



URZĄD  
TRANSPORTU  
KOLEJOWEGO

20 lat

VI OGÓLNOPOLSKA KONFERENCJA  
NAUKOWO-TECHNICZNA

# TRANSPORT KOLEJOWY 2023

PRZESZŁOŚĆ  
TERAŹNIEJSZOŚĆ  
PRZYSZŁOŚĆ





## NASZA MISJA

Kreowanie bezpiecznych i konkurencyjnych warunków świadczenia usług transportu kolejowego

## NASZA WIZJA

Nowoczesny i otwarty urząd dbający o wysokie standardy wykonywania usług na rynku transportu kolejowego



Urząd Transportu Kolejowego  
Al. Jerozolimskie 134  
02-305 Warszawa

[www.utk.gov.pl](http://www.utk.gov.pl)

Warszawa 2023

ISBN 978-83-67938-06-8

**ZBIÓR ABSTRAKTÓW, REFERATÓW  
I PLAKATÓW UCZESTNIKÓW  
V OGÓLNOPOLSKIEJ KONFERENCJI NAUKOWO  
- TECHNICZNEJ TRANSPORT KOLEJOWY 2022  
PRZESZŁOŚĆ - TERAŹNIEJSZOŚĆ - PRZYSZŁOŚĆ**

**dr inż. Ignacy Góra**

Prezes  
Urzędu Transportu Kolejowego



Szanowni Państwo,

kolej w Polsce rozwija się i potrzebuje dobrze wykształconych ekspertów. Szczególnie w dobie prowadzonych dużych inwestycji i planowanych projektów infrastrukturalnych niezwykle ważne jest, by wykształceni ludzie z dużą wiedzą i umiejętnościami pracowali właśnie w tym sektorze. Taka idea przyświecała nam przy organizacji już szóstej edycji Konferencji naukowej. Młode pokolenie uczniów i naukowców ma w ten sposób możliwość zaprezentowania swoich referatów, badań i pomysłów przed szerokim gronem odbiorców.

Jak pokazują statystyki Urzędu Transportu Kolejowego, 2023 r. upływa pod znakiem dynamicznego wzrostu liczby pasażerów kolei po spadku w czasie pandemii. Polska sieć kolejowa jest w trakcie szeroko zakrojonego procesu modernizacji i jednocześnie transport towarowy stoi przed wyzwaniem spadających przewozów. Wszystkie te aspekty wymagają stałego doskonalenia, zarówno w zakresie podnoszenia bezpieczeństwa, jak i poprawy konkurencyjności. Kluczowa więc jest wymiana wiedzy, doświadczenia i dobrych praktyk. To bardzo ważny czynnik w procesie przemian, przez jakie przechodzi polska i europejska kolej.

Konferencja naukowa UTK już na stałe wpisała się w kalendarz inicjatyw cenionych przez branżę kolejową i osoby, które wiążą z nią swoją zawodową przyszłość. Do tej pory w VI edycjach wygłoszono ponad 100 referatów, a wielu uczestników znalazło zatrudnienie na kolei. Szeroki przekrój tematyczny publikacji, w której zgromadziliśmy wszystkie prace zgłoszone na Konferencję, jest doskonałym przykładem na to, jak dużą wartość dla polskiej branży kolejowej stanowią młodzi ludzie chcący rozwijać swoją wiedzę, pasję i zainteresowania w obrębie transportu szynowego.

Dziękuję Komitetowi Programowemu i Komitetowi Naukowemu za zaangażowanie w przygotowanie i przeprowadzenie Konferencji. Cieszę się, że mogłem gościć Państwa w Urzędzie Transportu Kolejowego. Życzę przyjemnej lektury, wielu twórczych inspiracji oraz sukcesów w dalszej naukowej i zawodowej działalności.

Z wyrazami szacunku





## SPIIS TREŚCI

<b>1. ABSTRAKTY</b>	
<b>2. REALIZACJA STRATEGII NADZORU PREZESA UTK W CZORAJ, DZISIAJ I JUTRO</b> dr inż. Ignacy Góra, Prezes UTK, Edyta Kunikowska Urząd Transportu Kolejowego .....	121
<b>3. MOŻLIWOŚĆ WYKORZYSTANIA BEZZAŁOGOWYCH STATKÓW POWIETRZNYCH W DIAGNOSTYCE TOROWEJ</b> Magdalena Skiba Politechnika Wroclawska.....	12
<b>4. ERGONOMIA NA STANOWISKU PRACY DYŻURNEGO RUCHU</b> Janusz Gołaszewski i Nikodem Wiśniewski, Zespół Szkół Logistycznych we Wrocławiu Technikum nr 12 im. Stanisława Staszica.....	13
<b>5. WYKORZYSTANIE TECHNOLOGII SKANINGU LASEROWEGO DO ZWIĘKSZENIA BEZPIECZEŃSTWA W TRANSPORCIE KOLEJOWYM</b> Krystian Stąpór inż., dr hab. inż. Mieczysław Kornaszewski, prof. UTH Rad. <i>Uniwersytet Technologiczno-Humanistyczny im. Kazimierza Pułaskiego w Radomiu .....</i>	14
<b>6. METODY PREDYKCJI SKUTECZNOŚCI AKUSTYCZNEJ ABSORBERÓW SZYNOWYCH ORAZ REKOMENDACJE DO IMPLEMENTACJI DLA ZARZĄDCÓW INFRASTRUKTURY</b> inż. Przemysław Barszcz, Bartosz Nowak Politechnika Gdańska, Koło Naukowe Inżynierii Drogowej i Kolejowej KoDiK .....	15
<b>7. INNOWACYJNY SYSTEM BEZPIECZEŃSTWA NA PRZEJAZDY KOLEJOWO- DROGOWE (SYSTEM IDENTYFIKACJI POJAZDU SZYNOWEGO)</b> Dawid Simiński Szkoła Doktorów Politechniki Śląskiej.....	16
<b>8. PROJEKT ZABUDOWY PRZESTRZENI DO PRZEWOZU ROWERÓW W WAGONACH EKSPLOATOWANYCH W RUCHU DALEKOBIEŻNYM</b> inż. Szymon Kudełka Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki w Krakowie .....	18
<b>9. PROJEKTOWANIE ODCINKÓW ZBLIŻANIA W KOMPUTEROWYCH SYSTEMACH SRK</b> inż. Aneta Pogorzelska Politechnika Warszawska .....	19
<b>10. PROJEKT BUDOWY SYSTEMU AUTOMATYCZNEJ KONTROLI PRĘDKOŚCI</b> Piotr Pastuszerko	

Zespół Szkół Logistycznych Technikum Nr 12 im. Stanisława Staszica we Wrocławiu.....	20
<b>11. KONCEPCJA METODY OCENY POJEDYNCZYCH NIERÓWNOŚCI TORU</b>	
inż. Julia Szulta, Izabela Muzyka	
Politechnika Gdańska, Koło Naukowe Inżynierii Drogowej i Kolejowej KoDiK.....	22
<b>12. SZANSE ROZWOJU POLSKIEJ KONCEPCJI NAPĘDU MAGNETYCZNEGO NA RYNKU EUROPEJSKIM</b>	
inż. Paulina Madrak	
Politechnika Warszawska, Wydział Transportu.....	24
<b>13. WYKORZYSTANIE TECHNOLOGII VR W SZKOLENIU PRACOWNIKÓW SEKTORA KOLEJOWEGO</b>	
Franciszek Restel, Agnieszka Tubis, Łukasz Wolniewicz	
Politechnika Wrocławska, Wydział Mechaniczny.....	25
<b>14. UKŁAD HAMULCOWY W WSPÓŁCZESNYCH POJAZDACH SZYNOWYCH</b>	
inż. Krzysztof Borowczyk	
Studenckie Koło Naukowe Transport, Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki.....	27
<b>15. TRANSPORT KOLEJOWY W OBLICZU WYBRANYCH KRYZYSÓW XXI WIEKU</b>	
Marcin Robert Czubaszek	
Politechnika Białostocka.....	29
<b>16. WYZNACZENIE ZAMKNIĘĆ TOROWYCH LINII OKOLICZNYCH NA POTRZEBY MODERNIZACJI LINII KOLEJOWEJ NR 104 CHABÓWKA – NOWY SĄCZ</b>	
inż. Lidia Górską	
Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki w Krakowie.....	31
<b>17. DZIAŁANIA PODEJMOWANE NA RZECZ ZWIĘKSZENIA BEZPIECZEŃSTWA W TRANSPORCIE KOLEJOWYM WŚRÓD DZIECI I MŁODZIEŻY SZKOLNEJ</b>	
Anna Kwarciana	
Katolicki Uniwersytet Lubelski Jana Pawła II.....	32
<b>18. PRZEGLĄD I CHARAKTERYSTYKA POJAZDÓW MANEWROWYCH EKSPLOATOWANYCH NA POLSKIEJ SIECI KOLEJOWEJ, ZE WSKAZANIEM OPTYMALNYCH CECH DLA POJAZDÓW TEGO TYPU</b>	
Michał Snoch, dr inż. Adam Mańka	
Politechnika Śląska, Wydział Transportu i Inżynierii Lotniczej w Katowicach.....	33
<b>19. URZĄDZENIA ASDEK JAKO SPOSÓB NA PODNIESIENIE BEZPIECZEŃSTWA JAZDY POCIĄGÓW</b>	
inż. Patrycja Giza	
Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki.....	34
<b>20. REFERATY</b>	

<b>21. REALIZACJA STRATEGII NADZORU PREZESA UTK W CZERAZU, DZISIAJ I JUTRO</b> dr inż. Ignacy Góra, Prezes UTK, Edyta Kunikowska Urząd Transportu Kolejowego .....	36
<b>22. MOŻLIWOŚĆ WYKORZYSTANIA BEZZAŁOGOWYCH STATKÓW POWIETRZNYCH W DIAGNOSTYCE TOROWEJ</b> Magdalena Skiba Politechnika Wrocławska.....	61
<b>23. ERGONOMIA NA STANOWISKU PRACY DYŻURNEGO RUCHU</b> Nikodem Wiśniewski, Janusz Gołaszewski Zespół Szkół Logistycznych we Wrocławiu Technikum nr 12 im. Stanisława Staszica.....	76
<b>24. WYKORZYSTANIE TECHNOLOGII SKANINGU LASEROWEGO DO ZWIĘKSZENIA BEZPIECZEŃSTWA W TRANSPORCIE KOLEJOWYM</b> Krystian Stąpór inż., dr hab. inż. Mieczysław Kornaszewski, prof. UTH Rad. Uniwersytet Technologiczno-Humanistyczny im. Kazimierza Pułaskiego w Radomiu.....	84
<b>25.</b>	
<b>26. METODY PREDYKCJI SKUTECZNOŚCI AKUSTYCZNEJ ABSORBERÓW SZYNOWYCH ORAZ REKOMENDACJE DO IMPLEMENTACJI DLA ZARZĄDCÓW INFRASTRUKTURY</b> inż. Przemysław Barszcz, Bartosz Nowak Politechnika Gdańska, Koło Naukowe Inżynierii Drogowej i Kolejowej KoDiK .....	109
<b>27. WYKORZYSTANIE METODY WYKRYWANIA POJAZDÓW SZYNOWYCH ZA POMOCĄ CZUJNIKA DRGAŃ WRAZ Z METODĄ OCENY I DOBORU KOMUNIKATU ZNAKU ZMIENNEJ TREŚCI NA PRZEJAZDACH KOLEJOWO - DROGOWYCH</b> Dawid Simiński Szkoła Doktorów Politechniki Śląskiej.....	124
<b>28. PROJEKT ZABUDOWY PRZESTRZENI DO PRZEWOZU ROWERÓW W WAGONACH EKSPLOATOWANYCH W RUCHU DALEKOBIEŻNYM</b> inż. Szymon Kudełka Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki w Krakowie .....	125
<b>29. PROJEKTOWANIE ODCINKÓW ZBLIŻANIA W KOMPUTEROWYCH SYSTEMACH SRK</b> inż. Aneta Pogorzelska Politechnika Warszawska .....	144
<b>30. PROJEKT BUDOWY SYSTEMU AUTOMATYCZNEJ KONTROLI PRĘDKOŚCI PRZEZNACZONY DLA POJAZDÓW I LINII KOLEJOWYCH NIE WYPOSAŻONYCH W ETCS POZIOMU 1 / 2</b>	



Piotr Pastuszeńko	
Zespół Szkół Logistycznych Technikum Nr 12 im. Stanisława Staszica we Wrocławiu.....	155
<b>31. KONCEPCJA METODY OCENY POJEDYNCZYCH NIERÓWNOŚCI TORU</b>	
inż. Julia Szulta, Izabela Muzyka	
Politechnika Gdańska, Koło Naukowe Inżynierii Drogowej i Kolejowej KoDiK .....	173
<b>32. SZANSE ROZWOJU POLSKIEJ KONCEPCJI NAPĘDU MAGNETYCZNEGO NA RYNKU EUROPEJSKIM</b>	
inż. Paulina Madrak	
Politechnika Warszawska, Wydział Transportu .....	185
<b>33. WYKORZYSTANIE TECHNOLOGII VR W SZKOLENIU PRACOWNIKÓW SEKTORA KOLEJOWEGO</b>	
Franciszek Restel, Agnieszka Tubis, Łukasz Wolniewicz	
Politechnika Wrocławska, Wydział Mechaniczny .....	197
<b>34. TRANSPORT KOLEJOWY W OBLICZU WYBRANYCH KRYZYSÓW XXI WIEKU</b>	
Marcin Robert Czubaszek	
Politechnika Białostocka .....	211
<b>35. WYZNACZENIE ZAMKNIĘĆ TOROWYCH LINII OKOLICZNYCH NA POTRZEBY MODERNIZACJI LINII KOLEJOWEJ NR 104 CHABÓWKA - NOWY SĄCZ</b>	
inż. Lidia Górską	
Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki w Krakowie .....	227
<b>36. DOBÓR I OPTYMALIZACJA CECH UŻYTKOWYCH LOKOMOTYW MANEWRÓWYCH</b>	
Michał Snoch, dr inż. Adam Mańka	
Politechnika Śląska, Wydział Transportu i Inżynierii Lotniczej, Katedra Transportu Kolejowego .....	236
<b>37. URZĄDZENIA ASDEK JAKO SPOSÓB NA PODNIESIENIE BEZPIECZEŃSTWA JAZDY POCIĄGÓW</b>	
inż. Patrycja Giza	
Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki .....	241
<b>38. PLAKATY</b>	
<b>39. UKŁAD HAMULCOWY W WSPÓŁCZESNYCH POJAZDACH SZYNOWYCH</b>	
inż. Krzysztof Borowczyk	
Studenckie Koło Naukowe Transport, Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki.....	251
<b>40. TRANSPORT KOLEJOWY W OBLICZU WYBRANYCH KRYZYSÓW XXI WIEKU</b>	
Marcin Robert Czubaszek	

