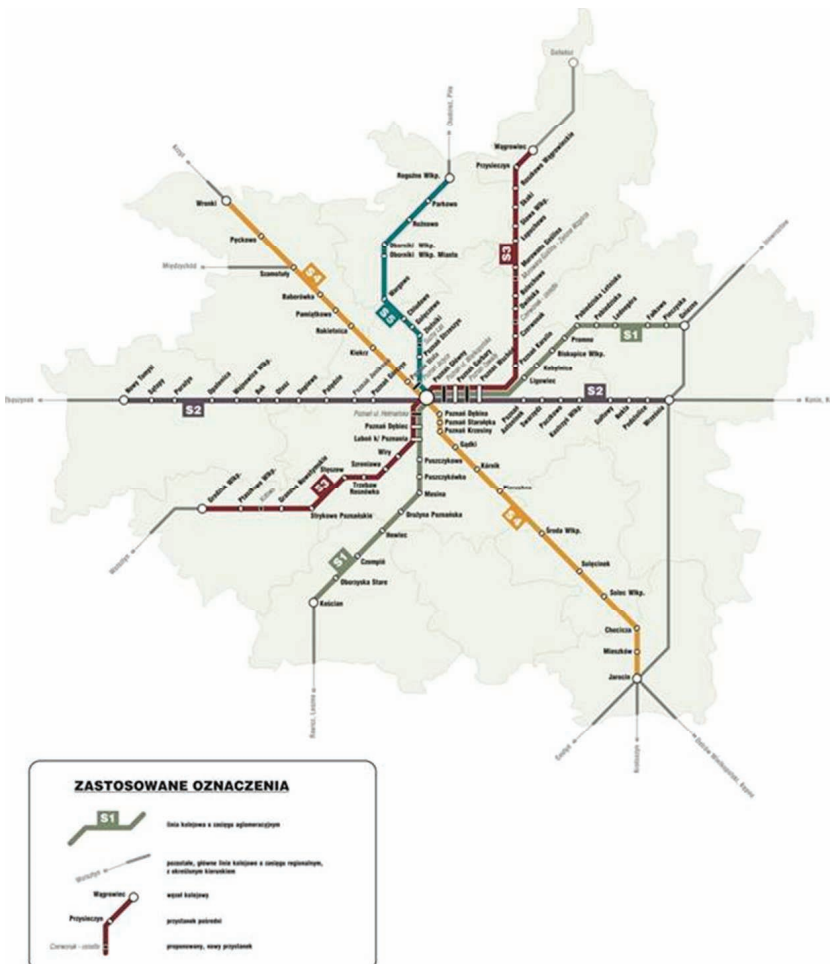
- Wcześniejszych dyskusji o ukła-

dzie kilku pierwotnych tras. Trasy te były oryginalnie zaproponowane (jeszcze bez numeracji i o krótszym zasięgu) przez Wielkopolskie Biuro Planowania Przestrzennego.

- Ograniczeń infrastrukturalnych i potencjału przewozowego:
- o Trasa S1 prowadzona jest przez tereny największego potencjału przewozowego – jedynie dla tej trasy i trasy PKO przewiduje się docelowo częstotliwość 20 lub 15-minutową;



1. Schemat tras PKM wg. Centrum Badań Metropolitalnych. Źródło: [1]



2. Schemat tras PKM wg. TRAKO. Źródło: [2]

o Trasa S3 prowadzona jest jedynymi dwoma czynnymi nieelektryfikowanymi liniami. Ponadto są to jedyne czynne linie jednotorowe (jednotorowy jest też fragment trasy S4 od Wargowa do Rogoźna) i przewidziane dla prędkości 100-120 km (pozostałe linie przewidziano dla prędkości 140-160 km/h).

W kolejnych etapach rozwoju PKM należy spodziewać się zarówno wydłużenia zasięgu dalekiego poprzez przystępowanie kolejnych gmin, jak też uruchamiania dodatkowych tras. W koncepcji CBM (rys. 1) pojawiła się trasa S6, obsługująca obwodnicę towarową Poznania, nieczynną linię w kierunku Pniew i przewidzianą do budowy linię do lotniska Poznań-Ławica. Trasa ta po analizach przestrzennych i rezygnacji z synchronizacji czasowej na stacji Poznań Główny została zamieniona na planowaną trasę PKO (nadal oznaczoną S6 – rys. 4), a oprócz tego przewidziano dwie nowe trasy które kończyłyby bieg na stacji Poznań Główny: S7 w kierunku Pniew oraz S8 do lotniska Ławica i dalej (jako modyfikacja koncepcji CBM) do Tarnowa Podgórnego. Uzupełnieniem systemu PKM w kolejnych etapach ma być trasa S9 łącząca Czempień ze Śremem, zakładająca przesiadkę pasażerów z trasy S1 na stacji Czempień.

Wspólny bilet jako spoiwo taryf biletowych różnych JST

Jak pokazują doświadczenia aglomeracji zachodnich państw UE, wspólna taryfa biletowa integrująca różnych organizatorów publicznego transportu zbiorowego pozwala znacząco zwiększyć atrakcyjność takiego transportu, a poprzez ten fakt przyciągnąć większą ilość pasażerów do komunikacji publicznej. Korzyści są wymierne, gdyż w znaczący sposób taki system odciąża zatłoczenie na drogach

samochodowych, szczególnie na wjazdach do miast.

Modele wspólnych taryf biletowych oczywiście mogą być zróżnicowane, między innymi:

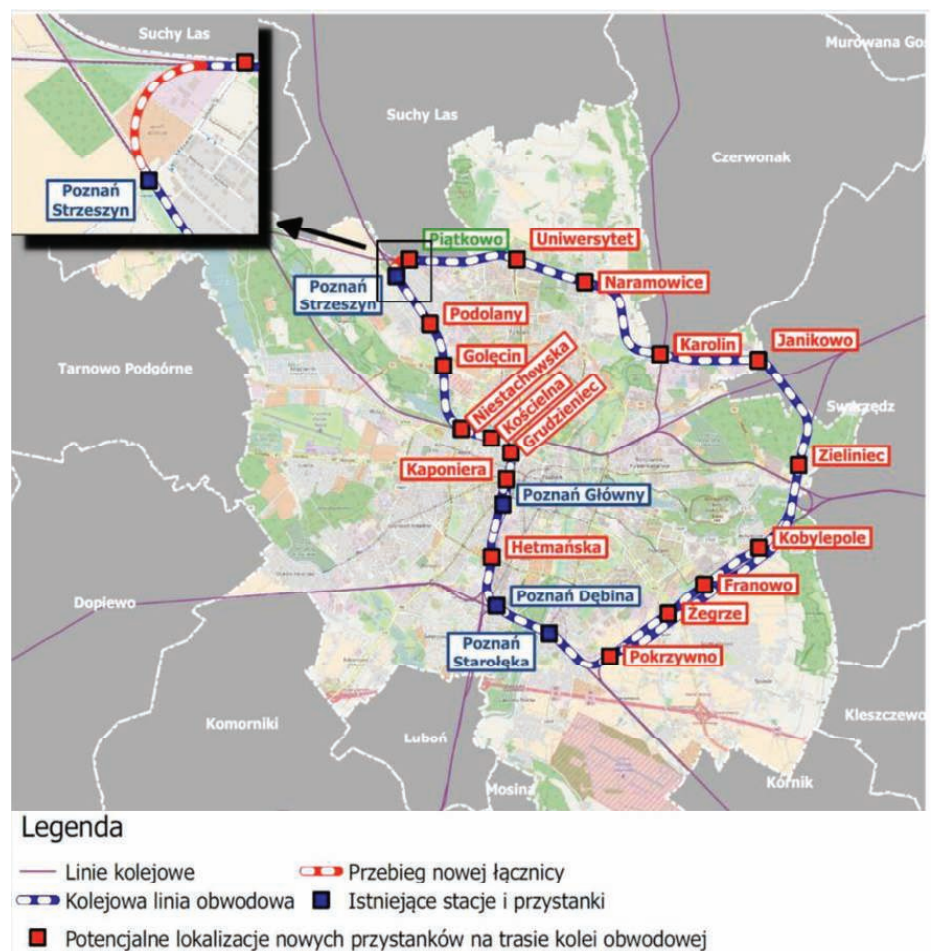
- mogą być oparte o czas jazdy – np. bilety czasowe stosowane w autobusach (a także jako system dodatkowy w tramwajach) w Aglomeracji;
- mogą być oparte bezpośrednio na odległości – system ten stosowany jest w biletach kolejowych w Polsce;
- mogą być oparte o liczbę przystanków - np. bilety przystankowe stosowane w autobusach i tramwajach w Aglomeracji;
- mogą być oparte o liczbę stref przekraczanych w czasie jednego przejazdu – np. system tzw. „plastrów miodu” stosowany na obszarze dwóch niemieckich landów Berlina i Brandenburgii;
- mogą polegać na wprowadzeniu stref biletowych liczonych od centrum metropolii – model ten obowiązuje od niespełna roku na obszarze POM (rys. 5).

Model taryfowy stosowany w POM dla biletów miesięcznych oparty jest na wprowadzeniu stref biletowych rozchodzących się promieniście od Miasta. Bilet ten obowiązuje na przejazdy PKM, ale też na przejazdy tramwajami i autobusami w strefie A (strefie obejmującej miasto Poznań). Jego atrakcyjność polega na tym, że pasażer posiada tylko jeden blankiet obowiązujący w różnych środkach komunikacji publicznej oraz że cena łącznego biletu jest niższa od sumy biletów kupowanych osobno na te przewozy według obecnej taryfy o 90-100 zł, w zależności od strefy.

Wprowadzenie wspólnego biletu dla PKM i transportu publicznego miasta Poznania znacząco wpłynęło na zainteresowanie pasażerów korzystaniem z łączonej komunikacji publicznej. Kolejnym etapem rozwoju



3. Schemat tras PKM wg. WYG Consulting sp. z o.o. Źródło: [3]



4. Schemat trasy PKO wg. BBF Sp. z o.o. Źródło: [4]



5. Strefy biletowe oferty Bus-Tramwaj-Kolej obowiązujące na obszarze POM
Źródło: <http://bustramwajkolej.pl> [5]

oferty jest włączanie do niej tzw. „trzeciego organizatora”, którym jest właściwa JST na obszarze, na którym pasażer wysiada z pociągu i dojeżdża do miejsca docelowego. W ten sposób pasażer w ramach wspólnego biletu mógłby podróżować od najbliższego dla swojego domu przystanku autobusowego do miejsca docelowego podróży w Poznaniu (a właściwie – w dowolnej gminie POM). Podejmowane są także prace na wprowadzeniu oferty Bus-Tramwaj-Kolej dla biletów

jednorazowych oraz nad zmianą nośnika biletu na elektroniczny. Zmiana ta pozwoli precyzyjnie określić trasy przemieszczania się pasażerów oraz uzyskiwać w czasie rzeczywistym informację jak jest napełnienie danego środka komunikacji. Dane te z kolei umożliwią bardziej precyzyjne określenie zapotrzebowania na publiczny transport zbiorowy.

Finansowanie kolei metropolitalnej

Koncepcja funkcjonowania PKM opiera się na założeniu, że jej prawnym organizatorem będzie województwo Wielkopolskie, tak jak ma to miejsce w przypadku organizacji regionalnych kolejowych przewozów pasażerskich. Różnica będzie polegała na współfinansowaniu dodatkowych pociągów aglomeracyjnych przez:

- województwo Wielkopolskie na poziomie 40% jej kosztów,
- gminy i powiaty znajdujące się na obszarze przyszłego działania PKM, których łącznie jest 50.

Wspomniane gminy i powiaty udzielą dotacji celowej na to przedsięwzięcie. Cała koncepcja współfinansowania opiera się na zasadzie dobrowolności, która zakłada ogólne zrozumienie potrzeby uruchomienia PKM dla mieszkańców codziennie dojeżdżających do Poznania (a także do Powiatu) do pracy i szkoły. Model finansowa-

Tab. 1. Łączna ilość pracy eksploatacyjnej wykonywanej na terenie POM w roku

Nr trasy PKM	Długość odcinka (km)	Praca eksploatacyjna (poc.-km)		
		Gwarantowana przez Województwo (38 kursów)	Współfinansowana przez 3 szczeble JST (20 kursów)	Łącznie (58 kursów)
S1 S	41,747	513 387,21	270 203,79	783 591,00
S1 N	50,358	619 282,07	325 937,93	945 220,00
S2 E	49,326	606 590,72	319 258,28	925 849,00
S2 W	57,385	705 696,69	371 419,31	1 077 116,00
S3 S	50,934	626 365,14	329 665,86	956 031,00
S3 N	57,034	701 380,41	369 147,59	1 070 528,00
S4 S	67,329	827 983,97	435 781,03	1 263 765,00
S4 N	42,515	522 832,17	275 174,83	798 007,00
S5	33,039	406 299,93	213 842,07	620 142,00
Łącznie (poc.-km):		5 529 818,31	2 910 430,69	8 440 250,00

Źródło: Opracowanie własne.

Tab. 2. Uśredniony podział kosztów w przeliczeniu na jedną JST

	Gminy i powiaty	Województwo
Stawka za 1 poc.-km	20 zł	
Wielkość pracy przewozowej za 20 dodatkowych pociągów	2 910 430,69 poc.-km	
Wartość pracy przewozowej za 20 dodatkowych pociągów	58 208 613,80 zł	
Liczba JST	50	1
Udział w finansowaniu (%)	60	40
Udział wszystkich JST	34 925 168,28	23 283 445,52
Średni udział na 1 JST	698 503,36	23 283 445,52

Źródło: Opracowanie własne.

nia opiera się na założeniu, że Województwo Wielkopolskie uruchamia i finansuje gwarantowaną liczbę par pociągów, a dotacja gmin i powiatów służy zagęszczeniu taktu – zwiększeniu częstotliwości. Dopuszczono, że na terenie gmin, które zrezygnują ze współfinansowania, dodatkowe (dodatkowe wobec gwarantowanych przez Województwo) pociągi mogą się nie zatrzymywać na przystankach i stacjach.

Szczegółowe obliczenia przedstawiają tabele 1 i 2. Do obliczenia wielkości dodatkowej pracy eksploatacyjnej zestawiono trasy przyszłej PKM oraz ich długości. Następnie przeliczono w podziale na linie kolejowe pociągi gwarantowane przez Województwo oraz pociągi współfinansowane przez trzy szczeble samorządu terytorialnego: województwo, powiaty oraz gminy. Z tego porównania wynika, że gwarantowana przez Województwo praca przewozowa jest na poziomie 5,5 mln. poc.-km, a praca przewozowa przewidziana do współfinansowania przez JST wynosi niewiele ponad 2,9 mln poc.-km.

W tabeli 2 określono cenę uruchomienia dodatkowych 10 par pociągów, która wynosi 58 mln. zł. Wstępnie kwota ta wygląda na wysoką, trudną do udźwignięcia przez samorządy, jednakże przy założeniu, że gminy i powiaty (których łącznie jest 50) mają pokryć 60% kosztów uruchomienia dodatkowych par pociągów, w przeliczeniu na jedną JST kwota ta wyniesie 698 tys. zł. rocznie. Na tym etapie, nie wchodząc w szczegóły podziału kwoty pomiędzy poszczególne gmi-

ny i powiaty, uwzględniające między innymi wielkość gminy, liczbę mieszkańców, wysokość rocznego budżetu itp., można by stwierdzić, że obliczona powyżej kwota jest akceptowalna dla poszczególnych JST.

Podsumowanie

Koncepcja Poznańskiej Kolei Metropolitalnej oparta jest na wykorzystaniu promieniście wychodzących z Poznańskiego Węzła Kolejowego 9 linii kolejowych oraz wspólnego biletu Bus-Tramwaj-Kolej. Ukształtowanie sieci linii kolejowych na terenie Poznańskiego Obszaru Metropolitalnego oraz przeprowadzone w ostatnich latach modernizacje stworzyły sprzyjające podstawy do uruchomienia omawianej kolei. Przyjęto, że pociągi będą uruchamiane w cyklu (takcie 30 minut a Kolej będzie obsługiwana przez przewoźników Koleje Wielkopolskie Sp. z o.o. oraz POLREGIO S.A. Współfinansowanie opiera się na zasadzie dobrowolności, która zakłada ogólne zrozumienie potrzeby uruchomienia PKM dla mieszkańców codziennie dojeżdżających do Poznania (a także do Powiatu) do pracy i szkoły. Model finansowania opiera się na założeniu, że Województwo Wielkopolskie uruchamia i finansuje gwarantowaną liczbę par pociągów, a dotacja gmin i powiatów służy zagęszczeniu taktu – zwiększeniu częstotliwości. ◀

Materiały źródłowe

- [1] Studium uwarunkowań i kierunków zagospodarowania przestrzennego miasta Poznania, Uchwała nr LXXII/1137/VI/2014 Rady Miasta Poznania z dnia 23 września 2014 r.
- [2] Analiza zapotrzebowania na pasażerskie przewozy kolejowe w otoczeniu komunikacyjnym linii kolejowych w województwie wielkopolskim pod kątem zaspokojenia potrzeb przewozowych przez środki transportu, Tom IV. Koncepcja przewozów aglomeracyjnych Poznania jako elementu sieci kolei regionalnych województwa wielkopolskiego”, TRAKO, Wrocław 2010.
- [3] Koncepcja zintegrowanego transportu publicznego w oparciu o linie Poznańskiego Węzła Kolejowego, Etap I – Analiza istniejącej infrastruktury kolejowej pod kątem możliwości uruchomienia regularnych połączeń metropolitalnych (Poznańska Kolej Metropolitalna), ze wskazaniem zakresu niezbędnych inwestycji, WYG Consulting sp. z o.o., Warszawa 2014.
- [4] Opracowanie poszerzonej koncepcji pt. „Usprawnienie transportu kolejowego w aglomeracji poznańskiej poprzez uruchomienie szybkiej kolei miejskiej na obwodnicy towarowej Poznania”, Etap II – Proponowane rozwiązania i analiza przepustowości, BBF Sp. z o.o., Kwiecień 2017.
- [5] <http://bustramwajkolej.pl>.