---

Politechnika Białostocka .....	252
<b>41. WYZNACZENIE ZAMKNIĘĆ TOROWYCH LINII OKOLICZNYCH NA POTRZEBY MODERNIZACJI LINII KOLEJOWEJ NR 104 CHABÓWKA - NOWY SĄCZ</b> inż. Lidia Górską	
Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki w Krakowie .....	253
<b>42. DZIAŁANIA PODEJMOWANE NA RZECZ ZWIĘKSZENIA BEZPIECZEŃSTWA W TRANSPORCIE KOLEJOWYM WŚRÓD DZIECI I MŁODZIEŻY SZKOLNEJ</b> Anna Kwarciana	
Katolicki Uniwersytet Lubelski Jana Pawła II .....	254
<b>43. PRZEGLĄD I CHARAKTERYSTYKA POJAZDÓW MANEWROWYCH EKSPLOATOWANYCH NA POLSKIEJ SIECI KOLEJOWEJ, ZE WSKAZANIEM OPTYMALNYCH CECH DLA POJAZDÓW TEGO TYPU</b> Michał Snoch, dr inż. Adam Mańka	
Politechnika Śląska, Wydział Transportu i Inżynierii Lotniczej w Katowicach.....	255
<b>44. URZĄDZENIA ASDEK JAKO SPOSÓB NA PODNIESIENIE BEZPIECZEŃSTWA JAZDY POCIĄGÓW</b> inż. Patrycja Giza	
Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki .....	256



# ABSTRAKTY



## REALIZACJA STRATEGII NADZORU PREZESA UTK W CZORAJ, DZISIAJ I JUTRO

**dr inż. Ignacy Góra, Prezes UTK, Edyta Kunikowska**

*Urząd Transportu Kolejowego*

Dwie dekady temu – w 2003 roku – Prezes Urzędu Transportu Kolejowego, zwany również „Organem” został ustanowiony centralnym organem administracji rządowej właściwym w sprawach regulacji, licencjonowania transportu kolejowego, nadzoru technicznego nad eksploatacją i utrzymaniem linii kolejowych oraz pojazdów kolejowych, a także bezpieczeństwa ruchu kolejowego. Powołanie Prezesa UTK pozwoliło na połączenie – w ramach kompetencji jednego Organu – funkcji w zakresie bezpieczeństwa dotychczas pełnionych przez Głównego Inspektora Kolejnictwa z funkcją regulatora transportu kolejowego.

Zmiany te zostały wywołane przez rozwój rynku kolejowego oraz potrzebę dostosowania przepisów krajowych do prawa wspólnotowego w związku z planowanym przystąpieniem Polski do Unii Europejskiej. Nowe ramy prawne zapoczątkowały szereg zmian. Od tego czasu ewoluował również nadzór nad rynkiem transportu kolejowego. Długoletnie doświadczenia i konieczność instytucjonalnego osadzenia w realiach tworzenia kolei wspólnotowej pozwoliły na osiągnięcie kamienia milowego w postaci kreowania kompleksowej strategii nadzoru, opartej nie tylko na wymogach prawa krajowego i europejskiego, ale w dalszej perspektywie także na proaktywnym podejściu do kwestii bezpieczeństwa.

## MOŻLIWOŚĆ WYKORZYSTANIA BEZZAŁOGOWYCH STATKÓW POWIETRZNYCH W DIAGNOSTYCE TOROWEJ

**Magdalena Skiba**

*Politechnika Wrocławska*

W ciągu ostatnich kilku lat bezzałogowe statki powietrzne znalazły szerokie zastosowanie do tworzenia idei Smart City. do tej pory wynalazek wojskowy stał się ogólnodostępnym sprzętem. Referat przedstawia analizę wykorzystania dronów do realizacji oraz inspekcji obiektów, zwłaszcza liniowych, w Polsce, między innymi we Wrocławiu.

W dalszej części opracowania opisano obowiązki zarządcy w zakresie diagnostyki nawierzchni kolejowej, bez której utrzymanie infrastruktury torowej byłoby niemożliwe. Przedstawiono podejmowane działania, metody pomiarowe oraz sprzęt wykorzystywany w ramach badań diagnostycznych. Wymieniono możliwe wyniki pomiarów oraz sposoby reagowania i realizacji zaleconych prac pokontrolnych.

Przeanalizowano możliwość realizowania bieżącej oceny stanu torów z wykorzystaniem dronów. Ustalono, że właściwe wykorzystanie nowych technologii do odciążenia osób zatrudnionych do kontroli torów mogłoby przyczynić się nie tylko do oszczędności czasu, ale również poprawy bezpieczeństwa zarówno użytkowników, jak i pracowników kontrolujących stan torów. Zaproponowano ograniczenie wykonywania oględzin realizowanych przez pieszego. Równocześnie zwrócono uwagę na konieczność kontynuowania dalszej bezpośredniej kontroli torowiska. Wskazano zakres możliwego zastosowania bezzałogowych statków powietrznych w diagnostyce nawierzchni w celu podniesienia bezpieczeństwa i jakości transportu kolejowego.

## ERGONOMIA NA STANOWISKU PRACY DYŻURNEGO RUCHU

**Janusz Gołaszewski i Nikodem Wiśniewski**

*Zespół Szkół Logistycznych we Wrocławiu Technikum nr 12 im. Stanisława Staszica*

Mimo ciągłej budowy nowych i modernizacji starszych urządzeń srk, jeszcze przez wiele lat to właśnie człowiek będzie odgrywał istotną rolę w prowadzeniu ruchu pociągów. w naszej pracy chcemy przedstawić bardzo ważne zagadnienie, mianowicie - ergonomię na stanowisku pracy dyżurnego ruchu. Stanowisko to wiąże się z bardzo dużą odpowiedzialnością za bezpieczeństwo ruchu pociągów, a także przewozu ich pasażerów, czy towarów. Pracownicy posterunków nastawczych spędzają w swojej pracy bardzo dużo czasu (tj. 12h), zarówno w dzień, jak i w nocy. Muszą mieć zapewnione odpowiednie możliwości do wykonywania swych obowiązków, w komfortowych warunkach, korzystnych dla ich stanu psychicznego, jak i fizycznego. Postęp techniczny sprawił, że wiele stanowisk zostało unowocześnionych np. poprzez komputeryzację, wspomagająca pracę dyżurnego ruchu. Dzięki, której wiele czynności jest nadzorowanych i rejestrowanych, a w obszar zdalnego sterowania można włączyć inne posterunki. Jednak w wielu przypadkach nadmierna ilość obsługiwanych urządzeń, stanowi duże wyzwanie dla personelu obsługi. w referacie porównamy organizację na stanowisku przy urządzeniach komputerowych, z urządzeniami starszego typu (elektryczne, mechaniczne). Omówimy aspekty wpływające zarówno korzystnie, jak i niekorzystnie na personel. Poddamy analizie zebrane przez nas materiały, a następnie przedstawimy wnioski i pomysły; na co należy patrzeć przy tworzeniu takich stanowisk, jak i na czynniki, które należałoby usprawnić, zmienić bądź wycofać w obecnie istniejących stanowiskach. Nasz artykuł ma na celu przedstawienie rozwiązań, które ułatwiłyby pracę w tym odpowiedzialnym zawodzie, tworząc ergonomiczne warunki do sprawnego i bezpiecznego prowadzenia ruchu pociągów stacji i przyległych szlakach.



## WYKORZYSTANIE TECHNOLOGII SKANINGU LASEROWEGO DO ZWIĘKSZENIA BEZPIECZEŃSTWA W TRANSPORCIE KOLEJOWYM

**Krystian Stąpór inż., dr hab. inż. Mieczysław Kornaszewski, prof. UTH Rad.**

*Uniwersytet Technologiczno-Humanistyczny im. Kazimierza Pułaskiego w Radomiu*

Artykuł dotyczy zagadnień wdrażania skaningu laserowego w wybranych obszarach transportu kolejowego. Aktualnie stosunkowo niewielkie wykorzystanie technologii skanowania laserowego w transporcie kolejowym związane jest głównie z diagnostyką i badaniami eksploatowanego stanu infrastruktury kolejowej. Wyniki badań takiego skanowania w formie chmury punktów, pozwalają na szczegółową analizę i porównanie obecnego stanu infrastruktury do jej stanu z poprzednich lat. w publikacji analizie poddane zostały wyniki skaningu laserowego uzyskane z pojazdów szynowych przeznaczonych do diagnostyki infrastruktury kolejowej, tzw. pojazdów diagnostycznych. Regularne przeprowadzone badania zwiększają bezpieczeństwo oraz zapewnią odpowiednio wysoki poziom niezawodności badanej infrastruktury kolejowej. Natomiast wykonane na podstawie wyników tych badań odpowiednie zabiegi konserwacyjne dodatkowo wpłyną na zmniejszenie kosztów utrzymania oraz ograniczą straty spowodowane ewentualnymi przestojami zaistniałymi w wyniku awarii lub przedwcześnie podjętymi naprawami. Dodatkowo przedstawiono wykorzystanie możliwości wynikających z technologii skanowania laserowego na przykładzie eksploatacji pociągów autonomicznych. Artykuł zawiera koncepcję zastosowania skaningu laserowego do poprawy bezpieczeństwa

## METODY PREDYKCJI SKUTECZNOŚCI AKUSTYCZNEJ ABSORBERÓW SZYNOWYCH ORAZ REKOMENDACJE DO IMPLEMENTACJI DLA ZARZĄDCÓW INFRASTRUKTURY

**inż. Przemysław Barszcz, Bartosz Nowak**

*Politechnika Gdańska, Koło Naukowe Inżynierii Drogowej i Kolejowej KoDiK*

Dynamiczny rozwój przewozów pasażerskich i towarowych oprócz wielu korzyści dla gospodarki kraju, powoduje również pewne uciążliwości, które mogą nasilać się wraz ze wzrostem intensywności zjawiska, szczególnie ruchu pociągów na obszarach zurbanizowanych. Jednym z takich ograniczeń jest hałas kolejowy oddziałujący na mieszkańców terenów około kolejowych. Coraz większa presja społeczna oraz rosnąca świadomość, wymusza skuteczne rozwiązanie problemu na terenach miejskich.

Istnieje wiele metod redukcji hałasu, począwszy od wysokich drogowych ekranów akustycznych, niskich ekranów czy też podkładek podszytowych. Swoją skuteczność a także niewielką ingerencję w tor kolejowy czy otoczenie wykazują absorbery szynowe, mogące odpowiadać za znaczną redukcję drgań a w konsekwencji hałasu. Producenci rozwiązań przeciwhałasowych oferują produkty zróżnicowane pod względem konstrukcji i materiału wykonania a bardzo niewielkie doświadczenie polskiego zarządcy infrastruktury, może spowodować wybór rozwiązania o wątpliwej skuteczności czy szybkiej degradacji w perspektywie LCC (ang. Life Cycle Cost).

W związku z brakiem standardów technicznych oraz określonych procedur dla producentów i firm budowlanych, w referacie zostaną poruszone kwestie metodyki i dokładności zaawansowanych badań związanych z testami laboratoryjnymi czy poligonowymi. Przeanalizowana zostanie kwestia wpływu współczynnika zanikania drgań w szynie - TDR (ang. Track Decay Rate), badań laboratoryjnych metodą STARDAMP, jak również badań wg. standardów DBS 918 290. Zostaną one porównane do badań skuteczności akustycznej, wykonywanej jako pomiary bezpośrednie hałasu.

Dodatkowo analiza literatury oraz doświadczenie zagranicznych Zarządców np. programu KONIUNKUTUR Deutsche Bahn, pozwoli na sformułowanie najważniejszych wniosków. Pozwoli to odpowiedzieć na pytania, dla jakiego typu nawierzchni wartość tłumienia będzie największa, jak powinien być zbudowany absorber, jakie cechy pozwolą na szybkie i proste utrzymanie linii kolejowej, czy jakie testy trwałości materiału powinny być spełnione by zagwarantować długoletnią i efektywną pracę.

## INNOWACYJNY SYSTEM BEZPIECZEŃSTWA NA PRZEJAZDY KOLEJOWO-DROGOWE (SYSTEM IDENTYFIKACJI POJAZDU SZYNOWEGO)

**Dawid Simiński**

*Szkoła Doktorów Politechniki Śląskiej*

System Identyfikacji Pojazdu Szynowego (w skrócie: IPS, oficjalny akronim systemu), produkcji: DR-TECH Sp. z o.o. z siedzibą w Imielinie, woj. śląskie, Polska. Jest to innowacyjny system przeznaczony do informowania i ostrzegania uczestników ruchu drogowego na przejazdach kolejowo-drogowych kat. D. System IPS ma za zadanie ostrzegać o fakcie zbliżania się do powierzchni przejazdu kolejowo-drogowego pojazdu szynowego. Dedykowanymi użytkownikami systemu IPS są zatem wszyscy uczestnicy ruchu drogowego: zmotoryzowani, rowerzyści i piesi. w szczególności dzieci, kobiety z wózkiem i osoby niepełnosprawne, w tym poruszające się na wózkach.

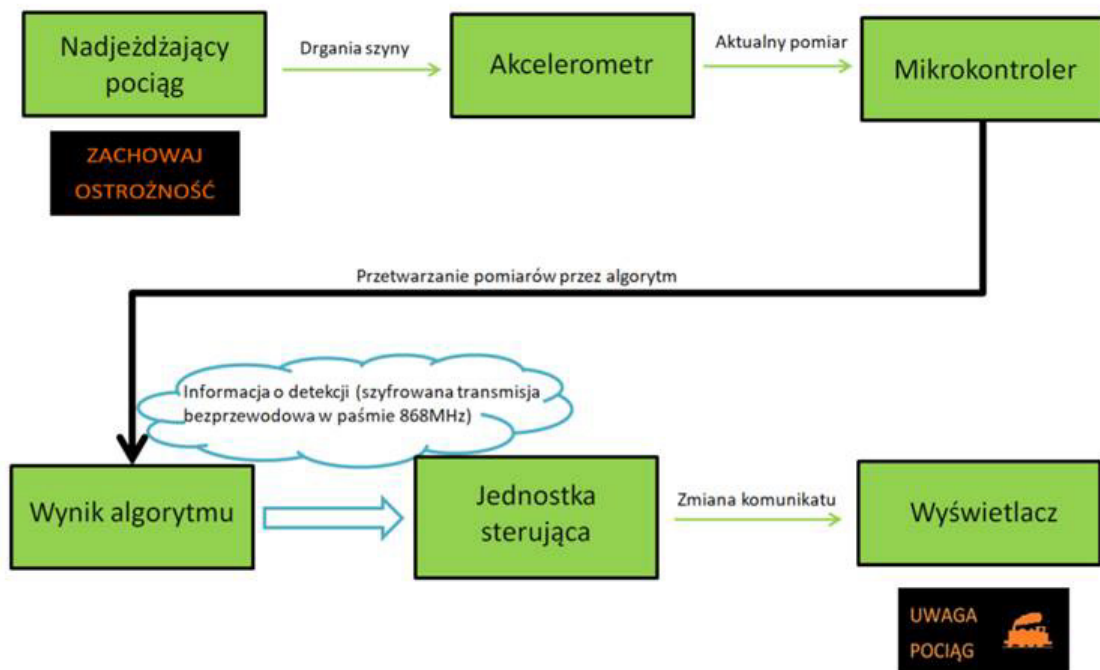
W wyszczególnionych wyżej grupach odbiorców docelowych obserwowany w praktyce czas przekraczania przejazdu kolejowo-drogowego jest wydłużony w stosunku do czasu obserwowanego w ruchu kołowym (który jest często znacznie krótszy). System IPS w oparciu o specjalizowany zbiór bezprzewodowych czujników ruchu (obecności) pojazdów szynowych wykrywa zbliżanie się pojazdu szynowego (detekcja ruchu) do przejazdu kolejowo-drogowego. w przypadku wykrycia pojazdu szynowego system IPS informuje o tym fakcie wymienionych wyżej użytkowników przejazdów kolejowo-drogowych. Informacja o obecności pojazdu szynowego przekazywana jest uczestnikom ruchu kołowego z wyprzedzeniem (tzw. czasem ostrzegania). Odległość pojazdu szynowego od przejazdu (miejsce detekcji) wpływa na czas ostrzegania na przejeździe i możliwość dostosowania się do sytuacji ruchowej pozostałych uczestników ruchu na przejeździe.

Wszyscy uczestnicy ruchu drogowego są ostrzegani o zbliżającym się pojeździe szynowym z wykorzystaniem jednoznacznego komunikatu o treści: „Uwaga pociąg” z umieszczonym migającym piktogramem w kształcie zbliżonym do powszechnie używanego w ruchu drogowym znaku A10, wyświetlanego na specjalizowanym wyświetlaczu diodowym zmiennej treści VMS (ang. variable message sign).

Stanem zasadniczym dla informacji przekazywanej przez system IPS dla uczestników ruchu drogowego (stan czuwania, brak pojazdu szynowego w odległości detekcji

i w przypadku kiedy autodiagnostyka zweryfikuje, że system funkcjonuje sprawnie) jest przekazywanie informacji o konieczności zachowania ostrożności w trakcie zbliżania się do i przekraczania przejazdu kolejowo-drogowego. Realizowane jest to z wykorzystaniem wyświetlania komunikatu „Zachowaj ostrożność. Również w tym przypadku uczestnicy ruchu drogowego wspierani są dodatkową informacją tekstową w stosunku do obecnie stosowanych rozwiązań (oznakowania) na przejazdach kolejowo-drogowych kategorii D.

Zasilanie systemu jest niezależne od zewnętrznych źródeł, pracuje w systemie off-grid, co zapewnia działanie systemu bez względu na warunki zewnętrzne. System pozyskuje energię ze źródeł odnawialnych, tj. paneli fotowoltaicznych oraz turbin wiatrowych.



## PROJEKT ZABUDOWY PRZESTRZENI DO PRZEWOZU ROWERÓW W WAGONACH EKSPLOATOWANYCH W RUCHU DALEKOBIEŻNYM

**inż. Szymon Kudęłka**

*Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki w Krakowie*

W ostatnich latach przewóz rowerów w pojazdach szynowych w Polsce zyskuje na popularności. Wynika to między innymi z udostępnienia coraz większej liczby miejsc do przewozu rowerów w taborze użytkowanym przez przewoźników kolejowych. W zależności od regionu kraju można zaobserwować różne rozwiązania w zakresie aranżacji wnętrza przystosowanego dla osób podróżujących z rowerami. Niestety sposób zabudowy przestrzeni do przewozu roweru wielokrotnie wywołuje dyskusje wśród samych rowerzystów w zakresie słuszności zastosowanego rozwiązania oraz jest powodem konfliktów z pozostałymi pasażerami.

W niniejszym referacie omówione zostały specyfikacje techniczne oraz dokumenty normalizacyjne w kontekście przewozu rowerów, których wymagania są konieczne do spełnienia już na etapie projektowania przestrzeni pasażerskiej. Zaprezentowane zostały również stosowane obecnie rozwiązania dedykowane przewozowi rowerów w Polsce oraz Europie, wraz z przedstawieniem ich zalet i wad, oraz problemów, mogących wystąpić w trakcie użytkowania. Przeprowadzono analizę mającą na celu wskazanie preferowanego układu, sposobu mocowania oraz optymalną liczbę miejsc do przewozu rowerów w pojeździe. Ponadto w analizie uwzględniono opinie rowerzystów oraz problemy wynikające z możliwości transportu rowerów nienormatywnych bądź rowerów elektrycznych.

Na podstawie zgromadzonych danych, a także przy pomocy udostępnionych modeli przez firmę NEWAG IP Management Sp. z o.o., opracowano projekt przestrzeni do transportu rowerów w wagonie pasażerskim dedykowanym ruchowi dalekobieżnemu. Dodatkowo w referacie zaprezentowano zmiany zapisów umieszczonych w karcie UIC 567.

## PROJEKTOWANIE ODCINKÓW ZBLIŻANIA W KOMPUTEROWYCH SYSTEMACH SRK

**inż. Aneta Pogorzelska**

*Politechnika Warszawska*

Rozwój technologii i funkcji realizowanych przez urządzenia sterowania ruchem kolejowym prowadzi do potrzeby aktualizacji i rozwoju przepisów oraz wytycznych projektowania. Dotychczasowe wytyczne związane z określaniem zależności na posterunkach ruchu nie obejmują wybranych funkcji, których realizacja w starszych typach urządzeń nie była możliwa, a jest dostępna przy zastosowaniu nowszych technologii. Widoczna jest potrzeba wprowadzenia wspólnych definicji oraz wytycznych precyzujących wymagania jakim mają odpowiadać projektowane zależności. Jednym z pojęć wymagających doprecyzowania i określenia zestawu wymagań jest odcinek zbliżania. Zapisy formułowane w dokumentach stanowiących wytyczne w zakresie krajowych przepisów projektowania systemów sterowania ruchem kolejowym implikują konieczność ich analizy i ujednoczenia. Kolejnym aspektem jest określenie precyzyjnych przepisów dotyczących implementacji tychże odcinków w systemach srk z uwzględnieniem aspektów bezpieczeństwa i płynności prowadzenia ruchu kolejowego.

W referacie poddano analizie zapisy istotne z punktu widzenia implementacji odcinków zbliżania w systemach srk. Przedstawiono wymagania ujęte w poszczególnych dokumentach definiujących krajowe wymagania dotyczące zagadnienia przebiegu. Dalej, opierając się na zawartych w poszczególnych dokumentach wymaganiach oraz na własnej analizie, określono aspekty istotne z punktu widzenia projektowania odcinków zbliżania. w wyniku analizy zaproponowano sposób projektowania i implementacji odcinków zbliżania w komputerowych systemach srk. Kolejne kroki przedstawiono w formie algorytmu postępowania.

Wynik przeprowadzonej analizy jest krokiem w kierunku określenia zbioru wytycznych dotyczących projektowania odcinków zbliżania w komputerowych systemach srk. Określenie jednoznacznych wspólnych wytycznych usprawnia proces projektowania oraz zwiększa poziom i pewność bezpieczeństwa prowadzenia ruchu kolejowego.



## PROJEKT BUDOWY SYSTEMU AUTOMATYCZNEJ KONTROLI PRĘDKOŚCI

**Piotr Pastuszeńko**

*Zespół Szkół Logistycznych Technikum Nr 12 im. Stanisława Staszica we Wrocławiu*

Zabudowa systemu ETCS na Polskiej sieci kolejowej wynika z realizowania “Narodowego Planu Wdrażania ERTMS w Polsce” z marca 2007 roku i uzupełniającego go “Krajowego Planu Wdrażania Technicznej Specyfikacji Interoperacyjności- Sterowanie” z czerwca 2017 roku.

Celowość wdrażania tego systemu jest niepodważalna- bezpieczeństwo, zwiększona przepustowość linii kolejowych, wzrost atrakcyjności naszych kolei na europejskim rynku przewozowym to tylko niektóre korzyści.

Niepokój może jednak budzić fakt że według planów do roku 2050 łączna długość linii kolejowych objęta systemem ETCS poziomu 1 lub 2 będzie wynosiła tylko 8233 km. Oznacza to że ponad

10000 km. linii kolejowych pozostanie pod “nadzorem” przestarzałych systemów SHP i CA. Zadaniem systemu SHP a także pełniącego podobną rolę czuwaka aktywnego (CA) jest głównie ostrzeganie i pobudzanie czujności maszynisty, a w przypadku braku odpowiedniej reakcji na sygnały optyczne i akustyczne wdrożenie hamowania nagłego. o ile niezawodność systemu SHP jest bardzo wysoka (zwłaszcza części przytorowej) czego dowodzą liczne raporty o stanie infrastruktury to skuteczność rozumiana jako zapewnienie odpowiedniego poziomu bezpieczeństwa jest niska. System SHP nie jest odporny na zjawisko “mikrosnu” co jest jego główną wadą, nie nadzoruje prędkości pojazdu czy w danym momencie jest zgodna z prędkością bezpieczną i nie jest w pełni niezależny od reakcji maszynisty. na Polskiej kolei rokrocznie dochodzi do wielu wypadków spowodowanych pominięciem sygnału “Stój” lub jazdy z nadmierną prędkością. w samym tylko 2018 roku pominięcie sygnału “Stój” doprowadziło do 111 wypadków. Pominięcie sygnału “Stój” lub jazda z nadmierną prędkością niejednokrotnie doprowadzały do tragedii takich jak Otłoczyn, Terespol Pomorski, Długołęka, Baby, Białystok i wiele innych.

W swoim referacie którego streszczenie zamierzam wygłosić na konferencji chciałbym przedstawić moją koncepcję budowy systemu Automatycznej Kontroli Prędkości (dalej jako AKP) opartego o sprawdzone w wieloletniej eksploatacji elementy

i podzespoły systemu SHP (rezonatory, generator, elektromagnesy itp). System AKP przeznaczony jest dla pojazdów i linii kolejowych nie wyposażonych w ETCS.

System umożliwia kontrolę prędkości pojazdu przed sygnalizatorem wskazującym sygnał zabraniający jazdy lub ograniczającym prędkość do (40/60/100 km/h), kontrolowanie prędkości pojazdu na danym odcinku drogi ( tzw. pułapka prędkości), wdrożenie hamowania nagłego przy przejechaniu sygnalizatora wskazującego sygnał zabraniający.

System może być zainstalowany na każdym rodzaju pojazdu kolejowego, na stacji wyposażonej w dowolny rodzaj urządzeń SRK i w każdym miejscu linii kolejowej na której należy kontrolować prędkość pojazdu. w referacie przedstawię informacje podstawowe takie jak algorytm działania, obsługę, instalacje systemu, wygląd zewnętrzny elementy wchodzący w skład systemu, a także zagłębie się w zagadnienia fail-safe, kosztów instalacji i utrzymania. Opiszę także zalety i potencjalne wady systemu. Opisany system AKP nie jest tylko teoretycznym tworem- poszczególne jego elementy są przeze mnie budowane, testowane i ulepszone.

## KONCEPCJA METODY OCENY POJEDYNCZYCH NIERÓWNOŚCI TORU

**inż. Julia Szulta, Izabela Muzyka**

*Politechnika Gdańska, Koło Naukowe Inżynierii Drogowej i Kolejowej KoDiK*

Jednym z najważniejszych i podstawowych problemów diagnostyki dróg kolejowych jest ocena jakości geometrycznej toru kolejowego, która ma wpływ zarówno na spokojność, komfort, jak i bezpieczeństwo jazdy pojazdów kolejowych. Ocena ta dotyczy pomiaru i analizy podstawowych nierówności toru, tj. szerokości, przechyłki, wchrowatości oraz nierówności pionowych i poziomych.