Jak działają najnowsze kolejowe systemy ochrony dzikich zwierząt

How the latest railway wildlife protection systems work



Marek Stolarski

Mgr inż.

NEEL Sp. z o.o.

Streszczenie: Aby skutecznie ostrzegać dzikie zwierzęta przed niebezpieczeństwem, jakim jest szybko jadący pociąg, konieczna jest wiedza z zakresu etologii, czyli wiedza o naturalnych zachowaniach zwierząt. Znajomość funkcjonowania zmysłów zwierząt oraz instynktów, które kierują ich zachowaniem, pozwala na dobór takich bodźców, który będzie rozumiany jako ostrzeżenie o nadciągającym niebezpieczeństwie i skłoni zwierzęta do odsunięcia się od torów. W ten sposób działa opracowany w Polsce akustyczny system ochrony zwierząt na torach kolejowych.

Słowa kluczowe: Linie kolejowe; Dzikie zwierzęta; Zapobieganie kolizjom pociągów z dzikimi zwierzętami; Akustyczne urządzenia ochrony zwierząt

Abstract: In order to effectively warn wild animals against the danger of a fast moving train, knowledge on ethology is necessary, i.e. on the natural behaviour of animals. Knowing how the senses of animals function and the instincts that guide their behaviour allows for the selection of such stimuli, which will be understood as a warning of impending danger and provoke the animals to move away from the tracks. This is how the acoustic system for the protection of animals on railway tracks, developed in Poland, works.

Keywords: Railway lines; Environmental impact; Wildlife; Wild animal – train collisions prevention; Acoustic animal protection devices

Narządy zmysłów

Liczne prace z zakresu etologii (zoo-psychologii) poświęcone są analizie funkcjonowania zmysłów ssaków. Polega to na zbadaniu rodzaju i zakresów wrażliwości narządów wzroku, słuchu, węchu, smaku i dotyku u poszczególnych gatunków. Najistotniejsze to:

Zmysł wzroku. Zdolność percepcji przez ssaki nieruchomych obiektów materialnych, szybkości przemieszczania się obiektów ruchomych, jak również oceny odległości, i płynąca stąd zdolność budowania trójwymiarowego obrazu otoczenia w zasadniczej mierze zależy od sprawności wzroku zwierzęcia. Nie jest to najważniejszy zmysł u ssaków. Ważniejszymi są słuch i węch.

Zmysł słuchu. Z napływających dźwięków wyławiane są składniki, na

których odbiór zwierzę jest ewolucyjnie uwrażliwione. Lokalizacja źródła dźwięku i jego odległości jest na ogół mniej dokładna niż ta dokonywana za pomocą wzroku, jednak ssaki lokalizują ją i tak co najmniej dwa razy precyzyjniej niż człowiek.

Zachowania instynktowne

Instynktowne formy zachowania się zwierząt powstały w wyniku ewolucyjnych przemian fizjologicznych, anatomicznych oraz psychicznych jako odpowiedź istot żywych na sygnały



1. Urządzenia Ochrony Zwierząt UOZ-1 na linii E30 odcinek Węgliniec – Bielawa Dolna. Źródło: NEEL

płynące z otoczenia. Zespół wrodzonych zachowań sterowany jest trzema podstawowymi instynktami: przetrwania, odżywiania się i rozmnażania. Najsilniejszym z instynktów jest nakaz podejmowania działań na rzecz zachowania życia. W przeciwieństwie do rozsądku z niebywałą, „ślepa” siłą zmusza zwierzęta, by w większości sytuacji życiowych dążyły przede wszystkim do uniknięcia śmierci.

Wrodzone mechanizmy wyzwalające, bodźce kluczowe

Wiedza o możliwościach narządów zmysłów, uzyskana w eksperymentach opartych na tresurze polegającej na sprzężeniu dowolnie wybranego bodźca z nagrodą lub z karą, odpowiada na pytanie, czy system nerwowy danego zwierzęcia w ogóle odbiera testowane sygnały. Uzyskanie pozytywnej odpowiedzi nie wystarcza, by uzyskane wyniki automatycznie przenieść na zachowania dzikich zwierząt.

Na część sygnałów płynących z naturalnego otoczenia zwierzęta nie reagują. W grupie bodźców wzrokowych najważniejsze dla zwierząt są wychwycenie ruchu obserwowanego obiektu i ocena odległości. Z kolei reakcja na dźwięk może być całkowicie niezależna od towarzyszącego mu obrazu. Np. głos lub dźwięk alarmu wyzwała odruch ucieczki, mimo równoczesnego odbierania bodźców wzrokowych świadczących o całkowitym braku zagrożenia. Dzieje się tak dlatego, że cechą zachowań instynktownych jest ich uzależnienie od jednego lub najwyżej kilku sygnałów bodźcowych nazwanych „bodźcami kluczowymi, wyławianych z bodźców nie pozostających w związku z sygnałem zagrożenia. Naturalne bodźce zmysłowe mówiące o bliskiej obecności prześladowców są sygnałami wyzwalającymi łańcuch reakcji. Są to kolejno: zwiększenie czujności, zaniepokojenie, strach i ucieczka. Zazwyczaj pierwszą wskazówką łańcuchowego charakteru odpowiedzi na bodziec jest nagłe przerwanie jej biegu. Oznacza to, że w naturalnych warunkach, jeśli odpowiedź nastąpiła w rezultacie

pomyłki, zwierzę szybko przestaje reagować na kolejno powtarzające się bodźce tego samego typu. Ucieczka jest spontanicznym zachowaniem wywołanym zaistnieniem sekwencji zdarzeń zgodnej z określonym wzorcem, o konkretnych cechach organizacyjnych (np. naprzemienna seria dźwięków, obrazów, zapachów, drgań itp. towarzyszących nadejściu wroga lub katastrofy naturalnej). I w taki właśnie sposób musi działać na zwierzęta wytworzona przez człowieka symulacja rzeczywistego zagrożenia.

Wyzwalacze socjalne i międygatunkowe

Całościowo rozumiany odbiór bodźców nie tylko wyzwała reakcję, ale także ukierunkowuje ją w zależności od charakterystyki otoczenia. W przypadku odruchu ucieczki na otwartej przestrzeni zawsze jest to oddalanie się od źródła sygnałów, a w przypadku zwierząt leśnych szybkie opuszczenie otwartej przestrzeni i dążenie do ukrycia się pod osłoną roślinności. Wiele reakcji wrodzonych wyzwalanych jest bodźcami o walorze ostrzegawczym, wysyłanymi przez bardziej doświadczonych, najczujniejszych lub wrażliwszych osobniki. Wiele gatunków zwierząt wydaje różne okrzyki alarmu: jeden na widok drapieżnika, który jeszcze nie atakuje, ale stanowi potencjalne zagrożenie, drugi w przypadku nagłego ataku. Reakcją grupową na pierwszy jest podwyższenie czujności, reakcją na drugi – szybkie oddalenie się wszystkich osobników od źródła zagrożenia lub szukanie dogodnego schronienia.

Podsumowując, należy stwierdzić, że sygnał stanowiący wyzwalacz socjalny lub międygatunkowy podany przez najbardziej spostrzegawcze zwierzę wyzwała reakcję kolejnych osobników tego samego lub innego gatunku.

„Nadnormalne” bodźce kluczowe

Badając wartości wyzwalające, jakie niesie każdy bodziec zmysłowy, mamy do czynienia z występowaniem jego

zmiennych wartości progowych. Zmienność ta wynika:

- ze zmiany intensywności innych bodźców zewnętrznych,
- ze zmiany intensywności działania czynników wewnętrznych,
- z obu czynników łącznie.

Jedynym zachowaniem instynktownym, które nie ma zmiennej wartości progowej wywołanej czynnikami wewnętrznymi (w organizmie zwierzęcia), jest ochrona życia. Bodziec musi sygnalizować faktyczne niebezpieczeństwo na tyle wiarygodnie, że nie może wystąpić efekt przyzwyczajania się („uodpornienia”, „znieczulenia”).

Przy opracowywaniu atrapy bodźców kluczowych, która powinna być podstawą działania każdego systemu ochrony zwierząt, bazującego na skutecznym sterowaniu ich zachowaniem, niezwykle ważne jest więc niedopuszczenie, by z upływem czasu spadła wewnętrzna motywacja zwierząt do ucieczki. Jest to możliwe do uzyskania poprzez:

- zastosowanie „nadnormalnych” bodźców, które działają efektywniej niż sygnały naturalne, które z natury rzeczy nie zawsze są optymalne (dzięki czemu drapieżniki odnoszą sukcesy łowieckie i zdobywają pokarm),
- współdziałanie czynników przyczynowych, czyli konfigurację bodźców kluczowych w zakresie jakości, natężenia i czasu trwania z ciągiem reakcji psychofizycznych zwierzęcia, jak również sumowanie się ich wpływu w wyzwalaniu reakcji motorycznych wypłaszanych zwierząt,
- fakt obiektywnie istniejącego „wroga” niezawodnie zjawiającego się w danym miejscu w krótkim czasie po odebraniu przez zwierzęta sekwencji sygnałów ostrzegawczych.

Zastosowanie atrapy bodźców kluczowych zapowiadających realne zagrożenie, jakim jest zbliżający się pociąg (ostateczny weryfikator prawidłowości reakcji psychofizycznych zwierząt) powinno przynosić skutek w postaci

instynktownej reakcji ucieczki, czyli natychmiastowego opuszczenia torów i ich najbliższego sąsiedztwa. Tak właśnie działa system ochrony zwierząt UOZ-1.

Czas reakcji, dystans ucieczki, dystans ataku

Czas reakcji to czas upływający między pojawieniem się alarmującego bodźca kluczowego a reakcją zwierzęcia. Jego wielkość zależy od gatunku i sytuacji zewnętrznej. W przypadku zachowań ratujących życie szybkość reakcji potencjalnej ofiary ma ścisły, ewolucyjnie wytworzony związek z zachowaniami łowieckimi i prędkością rozwijaną przez naturalnego wroga (agresora). Czas potrzebny agresorowi na przebycie określonego odcinka przestrzeni dzielącego go od ofiary jest jej instynktownie znany, więc swo-

ją aktywność ruchową (czyli moment rozpoczęcia ucieczki) dostosowuje ona do sytuacji.

Dystans ucieczki. Również sam ruch pojazdu jest zasadniczo inny niż ruch jakiegokolwiek wroga naturalnego: z bardzo daleka zbliża się on z jednostajnie wielką prędkością, podczas gdy drapieżniki daleką odległość od potencjalnych ofiar pokonują etapami – początkowo jest to marsz, następnie wolne zbliżanie się z wykorzystywaniem osłon naturalnych i dopiero po odpowiednim skróceniu odległości (dystans ataku) rozwijanie maksymalnej szybkości.

Dystans ataku. Na tym samym dystansie narastanie zagrożenia ze strony innego zwierzęcia jest znacznie wolniejsze, niż narastanie zagrożenia ze strony szybko jadącego pojazdu mechanicznego. Tu leży przyczyna częstych kolizji zwierząt z pojazdami

mechanicznymi jadącymi prosto lub nagle wylaniającymi się zza zakrętu drogi z szybkością większą niż 60-70 km/ godz., a nigdy z rowerzystami lub z zaprzęgami konnymi. Mówiąc inaczej: samochód lub pociąg pokonuje znaczny dystans w tak krótkim czasie, że system nerwowy „prześladowanego” nie nadąży z wydaniem kolejnych poleceń: „uważaj!”, „nie przebiegaj drogi, zawracaj!”, „uciekaj!”. W tej sytuacji może nastąpić ostatnia instynktowna próba ratowania życia (klasyczne zachowanie szczura zagonionego w kąt): gdy za późno już na cokolwiek innego, „ofiara” przyjmuje wyzwanie i z determinacją broni życia. Znane są przypadki żubra albo łosia atakującego czołowo nadjeżdżającą lokomotywę lub samochód. ◀

REKLAMA



RAILPROFILE 2D

LASEROWY POMIAR PROFILU KAŻEGO RODZAJU SZYN ORAZ ROZJAZDÓW

Urządzenie obsługiwane jest przez aplikację na telefonie z systemem Android™.

Railprofile 2D mierzy pełny profil główki szyny oraz wylicza parametry dotyczące obszaru szlifowania. Dostępna jest również funkcja związana z pomiarem rozjazdu lub jego elementów. Urządzenie prezentuje wynik pomiaru bezpośrednio na ekranie aplikacji.

Więcej informacji na www.graw.com

www.goldschmidt.com



Rozwój niskoemisyjnej energetyki wodorowej w przemyśle energetycznym Egiptu z uwzględnieniem znaczenia kolei dla zmian w procesie dywersyfikacji źródeł pozyskiwania energii

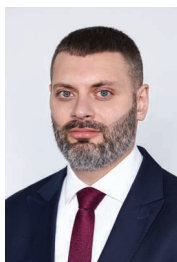
Development of low-emission hydrogen energy in Egypt's energy industry



Patryk Chmielarz

Dr

Uniwersytet Pedagogiczny
im. Komisji Edukacji Narodowej
w Krakowie



Alan Beroud

Mgr inż.

Szybka Kolej Miejska Sp. z o.o.

Streszczenie: Artykuł koncentruje się na analizie jednej z kluczowych dla systemu energetycznego gałęzi jaką jest energia ze źródeł odnawialnych. Autorzy skoncentrowali się na rozważaniach obejmujących egipski sektor energetyczny. Przedstawiono możliwości i ograniczenia egipskiego sektora energetycznego w segmencie energii odnawialnej. Uwaga autorów publikacji została zogniskowana na korzyściach jakie mogą przynieść podpisane przez Egipt umowy o współpracy w aspekcie energetyki wodorowej. Przedstawiono zalety przyjętych rozwiązań w stosunku do kosztów energetyki wodorowej jako istotnej, lecz akceptowalnej wady podjęcia środków sprzyjających zwiększeniu udziału odnawialnych źródeł energii w Egipcie. Dokonano analizy kosztów na przykładach, w oparciu o przewidywania rynkowe. W artykule uwzględniono stałość definiowaną jako trwającą już dwie dekady stabilizację egipskiego sektora energetycznego, co przekłada się na realizację przyjętych planów oraz założeń przez to państwo.

Słowa kluczowe: Energetyka wodorowa; Egipt; Odnawialne źródła energii; Energetyka niskoemisyjna

Abstract: The article focuses on the analysis of one of the key area of the energy system, which is energy from renewable sources. The authors focused on considerations covering the Egyptian energy sector. Possibilities and limitations of the Egyptian energy sector in the renewable energy segment were presented. The attention has been put on the benefits that may occur from the cooperation agreements signed by Egypt in field of hydrogen based energy. The advantages of the solutions taken in opposition to the costs of hydrogen energy were presented as a significant but acceptable disadvantage in terms of the need to take measures to increase the share of renewable energy sources in Egypt. Cost analysis was performed on examples, based on market forecasts. The article takes into account the stability defined as the two decades long stabilization of the Egyptian energy sector, which translates into the implementation of the adopted plans and assumptions by this country.

Keywords: Hydrogen energy; Egypt, Renewable energy sources; Low-emission energy

Wstęp

W ostatnich latach zauważalnym stało się zwiększenie zainteresowania ośrodków naukowych, które reprezentują sektor państwowy, jak również prywatny w obszarze energetyki wodorowej. Implikuje to także zainteresowanie państw będących importerami surowców w ujęciu gospodarczym, jako gałęzi energetycznej potencjalnie opłacalnej i stanowiącej możliwą alternatywę dla innych źródeł energii w kontekście ogólnej tendencji do zmniejszenia do minimum emisyjności będącej w konotacji z sektorem energetycznym. Ze względu na po-

zytywny wydzźwięk przedstawianych przez ekspertów opinii, dotyczących możliwości techniczno-ekonomicznych, energetyka wodorowa stanowi nadzieję dla wielu gospodarek, będąc najlepszą formą zastępczą dla konwencjonalnych, nieodnawialnych źródeł energii. Powyższe dotyczy państw wchodzących w skład Unii Europejskiej, ale także szeregu innych krajów wysokorozwiniętych oraz państw aspirujących do odgrywania coraz większej roli na „geopolitycznej szachownicy”, czego przykładem jest Egipt.

Egipt od 2019 roku zaspokaja swoje potrzeby energetyczne wyłącznie w

oparciu o produkcję krajową (Serwis Rzeczypospolitej Polskiej, Polska w Egipcie, 2023). W 2022 roku w Egipcie 90,5% energii wytwarzanej pochodziło z gazu ziemnego i ropy naftowej, 7,3% z elektrowni wodnych, a 2,2% ze źródeł odnawialnych (Serwis Rzeczypospolitej Polskiej, Polska w Egipcie, 2023). Zauważalny jest niski udział źródeł odnawialnych w strukturze energetycznej Egiptu, co nie oznacza braku potencjału tego państwa do zrestrukturyzowania własnego sektora energetycznego, w celu obniżenia emisyjności, jak i ustanowienia swobodnego zabezpieczenia energetycznego, stanowiącego działanie prewen-

cyjne na przyszłość. Egipskie władze zobligowały się do 2035 roku zwiększyć udział energii pochodzącej z OZE do 42% (Serwis Rzeczypospolitej Polskiej, Polska w Egipcie, 2023).