Pomierzone nierówności toru mogą być analizowane na różnym poziomie agregacji danych pomiarowych (szczegółowym, pośrednim i pogładowym) i wykorzystywane w różnych celach. Pojedyncze nierówności toru analizowane są na poziomie szczegółowym, w celu wykrycia usterek na krótkim odcinku toru i zaplanowania naprawy bez zbędnej zwłoki lub ograniczenia parametrów eksploatacyjnych. Na poziomie pośrednim analizuje się odchylenia standardowe nierówności pionowych i poziomych, które wykorzystuje się do planowania średniokresowego. Natomiast na poziomie podglądowym ocenia się dystrybuantę rozkładu częstości odchylenia standardowych na całej długości linii kolejowej i wykorzystuje do planowania strategicznego.

W referacie przedstawione zostaną stosowane obecnie metody oceny i analizy pojedynczych nierówności oraz koncepcja wykorzystania odchylenia standardowych obliczonych na krótkim odcinku do prognozowania narastania pojedynczej usterki.

Klasyczne podejście do oceny pojedynczych nierówności toru polega na analizie progowej, tj. sprawdzeniu czy pomierzona nierówność toru nie przekracza przyjętej przez zarządcę infrastruktury i zapisanej w dokumentacji utrzymaniowej wartości dopuszczalnej. w takiej analizie stosuje się pojedyncze kryterium graniczne, po przekroczeniu którego należy niezwłocznie wykonać naprawę lub ograniczyć dopuszczalną prędkość. Rozwinięciem tej metody jest zastosowanie kilku kryteriów, po przekroczeniu których, należy podjąć odpowiednie decyzje eksploatacyjne. Rozwiązanie takie stosowane jest obecnie w większości krajów europejskich i obejmuje najczęściej trzy kryteria: granicę czujności, granicę działań planowanych i granicę działań bezpośrednich.

Rozwinięciem przedstawionych metod jest budowa modelu predykcji i prognozowanie terminu przekroczenia wartości granicznej. Takie podejście pozwala na analizę pojedynczych nierówności w czasie (w funkcji obciążenia) i racjonalne planowanie napraw na krótkich odcinkach toru. w modelach takich analizuje się narastanie usterki w czasie, z wykorzystaniem danych z kolejnych objazdów pojazdem pomiarowym.

W referacie przedstawiona zostanie również koncepcja metody oceny i analizy pojedynczych nierówności toru z wykorzystaniem obliczonych odchyłeń standardowych na krótkim odcinku toru (np. 30 m). Zastosowanie takiego podejścia wykorzystywane jest głównie na poziomie pośrednim, a odchylenia standardowe nierówności pionowych i poziomych obliczane są na odcinkach 200 m.

## SZANSE ROZWOJU POLSKIEJ KONCEPCJI NAPĘDU MAGNETYCZNEGO NA RYNKU EUROPEJSKIM

**inż. Paulina Madrak**

*Politechnika Warszawska, Wydział Transportu*

Kolej magnetyczna to technologia „jutra”, która stanowi szansę na szybszy, wydajniejszy i bardziej przystępny sposób przemieszczania się osób i towarów w przestrzeni publicznej. Dzięki wykorzystaniu zjawiska magnetyzmu transport kolejowy ma szansę zwiększyć swoją konkurencyjność na rynku a tym samym zyskać przewagę nad innymi formami transportu. Obecnie funkcjonują linie takie jak Transrapid, Linimo i ECOBEE w Chinach i Japonii które funkcjonują od roku 2004/2005 jako transport publiczny. Na przestrzeni lat udowodniły iż ta technologia jest wyjątkowo wydajna w różnych aspektach przyjazności dla środowiska. Posiadają dużą niezawodność co za tym idzie bezpieczeństwo przy równoczesnym niskim koszcie eksploatacji i konserwacji.

Problem kolei magnetycznej systemu EDS lub EMS polega na tym że wymaga ona powstania nowej infrastruktury co znacząco zwiększa koszty budowy. Naprzeciw temu wyszedł Polski start-up który zaproponował rozwiązanie z wykorzystaniem istniejącej infrastruktury kolejowej i doposażenie jej w tzw. 3 szynę i inne urządzenia umożliwiające lewitację. w referacie zostaną przedstawione rozważania związane z tematem powiązania kolei magnetycznej pasywnej lewitacji a systemem ETCS. Obecnie Nevomo jest w fazie badań swojego rozwiązania. Musi ono przewidzieć problemy związane z zachowaniem interoperacyjności aby odnieść sukces na skale Europejską. Zapewnianie interoperacyjności przez Nevomo spowoduje ujednolicenie i standaryzację rozwiązań w zakresie systemów napędu magnetycznego a tym samym otworzy możliwości dla zwiększenia efektywności pociągów dużych prędkości.

## WYKORZYSTANIE TECHNOLOGII VR W SZKOLENIU PRACOWNIKÓW SEKTORA KOLEJOWEGO

**Franciszek Restel, Agnieszka Tubis, Łukasz Wolniewicz**

*Politechnika Wroclawska, Wydział Mechaniczny*

Rynek pracownika obowiązujący obecnie w Polsce powoduje, że w wielu sektorach obserwuje się wysoką rotację pracowników. Rotacja ta powoduje zwiększone ryzyko występowania błędów ludzkich w procesach obsługowych, w tym również w sektorze transportowym. Wynika to z braku wiedzy i doświadczenia nowych pracowników, wymaganego okresu aklimatyzacji pracownika i „nauczenia się” wykonywanych obowiązków. Na ryzyko popełnienia błędów są jednak narażeni również dotychczasowi pracownicy posiadający już określoną wiedzę i doświadczenie. Wynika to z faktu, że są oni kierowani do zadań, które nie są ich podstawowymi obowiązkami lub też wykazują nadmierną rutynę w wykonywanych standardowych zadaniach. z tego też względu wymagają oni krótkich treningów przypominających o prawidłowym wykonaniu określonych działań.

Wielu operatorów logistycznych zwraca uwagę na potrzebę zmian w systemach szkolenia nowych pracowników oraz treningach dla pracowników doświadczonych. Poszukuje się rozwiązań pozwalających pracownikom szybciej i bardziej skutecznie pozyskiwać i doskonalić wymagane kompetencje związane z ich codziennymi obowiązkami. Tradycyjne formy szkoleniowe są obecnie nisko oceniane zarówno przez samych uczestników, jak i pracodawców, którzy wskazują na ich niską efektywność kształtowania umiejętności praktycznych oraz wydłużony czas przyswajania wiedzy. Preferowanym systemem szkolenia pracowników są aktywne formy nauczania, które umożliwiają pracownikom pozyskanie wymaganej wiedzy, ale również praktyczne doskonalenie umiejętności. Odpowiedziom na te potrzeby jest dostępna technologia wirtualnej rzeczywistości, która umożliwia wierne odwzorowanie środowiska pracy pracowników operacyjnych. Opracowane scenariusze szkoleniowe pozwalają osobom szkolonym na praktyczne uczestnictwo w obsługiwanych procesach, bez ich narażania na występowanie szkód i zakłóceń. Dzięki tak opracowanym narzędziom szkoleniowym możliwe jest ograniczenie występowania zdarzeń niepożądanych, w których źródłem ryzyka są pracownicy.



Celem artykułu jest przedstawienie możliwości wykorzystania technologii wirtualnej rzeczywistości (VR) w szkoleniach pracowników sektora kolejowego. w artykule przedstawione zostaną wyniki badań realizowanych w ramach projektu „Immersyjny system szkoleniowy dla personelu kolejowego wykorzystujący technologię wirtualnej rzeczywistości”, finansowanego przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju. Opisany zostanie również jeden ze scenariuszy szkoleniowych oraz jego implementacja w wybranej grupie treningowej.

## UKŁAD HAMULCOWY W WSPÓŁCZESNYCH POJAZDACH SZYNOWYCH

**inż. Krzysztof Borowczyk**

*Studenckie Koło Naukowe Transport, Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki*

Układ hamulcowy w pojazdach szynowych to jeden z najważniejszych systemów odpowiedzialnych za bezpieczeństwo prowadzenia pojazdu w infrastrukturze torowej. Odpowiada za skuteczne hamowanie pojazdu podczas normalnej jazdy oraz w sytuacjach awaryjnych. Od systemów hamulcowych w procesie eksploatacji wymaga się w sposób szczególny niezawodności i skuteczności niezależnie od zaistniałych warunków zewnętrznych i wewnętrznych w systemie kolejowym [1].

Układ hamulcowy w pojazdach szynowych to przede wszystkim, hamulec pneumatyczny, który jest stosowany prawie od początku kolejnictwa. do tej pory nie wynaleziono lepszego rozwiązania, dlatego jest on nadal zasadniczym hamulcem pociągów osobowych i towarowych oraz jest hamulcem bezpieczeństwa również w szybkich pociągach. Postępujący rozwój technologiczny wymusza zmiany konstrukcyjne jego elementów m.in. tworzenie nowych typów zaworów, nowych modułów hamulcowych dostosowanych do sterowania elektronicznego w układach pneumatycznych[1].

Rodzaje układów hamulcowych stosowanych w nowoczesnych pojazdach szynowych:

- hamulec pneumatyczny,
- hamulec elektropneumatyczny,
- hamulec elektrodynamiczny.



## TRANSPORT KOLEJOWY W OBLICZU WYBRANYCH KRYZYSÓW XXI WIEKU

**Marcin Robert Czubaszek**

*Politechnika Białostocka*

Transport kolejowy stanowi jeden z podstawowych sposobów przemieszczania dóbr i ludzi na znaczne odległości. Pozwala on dokonywać przerzutu znacznych ilości towarów, także wielkogabarytowych lub masowych, w stosunkowo krótkim czasie, wywierając równocześnie niższy w porównaniu z większością innych środków negatywny wpływ na środowisko naturalne. Równocześnie ostatnie dwadzieścia lat obfitowało w nagłe, dynamiczne zmiany, nieprzewidziane zjawiska oraz zdarzenia o charakterze niepożądanym, wpływające na cały świat, dotykające również kwestii związanych z koleją.

Celem pracy jest przedstawienie transportu kolejowego w ujęciu wybranych kryzysów występujących w pierwszych dwóch dekadach XXI wieku, starając się przy tym, by dotyczyły one różnych sfer oraz obszarów, od ekologii, przez kwestie gospodarczo ekonomiczne, aż po militarne oraz związane z bezpieczeństwem.

Jako pierwszy element poruszono kolej w kontekście kryzysu klimatycznego. Gałąź ta uznawana jest za stosunkowo „zieloną”, w szczególności pod kątem transportu towarowego. Unia Europejska silnie zachęca państwa członkowskie do inwestycji w nowoczesną infrastrukturę oraz tabor w ramach Europejskiego Zielonego Ładu.

Następnie opisano globalną wojnę z terroryzmem, która miała znaczący wpływ na zwiększenie poziomu zabezpieczeń związanych z infrastrukturą, w szczególności punktową w transporcie pasażerskim. Po serii zamachów o różnym poziomie skuteczności oraz potencjalnej łatwości i atrakcyjności ataków na cele związane z koleją, wprowadzono pewne elementy kontroli, rozszerzono monitoring oraz wdrożono plany i procedury na wypadek zamachu lub innych sytuacji niebezpiecznych, nie rozpatrywanych powszechnie wcześniej. Równocześnie dążono do osiągnięcia komfortu między bezpieczeństwem a komfortem pasażerów.

Poruszono temat związany z pandemią Covid-19, podczas której działania mające zastopować lub ograniczyć rozprzestrzenianie się wirusa doprowadziły do przerwania klasycznych, często opartych na statkach transportowych zatrzymywanych w portach, łańcuchów dostaw oraz przerzucenia części dotychczasowego przemieszczania towarów na kolej.

Zwrócono również uwagę na zdarzenia związane z kontenerowcem Ever Given, którego utknięcie i zablokowanie Kanału Sueskiego na pewien czas sparaliżowało transport morski. w konsekwencji pojawiły się głosy o konieczności tworzenia alternatywnych dróg, wykorzystujących odmienne środowisko. w tym kontekście jedną z realnie branych pod uwagę możliwości jest właśnie transport szynowy.

Ostatnim poruszonym kryzysem była eskalacja wojny na Ukrainie, rozpoczęta rosyjskim atakiem w 2022 roku. Ukraińskie koleje stały się szybko podstawą logistyki broniącego się kraju, zarówno w charakterze transportu wewnętrznego, jak i pozwalając państwom zaangażowanym w pomoc międzynarodową przesyłać duże ilości wsparcia. Zwrócono szczególną uwagę na wysoki poziom oraz gęstą sieć kolejową na terenie Ukrainy, skuteczne zarządzanie, a także szybkość napraw. Równocześnie poruszono kwestie związane z koleją agresora, dla którego również stanowi ona filar logistyki wojskowej. Opisano postawę Białoruskich kolejarzy utrudniających wysyłania wsparcia na rzecz Rosji oraz wykorzystanie przez ten kraj pociągów pancernych.

W końcowej części artykułu dokonano podsumowania powyższych informacji oraz opisano wnioski z nich płynące. Kolej stanowi bardzo ważną gałąź transportu, którą należy w dalszym ciągu rozwijać (także pod względem gęstości sieci), modernizować oraz w którą warto inwestować. Warto zwrócić uwagę, że takie działania pozwolą osiągnąć równocześnie cele polityczne, ekonomiczno--gospodarcze, ekologiczne oraz związane z bezpieczeństwem i obronnością kraju.

## WYZNACZENIE ZAMKNIĘĆ TOROWYCH LINII OKOLICZNYCH NA POTRZEBY MODERNIZACJI LINII KOLEJOWEJ NR 104 CHABÓWKA – NOWY SĄCZ

inż. Lidia Górska

*Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki w Krakowie*

Konserwacje, remonty i modernizacje to stałe elementy wpisane w proces eksploatacji dróg kolejowych. w celu zapewnienia bezpiecznej jazdy jak i poprawy lub przywrócenia parametrów techniczno-eksploatacyjnych, wykonywane są różne prace budowlane wymagające zastosowania odpowiedniego reżimu technologicznego. Wiąże się to bezpośrednio z poruszaniem się po liniach kolejowych specjalistycznych maszyn torowych (m.in. podbijarek torowych, lokomotyw, wagonów, etc.). Przejazd taboru do miejsca docelowego wymaga czasowego wyłączenia normalnie eksploatowanych torów z użytkowania i podjęcia tak zwanego zamknięcia torowego. Wiąże się to z dochowaniem wymogów, zawartych w krajowych oraz międzynarodowych przepisach prawnych, do których można zaliczyć m.in. instrukcje wydawane przez PKP Polskie Linie Kolejowe S.A. Podejmowanie zamknięć torowych w głównie mierze dotyczy dużych przedsięwzięć infrastrukturalnych związanych z projektami realizowanymi w ramach krajowych programów kolejowych.

W artykule scharakteryzowano plan modernizacji i przebudowy linii nr 104 Chabówka – Nowy Sącz oraz przeanalizowano stan docelowy, jaki ma być osiągnięty po zakończeniu całej inwestycji. w ramach modernizacji linii kolejowej nr 104 wymagane będą liczne zamknięcia torowe na fragmentach okolicznych linii kolejowych, m.in.: linii nr 96 Tarnów – Leluchów, linii nr 97 Skawina - Żywiec oraz linii nr 98 Sucha Beskidzka – Chabówka. Większość tych linii kolejowych jest jednotorowa, więc należy zauważyć, że przepustowość może ulec znacznemu pogorszeniu, a wpływ zamknięć w sposób znaczący wpłynąć na standardową eksploatację.

Podjęcie zamknięć torowych na potrzeby prowadzonej inwestycji jest obligatoryjne i nie może zostać ominięte w żaden sposób. w pracy przedstawiono jeden z sposobów zarządzania zamknięciami w oparciu o dotychczasowe doświadczenia własne z uwzględnieniem zaproponowanej technologii robót.



## DZIAŁANIA PODEJMOWANE NA RZECZ ZWIĘKSZENIA BEZPIECZEŃSTWA W TRANSPORCIE KOLEJOWYM WŚRÓD DZIECI I MŁODZIEŻY SZKOLNEJ

Anna Kwarciana

*Katolicki Uniwersytet Lubelski Jana Pawła II*

Stan techniczny infrastruktury kolejowej, kultura bezpieczeństwa społeczeństwa, kompetencje pracowników i prawidłowe funkcjonowanie przejazdów kolejowo-drogowych mają istotny wpływ na bezpieczeństwo w transporcie kolejowym [1]. Wiele wypadków czy innych zdarzeń kolejowych ma miejsce z powodu czynnika ludzkiego. Jednymi z przyczyn zdarzeń na przejazdach kolejowych, które mogą być fatalne w skutkach są pośpiech, brak ostrożności i skupienia, nieuwaga pieszych czy też brak znajomości przepisów [2]. Nie można więc pominąć kwestii pedagogizacji uczestników ruchu drogowego, którymi są dzieci oraz przygotowania nauczycieli do podejmowania tematu bezpieczeństwa w transporcie kolejowym podczas prowadzenia zajęć.

Celem artykułu jest przedstawienie nowych propozycji serii szkoleń dla nauczycieli edukacji przedszkolnej i wczesnoszkolnej. Proponowane szkolenia będą dotyczyły włączania w proces wychowawczo- dydaktyczny treści umożliwiających kształtowanie odpowiedzialnych zachowań w rejonie skrzyżowań kolejowo-drogowych oraz poza nimi.

Referat będzie zawierał także przegląd aktualnych inicjatyw podejmowanych w celu pedagogizacji dzieci i młodzieży szkolnej w celu zwiększenia bezpieczeństwa w transporcie kolejowym, a w szczególności na przejazdach kolejowych.

Literatura:

[1] K. Markowska, *“Uwarunkowania w zakresie bezpieczeństwa transportu kolejowego- zarys teoretyczny”*, 2018

[2] J. Mikulski, *“Zagadnienia zwiększenia poziomu bezpieczeństwa na przejazdach kolejowych”*, 2016

## PRZEGLĄD I CHARAKTERYSTYKA POJAZDÓW MANEWROWYCH EKSPLOATOWANYCH NA POLSKIEJ SIECI KOLEJOWEJ, ZE WSKAZANIEM OPTYMALNYCH CECH DLA POJAZDÓW TEGO TYPU

Michał Snoch, dr inż. Adam Mańka

*Politechnika Śląska, Wydział Transportu i Inżynierii Lotniczej w Katowicach*

Od swojego powstania kolej zmagająca się z problemem prowadzenia manewrów, poczynając od prostych obrotów składów, do narodzin faktycznej pracy manewrowej. Z racji tego iż transport kolejowy przeżywał swój bujny rozkwit, wymagał on, do prawidłowego organizowania wyznaczonych celów i zadań, większych oraz coraz bardziej specjalistycznych zasobów ludzkich i taborowych. W pewnym momencie inżynierowie zauważyli więc, że do prowadzenia pracy manewrowej potrzeba specjalistycznie przystosowanego taboru, by nie dezorganizować, planowej towarowo-osobowej pracy przewozowej, poprzez wykorzystanie lokomotyw liniowych do wykonywania manewrów. W ten oto sposób powstały pierwsze parowozy manewrowe. Wraz z wynalezieniem silnika diesla do wszelkich ruchów wykonywanych w obrębie przydzielonej im stacji zaczęto używać spalinowozów, które do dziś są niezastąpione w tejże pracy.

W dzisiejszych czasach powstał problem zaniedbania rynku pojazdów manewrowych, w chwili, gdy produkcja lokomotyw używanych liniowo, przeżywa istny renesans. Krótkotrwale próbujemy przedłużyć życie pojazdom manewrowym poprzez liczne modernizacje lub naprawy główne. z tego powodu chciałbym przeanalizować aktualnie eksploatowane pojazdy trakcyjne, używane do manewrów, na terenie Polski. Jednocześnie przedstawię ich najbardziej optymalne cechy. Posłużą one za podstawę do tego, by móc zaprojektować mój przepis na idealną lokomotywę manewrową. Oczywistym faktem jest to, że nie można zapomnieć o specyfice pracy sektora przewozów pasażerskich oraz towarowych. By wykazać różnice, zachodzące pomiędzy tymi dwoma procesami, ukazane zostaną dwa pomysły, które będą dostosowane do obu typów zadań.

## URZĄDZENIA ASDEK JAKO SPOSÓB NA PODNIESIENIE BEZPIECZEŃSTWA JAZDY POCIĄGÓW

inż. Patrycja Giza

*Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki*

W związku z coraz większą rolą transportu szynowego, zwiększającą się liczbą przewozów towarowych i pasażerskich, poszukiwane są rozwiązania prewencyjne zwiększające bezpieczeństwo jazdy. Podczas eksploatacji taboru wystąpić mogą różnego typu niesprawności, które negatywnie wpływają na infrastrukturę i bezpieczeństwo przewozów.

Najpowszechniejszym z urządzeń detekcji stanów awarii taboru jest urządzenie ASDEK. Jest to nowoczesne urządzenie usytuowane się w torze, posiadające szereg czujników, które wykonują pomiar stanu technicznego pociągu znajdującego się w ruchu. Urządzenie ASDEK pozwala na wczesne wykrycie niesprawności, co niesie korzyści różnej skali: od uchronienia infrastruktury przed niszczeniem do zapobiegania katastrofom kolejowym. Jest to więc sposób na zmniejszenie kosztów utrzymaniowych infrastruktury oraz zmniejszenie zagrożeń związanych z wypadkami i zachowanie sprawności ruchu. Urządzenia realizują cztery podstawowe funkcje pomiarowe, a zebrane informacje o stanie taboru przesyłane są do dyżurnych ruchu. w przypadku wykrycia niesprawności podejmowane są natychmiastowe działania.

Urządzenia detekcji stanów awaryjnych taboru ewoluowały na przestrzeni lat. Wraz z rozwojem technologii urządzenia zyskały kolejne funkcje i stały się bardziej dokładne.

Celem referatu jest przedstawienie funkcjonalności urządzeń ASDEK zasad ich stosowania, a także przedstawienie potencjalnych kierunków rozwoju.



# REFERATY

## REALIZACJA STRATEGII NADZORU PREZESA UTK W CZORAJ, DZISIAJ I JUTRO

dr inż. Ignacy Góra, Prezes UTK, Edyta Kunikowska

*Urząd Transportu Kolejowego*

### Wstęp - W CZORAJ - lata 2003 - 2015

Przystąpienie Polski do wspólnoty Unii Europejskiej w maju 2004 r. - już na długo przed tym wydarzeniem - wymogło szereg zmian w wielu dziedzinach, w tym w zakresie transportu kolejowego i stawianych temu sektorowi wymagań w zakresie bezpieczeństwa. We wspólnocie obowiązują przepisy prawa dotyczące bezpieczeństwa ujednoczone dla wszystkich krajów członkowskich Unii Europejskiej, wynikające z odpowiednich dyrektyw i rozporządzeń. Implementacja wymogów unijnych do prawa krajowego odbyła się ówczesnie na gruncie m.in. Dyrektywy Rady 91/440/EWG w sprawie rozwoju kolei wspólnotowych [1] oraz zmieniającej jej Dyrektywy 2001/12/WE Parlamentu Europejskiego i Rady w sprawie rozwoju kolei wspólnotowej [2], a także w oparciu o Dyrektywę Rady 95/18/WE w sprawie przyznawania licencji przedsiębiorstwom kolejowym [3] oraz Dyrektywę 2001/14/WE w sprawie alokacji zdolności przepustowej infrastruktury kolejowej i pobierania opłat za użytkowanie infrastruktury kolejowej oraz certyfikację w zakresie bezpieczeństwa [4], które w późniejszym czasie zostały zmienione przez zapisy Dyrektywy 2004/49/WE Parlamentu Europejskiego i Rady w sprawie bezpieczeństwa kolei wspólnotowych. [5]

1 czerwca 2003 r. weszła w życie ustawa z dnia 28 marca 2003 r. o transporcie kolejowym [6], na mocy której utworzono instytucję Urzędu Transportu Kolejowego kierowanego przez Prezesa UTK. Prezes UTK uzyskał uprawnienia do kontroli spełniania przez zarządców, przewoźników kolejowych oraz użytkowników bocznic kolejowych obowiązków w zakresie bezpieczeństwa transportu kolejowego.

Do zadań Organu należał także nadzór nad zachowaniem zasad bezpieczeństwa w transporcie kolejowym oraz prawidłowym utrzymaniem i eksploatacją linii kolejowych oraz bocznic kolejowych, a także nadzór nad bezpieczeństwem przewozu kolejną towarów niebezpiecznych. Był także uprawniony do kontroli przestrzegania przepisów i realizacji decyzji oraz postanowień z zakresu kolejnictwa. Tryb wykonywania niniejszych kontroli w ramach wykonywanego nadzoru został określony w akcie wykonawczym w postaci

rozporządzenia w sprawie trybu wykonywania kontroli przez Prezesa Urzędu Transportu Kolejowego [7].

W ówczesnym czasie Prezes UTK wydawał przewoźnikom kolejowym, zarządcóm infrastruktury i użytkownikom bocznic świadectwa bezpieczeństwa. Wdrożona procedura udzielania świadectw miała na celu zapewnienie dostosowania się przez zarządców infrastruktury i przewoźników kolejowych do wymagań technicznych i eksploatacyjnych określonych dla przewozów kolejowych oraz wymogów bezpieczeństwa określonych dla pracowników i taboru. Wszyscy wnioskodawcy musieli bowiem zapewnić, że zatrudnieni przez nich pracownicy przeszli konieczne przeszkolenia, aby przestrzegać zasad ruchu stosowanych przez zarządcę infrastruktury i aby spełniać wymogi bezpieczeństwa nałożone na nich w związku z ruchem pociągów. Przed uzyskaniem świadectwa przewoźnicy musieli wykazać, że tabor tworzący pociągi został zatwierdzony przez UTK i skontrolowany zgodnie z zasadami eksploatacji mającymi zastosowanie do użytkowanej infrastruktury. [8]

Przedsiębiorcy kolejowi odpowiedzialni za zapewnienie odpowiedniego poziomu bezpieczeństwa przewozu osób i towarów musieli zapewniać mechanizmy pozwalające na wypełnienie wymogów bezpieczeństwa. Prezes UTK poza wydaniem dokumentu potwierdzającego zdolność bezpiecznego prowadzenia ruchu kolejowego i wykonywania przewozów kolejowych, w ramach posiadanych kompetencji przeprowadzał kontrole, podczas których weryfikował stosowanie tych wymagań w praktyce.

W kontekście wspólnotowym był to okres tzw. I pakietu kolejowego, gdzie zmiany skupione były głównie na oddzieleniu zarządzania infrastrukturą od zarządzania przewozami (w realiach polskich przekształcenie Polskich Kolei Państwowych w 2001 r.), przyznawaniu równego i nie dyskryminującego dostępu do infrastruktury, licencjonowania przedsiębiorstw kolejowych oraz ustanowieniu niezależnego regulatora kolejowego.

W ramach wdrażania Dyrektywy 2004/49/WE Parlamentu Europejskiego i Rady w sprawie bezpieczeństwa kolei wspólnotowych i będącej jednym z aktów prawnych tzw. II pakietu kolejowego, w 2006 r. znowelizowane zostały przepisy ustawy o transporcie kolejowym i wprowadzono szereg aktów wykonawczych dotyczących bezpieczeństwa transportu kolejowego.