W ostatnich latach wzrosło zainteresowanie ze strony decydentów odpowiedzialnych za funkcjonowanie egipskiego sektora energetycznego zielonym wodorem. Energia produkowana z wodoru należy do jednej z najczystszych form energii, a jednocześnie jest niewyczerpalna, podobnie jak energia ze źródeł odnawialnych czy energia jądrowa (Wiącek, 2011). Przedmiotem niniejszej pracy będzie więc przegląd aspektów energetyki wodorowej w szerszym kontekście, mierzony możliwościami, jak również ograniczeniami egipskiego sektora energetycznego, z uwzględnieniem problematyki infrastrukturalnej, korzyści gospodarczych, koniecznych udoskonaleń technicznych z uwzględnieniem magazynowania i transportu oraz - co szczególnie istotne - zagadnień badawczych mających na celu przystosowanie systemu energetycznego do nowoczesnych technologii. Jedną z szybko rozwijających się branż przemysłowych są przewozy towarowe, osobowe, w tym również kolejowe. Ta ostatnia wykorzystuje coraz częściej nowe technologie, również w obszarze pozyskiwania energii jako źródła napędu składów kolejowych. Wśród nich coraz większe znaczenie odgrywa wodór, który według założeń władz egipskich powinien stanowić w przyszłości podstawowe źródło energetyczne. Biorąc pod uwagę korzyści płynące z energetyki wodorowej możliwym jest przedstawienie hipotezy badawczej stanowiącej, iż

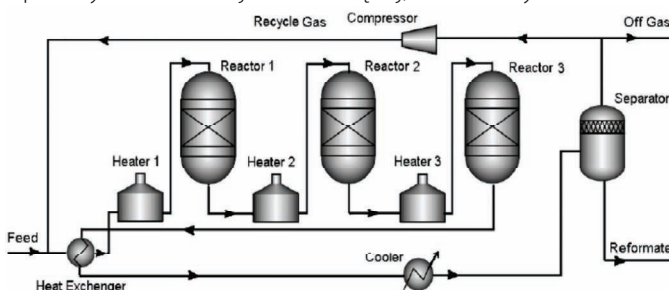
energetyka wodorowa może stanowić szansę dla rozwoju gospodarczego Egiptu, a jej zalety przewyższają wady w postaci konieczności restrukturyzacji technicznych. Zdaniem autorów publikacji pogłębiona analiza tematu, wsparta zagranicznymi opracowaniami mającymi często charakter źródeł pierwotnych pozwoli na potwierdzenie lub obalenie przedstawionej hipotezy oraz ustanowienie tezy będącej merytorycznym zwięźczeniem przedstawionych informacji.

Publikacja powstała w wyniku przeprowadzonych badań naukowych obejmujących kwerendę w obszarze literatury przedmiotowej. Wśród wykorzystanych metod badawczych na uwagę zasługują metody: studium przypadku oraz scenariuszowa. Poprzedzone zostały typową dla nauk o polityce i administracji metodą analizy źródeł zastanych, która stanowi podstawę do zastosowania powyższych metod naukowych. Studium przypadku pozwoliło na wybór kluczowych kwestii poruszonych w artykule naukowym oraz poddanie ich szczegółowej analizie z wykorzystaniem narzędzi o charakterze interdyscyplinarnym celem ostatecznego sformułowania wniosków. Te ostatnie dotyczą przede wszystkim przyszłości, a to umożliwiło autorom artykułu płynne przejście do zastosowania metody scenariuszowej.

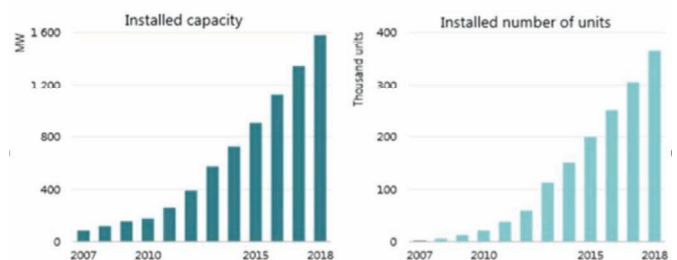
Ogólna charakterystyka energii pozyskiwanej z wodoru, z uwzględnieniem konkurencyjności cenowej tego surowca

Globalna polityka energetyczno-klimatyczna zmusza do szukania alter-

natywnych rozwiązań w obszarze sektora energetycznego celem uzyskania konkurencyjnej i przyjaznej środowisku naturalnego energii elektrycznej (Sikora, 2018). Powszechne jest zatem stosowanie bogatych w wodór gazów z zakładów petrochemicznych oraz hut. Współczesne turbiny gazowe mogą również pracować na mieszance gazów zawierającej wodór, czego przykład stanowi blok o mocy 40 MW w rafinerii w Korei Południowej w Daesan wykorzystujący gazy o zawartości wodoru do 95 %, a okres jej żywotności przy zadanych parametrach jest przewidywany na minimum 20 lat. Brak emisji CO₂ podczas procesu przekształcania wodoru w energię elektryczną i ciepło jest również zaletą konwersji energii wygenerowanej w oparciu o działanie ogniwo paliwowych. Jedynym produktem ubocznym tego procesu jest woda, niestanowiąca potencjalnie szkodliwego dla środowiska czynnika. Ogniwa te mają potencjał do osiągnięcia sprawności energetycznej na poziomie ponad 60%, przy zachowaniu wyższej wydajności, przy obciążeniu niestanowiącym obciążenia pełnego. Stanowi to zaletę w kontekście przeprowadzenia operacji elastycznych np. równoważenia obciążenia (Cire, 2020). Wadą uzyskiwania czystej energii z przemian związków, których składową jest wodór jest koszt pozyskiwania samego wodoru, przewyższający w swej istocie poziom zysków energetycznych, wynikających ze spalania wodoru, przemawiający z kolei na korzyść argumentu o nieopłacalności tego procesu. Jedną z najważniejszych zalet energii pozyskiwanej z wodoru jest bezemisyjność.



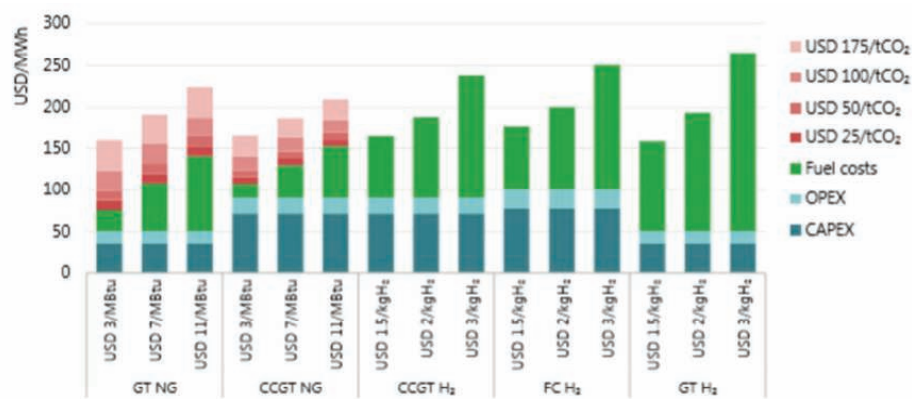
1. Przebieg procesu katalicznego reformingu benzyny ciężkiej. Źródło: https://www.researchgate.net/figure/Process-flow-scheme-of-catalytic-naphtha-reforming_fig1_244749732



2. Rozwój pojemności stacjonarnego ogniwa paliwowego na przestrzeni lat 2007-2018. Źródło: World Energy Outlook 2019 Part of World Energy Outlook, IEA 2019

Głównym produktem wynikającym z tego procesu jest woda w postaci gazowej (para wodna), a więc gaz niestanowiący zagrożenia dla środowiska w przeciwieństwie do dwutlenku węgla oraz dwutlenku siarki, powstających jako produkty spalania konwencjonalnych paliw, których główną składową są węglowodory krótkołańcuchowe, powstałe w skutek procesu krakingu węglowodorów o łańcuchach dłuższych oraz następczego procesu reformingu, zwiększającego stopień rozgałęzienia przedstawionych związków. Implikuje to większą niż w przypadku prostolańcuchowych izomerów łatwość spalania. W tym kontekście warto wspomnieć, że wodór jako gaz posiada relatywnie niską temperaturę zapłonu oraz zaskakująco wysoką wartość opałową, co stanowi argument za wykorzystaniem wodoru jako źródła energii, ponieważ w przeciwieństwie do węglowodorów niekonieczne jest tu przeprowadzanie procesu krakingu i reformingu. Zyski energetyczne są także niebywale wysokie w stosunku do masy molowej tego pierwiastka. Priorytetowe wydają się aspekty magazynowania i przesyłu wodoru na skalę przemysłową oraz optymalizacja procesu jego produkcji (Sikora, 2018).

Przedstawiony na wykresie 2 znaczący wzrost udziału stacjonarnych ogniw paliwowych w całokształcie pozyskiwania energii pokazuje, że zasadnym jest uwzględnienie tego surowca jako alternatywy w obliczu konieczności stałego zmniejszania emisyjności wynikającej ze spalania konwencjonalnych surowców energetycznych, gdzie na czele znajdują się wciąż węgiel oraz gaz ziemny. Wodór jest czystym i elastycznym nośnikiem energii, powstałym z podstawowych źródeł energii, substancji zawierających wodór, takich jak metan i woda lub jako produkt uboczny w zakładach chloroalkalicznych (Maestre, 2021). Aktualnie problemem jest krótsza żywotność techniczna ogniw paliwowych w zestawieniu z turbinami gazowymi oraz mniejsza moc wyjściowa stacjonarnych ogniw paliwowych (do 50 MW dla największych elektrowni, jednostki



3. Ujednoczone koszty wytwarzania energii elektrycznej dla bilansowania obciążenia gazem ziemnym i wodorem.

Legenda: GT - turbina gazowa; CCGT - turbina gazowa o cyklu kombinowanym; FC - ogniwo paliwowe; NG - gaz ziemny. CAPEX - 500 USD/kW GT, 1000 USD/kW CCGT bez CCS i CCGT opalanego wodorem, 1000 USD/kW FC. Sprawności brutto (LHV) - 42% GT, 61% CCGT bez CCS i CCGT opalany wodorem, 55% FC. Ekonomiczny okres użytkowania - 25 lat dla GT i CCGT, 20 lat dla FC. Współczynnik wydajności - 15%.

Źródło: World Energy Outlook 2019 Part of World Energy Outlook, IEA 2019

CCGT mogą osiągnąć moc nawet powyżej 400 MW). Jednak ważnym jest podkreślenie możliwości zagospodarowania dodatkowych zasobów wywodzących się z ubocznej produkcji ciepła, podczas generacji energii elektrycznej, w czasie pracy ogniwa paliwowego. Według prognoz przyszłe obniżki kosztów ogniw paliwowych są zależne od tak zwanego rozwoju technologicznego, czyli m.in. ilości wdrożeń i implikowanych przez nie efektów. Przy założeniu odpowiedniej działalności na rzecz wprowadzenia optymalizacji, CAPEX na wodorowe ogniwo paliwowe mógłby spaść do 425 USD/kW do 2030 roku (Cire, 2020). Paliwa bazujące na substancjach złożonych z atomów wodoru (czysty wodór), jak i składające się także z innych pierwiastków (amoniak) miałyby możliwość zaoferowania elastyczności niskoemisyjnej dla systemów elektroenergetycznych, wprost proporcjonalnej do rosnącego udziału zmiennej energii odnawialnej. Warto podkreślić, że alternatywę dla paliwa wodorowego stanowią elektrownie opalane gazem ziemnym lub biogazem wyposażone w CCUS, ale są one obciążone koniecznością dodatkowej inwestycji w wyposażenie do wychwytywania CO₂, co sprawia, że koszt w przeliczeniu na jednostkę mocy byłby wyższy. Przy założeniu występowania niskiego obciążenia wodór stanowi więc alter-

natywę bezkonkurencyjną względem argumentacji podnoszącej koszty dla gazu ziemnego z CCS oraz biogazu. Zgodnie z wykresem 3 możliwe jest przeprowadzenie wyliczenia zakładającego np. współczynnik obciążenia 15% i cenę gazu ziemnego na poziomie 7 USD/MBtu (1 Btu ≈ 252 cal). W takim przypadku cena za emisję CO₂ powinna być na poziomie 100 USD/t, żeby możliwym było mówienie o konkurencyjności wodoru względem gazu ziemnego, ponieważ w takim powiązaniu wypadkowym cena wytwarzania energii z wodoru wynosiłaby 1,5 USD/kg. Jednak przy wzroście ceny wodoru o 0,5 USD cena emisji CO₂ musiałaby wynosić 175 USD/t, aby możliwym było zachowanie konkurencyjności wodoru względem gazu ziemnego (Cire, 2020).

Osobiście jednak, jako autorzy przedmiotowego artykułu jesteśmy zwolennikami innego sposobu podejścia, co do opłacalności inwestycji w wodór. Zakładając, że traktujemy wodór jako sposób zbilansowania nieprzewidywalności absorpcji przez sieć OZE, przy założeniu kosztów budowy (patrz Tabela nr 1.) siłowni wiatrowej o mocy 1MW w wysokości 1,3 mln euro o współczynniku wydajności 30% (1x0,3x24x365=2628 MWh) koszty przedstawiają się następująco: dla elektrolizera MC 500 NEL o mocy 2,5 MW ilość energii potrzebnej do

Tab. 1. Założenia przyjęte do projektu

	Wartości w tys. PLN			
	Koszt roczny z siłownią	%	Koszt roczny bez siłowni	%
Budowa siłowni wiatrowej 42 mln PLN (amortyzacja)	2.100,0	48,4		0,0
Koszt operacyjny farmy wiatrowej	620,6	14,3	620,6	27,7
Instalacja elektrolizera 16 mln PLN (amortyzacja)	797,6	18,4	797,6	35,6
Koszt operacyjny elektrolizera	798,0	18,4	798,0	35,6
Woda	24,0	0,6	24,0	1,1
Razem koszty	4.340,2	100	2.240,2	100
Założenia				
Okres żywotności instalacji (lata)	20		20	
Roczna produkcja wodoru (tys. kg)	387,9		387,9	
Cena 1 kg wodoru (PLN)	11,19		5,78	
Ilość wodoru potrzebna do przejechania 100 km (kg)	22,5		22,5	
Koszt przejechania 100 km węgiel (PLN)	321,00		321,00	
Koszt przejechania 100 km wodór (PLN)	251,75		130,05	
Ilość km możliwych do przejechania na wytworzonym wodorze rocznie (tys. km)	1 724		1 724	
Oszczędność na zmianie paliwa (tys. PLN)	1.193,8		3.292,0	
Cash Flow roczny na projekcie (tys. PLN)	4.091,4		4.089,6	

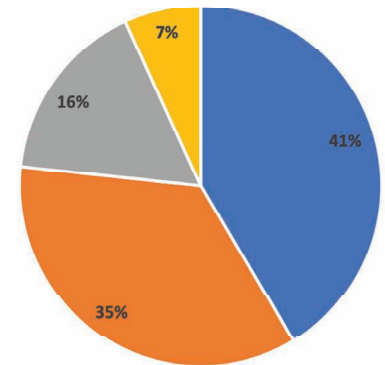
Źródło: opracowanie własne na podstawie badań i doświadczeń własnych A. Beroud

wyprodukowania 1m³ wodoru to 4,53 kWh, maksymalny strumień to 492 m³/h, zapotrzebowanie na energię wynosi więc 2,2 MWh, czyli przy założeniu 30% wydajności siłowni jej moc zainstalowana powinna wynosić 7,33 MW. Koszt jej budowy więc to 42 mln zł, zaś koszt elektrolizera 15 952 tys. zł. Roczny koszt operacyjny farmy wiatrowej zgodnie z BVEF to 19,2 tys. euro za MW, czyli 620,6 tys. zł przy założonej instalacji. Koszt wody to 20 zł za m³, czyli 24 tys. zł rocznie. Obsługa elektrolizera (dane producenta) to 798 tys. zł. rocznie. Przy założeniu więc 20-letniego gwarantowanego przez producenta cyklu żywotności instalacji, graniczna cena wodoru wraz z siłownią to 1,03 zł za m³ wodoru, czyli ok. 11,19 zł za 1 kg wodoru. Jeżeli jednak założyć, że wodór pełni funkcję magazynową dla energii z OZE, która nie może być spożytkowana przez sieć, a więc jej wartość jest równa 0 (z powyższej analizy wyłączylibyśmy koszty siłowni wiatrowej), to cena za 1 m³ wodoru to ok 52 gr. czyli 5,78 zł za 1 kg czystego wodoru. Jako kurs euro dla powyższych obliczeń przyjęto średni kurs Euro z NBP z dnia 01.08.2023, wynoszący 4,41 zł.