Jedną z głównych zmian w tym czasie był wymóg ustanowienia przez przewoźników kolejowych i zarządców infrastruktury systemów zarządzania bezpieczeństwem (SMS). Dokumentami potwierdzającymi ustanowienie SMS oraz zdolności spełnienia przez przedsiębiorstwo wymagań bezpieczeństwa zawartych w Technicznych Specyfikacjach Interoperacyjności i innych przepisach prawa wspólnotowego i krajowego stały się wydawane przez Prezesa UTK certyfikaty bezpieczeństwa – dla przewoźników kolejowych i autoryzacje bezpieczeństwa – dla zarządców infrastruktury.

Implementacja postanowień Dyrektywy 2004/49/WE w sprawie bezpieczeństwa kolei wspólnotowych do polskiego porządku prawnego już 30 grudnia 2008 r. zaowocowała wydaniem pierwszego na terenie Rzeczypospolitej Polskiej certyfikatu bezpieczeństwa w części A, będącego potwierdzeniem posiadania przez przewoźnika kolejowego zaakceptowanego systemu zarządzania bezpieczeństwem. W praktyce zaś od 2011 r. każdy przewoźnik kolejowy i zarządca infrastruktury w Polsce powinien posiadać zbudowany i wdrożony system zarządzania bezpieczeństwem (SMS).

Zmiany te miały bezpośrednie przełożenie na sprawowany przez Prezesa UTK nadzór. Organ uzyskał kolejne kompetencje, stając się właściwym w sprawach kontroli spełniania wymagań zawartych w autoryzacjach bezpieczeństwa, certyfikatach bezpieczeństwa, świadectwach bezpieczeństwa oraz kontroli zgodności działania zarządców lub przewoźników kolejowych z przepisami Unii Europejskiej i prawa krajowego w zakresie bezpieczeństwa transportu kolejowego. Pierwsze doświadczenia z nadzoru Prezesa UTK wskazywały jednak na trudności rynku kolejowego z praktycznym zastosowaniem systemów zarządzania bezpieczeństwem. Przedsiębiorstwa funkcjonowały nie w oparciu o system, a pomimo jego istnienia. Inaczej rzecz ujmując systemy zarządzania bezpieczeństwem w początkowej fazie stanowiły zbiór procedur, których podmioty rynku kolejowego nie potrafiły przełożyć na podstawę prowadzenia działalności.

Rolą Prezesa UTK stało się wówczas ukierunkowanie nadzoru w ten sposób, aby certyfikowani przewoźnicy kolejowi oraz zarządcy infrastruktury nie tylko posiadali system, ale wykazali się także jego praktycznym zastosowaniem, a właściwie funkcjonowaniem w oparciu o ten system.

W 2012 r. Prezes UTK został ustanowiony krajową władzą bezpieczeństwa (National Safety Authority – NSA) oraz został uprawniony do wydawania certyfikatów dla

podmiotów odpowiedzialnych za utrzymanie wagonów towarowych (ECM), co związane jest z przeprowadzaniem audytów każdego wnioskodawcy. W latach 2012-2013 zakres zadań Prezesa UTK został także rozszerzony o nadzór nad ośrodkami szkolenia i egzaminowania maszynistów oraz kandydatów na maszynistów oraz podmiotami uprawnionymi do przeprowadzania badań lekarskich i psychologicznych oraz orzekania w celu sprawdzenia spełnienia wymagań niezbędnych do uzyskania licencji maszynisty oraz świadectwa maszynisty, a także zachowania ich ważności.

W analizowanym okresie zachodziły również zmiany związane z badaniem zdarzeń, mających miejsce w transporcie kolejowym. Pierwotnie komisje powypadkowe (w późniejszym okresie określone jako komisje kolejowe) prowadziły postępowania po wszystkich zdarzeniach kolejowych, zaś Prezesowi UTK zostały nadane kompetencje przewodnictwa w pracach komisji powypadkowych dotyczących katastrof kolejowych oraz nadzór nad pozostałymi komisjami powypadkowymi. Zmiany nałożone Dyrektywą 2004/49/WE w sprawie bezpieczeństwa kolei wspólnotowych zobowiązały państwa członkowskie do zapewnienia prowadzenia postępowania w sprawie przyczyn poważnych wypadków i innych wypadków i incydentów mogących stanowić znaczące zdarzenia poprzedzające poważne wypadki przez stały organ, niezależny pod względem organizacyjnym, prawnym i decyzyjnym od podmiotów branży kolejowej oraz krajowej władzy bezpieczeństwa i krajowego regulatora kolejowego. W polskim porządku prawnym rolę krajowego organu dochodzeniowego zaczęła pełnić utworzona 2007 r. Państwowa Komisja Badania Wypadków Kolejowych, która jest uprawniona do prowadzenia postępowań po każdym poważnym wypadku na sieci kolejowej oraz w odniesieniu do wypadku lub incydentu, które w nieznacznie różniących się warunkach byłyby poważnymi wypadkami powodującymi zaprzestanie funkcjonowania podsystemów strukturalnych lub składników interoperacyjności transeuropejskiego systemu kolei. Komisja ta w latach do 2016 r. sprawowała także nadzór nad postępowaniami prowadzonymi przez komisje kolejowe w sprawach pozostałych wypadków i incydentów. Od 2016 roku kompetencję tą zyskał Prezes UTK.

Od momentu ustanowienia Prezesa UTK jako organu właściwego w sprawach nadzoru rynku kolejowego działania nadzorcze są realizowane przy pomocy zawartych w strukturach Urzędu Oddziałów Terenowych, zlokalizowanych w największych miastach Polski. Planowanie miało głównie charakter podmiotowy, tj. ograniczało się do wskazywania liczby kontroli, które należy przeprowadzić wobec przewoźników

kolejowych, zarządców infrastruktury, użytkowników bocznic itd. Jedynie część kontroli była planowana w sposób przedmiotowy, gdzie wskazywano obszary podlegające nadzorowi np. przestrzeganie praw pasażerów (do czego uprawnienie Prezes UTK uzyskał z końcem 2009 r.).

Z końcem 2012 r. wszedł obowiązek stosowania zapisów rozporządzenia Komisji (UE) Nr 1077/2012 z dnia 16 listopada 2012 r. w sprawie wspólnej metody oceny bezpieczeństwa w odniesieniu do nadzoru sprawowanego przez krajowe organy ds. bezpieczeństwa po wydaniu certyfikatu bezpieczeństwa lub autoryzacji bezpieczeństwa [9], które usystematyzowało podejście do nadzoru i narzuciło obowiązek opracowywania strategii i planów nadzoru z uwzględnieniem doświadczenia oraz w oparciu o informacje i wyniki z działalności nadzorczej. Rozpoczęto opracowywanie planów wraz określaniem priorytetów strategii nadzoru, a planowanie miało charakter zarówno podmiotowy, jak i przedmiotowy.

Podsumowując okres nadzoru Prezesa UTK w latach 2003-2015 można stwierdzić, że jest to czas związany z dostosowaniem polskiego rynku kolejowego do wymogów europejskich. Rolą Prezesa UTK było wówczas prowadzenie działań nadzorczych, które zarówno wyegzekwują zastosowanie przepisów prawa europejskiego w praktyce, jak i ukierunkują rynek w stronę utworzenia kolei wspólnotowej.

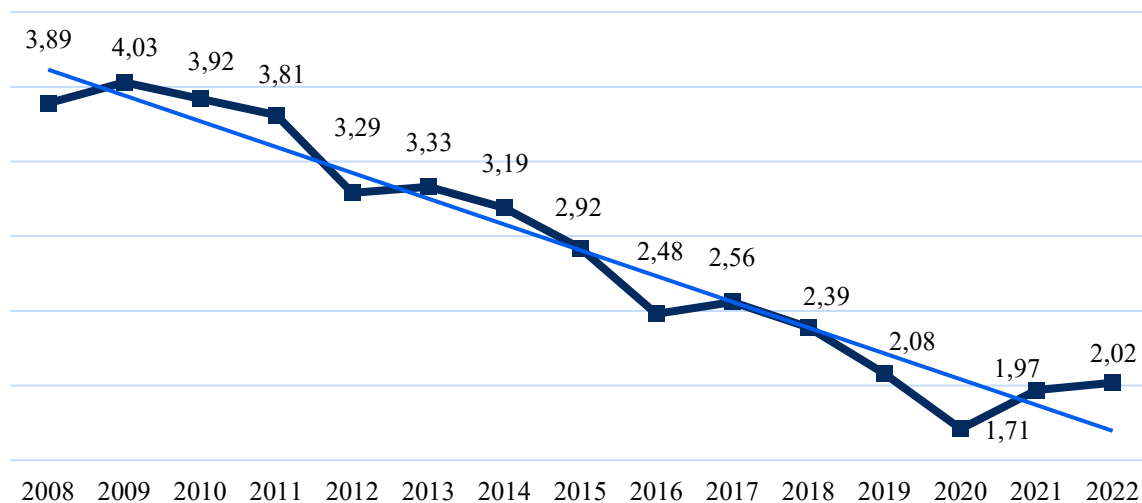
Jednym z największych wyzwań stało się wprowadzenie zmian związanych z praktycznym wdrożeniem systemów zarządzania bezpieczeństwem i utrzymaniem. Doświadczenia z kontroli Prezesa UTK wykazały, że początkowo systemy te traktowane były w przedsiębiorstwach jedynie jako kolejny z wymaganych prawem elementów. Jednym z ówczesnych wyzwań strategicznych w obszarze nadzoru było takie ukierunkowanie podmiotów kontrolowanych, aby opracowane systemy były nie tylko zbiorem procedur odłożonym na półkę, ale fundamentem, na którym opiera się cała działalność przedsiębiorstwa.

### **DZISIAJ – lata 2016 – 2023**

Po ponad 10 latach funkcjonowania Prezesa UTK jako Organu nadzoru oraz po 8 latach od wydania pierwszego certyfikatu bezpieczeństwa dostrzeżono potrzebę zmiany podejścia do kwestii nadzoru. Dotychczasowa koncepcja – oparta na reakcji oraz adaptacji do zmian wynikających z przepisów prawa – zaczęła ewoluować. Kierunek tych zmian aktualnie bazuje na trzech filarach:

- I. strategii nadzoru opartej na ryzyku, tj. kierowaniu działań na obszary i podmioty stwarzające najwyższe ryzyko w systemie kolejowym;
- II. proaktywnych działaniach wspierających nadzór uwzględniających zasady kultury bezpieczeństwa;
- III. rozwiązaniach technicznych i organizacyjnych oddziałujących na cały system kolejowy w najbardziej newralgicznych obszarach.

Podstawę ku zmianie podejścia stanowiły dotychczasowe doświadczenia w obszarze nadzoru, a także prowadzone analizy stanu bezpieczeństwa w transporcie kolejowym. Pomimo obserwacji pozytywnego trendu w postaci systematycznego obniżania poziomu wskaźnika wypadkowości, będącego stosunkiem liczby wypadków i poważnych wypadków do wykonanej pracy eksploatacyjnej, Prezes UTK identyfikuje obszary, które niezmiennie w systemie kolejowym stwarzają najpoważniejsze ryzyko.

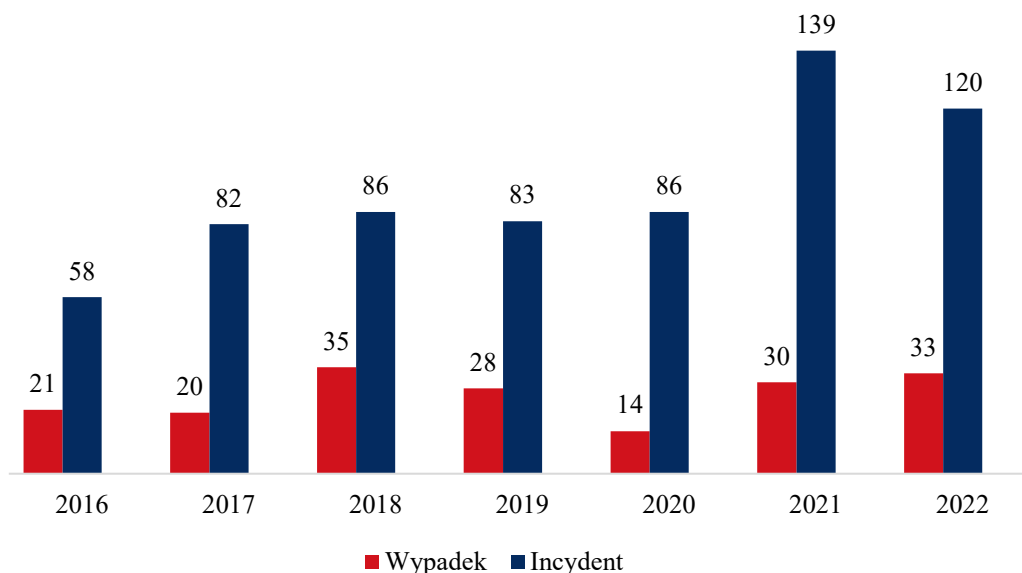


Rys. 1. Miernik wypadkowości w latach 2008-2022 wyrażający liczbę wypadków i poważnych wypadków na mln pociągokilometrów.

Obrazując sytuację w oparciu o najaktualniejsze dane, w 2022 r. [10] doszło do 553 wypadków na liniach kolejowych i 124 wypadków na bocznicach. Liczba wszystkich zdarzeń w systemie kolejowym, łącznie z incydentami, w ostatnich latach oscyluje wokół 2 tys. rocznie. Najliczniejszymi rodzajami wypadków niezmiennie pozostają wypadki na przejazdach kolejowo-drogowych oraz zdarzenia z udziałem osób, spowodowane

przekraczaniem linii kolejowych w miejscach niedozwolonych na tzw. „dzikich przejściach”. W 2022 r. wypadki na „dzikich przejściach” stanowiły 37,3% wszystkich wypadków na liniach kolejowych, zaś wypadki na przejazdach kolejowo-drogowych – 32,7%.