Kamienie milowe na drodze do restrukturyzacji sektora energetycznego Egiptu w kierunku centrum energetyki wodorowej

Wodór od dłuższego czasu jest postrzegany jako cenny gaz towarowy i surowiec chemiczny wykorzystywany głównie w rafinacji ropy naftowej i produkcji nawozów. Pomimo aktualności tej kwestii, rząd Egiptu do 2021 roku nie nadawał wysokiego priorytetu rozwojowi źródeł energetyki opartej na wodorze, ze względu na brak planów rozwojowych i brak dostępu do technologii, koszt kapitału (Mostafaepour, 2021). Jednak w sierpniu 2021 roku Siemens Energy i Egyptian Electricity Holding Company (EEHC) podpisały memorandum w sprawie stworzenia przemysłu opartego na wodorze w Egipcie. Siemens Energy i EEHC opracują pilotażowy projekt z elektrolizerem o mocy 100-200 MW, który pomoże we wczesnym wdrożeniu technologii i utworzeniu oraz przetestowaniu środowisk regulacyjnych i certyfikacji, aby umożliwić plany ekspansji (Siemens-energy, 2021). W listopadzie 2022 roku Egipt podpisał osiem umów ramowych w celu opracowania projektów umożliwiających wykorzystanie wodoru i amonia-

ku do produkcji energii, zakładając za cel utworzenie w tym kraju centrum produkcji wodoru i zdobycie 5% światowego rynku do 2040 roku (Reuters, 2022). Umowy podpisane na szczycie klimatycznym COP27 z z AMEA Power, Alfanar, TotalEnergies, Globeleq, EDF, Fortescue Future Industries (FFI), Renew i Scatec koncentrują się wokół portu nad Morzem Czerwonym w Ain Sokhna i Strefie Ekonomicznej Kanału Sueskiego (Reuters, 2022). Strategia przyjęta w Egipcie zakłada wykorzystanie amoniaku oraz metanolu jako głównych źródeł pozyskania wodoru niezbędnych do zapewnienia założonego popytu na ten surowiec. Mogłyby one stanowić paliwa żeglugowe, lotnicze, kolejowe oraz paliwa umożliwiające transport drogowy, umożliwiając przy tym także eksport energii. Jednak już na etapie planowania wykorzystania tego surowca zauważone zostały mankamenty tego rozwiązania w postaci niedoboru wody słodkiej niezbędnej w celu realizacji procesów produkcyjnych. Inną barierą pozostaje odległość (definiowana też w ujęciu przestrzeni) pomiędzy miejscem produkcji zielonego wodoru, a docelowym miejscem jego wykorzystania. Implikuje to wzrost cen transportu wymuszając restrukturyzację sektora transportowego oraz konieczność eksportu wodoru poprzez przystosowane do tego porty morskie. Na szczególną uwagę zasługują umowy, które umożliwiły powołanie do życia Strefy



4. Szacowany sektorowy podział obecnego zużycia wodoru w Egipcie w 2020 roku. Źródło: <https://a9w7k6q9.stackpathcdn.com/wpcms/wp-content/uploads/2021/11/Egypt-Low-Carbon-Hydrogen-Development-Prospects-ET04.pdf>

Ekonomicznej Kanału Sueskiego (wykorzystanie zielonego wodoru) o wartości 8 mld USD. Innym przykładem jest projekt energetyczny w obszarze OZE o nazwie Alfanar, którego wartość jest szacowana na 3,5 mld USD. Alfanar został zrealizowany przez Egipt w kooperacji z Arabią Saudyjską. Jego celem było wytworzenie energii z zielonego amoniaku. Biorąc pod uwagę powyższe osiągnięcia w obszarze OZE trudno nie wyartykułować kilku wniosków. Koniecznym wydaje się zoptymalizowanie kosztów pozyskiwania wodoru, aby zachować konkurencyjność przyjętych rozwiązań. Inną sprawą jest wygenerowanie korzystnego, przemawiającego za wykorzystaniem mimo kosztów procesu wodoru, jako fundamentu transformacji sektora energetycznego w celu zmniejszenia emisji gazów szkodliwych dla środowiska naturalnego. W ramach tak definiowanej polityki European Bank for Reconstruction and Development udzielił pożyczki kapitałowej w wysokości do 80 milionów USD na rzecz Egypt Green Hydrogen S.A.E, mającej na celu zapewnienie rozwoju i eksploatacji pierwszego zakładu produkcji zielonego wodoru w Egipcie (EBRD, 2023). Pożyczka ma na celu wsparcie finansowania zakupu i montażu elektrolizera o mocy 100 MW wraz z powiązanimi obiektami koniecznymi do rozwoju przedstawionego projektu. Odpowiedzialni za pomyślność projektu decydują przy tym możliwą jak największą optymalizację, w celu zmaksymalizowania możliwych pozytywnych skutków wynikających z użytkowania wodoru jako surowca energetycznego.

Elektrolizer zasilany energią odnawialną, będzie wytwarzał zielony wodor, który zastąpi część zużycia wodoru produkowanego z gazu wykorzystywanego przez Egyptian Fertilizer Company i będzie wykorzystywany jako wkład do produkcji zielonego amoniaku. Ten ostatni ma być według przyjętych założeń eksportowany na rynki międzynarodowe (EBRD, 2023). Jest to krok kluczowy, umożliwiający zmierzanie tego kraju w kierunku

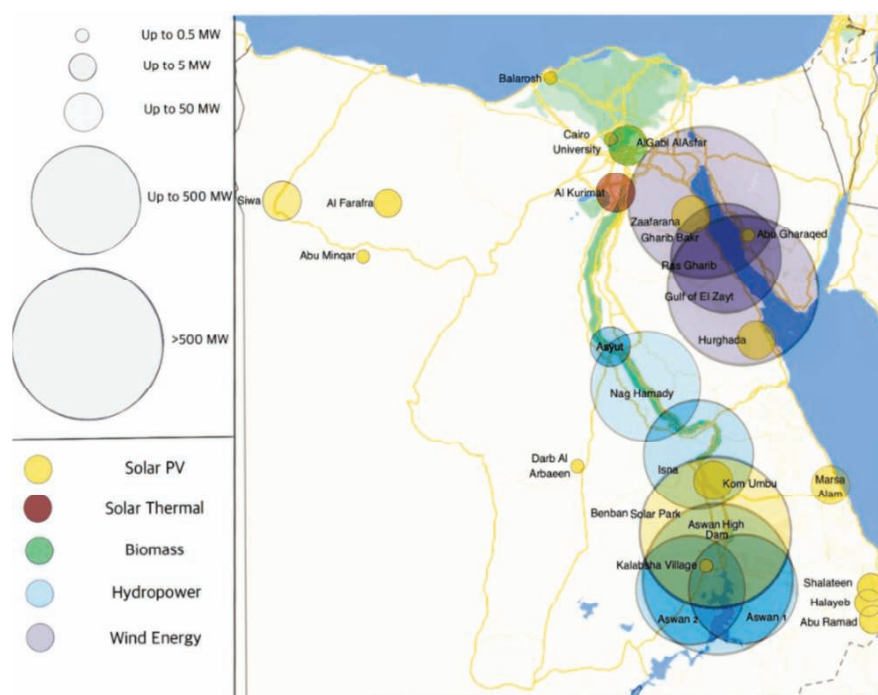
dekarbonizacji kilku gałęzi przemysłu, w szczególności nawozowego - głównego przemysłu, który prowadzi do konsumpcji amoniaku. Będzie to pierwszy tego typu projekt w Egipcie. Jego sukces przyczyni się do lepszej niż dotychczas demonstracji zalet oraz korzyści płynących z eksploatacji takiego rozwiązania, co stanowi swoisty przełom w aspekcie rozwoju zielonego przemysłu wodorowego w Egipcie. Rozwiązanie finansowane poprzez przedstawioną pożyczkę jest całkowicie ekologiczne, ponieważ wspiera budowę elektrolizera, który będzie zasilany energią odnawialną. Rocznie zakładano produkcję zielonego wodoru na poziomie do 15 000 ton, które miałyby zostać sprzedane filii Fertigllobe w Egipcie w celu produkcji zielonego amoniaku, co odpowiadałoby całkowitej oszczędności emisji CO₂ o ponad 130 000 ton rocznie. European Bank for Reconstruction and Development wspiera egipski rząd w opracowywaniu krajowej strategii wodorowej (EBRD, 2023). Otwartym problemem pozostaje wykorzystanie amoniaku w produkcji, odpowiedzialnego za około 1,8 % globalnej emisji dwutlenku węgla (CO₂). Biorąc pod uwagę konieczność redukcji CO₂, ograniczenie zużycia amoniaku musi być bezwzględnie

zredukowane. Zastosowanie zielonego wodoru w procesie produkcji nawozów sztucznych pozwoli zaoszczędzić ponad 130 000 ton emisji CO₂ rocznie (EBRD, 2023).

Zgodnie z wykresem 4 większość wodoru wykorzystywanego w Egipcie była spożytkowana na produkcję nawozów sztucznych, co podkreśla konieczność zmniejszenia udziału wodoru pochodzącego ze spalania gazu ziemnego na rzecz zielonego wodoru, co w konsekwencji znacząco wpłynie na zmniejszenie emisji gazów cieplarnianych, podkreślając powagę przedstawianych planów inwestycyjnych.

Realizacja planów rozwoju wykorzystania energii z wodoru w Egipcie

Na początku marca 2023 roku premier Egiptu Mostafa Madbouly wezwał do szybkiego ogłoszenia pakietu motywacyjnego w celu aktywacji wszystkich uzgodnionych ustaleń i zachęcenia inwestorów do zwiększenia liczby inwestycji w tym sektorze, zgodnie z oświadczeniem gabinetu. Według premiera Mostafa Madbouly Egipt ma potencjał, aby zainstalować około 350 gigawatów energii wiatrowej i około 650 gigawatów mocy w ener-



5. Projektowane miejsca odnawialnych źródeł energii w Egipcie w 2022 roku. Źródło: https://www.researchgate.net/figure/Egypt-s-map-of-the-current-renewable-energy-projects-plants_fig6_36022189

gii słonecznej. Egipt zamierza w nadchodzących latach zmniejszyć emisję dwutlenku węgla, promować wykorzystanie odnawialnych źródeł energii i wykorzystać alternatywne formy energii, w tym zielony wodór, w ramach swojej Narodowej Strategii Klimatycznej 2050. Przewidywania, zgodnie z wcześniejszymi oświadczeniami rządu prognozują możliwość produkcji w Egipcie zielonego wodoru przy najniższych kosztach na świecie za 1,7 USD za kg do 2050 roku, zamiast 2,7 USD za kg w 2025 roku. Umożliwi to przy optymistycznych założeniach wdrożenie ambitnego planu pozyskania 8 procent światowego rynku wodoru, co zostało już wcześniej zapowiedziane przez Egipt. Przedstawiona strategia ma na celu zwiększenie produktu krajowego brutto w Egipcie do 18 miliardów dolarów do 2050 roku, implikując przy tym zwiększenie zatrudnienia i zmniejszenie importu ropy. W ramach rozszerzenia projektów rozwojowych rząd omówił stanowisko umów i protokołów ustaleń podpisanych z wieloma wspomnianymi wcześniej firmami międzynarodowymi, w celu realizacji projektów produkcji zielonego wodoru w Egipcie, osiągnięcia 8% światowego rynku wodoru. Wodór jest sprawdzoną alternatywą dla ograniczenia globalnego ocieplenia i realizacji celów zrównoważonego rozwoju Organizacji Narodów Zjednoczonych. Wprowadzenie rozwiązań hybrydowych na dużą skalę jest rozwiązaniem przyspieszającym niezbędną transformację energetyczną w aspekcie długoterminowym (Ogbonnaya, 2021). Ponadto premier Mostafa Madbouly, podczas spotkania z Mohammedem Shakerem (ministrem energii elektrycznej i energii odnawialnej) i Halą Al-Saeed (ministrem planowania i rozwoju ekonomicznego) podkreślił potrzebę pracy nad zapewnieniem alokacji środków finansowych wymaganych do realizacji ukierunkowanych projektów w celu zapewnienia rozwoju zainicjowanych projektów. Podczas spotkania minister energii elektrycznej dokonał przeglądu działań podjętych przez ministerstwo w tym zakresie.

Egipt: projekt nowoczesnej linii kolejowej kontynuacją zmian na rynku energetycznym

Kiedy w latach 60. ub. stulecia egipskie władze nacjonalizowały rynek produkcji i dystrybucji energii elektrycznej, nikt zapewne nie przypuszczał, że dopiero po upływie niemal sześciu dekad w kraju nad Nilem budowana będzie pierwsza w jego historii zelektryfikowana linia kolejowa. Obecnie przełomowy dla tego północnoafrykańskiego państwa projekt infrastrukturalny znajduje się już w fazie realizacji, a sam rynek energetyczny Egiptu ulega w ostatnich latach sporym przeobrażeniom, coraz częściej stawiając na nowoczesne i ekologiczne rozwiązania.

W ciągu ostatnich kilkunastu lat władze Egiptu konsekwentnie kładły podwaliny pod zrównoważony i ekologiczny rozwój krajowej infrastruktury, oparty przede wszystkim na technologiach przyjaznych dla środowiska. Zrealizowano w tym czasie wiele projektów, obejmujących budowy oraz modernizację dróg, kolei, regulacje rzek, a także unowocześnianie portów lotniczych i morskich. Biorąc pod uwagę fakt, iż sektor transportu odpowiada w tym kraju za 23 proc. całkowitej emisji gazów cieplarnianych, zajmując drugie miejsce po sektorze produkcji energii elektrycznej, projekt budowy zelektryfikowanej kolei, który przez lata dojrzewał, doczekał się w końcu na odpowiedni moment do realizacji.

W latach 2022/23 Islamski Bank Rozwoju (IsDB) zatwierdził kwotę ponad 344 mln USD na sfinansowanie pierwszej fazy projektu Electric Express Train w Egipcie (Egypt Independent, 2023). Zgodnie z opiniami ekspertów cytowanych przez krajowe media, oczekuje się, że realizacja tego ambitnego i przełomowego projektu kolei dużych prędkości, o całkowitej wartości szacowanej na ponad 20 mld USD, pozwoli skorzystać z tego środka transportu 25 milionom ludzi rocznie.

W założeniach przyjętego do realizacji projektu jest zmniejszenie emisji gazów cieplarnianych o około 250 tys. ton w ciągu jednego roku, co stanowi

aż 70 proc. ogólnej emisji CO₂ generowanej przez krajowy transport. Byłoby to więc poważny krok naprzód na drodze do budowy nowoczesnej gospodarki opartej na energii ze źródeł odnawialnych a zarazem odchodzenie od energii produkowanej w oparciu o węglowodory.

Realizacja pierwszej części wspomnianej inwestycji zakłada, że Ain Sokhna nad Morzem Czerwonym oraz Marsa Matrouh i Aleksandria nad Morzem Śródziemnym zostaną połączone linią kolejową o długości 660 km. Egipskie władze oświadczyły w związku z rozpoczęciem realizacji projektu, że będzie on miał znaczący wpływ na poprawę dostępności transportu, gdyż według opublikowanych danych szacunkowych, aż 90 proc. Egipcjan zyska dostęp do komunikacji kolejowej. Projekt ma się też przyczynić do budowy zrjonalizowanej gospodarki energetycznej, nie pomijając jednocześnie aspektu promowania regionalnej integracji gospodarczej, edukacji oraz lepszych możliwości rozwiązywania sytuacji kryzysowych. Warto również dodać, że na tej infrastrukturalnej rewolucji znacząco zyska także egipski rynek turystyczny, będący od wielu lat jednym z wiodących sektorów krajowej ekonomii.

Elektryczny pociąg ekspresowy, w swych założeniach połączy wszystkie prowincje Egiptu. Składał się będzie z trzech linii o łącznej długości ok. 2 tys. km, z 60 stacjami. Jako pierwsza realizowana będzie linia biegnąca z Ain Sukhna do Hadayek, Aleksandrii, El Alamein i Marsa Matrouh. Łączna jej długość wyniesie 660 km, a przebiegać będzie przez 22 stacje. Druga oraz trzecia linia, o łącznej długości ok. 1400 km i z 35 stacjami, pobiegnie od stacji Hayadek do miasta Fayoum/Beni Suef-Abu Simbel, gdzie wybudowane będą trzy stacje na 225 kilometrach trasy, przy średniej odległości ok. 50-80 km między poszczególnymi przystankami (Rynek Kolejowy, 2022). Zgodnie z założeniami projektu, pociągi mają poruszać się po nowych trasach z maksymalną prędkością wynoszącą nawet do 230 km/h. Głównymi roz-

grywającymi tego wielkiego przedsięwzięcia, oprócz egipskiego rządu oraz Islamskiego Banku Rozwoju (IsDB), będą Deutsche Bahn (DB), we współpracy z konsorcjum Siemens Mobility. Odpowiednie dokumenty oraz umowy podpisane zostały przez uczestniczące strony w listopadzie 2022 roku, w egipskim kurorcie Sharm El-Sheik, w ramach konferencji COP27, będącej jednocześnie 27. Konferencją Narodów Zjednoczonych w sprawie zmian klimatycznych. Wedle podjętych ustaleń, Siemens zbuduje infrastrukturę kolejową, a także dostarczy pociągi pasażerskie i towarowe. Ma także odpowiadać za realizację systemów kolejowych oraz sieci zasilających, elektrycznych i pneumatycznych, jak również dostarczyć rozwiązania dotyczące sygnalizacji, łączności oraz sterowania. Z kolei egipskie Ministerstwo Transportu, reprezentowane przez Krajowy Urząd ds. Tuneli, podpisało umowę na realizację nowej sieci z konsorcjum Deutsche Bahn (DB) i egipską firmę z sektora prywatnego, El-Sewedi Electric.