Analizując zdarzenia spowodowane przez czynniki zależne od systemu kolei niepokój wzbudza znaczny wzrost zdarzeń związanych z niezatrzymaniem pojazdu kolejowego przed sygnałem zabraniającym dalszej jazdy albo uruchomienie pojazdu kolejowego bez wymaganego zezwolenia tzw. zdarzenia SPAD (Signal Passed At Danger). Jest to szczególnie widoczne w ostatnich dwóch latach – w 2021 r. zaobserwowano wzrost tego typu zdarzeń aż o 69%.



Rys. 2. Liczba zdarzeń SPAD w podziale na wypadki (w tym poważne wypadki) i incydenty w latach 2016-2022.

Autorska metodyka oceny bezpieczeństwa stosowana przez Prezesa UTK, pozwala stale dostosowywać strategię nadzoru do aktualnych potrzeb. Oprócz wymiernych korzyści, dzięki bieżącej analizie stanu bezpieczeństwa, możliwe jest również wskazanie innych obszarów ryzyka, niebędących czynnikami bezpośrednio powiązаныmi z transportem kolejowym, a jednak bezpośrednio wpływającymi na jego bezpieczeństwo. Przykładem mogą być tutaj użytkownicy przejazdów kolejowo-drogowych oraz osoby nieuprawnione przebywające na terenie kolejowym. Z prowadzonych statystyk wynika,

że zdarzenia kolejowe na przejazdach kolejowo-drogowych oraz te związane z przebywaniem osób nieuprawnionych na terenie kolejowym stanowią około 70% wszystkich zdarzeń kolejowych. Prezes UTK nie ma możliwości bezpośredniego oddziaływania na czynniki będące bezpośrednimi przyczynami tych zdarzeń (tj. np. zachowanie kierowców pojazdów drogowych lub decyzje osób postronnych o przechodzeniu przez tory kolejowe w miejscu nieuprawnionym). W związku z tym, w ramach podnoszenia poziomu świadomości społecznej, Prezes UTK uruchomił szereg projektów wspierających nadzór – a co za tym idzie wpływających pośrednio na podnoszenie poziomu bezpieczeństwa – bardzo często w perspektywie długoterminowej.

Prezes UTK realizując misję *kreowania bezpiecznych i konkurencyjnych warunków świadczenia usług transportu kolejowego* wziął na swoje barki współodpowiedzialność za stan bezpieczeństwa transportu kolejowego. Z tego względu w 2016 r. zapadła decyzja o rozpoczęciu realizacji działań, które są wprost ukierunkowane na najłabsze ogniwa transportu kolejowego. Podstawowym celem nie jest jednak ich eliminacja, a udoskonalenie w taki sposób, aby w jak największym stopniu ograniczyć istniejące ryzyko.

W tym celu podjętych zostało szereg działań i zainicjowanych zmian, poczynając od opracowywania dokumentów strategicznych i tworzenia planów nadzoru, poprzez działania mające wdrożyć zasady kultury bezpieczeństwa w transporcie kolejowym (Deklaracja rozwoju kultury bezpieczeństwa w transporcie kolejowym) i wzbogacić wiedzę uczestników rynku (Akademia Bezpieczeństwa Kolejowego), aż po działania wprowadzające innowacyjne rozwiązania techniczne i organizacyjne (systemy monitoringu na przejazdach kolejowo-drogowych, Centrum Egzaminowania i Monitorowania Maszynistów).

Jednocześnie Organ przyjął zasadę *zero akceptacji dla rażących zaniedbań w obszarze bezpieczeństwa* i zgodnie z nią w przypadkach, kiedy ryzyko generowane przez działalność podmiotu rynku kolejowego w odniesieniu do systemu kolejowego jest na poziomie nieakceptowalnym, podejmuje działania mające na celu cofnięcie uprawnień podmiotu do prowadzenia działalności.

## **Strategia i Plan Nadzoru**

Sposób określania strategii i planów nadzoru jest determinowany wymogami prawa europejskiego. Aktualnie państwa członkowskie obowiązują zapisy nowej Dyrektywy Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2016/798 z dnia 11 maja 2016 r. w sprawie bezpieczeństwa kolei [11], a także szereg rozporządzeń wykonawczych, w tym powiązanych z obszarem nadzorczym, za którego realizację odpowiedzialne są krajowe władze ds. bezpieczeństwa.

W myśl rozporządzenia delegowanego Komisji UE 2018/761 z dnia 16 lutego 2018 r. ustanawiającego wspólne metody oceny bezpieczeństwa w odniesieniu do nadzoru sprawowanego przez krajowe organy ds. bezpieczeństwa po wydaniu jednolitego certyfikatu bezpieczeństwa lub autoryzacji w zakresie bezpieczeństwa [12] nadzór powinien być ukierunkowany przede wszystkim na te działania, co do których krajowe organy ds. bezpieczeństwa są zdania, że stwarzają one najpoważniejsze ryzyko lub związane z nimi ryzyko jest w najmniejszym stopniu pod kontrolą. W tym celu krajowy organ ds. bezpieczeństwa powinien opracować i wdrożyć oparte na ryzyku strategię oraz plan (plany) nadzoru, określające metody ukierunkowania jego działań w zakresie nadzoru i wyznaczania priorytetów w zakresie nadzoru.

Z perspektywy kompetencji nadzorczych Prezesa UTK strategia i plan nadzoru to kluczowe elementy, które pozwalają na prowadzenie działań kontrolnych w sposób zrównoważony i efektywny. Właściwie ukierunkowany nadzór, skupiony na najbardziej problematycznych obszarach przekłada się na realne zwiększenie poziomu bezpieczeństwa. Rok 2016 był swego rodzaju przełomem w obszarze podejścia do nadzoru ukierunkowanego na obszary, które najbardziej tego wymagają, czyli takich, które niosą ze sobą największe potencjalne ryzyko dla systemu kolejowego. W oparciu o opracowania analityczno-statystyczne wprowadzono proces planowania, którego kluczowym założeniem jest wzmożenie działań w miejscach newralgicznych, w których odnotowano wyraźny spadek poziomu bezpieczeństwa. Pozwala to na racjonalne i skuteczne wykorzystanie posiadanych zasobów, przy jednoczesnym zachowaniu elastyczności, warunkującej podejmowanie dodatkowych czynności kontrolnych w związku z wynikami procesu monitorowania poziomu bezpieczeństwa systemu kolejowego. Nacisk został położony na strategiczne podejście do nadzoru poparte wieloaspektowymi analizami danych posiadanych przez krajową władzę bezpieczeństwa, m.in. wyników działań nadzorczych, informacji na temat zdarzeń kolejowych i sytuacji



potencjalnie niebezpiecznych zaistniałych na polskiej sieci kolejowej, danych statystycznych oraz innych – pozyskanych przez Urząd Transportu Kolejowego danych.

Aktualna strategia nadzoru kształtuje podejście Prezesa UTK do nadzoru nad podmiotami rynku kolejowego poprzez wyznaczenie założeń dotyczących nadzoru, opis wykorzystywanych technik nadzoru, wskazanie zasad nadzoru i metodyki prowadzenia działań nadzorczych oraz egzekwowanie prawa. Zawarte w strategii kwestie stanowią odzwierciedlenie obowiązujących regulacji prawnych, które dodatkowo zostały rozwinięte i wsparte wytycznymi Prezesa UTK i służą przede wszystkim zachowaniu jednolitości i skuteczności sprawowanego nadzoru nad podmiotami rynku kolejowego. Na podstawie przyjętych założeń, a także danych dotyczących bezpieczeństwa transportu kolejowego w Polsce, Prezes UTK określa cele strategii nadzoru, dla których wyznacza również mierniki określające stopień realizacji celu, najważniejsze działania służące realizacji, oszacowane ryzyko oraz środki zaradcze na wypadek jego urzeczywistnienia. W latach 2022–2023 Prezes UTK realizuje następujące cele strategii nadzoru:

- zwiększanie skuteczności funkcjonowania systemów zarządzania bezpieczeństwem certyfikowanych przewoźników kolejowych oraz zarządców infrastruktury kolejowej;
- nadzór Prezesa UTK w zakresie zarządzania bezpieczeństwem opartym na ryzyku;
- poprawa bezpieczeństwa na przejazdach kolejowo-drogowych w kontekście czynników zależnych od systemu kolejowego;
- ograniczenie zagrożenia bezpieczeństwa ruchu kolejowego (działania podejmowane w ramach zgłoszeń w zakresie bezpieczeństwa ruchu kolejowego, kierowanych do Prezesa UTK);
- nadzór nad zaleceniami Państwowej Komisji Badania Wypadków Kolejowych;
- poprawa jakości utrzymania pojazdów kolejowych;
- poprawa bezpieczeństwa kolejowego w kontekście czynnika ludzkiego i wypadków zależnych od systemu kolejowego;
- podnoszenie poziomu bezpieczeństwa eksploatacji bocznic kolejowych;

- poprawa bezpieczeństwa w kontekście realizacji procesu przewozowego (działania nadzorcze Prezesa UTK w kontekście przygotowania i realizacji procesu przewozowego w transporcie kolejowym).

Określone zostały również dodatkowe cele strategiczne, które stanowią wsparcie dla wskazanych powyżej założeń w zakresie nadzoru. Są to inicjatywy oraz wydarzenia nieodnoszące się bezpośrednio do kwestii nadzoru nad rynkiem kolejowym, jednak poprzez wspieranie rozwoju funkcjonowania oraz bezpieczeństwa systemu kolejowego pozwalają na realizację celów strategii nadzoru. W tej grupie znalazły się m.in.: Deklaracja w sprawie rozwoju kultury bezpieczeństwa w transporcie kolejowym, Akademia Bezpieczeństwa Kolejowego czy budowa Centrum Egzaminowania i Monitorowania Maszynistów. [13] Działania te zostały szerzej opisane w części *Projekty wspierające nadzór Prezesa UTK*.

Strategia nadzoru stanowi podstawę do opracowania planów, które umożliwiają zrealizowanie założonych wcześniej celów strategicznych. W celu opracowania właściwie ukierunkowanych planów w zakresie nadzoru nad podmiotami, których działalność ma wpływ na poziom bezpieczeństwa transportu kolejowego Prezes UTK wykorzystuje ogólną wiedzę na temat ryzyka związanego z systemem kolejowym oraz na temat tego, które ryzyka są najbardziej znaczące. Informacje te pozyskiwane są z szerokiego spektrum źródeł. Pozwala to na krzyżowe zestawienie informacji i przekształcenie ich w wytyczne wspierające decyzje dotyczące nadzoru. Do zestawów danych lub źródeł informacji o szczególnym znaczeniu należą m.in. dane dotyczące zdarzeń kolejowych, wyniki przeprowadzanych dotychczas działań nadzorczych, ale też wyniki opracowanych modeli ryzyka. Ponadto analizy wykonywane są w oparciu o dane w zakresie prowadzonych przez Prezesa UTK postępowań administracyjnych oraz ocenę funkcjonowania rynku kolejowego w Polsce. W przypadku podmiotów funkcjonujących w oparciu o wdrożone systemy zarządzania bezpieczeństwem ocena ryzyka wyznaczana jest według autorskiej metodyki, która pozwala na otrzymanie miarodajnych wyników, uwzględniając różne aspekty funkcjonowania podmiotów kolejowych oraz działań nadzorczych Prezesa UTK. Metodyka ta uwzględnia kryteria: ogólnego wskaźnika nieprawidłowości, oceny nieprawidłowości, modelu oceny poziomu systemów (MOPS) oraz wskaźnika wypadkowości.

Zestawienie tych danych pozwala na przedstawienie szczegółowych wniosków w zakresie ryzyka występującego w ramach systemu kolejowego, co z kolei ma kluczowe

znaczenie dla opracowania strategii nadzoru i podejmowania ukierunkowanych decyzji dotyczących przedmiotu i zakresu nadzoru.

Jedną z istotnych informacji w zakresie bezpieczeństwa systemu kolejowego są sygnały i sugestie pochodzące z samego rynku kolejowego. Agencja Kolejowa Unii Europejskiej rekomenduje wykorzystywanie informacji dotyczących zarządzania ryzykiem pochodzących spoza sektora kolejowego, aby weryfikować ustalenia i usprawniać proces zarządzania ryzykiem. W związku z tym, podejmując decyzje w zakresie nadzoru, organ powinien być w stanie dostosować się do innych czynników nadzoru w państwie członkowskim, takich jak imperatywy polityczne lub obawy społeczne, które mogą nie być oparte na ryzyku. Mając to na uwadze informacje pochodzące ze zgłoszeń w zakresie bezpieczeństwa są nie tylko rozpatrywane indywidualnie, ale są także podstawą do formułowania wniosków w odniesieniu do opracowywanych strategii i planów nadzoru. Idąc dalej w 2022 r. Prezes UTK skierował do podmiotów rynku kolejowego oraz instytucji i organów, które funkcjonują w obszarach powiązanych z transportem kolejowym, prośbę o przekazanie sugestii na temat priorytetów nadzoru. Pozyskany materiał pozwolił na szersze spojrzenie na kwestię bezpieczeństwa i funkcjonowania systemu kolejowego, odnosząc się do realnych problemów rynku kolejowego.

Dodatkowo przewoźnicy kolejowi i zarządcy infrastruktury dokonują samooceny przedsiębiorstwa w zakresie funkcjonowania systemu zarządzania bezpieczeństwem poprzez wypełnienie ankiety w zakresie Modelu Dojrzałości Zarządzania. Pozwala to na porównanie postrzegania funkcjonowania systemu przez przedsiębiorstwa oraz przez krajową władzę bezpieczeństwa.