Według specjalistów niemieckiego producenta pociągów, realizowana w północnej Afryce inwestycja kolejowa będzie szóstym co do wielkości przedsięwzięciem tego typu na świecie. Ten przyjazny dla środowiska projekt infrastrukturalny jest w ich opinii najbardziej znaczącą częścią wysiłków podejmowanych przez władze Egiptu na rzecz przeciwdziałania skutkom zmian klimatu. Pierwsze pociągi mają ruszyć po nowych trasach już w 2025 roku.

Tab. 2. Ocena opłacalności inwestycji

	Wskaźnik	Wartość	Interpretacja wskaźnika
Metody proste	Prosta stopa zwrotu dla kapitału ogółem	25,6%	Osiągnięte wyniki w tej grupie wskazują, że inwestycja zwróci się w okresie niespełna 4 lat.
	Prosty okres zwrotu	47 m-cy	
Metody dyskontowe	Wartość bieżąca netto WBN/NPV (PLN)	18 817,07	NPV wyliczono, dla współczynnika dyskontowego 10% i okresu 20 lat. Uzyskana wielkość oznacza, że projekt jest efektywny z punktu widzenia ekonomicznego. Rentowność jest wyższa od przyjętej krańcowej (10%), projekt może być więc realizowany.
	Wewnętrzna stopa zwrotu WSZ/IRR	25,28%	Projekt jest rentowny i powinien zostać zrealizowany. W okresie 20 lat zapewni średnioroczną 25,3% stopę zwrotu.

Źródło: opracowanie własne

Założenia projektu wykorzystania OZE w polskim sektorze kolejowym z uwzględnieniem doświadczeń egipskiego sektora kolejowego

Zaprezentowany poniżej projekt (w ujęciu tabeli, wykresu oraz komentarza) odnosi się do możliwości wykorzystania OZE w systemie przewozów osobowych przy wykorzystaniu sektora kolejowego. Biorąc pod uwagę egipskie jak również europejskie doświadczenia w tym względzie (koleje niemieckie) należy stwierdzić, iż przyszłość ruchu kolejowego opierać się będzie na nowych nośnikach energetycznych. Poddane zostały podstawowe kryteria i parametry pozwalające ocenić nam ekonomiczność zaprezentowanego (szkicowo) projektu uwzględniając zdaniem autorów najważniejsze zmienne.

Dla wybranego wariantu, który zakłada pominięcie w projekcji kosztów budowy siłowni wiatrowej, przygotowano analizę finansową według zamieszczonego na rysunku 6 schematu.

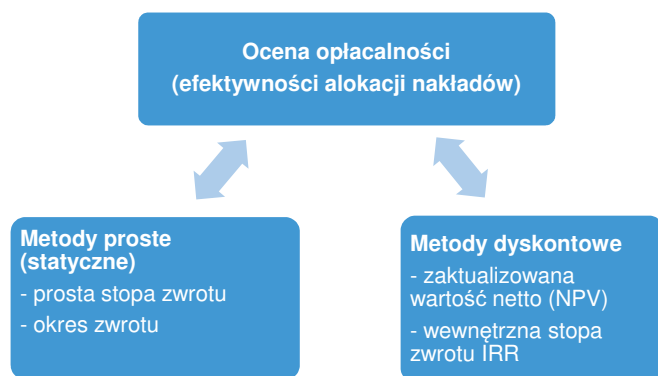
Wyniki analizy zamieszczono w tabeli 2. Analizowany model projektu charakteryzuje się bardzo korzystnymi

parametrami efektywności ekonomicznej. W szczególności jest to efektem założenia, iż prąd wykorzystywany do produkcji wodoru otrzymywany jest z nadwyżki, która nie może być odebrana przez sieć. Projekt natomiast, obciążony jest kosztem operacyjnym obsługi elektrowni wiatrowej odpowiadającym zainstalowanej mocy 7,33 MW. W analizie celowo pominięto koszt zakupu taboru napędzanego wodorem, uznając go za nieistotny dla badanego modelu.

Nic dziwnego zatem, iż egipcjacy decydenci stawiają na wodór jako paliwo przyszłości. Zdaniem autorów niniejszego artykułu stosunek powyższych kosztów stanowi o braku racjonalności i to już w dającej się przewidzieć przyszłości dalszej eksploatacji kolei egipskiej w oparciu o elektryczną sieć trakcyjną. Bardziej racjonalne wydawałoby się tu wykorzystanie i modernizacja istniejącej infrastruktury. Zauważyć również należy, że technologia elektrolizy wodoru, jak i dostępność taboru wodorowego jest domeną państw zachodu, a zcentralizowane układy konwencjonalne wspierać będą tymczasem wzrost i tak już silnych wpływów rosyjskich i umacnianie się takich na kontynencie afrykańskim

Podsumowanie

Wodór jako surowiec niezaprzeczalnie stanowi szansę na rozwój gospodarczy Egiptu. Co więcej w ubiegłych latach wdrożone plany były sukcesywnie realizowane. Pomimo istniejącej problematyki związanej z kalkulacją kosztów oraz przewagi w aspekcie finansowym tego rozwiązania niezaprzeczalnie jest to rozwiązanie ko-



6. Metody zastosowane do badania efektywności projektu. Źródło: opracowanie własne

nieczne w kontekście przymusu zastosowania bezemisyjnych źródeł energii. Zrównoważony rozwój, poprzez efektywne zarządzanie zasobami energii jest ważnym filarem czystszej produkcji i wyznacza drogę do osiągnięcia celu NET ZERO. Egipt pozostaje w tyle za wieloma innymi krajami we wdrażaniu technologii energii odnawialnej. W globalnym rankingu do 2021 roku zajmuje trzydzieste pierwsze miejsce pod względem wykorzystania energii słonecznej. Wykorzystanie bioenergii, geotermii, energii fal i energii jądrowej stanowi zaledwie 0,16% całkowitej produkcji energii elektrycznej w Egipcie chociaż potencjalne możliwości egipskiego sektora energetycznego są w tym obszarze znacznie większe (Salah 2022). Energia pochodząca z zielonego wodoru jest zatem rozwiązaniem optymalnym dla rozwoju sektora energii odnawialnej w Egipcie, stanowiąc szansę rozwoju gospodarczego, jak i zmiany udziału energii odnawialnej w Egipcie na korzystniejszą dla tego Państwa, jak i wymiernych korzyści międzynarodowych. Należy też zauważyć, że brak pełnej elektryfikacji kolei w Egipcie jest dodatkową szansą na rozwój tego sektora w oparciu o wodór produkowany wyspowo.

Znajduje to również przełożenie na funkcjonowanie środków transportu, w tym również analizowanych przez autorów tej publikacji egipskich kolei. Trzeba bowiem zaznaczyć, iż zastosowanie wodoru wyszło już dawno poza sferę prac studyjnych przechodząc do konkretnych rozwiązań znajdujących przełożenie w różnych branżach przemysłu, ale i rozbudowanej w państwach wysokorozwiniętych sfery usług. Zgodnie z tezą, którą została postawiona w artykule Praktyczne wykorzystanie wodoru jako strategicznego nośnika energii na przykładzie sektora kolejowego (Przegląd komunikacyjny, 2023) pociąg wodorowy typu Coradia iLint Alstom zużywa 22,5 kg wodoru na 100 km, natomiast klasyczny elektryczny zespół trakcyjny (EZT) przy założeniu generacji energii z węgla - 322 kg węgla na 100 km. Koszt paliwa do przejechania 100 km (założona cena

węgla 996,60 zł za tonę) przez pociąg korzystający z trakcji elektrycznej to 321 zł. Z kolei, gdy przyjmiemy koszt wodoru, w oparciu o wyliczenia zawarte w tym artykule (5,78 zł x 22,5kg) koszt paliwa potrzebnego do pokonania 100 km wyniesie 130,05 zł. Poczynione założenia i wyliczenia zawarto w tabeli nr 1. ◀

Materiały źródłowe

- [1] Maestre, V., Ortiz, A., Ortiz, I., 2021. Challenges and prospects of renewable hydrogen-based strategies for full decarbonization of stationary power applications. *Renew. Sustain. Energy Rev.* 152, 111628. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2021.111628>.
- [2] Mostafaeipour, A., Hosseini Dehshiri, S.S., Hosseini Dehshiri, S.J., Almutairi, K., Taher, R., Issakhov, A., Techato, K., 2021. A thorough analysis of renewable hydrogen projects development in Uzbekistan using MCDM methods. *Int. J. Hydrogen Energy* 46, 31174–31190. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2021.07.046>.
- [3] Ogbonnaya, C., Abeykoon, C., Nasser, A., Turan, A., Ume, C.S., 2021. Prospects of integrated photovoltaic-fuel cell systems in a hydrogen economy: a comprehensive review. *Energies* 14. <https://doi.org/10.3390/en14206827>.
- [4] Wiącek D., Wodór jako paliwo przyszłości, 2011
- [5] Kaj S., Rosja w Afryce- Na marginesie wojny rosyjsko-ukraińskiej, zeszyty historyczne Młoda Wieś, nr.8, marzec 2023.
- [6] Dina Mohamed Yousri - "The Egyptian Electricity Market: Designing a Prudent Peak Load Pricing System"
- [7] Montaser, Wessam, Alaboudy, Elbaset - "Fuzzy Logic Controlled Shunt Active Power Filter for Power Quality Improvement of an Egyptian Electrical Network-Connected Wind Energy System"
- [8] Egyptian Electricity Holding Company Annual Report 2020/2021

[9] Ahram Online

[10] Fast Company Middle East

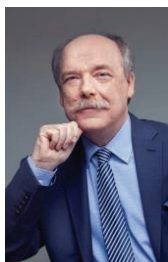
[11] Beroud A., Praktyczne wykorzystanie wodoru jako strategicznego nośnika energii na przykładzie sektora kolejowego, Przegląd komunikacyjny nr 1/2023, Warszawa 2023

Strony internetowe:

- [1] <https://www.bp.com/en/global/corporate/news-and-insights/press-releases/bp-to-explore-potential-for-green-hydrogen-production-in-egypt.html>
- [2] <https://www.cire.pl/artykuly/materialy-problemowe/1-54373-wodor-do-wytwarzania-i-magazynowania-energii-elektrycznej>
- [3] <https://www.dw.com/en/hydrogen-economy-egypt-to-announce-ambitious-h2-strategy/a-63466879>
- [4] <https://www.ebrd.com/news/2022/ebird-supports-first-green-hydrogen-facility-in-egypt.html>
- [5] <https://www.ebrd.com/work-with-us/projects/psd/53558.html>
- [6] <https://english.ahram.org.eg/NewsContent/3/16/490974/Business/Energy/Egypt-to-announce-package-of-incentives-for-green.aspx>
- [7] <https://www.globalconstructionreview.com/china-energy-to-build-5-1bn-green-hydrogen-plant-in-egypt/>
- [8] Reuters, Egipt podpisuje umowy ramowe w celu uruchomienia przemysłu wodorowego, 2022
- [9] Serwis Rzeczypospolitej Polskiej, Polska w Egipcie, 2023
- [10] <https://egyptindependent.com/isdb-approves-344-5-mln-for-egypts-electric-express-train/>
- [11] <https://www.rynek-kolejowy.pl/mobile/gigantyczny-kontrakt-siemensa-w-egipcie-stal-sie-trzyrazy-wiekszy-108315.html>

Cyfryzacja i standaryzacja na kolejach Organizacji Współpracy Kolei (OSJD) na wybranych przykładach

Digitalization and standardization on railways of the Organization for Railway Cooperation (OSJD) on selected examples



Mirosław Antonowicz

Prof.

Akademii Leona Koźmińskiego,
Przewodniczący Komitetu
Wykonawczego OSJD

Streszczenie: W ostatnich latach branża transportowa dostrzegła potrzebę rozwoju i wdrażania technologii cyfrowych. W dużej mierze dotyczy to transportu kolejowego, ponieważ wynika to z konieczności jak i jego znaczenia w zapewnieniu zarówno zrównoważonej mobilności ludności, jak i nieprzerwanego transportu towarów w przestrzeni euroazjatyckiej, zwłaszcza w okresie ograniczeń na dużą skalę np. podczas pandemii. Jak pokazuje praktyka przyszłość transportu kolejowego leży w technologiach cyfrowych. Aby przyspieszyć cyfryzację kolei w krajach członkowskich OSJD, a tym samym zapewnić pomyślny rozwój zarówno samych kolei, jak i międzynarodowego transportu kolejowego w komunikacji między Europą a Azją, konieczne są celowe i ciągłe prace nad wprowadzeniem innowacyjnych technologii cyfrowych we wszystkich obszarach działalności transportowej. Autor w swoim artykule przedstawia wprowadzanie technologii cyfrowych w praktykę transportu kolejowego na wybranych przykładach w kolejach krajów członkowskich OSJD.

Słowa kluczowe: Cyfryzacja; OSJD; elektroniczny list przewozowy, System jednego Okna; EDI; Standaryzacja

Abstract: In recent years, the transport industry has recognized the need to develop and implement digital technologies. To a large extent, this applies to rail transport, as it is due to the necessity and its importance in ensuring both sustainable mobility of the population and uninterrupted transport of goods in the Eurasian space, especially during periods of large-scale restrictions, e.g., during a pandemic. As practice shows, the future of rail transport lies in digital technologies. In order to accelerate the digitization of railways in the OSJD member countries and thus ensure the successful development of both the railways themselves and international rail transport in communication between Europe and Asia, deliberate and continuous work is needed to introduce innovative digital technologies in all areas of transport activity. In his article, the author presents the introduction of digital technologies into the practice of rail transport on selected examples in the railways of OSJD member states.

Keywords: Digitalization; OSJD; Electronics waybill, One Windows System; EDI; Standardization

Wstęp

Przyszłość transportu kolejowego leży w rozwoju opartym na technologiach cyfrowych. W krajach członkowskich OSJD (Organizacja Współpracy Kolei z siedzibą w Warszawie, Liczba członków 30 krajów z Azji i Europy) pomimo znacznego rozwoju euroazjatyckiej sieci kolejowej i środków podejmowanych w celu cyfryzacji transportu kolejowego, w przestrzeni oddziaływania kolei krajów członkowskich OSJD, zakres zadań do rozwiązania w tym obszarze rozszerza się wraz z postępem naukowym i technologicznym, tworząc warunki wstępne dla pomyślnego

rozwoju kolei, zwiększając jego wydajność i konkurencyjność, poprawiając jakość usług transportu pasażerskiego i towarowego. Wśród kluczowych trendów w cyfryzacji branży kolejowej możemy zidentyfikować np.: zarządzanie pociągami bez maszynistów, kontrolę taboru kolejowego i infrastruktury w czasie rzeczywistym, rejestrację dokumentów przewozowych w ruchu krajowym i międzynarodowym, planowanie i rozliczanie ruchu towarowego, poprawę dokładności informacji pasażerskiej oraz rozwój systemów rezerwacji i sprzedaży biletów, planowanie konserwacji predykcijnej i, co najważniejsze integrację z innymi rodzajami

transportu. Istniejące prognozy rozwoju transportu kolejowego np. Międzynarodowego Forum Transportu, przewidują, że do 2050 r. mobilność pasażerów wzrośnie o 200-300%, a przewozy towarowe o 150-250%.[1] Podjęcie takich wyzwań, wymaga poszukiwania inteligentnych rozwiązań zapewniających odpowiednią przepustowość rosnących wolumenów ładunków i pasażerów. Dlatego organizacja OSJD podejmuje ukierunkowane działania w celu realizacji tych zadań. Celem niniejszego artykułu jest przedstawienie wybranych działań w obszarze cyfryzacji na podstawie analizy źródeł wtórnych i dokumentów anali-

tycznych w z zagadnienia cyfryzacji w transporcie kolejowym.

Oblicza cyfryzacji w ramach organizacji OSJD

Organizacja OSJD w ostatnich latach poświęca dużą uwagę kwestiom cyfryzacji i wprowadzania nowoczesnych technologii cyfrowych. Jednym z istotnych przykładów pracy w tym obszarze jest cyfryzacja transportu w ramach korytarzy transportu kolejowego OSJD, w których integrowane są technologie cyfrowe i procesy biznesowe kolei i innych przedsiębiorstw kolejowych zaangażowanych w procesy transportowe wzdłuż korytarzy. Podstawowe elementy procesu transformacji cyfrowej kolei, to [2]:

- Dane cyfrowe (Digital Data);
- Łączność (Connectivity);
- Automatyzacja procesów (Automation of Processes);
- Cyfrowy dostęp konsumentów do usług kolejowych (Digital Customer Access).

Pełne wykorzystanie tych komponentów cyfryzacji pozwala na realizowanie zadań w zakresie transportu kolejowego, a mianowicie [3]:

- stworzenie oferty sieciowej kolei wykorzystującej niezawodną komunikację, zapewniającą bezpieczeństwo, efektywność i atrakcyjność usług kolejowych;
- zwiększenie zadowolenia klientów;
- zwiększenie przepustowości, niezawodności i wydajności kolei poprzez automatyzację procesów transportowych;
- zwiększenie konkurencyjności kolei poprzez optymalne wykorzystanie danych w ramach np. analityki big data.

Wykorzystanie nowoczesnych technologii cyfrowych wśród krajów członkowskich OSJD jest stale poszerzane. Między innymi dotyczy to skrócenia czasu podczas procedur granicznych i celnych, stopniowego zmniejszania liczby dokumentów i eliminowania obiegu dokumentów, zwiększania prędkości transportu, świadczenia do-

datkowych usług. Dla realizacji tego celu prowadzone są następujące działania [4]:

- tworzone są ujednoczone podejścia w zakresie kodowania i informatyki, opracowywane są wspólne dokumenty OSJD z innymi organizacjami międzynarodowymi (w zakresie ułatwiania procedur przekraczania granic, kodowania obiektów i przedsiębiorstw usług transportu kolejowego itp.);
- tworzone są i zaktualizowane biblioteki wiadomości, które działają w ramach i zgodnie z zasadami SMGS (notatki te są podstawą do zawierania umów dwustronnych o elektronicznej wymianie danych - EDI (ang. Electronic Data Interchange)), opracowywane i aktualizowane są specyfikacje techniczne wiadomości elektronicznej IFTMIN dla listu przewozowego CIM/SMGS;
- prowadzone są prace nad organizacją rozliczeń finansowych na podstawie dokumentów elektronicznych, wiadomości elektronicznych w standardzie UN/EDIFACT.
- w zakresie transportu pasażerskiego prowadzone są prace nad opracowaniem elektronicznych systemów obsługi informacyjnej, rezerwacji i sprzedaży biletów pasażerom transportu kolejowego, co umożliwi optymalizację technologii działania wszystkich części infrastruktury dla przewozów i ruchu pasażerskiego, rozszerzenie zakresu usług referencyjnych i informacyjnych oraz interakcję różnych systemów rezerwacji w organizacji międzynarodowego ruchu pasażerskiego.

Cyfryzacja w przykładach [5]

Wśród kierunków cyfryzacji szczególną uwagę zwraca uwagę międzynarodowa współpraca organizacji OSJD w ramach bezpapierowego obiegu dokumentów związanych z procesem przewozowym i uproszczeniem procedur przekraczania granic oraz wykorzystywanie nowoczesnych technologii związanych z zarządzaniem i organizacją transportu kolejowego. Do podsta-

wowych przykładów możemy zaliczyć:

Elektroniczny list przewozowy (CIM / SMGS) [6]

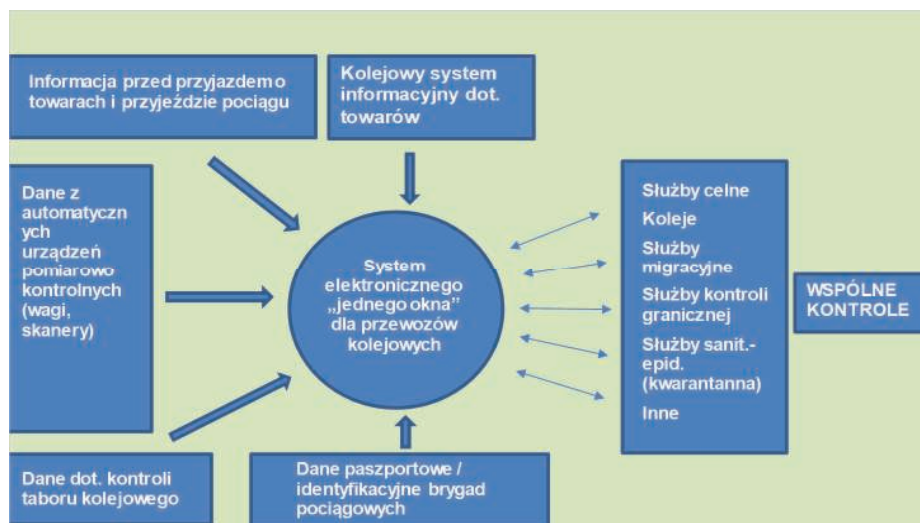
Konieczność integracji rozwiązań pomiędzy poszczególnymi systemami kolejowymi w skali międzynarodowej (wspólne platformy cyfrowe) a instytucjami na stacjach granicznych (uproszczenie procedur i ich standaryzacja, ujednoczenie prawa przewozowego). Elektroniczny list przewozowy CIM/SMGS jest jednolitym listem przewozowym używanym do przewozu towarów dla krajów stosujących różne przepisy dotyczące transportu międzynarodowego (SMGS i CIM). List przewozowy jest wydawany na całą drogę bez ponownej rejestracji w miejscu zmiany prawa przewozowego. List przewozowy CIM/SMGS jest potwierdzeniem zawarcia umów przewozu CIM i SMGS w komunikacji między państwami stosującymi CI i SMGS. Jest uznawany za dokument celny i upraszcza procedury przekraczania granic towarów przewożonych koleją. Wdrożenie tego listu w praktykę przewozów międzynarodowych przyniosło pozytywne skutki dla transportu kolejowego. Są to między innymi:

- znacznie skrócenie czasu przestoju pociągów na stacjach granicznych;
- poprawa jakości usług i obniżenie kosztów transportu;
- oszczędność czasu przewidzianego na ponowną rejestrację dokumentów na granicach;
- zmniejszenie kosztów związanych z ponownym wydawaniem dokumentów dotyczących kontynuacji transportu na kolejach, na których obowiązuje inne prawo przewozowe;
- eliminacja wielu nieścisłości i błędów popełnionych w wyniku ponownej rejestracji dokumentów przewozowych dla przesyłek; zapewnienie wysokiego poziomu zgodności z normami prawnymi podczas transportu dla ich uczestników;
- skrócenie czasu dostawy ładunku w wyniku zmniejszenia postojów ładunku w miejscach ponownej wysyłki.

System jednego Okna [7]

Dla zharmonizowania informacji i stosowanych procedur celnych w międzynarodowym transporcie kolejowym podejmowane są w ramach relacji OSJD i ONZ działania zmierzające do stworzenia systemu pojedynczych okien dla transportu kolejowego, tj. elektronicznego punktu kompleksowej obsługi na przejściach granicznych z wykorzystaniem nowoczesnych technologii. Koleje i organy publiczne w dużej mierze potrzebują tych samych dokumentów, świadectw i informacji do przeprowadzenia odpowiednich procedur odprawy celnej. Między innymi na przykład informacje na temat nazwy ładunku i punktów załadunku / rozładunku są zwykle wymagane przez koleje, organy celne, organy kontroli sanitarno-epidemiologicznej itd. Koncept systemu jednego okna tj. elektronicznego punktu kompleksowej obsługi na przejściach granicznych przedstawia rys. 1. Dane z kilku źródeł, w szczególności z elektronicznych systemów kolei, organów celnych, służb migracyjnych, zautomatyzowanych systemów kontroli i systemów skanowania przemieszczanych obiektów, mogą być przechowywane na neutralnych platformach lub w systemie jednego okna dla transportu kolejowego. Dane i informacje mogą być następnie udostępniane organom kontroli na przejściach granicznych w celu przeprowadzenia kontroli wymaganych przez stosowne przepisy obowiązujące w poszczególnych krajach. Stworzenie powiązań między systemami informacyjnymi kolei, systemami informacyjnymi organów państwowych z jednym punktem kontaktowym i systemami informacyjnymi przewoźników zapewni skuteczną wymianę informacji i znacznie ograniczy potrzeby ponownego przedkładania tych samych informacji.

Dane z kilku źródeł, w szczególności z elektronicznych systemów kolei, organów celnych, służb migracyjnych, zautomatyzowanych systemów kontroli i systemów skanowania przemieszczanych obiektów, mogą być przechowywane na neutralnych platformach lub w systemie jedne-



1. Elektroniczne okno dla transportu kolejowego i urzędów kontroli granicznej.

Źródło: Materiały OSJD i United Nations Economic and Social Commission for Asia and the Pacific (ESCAP) Warszawa /Bangkok 2022 s.22

go okna dla transportu kolejowego. Dane i informacje mogą być następnie udostępniane organom kontroli na przejściach granicznych w celu przeprowadzenia kontroli wymaganych przez stosowne przepisy obowiązujące w poszczególnych krajach. Stworzenie powiązań między systemami informacyjnymi kolei, systemami informacyjnymi organów państwowych z jednym punktem kontaktowym i systemami informacyjnymi przewoźników zapewni skuteczną wymianę informacji i znacznie ograniczy potrzeby ponownego przedkładania tych samych informacji.

Cyfrowe automatyczne sprzężenie i automatyzacja transportu towarowego

Wprowadzenie cyfrowego automatycznego sprzężenia (DAC) w ramach projektu europejskiego jest kluczowym kierunkiem usprawnienia procesu organizacji ruchu pociągów i automatyzacji ruchu towarowego. Zależy od tego sprawne działanie i skrócenie czasu projektowania / rozwiązywania pociągów. Kwestia wymiany opasek śrubowych (złączy) na automatyczne była wielokrotnie rozważana w Europie na przestrzeni lat. Celem tego projektu jest skrócenie czasu formowania pociągów, wykluczenie fizycznie ciężkiej i niebezpiecznej pracy sprzęgów podczas manewrowania, zwiększenie nośności pociągów poprzez zwiększe-

nie wytrzymałości na rozciąganie, a w rezultacie zwiększenie długości pociągu. Dla całkowitej wymiany i wprowadzenia nowego typu sprzęgu, oprócz ogromnego komponentu finansowego, konieczne jest przeprowadzenie całego szeregu działań: certyfikacja, sporządzenie dokumentacji regulacyjnej, wprowadzenie zmian w algorytmie kolei, personelu kolejowego itp. Realizacja tego zadania jest szczególnie istotna w kontekście osiągnięcia "neutralności węglowej" w okresie do 2050 r. w ramach przyjętego "Zielonego Ładu dla Europy". W 2022 r. na kilku europejskich kolejach rozpoczęły się wielomiesięczne testy pociągu towarowego, gdzie wagony wyposażono w cyfrowy sprzęg systemu DAC. Planowane jest po 2025 r. masowe wdrożenie w Europie sprzęgu DAC, który zapewnia automatyczne podłączenie przewodów hamulcowych oraz magistrali zasilania i transmisji danych. Przyspieszy to operacje technologiczne wykonywane w transporcie towarowym i stworzy warunki do przejścia na bardziej zaawansowane technologie sterowania pociągami z wykorzystaniem ruchomych sekcji blokowych. Wiodący europejscy przewoźnicy towarowi i firmy leasingowe projektują wyposażenie wagonów towarowych w pokładowe urządzenia telematyczne i czujniki do śledzenia lokalizacji i stanu wagonów i przewożonych towarów. Przykładem jest austriacki operator Rail Cargo Group o który już wy-

posażyl 11 tys. wagonów w urzadzania telematyczne (z planowanych 12 tys. sztuk).

Technologia czujników indukcyjnych

Jedna ze współpracujących z Organizacją Współpracy Kolei firm producenckich w zakresie rozwiązań infrastrukturalnych dysponuje rozwiązaniem do zastosowania na międzynarodowym rynku automatyki i telemechaniki kolejowej. Technologie te ułatwiają integratorom systemów i operatorom kolejowym dostęp do informacji potrzebnych do obsługi, sterowania i ochrony infrastruktury – definiowanie swobodnych zwrotnic, zabezpieczeń rozjazdów itp. Systemy śledzenia kół, liczniki osi i śledzenia jako samodzielne lub zintegrowane rozwiązanie. Rozwiązanie te działa w oparciu o czujniki indukcyjne oraz metodę rozproszonej detekcji akustycznej. Czujniki kół i liczniki osi są oparte na technologii czujników indukcyjnych, dzięki czemu powstają wysoce niezawodne produkty – niezależnie od lokalizacji, segmentu kolejowego i warunków. Komponenty i technologie przyjęte w rozwiązaniu są niezwykle trwałe i wymagają minimalnej konserwacji. Specyficzne wymagania projektowe są brane pod uwagę dzięki możliwości tworzenia indywidualnych rozwiązań w zakresie architektury systemów i elastycznych interfejsów.

Cyfrowy projekt kolejowy

Projekt Kolei Cyfrowych to środowisko cyfrowe, w którym informacja jest zasobem określającym procesy, model zarządzania i dostępne usługi. Celem projektu jest zwiększenie konkurencyjności kolei na światowym rynku usług transportowych i logistycznych. Narzędziami do realizacji tego projektu są platformy cyfrowe i kompleksy powiązanych ze sobą rozwiązań technologicznych dla interakcji uczestników rynku transportowego, Internetu Rzeczy (IoT), dużych baz danych, technologii komunikacji bezprzewodowej, wirtualnej i rozszerzonej rzeczywistości oraz inteligentnych systemów.

Przykładami mogą być: elektroniczna platforma handlowa "Transport towarowy" - która stanowi podstawę do stworzenia wielofunkcyjnego rozwiązania platformy lub technologii monitorowania lokalizacji taboru kolejowego. Przyczynia się to do dostosowania i integracji kolei z nowymi modelami biznesowymi, takimi jak "mobilność jako usługa", transport "od drzwi do drzwi" i multimodalność.

Lokomotywy i pociągi z systemem automatycznego naprowadzania (pociągi bezzałogowe)

Robotyzacja taboru to rewolucyjna zmiana na kolei, porównywalna z przejściem z trakcji parowej na elektryczną, która przyczynia się do poprawy efektywności, bezpieczeństwa i konkurencyjności transportu kolejowego. Tabor kolejowy z automatycznymi systemami naprowadzania (lokomotywy do prowadzenia ciężkich pociągów towarowych przedsiębiorstw górniczych, podmiejskich pociągów elektrycznych i pociągów metra, tramwajów) jest już eksploatowany w transporcie kolejowym w krajach członkowskich OSJD i innych np. Australii, Bułgarii, Wielkiej Brytanii, Węgier, Niemiec, Chin, Republice Korei, Rosji, Francji. Wprowadzenie automatycznych systemów sterowania pociągami, a także aktualizacja obiektów centrum zabezpieczeń, pozwala zmniejszyć liczbę błędów technicznych, zoptymalizować przepływ informacji i zwiększyć poziom atrakcyjności transportu kolejowego dla pasażerów. Dla przykładu w ramach inicjatywy Digitale Schiene Deutschland (DSD) w 2022 r. W Niemczech w różnych częściach kraju wprowadzono kilka mikroprocesorowych systemów centralizacji (MCC). Wprowadzane projekty umożliwiają opracowanie technologii i procedur szybkiego wdrożenia MCC i europejskiego systemu sterowania ruchem pociągów ETCS w połączeniu z rozwiniętymi kontrolami dyspozytorskimi w całej sieci w nadchodzących latach i w perspektywie średnioterminowej. Oczekuje się, że zwiększy to przepustowość niemieckiej sieci kolejowej nawet o 35% bez budowy nowych linii. W ramach inicja-

tyw DSD zmierza się do stworzenia cyfrowych bliźniaków i foto realistycznych modeli kolei. Modele te przeznaczone będą do szkolenia sieci neuronowych wykorzystywanych w ruchu bezzałogowym oraz wykorzystania sztucznej inteligencji w kontroli dyspozytorskiej ruchu pociągów. W Niemczech w 2022 r. rozpoczęto regularną eksploatację pociągów z systemem automatycznego naprowadzania działającym na ETCS. W różnych krajach europejskich oraz np. Republice Korei realizowanych jest wiele projektów z zakresu ruchu bezzałogowego. Jednym z najnowszych osiągnięć w tej dziedzinie jest bezzałogowy systemów jazdy Cognitive Pilot. Lokomotywy są wyposażone w system Cognitive Rail Pilot z systemem wizyjnym, który jest w stanie wykryć obiekty na kolei (inne pociągi, strzałki, tory, ludzi, sygnalizację świetlną itp.). Sztuczna inteligencja ocenia środowisko i w razie potrzeby ostrzega maszynistę o niebezpieczeństwie. Jeśli maszynista nie reaguje na takie sygnały. W takich przypadkach sztuczna inteligencja podejmuje własne decyzje. Opracowywane są innowacyjne systemy wspomaganie maszynisty (ADAS), a także technologie automatycznej jazdy dla lekkich systemów transportu kolejowego i operacji manewrowych (FSD). Aktywnie wykorzystywana jest sztuczna inteligencja, technologia głębokiego uczenia, wizja komputerowa, a także czujniki do opracowania systemu OTIV Light Rail Vehicle System (OTIV), który dostosuje lokomotywy do miejskich warunków pracy. Dzięki temu, że systemy ADAS i FSD są wyposażone w technologie wykrywania przeszkód i unikania kolizji, ich wdrożenie umożliwi zwiększenie poziomu efektywności systemu transportowego jako całości.

Innowacyjny inteligentny system sterowania procesami transportowymi

W kontekście rosnących wymagań dotyczących jakości usług transportowych, kolejom są potrzebne zintegrowane systemy zarządzania transportem i centra kontroli operacyjnej korytarzy transportowych, które mogą

zwiększyć efektywność ich pracy, a tym samym wzmocnić ich pozycję na rynku przewozów towarowych i pasażerskich. Aby rozwiązać ten problem, konieczne jest zgromadzenie wszystkich dostępnych informacji o sytuacji operacyjnej w kontrolowanym miejscu testowym w jednym centrum kontroli, gdzie zostaną wykorzystane do osiągnięcia głównego celu - zapewnienia ciągłości i bezpieczeństwa procesu transportu. Centrum Kontroli Transportu (MCC) to kompleks technologiczny zaprojektowany w celu zapewnienia operacyjnego zarządzania procesem transportowym i eksploatacją infrastruktury kolejowej. Główne zadania MCC to organizacja i kontrola procesu transportu, zapewnienie trasy pociągów pasażerskich i towarowych, utrzymanie infrastruktury kolejowej i prowadzenie zaplanowanych prac nad jej naprawą, zarządzanie flotami tabo-ru kolejowego, interakcja z podobnymi centrami kontroli (lub strukturami wykonującymi swoje funkcje) innych kolei, a także ze służbami reagowania kryzysowego i innymi organami państwowymi. W zależności od struktury zarządzania transportem na kolei danego kraju wyróżnia się np. centrum kontroli sieci (krajowej) i centrum kontroli drogowej.

Normalizacja i standaryzacja procesów cyfryzacji [8]

Cyfryzacja przynosi głębokie zmiany w działalności człowieka, od produkcji towarów i usług po ich konsumpcję. Cyfryzacja zmienia również sposób funkcjonowania handlu międzynarodowego; przekształca łańcuchy dostaw, na całym świecie i w regionie EKG ONZ.

W szczególności cyfryzacja zmienia sposób, w jaki towary i informacje o nich przemieszczają się przez granice. Cyfryzacja stwarza potencjał integracji wymiany danych i dokumentów między różnymi rodzajami transportu i ogniwami łańcucha dostaw oraz przyczynia się do zwiększenia wydajności. Jednak wysiłki na rzecz cyfryzacji są obecnie fragmentaryczne i koncentrują się na konkretnych rodzajach transportu lub na określonych częściach

Tab. 1. Pakiet EKG ONZ dotyczący standardu cyfryzacji przepływów informacji wzdłuż łańcuchów dostaw

1. Standardy opracowane w celu cyfryzacji Przepływy informacji w różnych częściach łańcucha dostaw przed 2020 r.:	3. Standardized data exchanges to support crossmodal cargo transfers – package of standards for digitalization of multimodal data exchange
<ol style="list-style-type: none"> 1. e-CMR 2. Faktura międzybranżowa 3. Dostawa międzybranżowa 4. Katalog międzybranżowy 5. Cytat międzybranżowy 6. Międzybranżowe doradztwo w zakresie przekazów pieniężnych 7. Planowanie międzybranżowe 8. Proces zamawiania w różnych branżach 9. Szczegóły karty charakterystyki substancji niebezpiecznej (MSDS) 10. Zarządzanie realizacją finansową kontraktów 11. Informacje o badaniach rynku 12. Dokumenty zweryfikowanej masy brutto (VERMAS) 13. Dokumenty spedycji międzynarodowej i transferowej 14. Informacje o inteligentnych kontenerach 15. Liczne świadectwa rolnicze, księgowość i inne dokumenty 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Dokument umowy na transport wodny śródlądowy (IWT "Bill of Lading"; list przewozowy CMNI; itd.) 2. Morski list przewozowy 3. Listy przewozowe CIM/SMGS i SMGS 4. Lista wagonów CIM/SMGS (+Ustawa handlowa itp.) 5. Certyfikaty i podstawy eCERT (sanitaro-fitosanitarny) 6. Dla innych certyfikatów): wyrównane do Buy-Ship-Pay • Model danych referencyjnych
2. Standardy dotyczące danych i dokumentów logistycznych wymiany opublikowane w październiku 2020 r. Na www.unttc.org oraz https://unece.org/trade/unecefact/mainstandards	4. Dokumenty dotyczące ładunku lotniczego i towarów niebezpiecznych:
<ol style="list-style-type: none"> 1. Rezerwacja tymczasowa 2. Rezerwacja firmowa 3. Potwierdzenie 4. Instrukcje wysyłki 5. Listu przewozowego 6. Raport o stanie 7. Prośba o status 8. Lista pakowania 9. RASFF (Szybkie ostrzeżenie o bezpieczeństwie żywności i pasz) 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Lotniczy list przewozowy 2. Zgłoszenie towarów niebezpiecznych 3. Deklaracja bezpieczeństwa przesyłki <p>Elektroniczna wersja multimodalnego projektu ustawy FIATA Lading uruchomiony w 2022 r.; trwają prace nad trzema innymi dokumentami FIATA</p>

Źródło: Opracowano na podstawie materiałów United Nations Economic Commission for Europe, Genewa 2023 s.4

łańcucha dostaw. To rozdrobnienie stwarza poważne wyzwania dla interoperacyjności, a ostatecznie dla oczekiwanej przyrostu wydajności.

Aby uniknąć rozdrobnienia, ważne jest rozważenie korzyści płynących z norm ONZ i narzędzi wspierających, które mogą pomóc w zapewnieniu interoperacyjności przepływów informacji w łańcuchach dostaw, w tym w multimodalnych łańcuchach transportowych. Wzorami takich norm ONZ są normy UN/CEFACT i modele danych referencyjnych opracowane jako międzynarodowe dane publiczne w ramach ustalonej procedury ONZ, a także nowy pakiet norm EKG ONZ dotyczący multimodalnej wymiany danych i dokumentów. Normy UN/CEFACT, w szczególności nowy pakiet norm, oferują m.in.: powszechną podstawę interoperacyjności między branżami i rodzajami transportu, przy jednoczesnym utrzymaniu istniejących norm i rozwiązań sektorowych, dostosowanie metodyki danych handlowych i transportowych poprzez wspólny, nadrzędny model danych referencyjnych łańcucha dostaw tzw. (BUY-SHIP-PAY) jako podstawę interoperacyjności,

standaryzowane struktury wymiany danych oparte na wspólnej strukturze wymiany danych podstawowych i niezależnej składni wymiany danych oraz wspólną podstawę implementacji wybranej składni wymiany danych. Wdrożenie nowego pakietu norm UN/CEFACT w opinii ONZ przyniesie szereg korzyści. Może między innymi:

- Wspierać wymianę informacji, np. w potokach danych, dzięki terminowemu przechwytywaniu wysokiej jakości danych z oryginalnych (biznesowych) źródeł danych w celu bezpiecznego autoryzowanego wykorzystania konkretnych zestawów danych, zapewniając widoczność wymiany danych w łańcuchu dostaw,
- Zmniejszać obciążenia administracyjne poprzez skuteczne ponowne wykorzystanie danych udostępnianych w całym międzynarodowym łańcuchu dostaw,
- Zwiększać możliwości współpracy między interesariuszami publicznymi i prywatnymi).

Biorąc pod uwagę znaczenie holistycznego podejścia do cyfryzacji przepły-

wu danych wzdłuż łańcuchów dostaw, standard UN/CEFACT jest istotny dla głównych interesariuszy. Normy UN/CEFACT nie zastępują istniejących międzynarodowych norm regulacyjnych dotyczących umów transportowych, takich jak standard elektronicznego lotniczego czy kolejowego listu przewozowego. Zamiast tego normy UN/CEFACT stanowią podstawę funkcjonalnej interoperacyjności danych o ładunkach w różnych rodzajach transportu i sektorach przy użyciu wspólnej podstawy semantycznej. Pakiet norm nie jest samodzielnym produktem, ale częścią szeroko zakrojonych wysiłków UN/CEFACT w zakresie stanowienia norm dotyczących cyfryzacji wymiany informacji w całym łańcuchu dostaw. Nowy pakiet norm składa się z kilku komponentów. Obejmuje on specyfikacje techniczne, specyfikacje wymagań biznesowych oraz narzędzia pomocnicze dla kluczowych dokumentów towarzyszących towarom przewożonym w jednym lub kilku z pięciu najważniejszych rodzajów transportu co przedstawia tabela 1. Wykorzystanie norm EKG ONZ UN/CEFACT jako wspólnej podstawy może umożliwić sprawną wymianę danych między różnymi zbiorami danych, które są istotne dla inicjatyw Unii Europejskiej. Jest to szczególnie istotne, ponieważ rozporządzenie UE 2020/1056 w sprawie elektronicznych informacji dotyczących transportu towarowego (eFTI) przewiduje, że wymiana informacji transportowych w państwach członkowskich UE powinna odbywać się elektronicznie i multimodalnie. Ponadto normy UN/CEFACT i zalecenia dotyczące pojedynczych punktów kontaktowych przyczyniają się do pomyślnego wdrożenia rozporządzenia UE 2022/2399 ustanawiającego środowisko pojedynczego punktu kontaktowego Unii Europejskiej dla organów celnych.

Warte podkreślenia jest to, że tworzenie i konsultacje w zakresie norm odbywają się w ramach długotrwałej współpracy ONZ z innymi organizacjami międzynarodowymi, takimi jak np. Komisja Europejska, Euroazjatycka Komisja Gospodarcza (EWG), Organizacja Współpracy Kolei (OSJD). Światowa Or-

ganizacja Celna, Euroazjatycka Komisja Gospodarcza, Stały Sekretariat Korytarza Transportowego Europa-Kaukaz-Azja (TRACECA), i wiele innych.

Podsumowanie

Powszechne stosowanie informacji i zautomatyzowanych systemów jako aktywnych elementów procesu transportowego i działalności gospodarczej jako całości staje się rzeczywistością naszych czasów. Technologie cyfrowe całkowicie zmieniają zewnętrzny i wewnętrzny wizerunek kolei. Praktyka i badania wykazały, że cyfryzacja przyniesie szereg znaczących korzyści dla kolei, takich jak np.:

- dodatkowa przepustowość – zwiększone zapotrzebowanie na transport kolejowy doprowadziło do sytuacji, że wiele systemów wyczerpało swoje możliwości. Cyfryzacja może zwiększyć przepustowość wielu linii o ponad 20% bez budowy dodatkowych torów;
- tańsze, ale bardziej wydajne usługi – operatorzy infrastruktury kolejowej skorzystają na poprawie wydajności eksploatacji i utrzymania, a także niższych kosztach sprzętu. Niższe koszty mogą prowadzić do niższych opłat za dostęp do infrastruktury, a wraz z wprowadzeniem cyfrowego sterowania pociągami i cyfrowego zarządzania ruchem wzrośnie dostępność, niezawodność i punktualność systemu kolejowego jako całości;
- umocnienie wiodącej pozycji technologicznej – automatyzacja i harmonizacja norm niezbędnych do cyfryzacji dają producentom urządzeń i całej branży kolejowej możliwość innowacji i szansę na zdobywanie nowych rynków;
- poprawa zrównoważenia środowiskowego – cyfryzacja zapewni usprawnienie pracy, co będzie kluczowym czynnikiem przyczyniającym się do osiągnięcia ogólnych celów w zakresie redukcji emisji CO₂ w transporcie w perspektywie krótko i długoterminowej.

Koleje w krajach członkowskich OSJD winny wprowadzać innowacyjne tech-

nologie. Cyfryzacja ma bowiem zasadniczą rolę w uczynieniu transportu kolejowego ekonomicznie opłacalnym i przyjaznym dla środowiska środkiem transportu. Efektywne funkcjonowanie transportu kolejowego w przestrzeni OSJD odgrywa ważną rolę w tworzeniu warunków do modernizacji, przejścia na innowacyjną ścieżkę rozwoju i zrównoważonego wzrostu gospodarek narodowych wszystkich państw członkowskich Organizacji. Cyfryzacja aktywnie przekształca i usprawnia pracę systemów transportowych i logistycznych zarówno na poziomie kontroli i zarządzania, jak i na poziomie działalności poszczególnych firm. ◀

Materiały źródłowe

- [1] Materiały Międzynarodowego Forum Transportu, Lipsk czerwiec 2022 r.
- [2] M. Antonowicz, J. Majewski, Transformacja Cyfrowa Kolei, Materiały Konferencji EMAC, Warszawa 2021 r.
- [3] A Roadmap for Digital Railways, CER, UIC, EIM, Paryż 2016 r.
- [4] Materiały wewnętrzne OSJD, Warszawa 2023 r.
- [5] M. Antonowicz, R. Vopalecki, M. Matta, Digitalization as the basis for stable and innovative development of OSJD railways, Biuletyn OSJD Warszawa 1/2023 r.
- [6] M. Antonowicz O. Oleksiy, The role of consignment notes in rail transport chains, Materiały Konferencji Marketing and Logistics in the System of Management, Lwów 2022 r.
- [7] Digitalization-next step for future international railway, OSJD i United Nations Economic and Social Commission for Asia and the Pacific (ESCAP) Warszawa/ Bangkok 2022 r.
- [8] UNECE Package of Standards and Supporting Tools, United Nations Economic Commission for Europe, Geneva 2023 r.

Nowoczesne rozwiązania w konstrukcji węzłów tramwajowych

Modern solutions in the construction of tram junctions



Małgorzata Urbanek

Mgr inż.

Politechnika Krakowska

m.urbanek@kzn.pl



Tomasz Bis

Mgr inż.

Politechnika Krakowska

t.bis@kzn.pl

Streszczenie: W artykule przedstawiono krótki przegląd rozwiązań w konstrukcji węzłów tramwajowych. Autorzy przedstawiają obecnie stosowane rozwiązania oraz nowe rozwiązania konstrukcyjne. Jako rozwiązanie łączące zarówno innowacje w procesie budowlanym, jak i w konstrukcji węzłów, przedstawiono opis technologii Contrack, polegającej na zastosowaniu prefabrykowanych płyt rozjazdowych w procesie zabudowy węzła tramwajowego.

Słowa kluczowe: Rozjazd tramwajowy; Prefabrykowane płyty rozjazdowe; Nawierzchnia tramwajowa

Abstract: The article provides a brief overview of solutions for the construction of tram junctions. The authors present currently used solutions and new construction solutions. As a solution combining both innovations in the construction process and in the construction of nodes, a description of the Contrack technology was presented, consisting of the use of prefabricated turnout plates in the process of building a tram junction.

Keywords: Tram turnout; Prefabricated turnout plates; Tram track

Wstęp

Kluczową rolę w budowie, modernizacji i utrzymaniu torowisk tramwajowych odgrywają rozjazdy, które na skrzyżowaniach i rondach tworzą skomplikowane układy węzłowe. Konstrukcje rozjazdowe wpływają bezpośrednio na bezpieczeństwo, komfort i samą możliwość prowadzenia płynnego ruchu tramwajowego. Generują też istotne koszty w przypadku napraw, remontów czy wymiany; zarówno finansowe, jak i organizacyjne (w postaci komunikacji zastępczej), a także społeczne (przejawiające się w utrudnieniach w skomunikowaniu danego obszaru miasta). Nabiera to szczególnego znaczenia zwłaszcza przy węzłach rozjazdowych zintegrowanych z jezdnią, gdyż odbija się to nie tylko na ruchu tramwajowym, ale także autobusowym, samochodowym, rowerowym czy pieszym.

Z uwagi na powyższe, bardzo istotna jest z jednej strony wysoka jakość początkowa, trwałość i niezawodność samych węzłów rozjazdowych, a z drugiej strony możliwie krótki czas ich zabudowy czy wymiany. Stąd biorą się poszukiwania technologii, które odpowiadać będą tym wyzwaniom i ograniczą zarówno wydatki samorządów miejskich, liczone w całym cyklu eksploatacji danego fragmentu sieci tramwajowej, jak i uciążliwość wynikającą z operacji związanych z utrzymaniem, remontem lub wymianą układu torowego.

Przegląd aktualnie stosowanych rozwiązań

Obecnie dostępnych jest kilka technologii wykonywania nawierzchni tramwajowych na węzłach rozjazdowych zintegrowanych z jezdnią, ścieżką rowerową czy przejściami dla pieszych,

czyli takich, po których równocześnie prowadzone są inne rodzaje ruchu niż tylko tramwajowy.

Rozwiązaniem powszechnie wykorzystywanym w infrastrukturze miejskiej jest stosowanie technologii struktur betonowych integrujących nawierzchnię torową i drogową. Systemy prefabrykowanych płyt betonowych [1,2] są nawierzchnią bezpodsypkową, przeznaczoną do torowisk tramwajowych współdzielonych z jezdnią, czyli tzw. nawierzchnią torowo-drogową, torowisk wydzielonych. Technologia ta została stworzona nie tylko aby usprawnić i przyspieszyć budowę czy modernizację torowiska, ale też by umożliwić łatwy demontaż i ponowny montaż szyn, niezbędny w sytuacji pęknięcia szyny lub jej zużycia eksploatacyjnego. Wskazane systemy jako jedyne rozwiązanie technologiczne wytrzymują częsty, ciężki i intensywny ruch tramwajowy i

autobusowy, jednakże możliwe są do stosowania tylko na prostych, ewentualnie łukowych odcinkach torowisk (tory szlakowe). Ze względu na skomplikowane kształty, w warunkach sieci tramwajowych często odpowiadające tylko danemu układowi drogowemu (czyli rozwiązania jednostkowe, niepowtarzalne), a także konieczność zintegrowania układów napędów zwrotnic, zasilania i sterowania, systemów odwodnienia czy ogrzewania rozjazdów; krajowi producenci płyt torowych nie oferują swoich rozwiązań ani dla pojedynczych zwrotnic tramwajowych, ani dla węzłów rozjazdowych. W miejscu, gdzie występują węzły rozjazdowe, stosowana jest najczęściej technologia montażu rozjazdów poprzez ich zakotwienie i podlewanie specjalnymi masami na wcześniej wykonanych monolitycznie (na miejscu) płytach betonowych. Taki sposób montażu wymaga etapowania prac (podziału węzła rozjazdowego) oraz lania betonu w dwóch poziomach: płyta betonowa dolna i płyta betonowa górna (nawierzchniowa). Po wykonaniu dolnej płyty betonowej następuje montaż na niej rozjazdu wraz z regulacją w planie i profilu poprzez spawanie i kotwienie całego układu torowego. Dopiero po wykonaniu tych prac cały układ jest integrowany z nawierzchnią drogową poprzez wykończenie i wyrównanie poziomów przy wykorzystaniu m.in. asfaltu, kostki brukowej lub betonu. Pełen proces prowadzenia prac budowlanych wraz z opisem wad i zalet konstrukcji w systemie prefabrykowanych płyt tramwajowych i systemie wykonywania płyt w tzw. podlewie ciągłym można znaleźć

w artykule: Torowiska tramwajowe – roboty budowlane inż. Grzegorza Dąbrowskiego z 2017 roku[3].

Montaż rozjazdów zlokalizowanych w miejscach, gdzie odbywa się również ruch kołowy i pieszy, cechuje się dużo większą złożonością niż przy nawierzchni bezpodsypankowej w torach szlakowych. Obecnie stosowana metoda montażu niesie za sobą kilka niedogodności:

1. czas wymiany węzłów rozjazdowych – pełna sprawność uzyskiwana jest dopiero po 28 dniach od wylania każdego etapu betonowania (konieczność stężenia i dojrzewania mieszanki);
2. montaż węzła rozjazdowego następuje w różnych warunkach pogodowych i temperaturowych, co ma niebagatelny wpływ na naprężenia i stan całego układu stalowego rozjazdu oraz betonowej podbudowy i obudowy tej konstrukcji;
3. degradacja nawierzchni drogowej w obrębie rozjazdów, która następuje po kilku latach użytkowania ze względu na słabości dotychczas stosowanej technologii w stosunku do ruchu ciężkich autobusów współużytkujących pas drogowy;
4. uniemożliwienie lub znaczące utrudnienie dalszego napawania elementów stalowych w przypadku degradacji (zużycia) rozjazdu;
5. wymiana konstrukcji rozjazdowej wymaga usunięcia wierzchniej warstwy betonu (a często także płyty dolnej) i wykonanie od podstaw czasochłonnnych kotwień i podlewów, co ma olbrzymie znaczenie, ponieważ

zużycie nawierzchni szynowej następuje zwykle dużo szybciej niż nawierzchni betonowej. Oznacza to, że wymiana rozjazdu wymaga usunięcia niekiedy dobrych i zdanych do użytku nawierzchni betonowych (trwałość odpowiednio zmontowanej i utrzymywanej nawierzchni szynowej w rozjazdach to 10-15 lat; trwałość nawierzchni betonowej to 25-30 lat).

Innowacyjne rozwiązania dla węzłów tramwajowych

Poszukiwanie rozwiązań dla szybkiej, sprawnej i cechującej się wysoką jakością początkową zabudowy węzłów rozjazdowych spowodowało powstanie innowacyjnych technologii w postaci prefabrykowanych płyt rozjazdowych. Zastosowanie technologii prefabrykowanych płyt torowych na szlaku nasuwa potrzebę kontynuacji tego rozwiązania również na węzle rozjazdowym w celu uzyskania trwałego i wykonanego w jednolitym standardzie torowiska.

Jedno z pierwszych zastosowań płyt prefabrykowanych dla rozjazdów tramwajowych miało miejsce w 2008 roku we Frankfurcie. Zastosowano wówczas technologię łączącą betonowe płyty prefabrykowane, w których osadzona została konstrukcja rozjazdu zamocowana ostatecznie w technologii ciągłego podparcia szyny. Warstwę górną, integrującą drogę szynową z kołową, stanowiła nawierzchnia asfaltowa [4]

Również w ramach prac prowadzonych przez zespół składający się



1. Montaż i zabudowa rozjazdu w płycie prefabrykowanej – Frankfurt 2008 [4]

między innymi z producentów części stalowej rozjazdów, zrealizowano za budowę rozjazdu w płycie prefabrykowanej zlokalizowanego przy Rue Baeck w Brukseli [5].

Rozwiązania te nie znalazły powszechnego zastosowania. Powodu takiej sytuacji należy upatrywać w tym, że rozjazdy tramwajowe charakteryzują się, w przeciwieństwie do rozwiązań np. kolejowych, dużą zmiennością geometrii. Każdy z nich jest wyrobem indywidualnym. Drugą barierą był fakt, że rozwiązania stanowiły efekt współpracy producenta płyt betonowych oraz producenta rozjazdów – brakowało więc skutecznego integratora technologii, godzącego często nieprzystające wprost do siebie wymogi produkcji części betonowej oraz stalowej. Jasnym jest bowiem, że aby możliwa była produkcja tego typu rozjazdów na zasadach prefabrykacji, należy opracować swoisty mix technologiczny, łączący ze sobą prefabrykację płyty betonowej, produkcję części stalowej rozjazdu, integrację napędu i sterowania zwrotnicą oraz sposób ich montażu w zakładzie producenta (zalewanie żywicami). Dodatkowo, ze względu na gabaryty (rozjazd podzielony na minimum 3 bloki o maksymalnych wymiarach każdej płyty betonowej 2,2-3,4 x 3/4/6 m i masie nie przekraczającej 25 ton, ważne jest opracowanie technologii dostawy oraz zabudowy takiego rozjazdu.

Rozwiązanie ukierunkowane na innowacje w konstrukcji i w procesie budowlanym

Dotychczasowe metody zabudowy węzłów tramwajowych powodowały długotrwałe utrudnienia w ruchu. Najbardziej czasochłonnym elementem tego procesu jest wiązanie warstw betonu, które w sprzyjających warunkach trwa do 28 dni. Do tego należy także doliczyć tzw. okna pogodowe. Przez cały ten czas w obszarze budowy musi zostać wstrzymany ruch, a zarządcy zmuszeni są do organizacji komunikacji zastępczej. Generuje to wysokie koszty – także społeczne. Objazdy, zwężenia ulic, prowadzenie ru-



2. Montaż i zabudowa rozjazdu w płycie prefabrykowanej – Bruksela [5]

chu wahadłowego i inne utrudnienia, a przede wszystkim czas bezpowrotnie tam tracony, dotyczą wszystkich użytkowników infrastruktury miejskiej - zarówno mieszkańców, jak i gości, ale też podmioty gospodarcze

Główne kategorie oddziaływań społecznych inwestycji infrastruktury transportowej (ze szczególnym uwzględnieniem torowisk tramwajowych) zostały szczegółowo opisane w Niebieskiej Księdze dla Sektora Transportu Publicznego w miastach, aglomeracjach, regionach [6]. Jak wskazuje CUPT [7], Niebieskie Księgi (JASPERS) [8] są głównym źródłem metodologii szczegółowych analiz kosztów i korzyści w sektorze transportu. Oszczędności czasu trwania prac przy zastosowaniu technologii, która skupia się nie tylko na innowacji wyrobu, ale również na jego logistyce, zabudowie i utrzymaniu, pojawiają się nie tylko w trakcie kompleksowej przebudowy węzłów, ale również podczas każdego remontu rozjazdu.

Zastosowanie odpowiedniej technologii na etapie przebudowy lub remontu powinno znaleźć również odzwierciedlenie w oszczędnościach w całym okresie technicznej eksploatacji inwestycji w infrastrukturę szynową. Nawierzchnia przebudowywana lub poddana remontowi z wykorzystaniem innowacyjnych technologii, powinna odpowiadać podstawowym potrzebom zarządców sieci tramwajowych, czyli w porównaniu ze „starymi” technologiami winna być mniej podatna na zużycie, bardziej niezawodna i wymagająca mniej operacji utrzymaniowo-remontowych, ekonomiczniejsza pod kątem LCC (Life Cycle Cost) i zliczenia wszystkich kosztów pośrednich, a w końcu bardziej trwała.

W odpowiedzi na stawiane powyżej wymagania zespół badawczo-rozwo-

jowy przy Grupie KZN Biezanów (skupiający ekspertów materiałowych w zakresie betonu i stali, produkcyjnych z zakresu wykonywania płyt betonowych i konstrukcji rozjazdowych, specjalistów z zakresu logistyki i doświadczonych inżynierów budownictwa szynowego) podjął wyzwanie opracowania technologii obejmującej proces projektowania, logistyki, zabudowy prefabrykatu rozjazdu tramwajowego, a także jego bezpiecznej wymiany. Konieczne stało się znalezienie rozwiązania, które pozwoli przyspieszyć zabudowę węzłów tramwajowych, jednocześnie znacznie ograniczając ilość operacji budowlanych i samej pracy ludzkiej wykonywanej na placu budowy i redukując wpływ czynników zewnętrznych na ostateczną jakość wykonania (np. warunki atmosferyczne wpływające na proces wiązania mieszanki betonowej).

Wypracowana technologia prefabrykowanych rozjazdów tramwajowych (nazwa handlowa CONTRACK) pozwala na:

- skrócenie czasu wymiany węzłów rozjazdowych zintegrowanych z jezdnią (brak konieczności uzyskania parametrów wytrzymałościowych jak w przypadku wykonania podbudowy i nawierzchni z betonu, brak konieczności kotwienia i kilkukrotnych mobilizacji związanych z wykonaniem poliuretanowej strefy okołoszynowej),
- brak konieczności demontażu sieci trakcyjnej (wymagane jedynie wyłączenie napięcia elektrycznego),
- zwiększenie zakresu stosowania prefabrykacji w torowiskach tramwajowych o węzły rozjazdowe – obecnie coraz popularniej stosowana technologia płyt prefabrykowanych – występuje wyłącznie



3. Prototypowa zabudowa rozjazdu w płytach prefabrykowanych w Bytomiu

na torach szlakowych, a w miejscu, gdzie występują węzły rozjazdowe, w dalszym ciągu stosuje się technologię podlewu ciągłego i betonu wylewanego na mokro, co jest czasochłonne,

- znaczne wydłużenie żywotności nawierzchni drogowej w obrębie węzłów rozjazdowych,
- umożliwienie szybkiej wymiany elementów rozjazdów w przypadku ich zużycia uniemożliwiającego dalsze napawanie elementów stalowych, bez konieczności ingerencji w płyty (wycięcie elementów rozjazdów wraz z masą zalewową i zabudowa w ich miejsce nowych). Czas wymiany tych elementów jest bardzo krótki i może być prowadzony w systemie weekendowym,
- Zachowanie ciągłości stosowanych technologii w przypadku zabudowy płyt prefabrykowanych na prostych odcinkach przyległych – zastosowanie płyt prefabrykowanych na całej długości odcinka, wraz z rozjazdami, zapewnia zachowanie tych samych parametrów w zakresie sztywności i trwałości nawierzchni,

Wypracowana w tym zespole technologia Contrack umożliwia integrację stalowej konstrukcji rozjazdu z dedykowanymi doń prefabrykowanymi płytami betonowymi przy użyciu materiału poliuretanowego do ciągłego, sprężystego mocowania szyn, w ściśle kontrolowanych warunkach warszta-

towych. W prefabrykacjach osadzone są także napędy zwrotnicowe i prowadzone są kanały kablowe umożliwiające ich zasilanie i sterowanie. Prefabrykowane płyty Contrack posiadają również zabudowane skrzynki odwodnieniowe, zintegrowane z kanałami odprowadzającymi wodę opadową, jak również umiejscowienie i podłączenie systemów elektrycznego sterowania i ogrzewania zwrotnic. Konstrukcja umożliwia ponadto prowadzenie rewizji stanu prefabrykatu jak i wszystkich ww. elementów (oraz ich naprawy czy wymiany) w całym cyklu użytkowania, bez naruszania struktury żelbetowej płyty.

Ważnym aspektem jest również szybkie i sprawne wprowadzenie innowacji na sieć tramwajową. Zabudowa prototypowego rozwiązania miała miejsce w maju 2023 r. w Bytomiu na skrzyżowaniu ulic Powstańców Śląskich i Piekarskiej (sieć zarządzana przez Tramwaje Śląskie), co umożliwiło zdobycie niezbędnych doświadczeń i wprowadzenie korekt do procesów towarzyszących: logistyka, zabudowa i późniejsze utrzymanie.

Podsumowanie

Ważnym aspektem zarówno w projektowaniu nowych linii tramwajowych, jak i w modernizacji już istniejących, jest stosowanie rozwiązań innowacyjnych, zyskujących przewagę poprzez swoją kompleksowość. Pomijanie kosztów organizacyjnych i społecznych czy też brak liczenia kosztów w całym

cyklu eksploatacji danego elementu infrastruktury w przygotowywaniu inwestycji może spowodować, że wybierane będą rozwiązania generujące utrudnienia i kosztochłonne, a bardzo dobre produkty pozostaną niedostępne dla użytkowników infrastruktury miejskiej. Sprawne wdrożenie ówczesnych rozwiązań w konstrukcji węzłów rozjazdowych opartych na ich pełnej prefabrykacji to szansa na wymierne oszczędności uzyskiwanych w ramach realizacji inwestycji w infrastrukturę tramwajową polskich miast. ◀

Materiały źródłowe

- [1] Prefa – <https://prefa.pl/oferta/torowiska-tramwajowe/bg-system-blokowo-gumowy/>
- [2] Tines- <https://tinesrail.com/produkty-i-systemy/prefabrykaty/>
- [3] Dąbrowski G., (2017), Torowiska tramwajowe - roboty budowlane, Inżynier http://www.inzynierbudownictwa.pl/technika,materiały_i_technologie,artykul,torowiska_tramwajowe__roboty_budowlane__pelna_wersja_artykulu_,10247
- [4] Katalog HUMES- Light rail solutions © March 2014 Holcim (Australia) Pty Ltd ABN 87 099 732 297.
- [5] Van Leuven, A., (2007), New concepts for turnouts in urban rail transit infrastructures. Project funded by the European Community. https://trimis.ec.europa.eu/sites/default/files/project/documents/20120321_104058_30614_PUBLISHABLE%20FINAL%20ACTIVITY%20REPORT.pdf
- [6] Niebieska Księga. Nowa Edycja. Sektor Transportu Publicznego w miastach, aglomeracjach, regionach, JASPERS, sierpień 2015
- [7] Centrum Unijnych Projektów Transportowych, <https://www.cupt.gov.pl> – metodologie szczegółowe.
- [8] Niebieska Księga. Nowa Edycja. Sektor Transportu Publicznego w miastach, aglomeracjach, regionach, JASPERS, sierpień 2015

Q7-BL-TR | Eurobalisa przełączalna



rmRailProtector4.0[®]

Rozwiązania dla
ERTMS | ETCS - L1

Eurobalisa **Q7-BL-TR** produkcji firmy Rail-Mil jest jednym z produktów należących do rodziny **Q7 - rmRailProtector4.0**[®], która została zaprojektowana specjalnie z myślą o wymogach oraz funkcjonalności systemów ERTMS i ETCS.

Podstawowe parametry urządzenia:

Eurobalisa o zmniejszonym rozmiarze
Obsługuje uniwersalny interfejs C, zgodny z wymaganiami SUBSET-036, umożliwiający współpracę z koderem LEU dowolnego producenta
Stopień szczelności obudowy IP67
Programowanie odbywa się bezprzewodowo, z wykorzystaniem dedykowanego programatora eurobalis Q7-UPKE
Posiada możliwość zablokowania interfejsu, dzięki czemu staje się niewidoczna dla przejeżdżającego pociągu

Poręczny uchwyt ułatwiający przenoszenie



Rail-Mil sp. z o.o. jest polską firmą działającą w obszarze elektroniki i automatyki przemysłowej, która skupia się na oferowaniu kompletnych oraz innowacyjnych rozwiązań dla sektora kolejowego i wojskowego. Rozwiązania te oparte są na sprzęcie własnej produkcji, lub od wiodących na rynku zagranicznych partnerów. Naszym głównym celem jest dostarczanie polskich, nowoczesnych i niezawodnych rozwiązań na światowym poziomie dostosowanych do konkretnych potrzeb klienta. W celu zapewnienia najwyższej jakości proponowanych rozwiązań prowadzimy bliską współpracę z najlepszymi jednostkami naukowo-badawczymi w Polsce oraz renomowanymi partnerami zagranicznymi takimi jak m.in.: Ansys Inc., VIAVI Solutions, ERTMS Solutions, RedHat oraz Adlink.

Posiadamy certyfikaty: PN-EN ISO 9001:2015 oraz AQAP 2110:2016



Więcej na temat
ETCS i ERTMS:
www.ertms.net





PDP - POWIADAMIANIE DRÓŻNIKÓW PRZEJAZDOWYCH

Podnosi poziom bezpieczeństwa i skraca czas zamknięcia przejazdów kolejowych kategorii A.

- dzięki integracji z systemem zdalnego sterowania i kierowania ruchem usprawnia proces prowadzenia ruchu
- pozwala na krótszy czas zamknięcia przejazdu
- zmniejszenie ryzyka wystąpienia błędów ludzkich
- monitoring pracy dróżnika umożliwia zdalną kontrolę jego obecności
- usprawnienie komunikacji z sąsiednimi posterunkami dzięki przesyłaniu informacji o sytuacjach szczególnych

FUNKCJE SYSTEMU PDP:

- dwukanałowa sygnalizacja alarmowa
- mechanizm kontroli obecności
- dwukierunkowa komunikacja
- rejestracja zdarzeń i powiadomień
- administrowanie i kontrola dostępu
- sygnalizacja alarmów i usterek
- samokontrola systemu
- automatyczne informacje dla sąsiednich posterunków

#TRANSFORMUJEMY TRANSPORT