Zestawienie tych wszystkich danych pozwala na wskazanie obszarów, w ramach których należy podjąć działania zmierzające do minimalizacji ryzyka, co z kolei przekłada się w sposób bezpośredni na stan bezpieczeństwa całego systemu kolejowego. W aktualnych priorytetach nadzoru znajdują się następujące zagadnienia:

- systemy zarządzania bezpieczeństwem;
- systemy zarządzania utrzymaniem;
- pojazdy kolejowe;

- infrastruktura kolejowa (w tym również sieć trakcyjna, urządzenia srk, bezpieczeństwo prowadzenia prac inwestycyjnych);
- bocznice kolejowe;
- przejazdy kolejowo - drogowe;
- kwalifikacje pracowników związanych z bezpieczeństwem ruchu kolejowego;
- jakość usług świadczonych w sektorze pasażerskich przewozów kolejowych;
- odporność systemu kolejowego na zakłócenia i awarie oraz związana z nią dostępność usług.

Z każdym kolejnym rokiem sposób planowania nadzoru Prezesa UTK jest doskonalony, m.in. poprzez wykorzystanie co raz bardziej zaawansowanych narzędzi służących do analiz oraz rozwój metodologii, a także poprzez poszerzanie obszarów analiz. Wyniki działań nadzorczych wskazują, że prowadzenie ukierunkowanego nadzoru przynosi pożądane efekty w postaci wzrostu efektywności prowadzonych działań nadzorczych. Podczas działań wykrywanych jest coraz więcej nieprawidłowości, a inspektorzy weryfikują funkcjonowanie tych podmiotów i tych obszarów, których działalność wiąże się z najistotniejszym ryzykiem dla systemu kolejowego.

Prezes UTK dba przy tym o zapewnienie spójnego nadzoru na terenie całego kraju. W tym celu wdrażanych jest szereg procedur oraz list kontrolnych, które zapewniają jednolite podejście do obszarów kontrolowanych. Dodatkowo przeprowadzane są cykle szkoleń dedykowanych dla pracowników nadzoru, w tym Program Startowy Inspektora - dla nowozatrudnionych pracowników i Program Rozwoju Inspektora - stworzony z myślą o wzbogacaniu i aktualizowaniu wiedzy doświadczonych pracowników.

### **Kontrole systemowe. Nadzór nad jakością prowadzonej oceny ryzyka**

Na przestrzeni lat nadzór w zakresie systemów zarządzania bezpieczeństwem i utrzymaniem stał się coraz bardziej wyspecjalizowany. Kontrole systemowe pozwalają na kompleksową ocenę funkcjonowania podmiotu, związaną nie tylko z wewnętrznymi procesami, ale także na ocenę osadzenia przedsiębiorstwa w całym systemie kolejowym i związanej z tym świadomości organizacji w zakresie ryzyka, które dotyczy podmiotu.

W ramach funkcjonujących systemów zarządzania podmioty powinny odpowiednio zarządzać ryzykiem związanym z prowadzoną działalnością. Zarządzanie ryzykiem jest obowiązkiem, który dotyczy sedna systemu zarządzania bezpieczeństwem i utrzymaniem, i który ma na celu skłonienie podmiotów do wykazania, w jaki sposób jego systemy identyfikują i kontrolują ryzyko, które ich dotyczy. Zgodnie z obowiązującymi przepisami zarządcy i przewoźnicy kolejowi zapewniają zachowanie bezpieczeństwa oraz dążą do stałej jego poprawy w systemie kolei Unii, uwzględniając przy tym nadzór nad ryzykiem związanym z prowadzoną działalnością, w szczególności przez wdrażanie metod wyceny i oceny ryzyka, zgodnie z przepisami rozporządzenia 402/2013 [14] we współpracy ze sobą i innymi podmiotami.

Ze statystyk Urzędu Transportu Kolejowego wynika, że w 2021 r. udział zmian znaczących w ogólnej liczbie ocenionych zmian wyniósł jedynie 1%. Wszystkie zmiany ocenione jako znaczące wdrożyli przy tym przewoźnicy kolejowi – żadnej zmiany znaczącej nie odnotowali natomiast zarządcy infrastruktury. W 2020 r. udział zmian znaczących wyniósł 3%, natomiast w 2019 r. – 2%. Przedstawione dane potwierdzają aktualną od kilku lat tezę, że podmioty działające na rynku kolejowym niezmiennie unikają uznawania zmian za znaczące. Szczególnie rażący jest tutaj przykład zarządców infrastruktury, którzy w 2021 r. nie uznali żadnej zmiany za znaczącą, pomimo wielu prowadzonych inwestycji, nierzadko obejmujących modernizację całych linii kolejowych.

Mając na względzie wagę przypisywaną do jakości przeprowadzanej oceny ryzyka i procesu zarządzania zmianą, a także dotychczasowe doświadczenia z nadzoru wskazujące na skłonność podmiotów do oceniania zmian jako nieznaczące Prezes UTK w 2022 r. opracował i rozpoczął wdrażanie „*Planu działania na rzecz poprawy podejścia do zarządzania bezpieczeństwem opartego na ryzyku*”. Celem tych działań jest poprawa zarządzania ryzykiem przez podmioty zobowiązane do stosowania rozporządzenia 402/2013 poprzez aktywne egzekwowanie wymagań wspólnej metody oraz działania edukacyjne.

W ramach realizacji ww. Planu zintensyfikowano działania nadzorcze w zakresie zarządzania bezpieczeństwem opartym na ryzyku. Inspektorzy podczas realizacji kontroli systemowych zwracali szczególną uwagę na proces oceny ryzyka, w tym oceny znaczenia zmiany. Wyniki przeprowadzonych dotychczas działań ukierunkowanych na zagadnienie jakości zarządzania ryzykiem potwierdziły zasadność sprawowania szczególnego nadzoru w tym obszarze.

## Współpraca krajowych władz bezpieczeństwa w zakresie nadzoru

W przypadku, gdy na obszarze więcej niż jednego państwa członkowskiego prowadzi działalność ten sam przedsiębiorca kolejowy, krajowe organy ds. bezpieczeństwa państw członkowskich Unii Europejskiej współpracują w zakresie koordynowania swoich działań nadzorczych dotyczących danego przedsiębiorstwa. Art. 17 ust. 9 Dyrektywy Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2016/798 w sprawie bezpieczeństwa kolei, zobowiązuje krajowe władze ds. bezpieczeństwa do wymiany wszystkich kluczowych informacji dotyczących konkretnych przedsiębiorstw kolejowych, w szczególności w odniesieniu do znanych zagrożeń i zdolności do zapewnienia odpowiedniego poziomu bezpieczeństwa.

Także Rozporządzenie Delegowane Komisji UE 2018/761 ustanawiające wspólne metody oceny bezpieczeństwa w odniesieniu do nadzoru sprawowanego przez krajowe organy ds. bezpieczeństwa po wydaniu jednolitego certyfikatu bezpieczeństwa lub autoryzacji w zakresie bezpieczeństwa nakłada obowiązek koordynacji podejścia do kwestii nadzoru. Organy ds. bezpieczeństwa opracowują ustalenia w oparciu o ramy skoordynowanego i wspólnego nadzoru określone w załączniku II do rozporządzenia 2018/761. Dokument ten wskazuje na konieczność wymiany informacji dotyczących strategii i planów nadzoru między zainteresowanymi NSA, w tym określonych wyników prowadzonych działań, w celu zapewnienia wspólnego podejścia do sposobu postępowania w przypadku braku zgodności.

W oparciu o zapisy prawa wspólnotowego Prezes UTK zawarł porozumienia w zakresie wspólnego nadzoru z krajowymi organami bezpieczeństwa Litwy, Węgier i Czech już w 2015, 2016 i 2017 r. Ponadto obowiązujące pozostaje porozumienie między UTK i EBA (NSA Niemiec), dotyczące szeroko pojętej współpracy wymienionych organów, podpisane w 2011 r.

Z uwagi na wejście w życie IV pakietu kolejowego w części technicznej podjęte zostały działania ustalające projekty zaktualizowanych porozumień o współpracy. Głównym ich celem jest określenie zasad wydawania jednolitych certyfikatów bezpieczeństwa i zezwoleń na wprowadzenie do obrotu pojazdu obejmujących również stacje graniczne w sąsiednim państwie. Porozumienia te uwzględniają także obowiązki dotyczące nadzoru nałożone na państwa członkowskie i zastępują dotychczasowe dokumenty w tym zakresie.

W 2022 r. Prezes UTK podpisał nowe porozumienie z Dyrektorem litewskiego organu ds. bezpieczeństwa transportu – Lietuvos Transporto Saugos Administracija. W porozumieniu tym określone zostały zasady współpracy w odniesieniu do wydawania jednolitych certyfikatów bezpieczeństwa i zezwoleń na wprowadzenie do obrotu dla pojazdów poruszających się do stacji granicznych na linii kolejowej łączącej Polskę i Litwę. Podpisane porozumienie dotyczy transgranicznej linii kolejowej nr 51 Trakiszki – Mockava. Określa ono zasady współpracy w zakresie różnych zadań krajowych organów ds. bezpieczeństwa Polski i Litwy. Ustalenia ujęte w dokumencie są niezbędne dla sprawnego prowadzenia działań nadzorczych nad infrastrukturą kolejową łączącą Polskę i Litwę, a także nad operującymi na niej przewoźnikami.

### **Deklaracja w sprawie rozwoju kultury bezpieczeństwa w transporcie kolejowym**

Projekt Deklaracji w sprawie rozwoju kultury bezpieczeństwa w transporcie kolejowym zainicjowany został 17 marca 2016 r. Jego założeniem jest promowanie i nagradzanie aktywności zmierzających do podniesienia poziomu bezpieczeństwa transportu kolejowego. Zgłaszane i realizowane działania w ramach tego projektu mają prowadzić do zrównoważonego rozwoju branży kolejowej. Wszyscy Sygnatariusze składając podpis pod Deklaracją wyrażają chęć współpracy, polegającej na wymianie doświadczeń oraz wdrażaniu nowych, niestandardowych rozwiązań. Stałe poszerzanie grona Sygnatariuszy Deklaracji pozwala na przekazywanie tej idei kolejnym podmiotom rynku kolejowego oraz rozwój zasad kultury bezpieczeństwa w branży kolejowej. Wśród Sygnatariuszy Deklaracji znaleźli się: Minister Infrastruktury, Państwowa Komisja Badania Wypadków Kolejowych, Komendant Główny Policji, Główny Inspektor Ochrony Środowiska, zarządcy infrastruktury kolejowej, przewoźnicy, użytkownicy bocznic kolejowych, a także jednostki naukowe i badawcze, jednostki certyfikujące, kancelarie prawnicze, stowarzyszenia i media. Dotychczas Deklarację podpisało 266 podmiotów rynku kolejowego.

W ramach projektu corocznie organizowany jest Konkurs „Kultura Bezpieczeństwa w transporcie kolejowym”, który jest szansą dla Sygnatariuszy Deklaracji na promowanie dobrych praktyk i uzyskanie nagrody lub wyróżnienia w zakresie wprowadzanych innowacyjnych rozwiązań lub promowania właściwych postaw, które przyczyniają się do podnoszenia kultury bezpieczeństwa w transporcie kolejowym. Dotychczas w sześciu edycjach zgłoszono blisko 200 prac konkursowych, z czego 30 uhonorowano nagrodami Prezesa UTK. Organizacja Konkursu oprócz idei nagradzania



ciekawych rozwiązań stanowi również czynnik motywujący w działaniach zmierzających do podnoszenia poziomu bezpieczeństwa transportu kolejowego oraz jest elementem integrującym uczestników rynku kolejowego. Dzięki konkursowi niektóre z rozwiązań stały się inspiracją i zostały zaadaptowane w innych przedsiębiorstwach.

Prezes UTK organizuje także Forum Kultury Bezpieczeństwa, którego głównym celem jest promowanie działań podnoszących poziom bezpieczeństwa sektora kolejowego. Coroczna organizacja Forum pozwala na szerzenie zasad kultury bezpieczeństwa oraz podjęcie dyskusji nad ważnymi aspektami funkcjonowania systemu kolejowego, szczególnie w kontekście bezpieczeństwa tego sektora.

Dodatkowo projekt Deklaracji wzbogacony jest o wydawnictwa – Magazyn Kultury Bezpieczeństwa i Biuletyn Kultury Bezpieczeństwa, a także cykl filmów edukacyjnych.

### **Akademia Bezpieczeństwa Kolejowego**

Projekt „Akademia Bezpieczeństwa Kolejowego (ABK)”, finansowany ze środków Funduszu Spójności w ramach Programu Operacyjnego Infrastruktura i Środowisko 2014-2020 obejmuje z kolei działania edukacyjne – szkolenia i warsztaty z zakresu bezpieczeństwa kolejowego – skierowane do przedstawicieli rynku kolejowego oraz pracowników Urzędu Transportu Kolejowego (UTK) odpowiedzialnych za bezpieczeństwo systemu kolejowego. Projekt został zainicjowany w 2019 r. i ówczesnie funkcjonował jako Akademia UTK. Aktualnie trwa już druga edycja Akademii. Zasadniczym celem przedsięwzięcia jest kształtowanie bezpiecznego i konkurencyjnego oraz sprawnie funkcjonującego systemu kolejowego przez wyrównywanie poziomu wiedzy i kompetencji uczestników sektora transportu kolejowego. W spotkaniach mogą nieodpłatnie uczestniczyć przedstawiciele podmiotów rynku kolejowego, wzbogacając w ten sposób swoją wiedzę, a także doskonaląc umiejętności podczas warsztatów. Tematyka szkoleń obejmuje całe spektrum zagadnień związanych z funkcjonowaniem sektora kolejowego w Polsce, w tym aspekty techniczne, wymagania prawne, jak i ich praktyczne zastosowanie. Dotychczas [15] przeprowadzono 76 szkoleń, w których udział wzięło 8100 przedstawicieli podmiotów rynku kolejowego. Ponadto przeprowadzono ponad 100 szkoleń dla inspektorów Urzędu Transportu Kolejowego.

### **Centrum Egzaminowania i Monitorowania Maszynistów**

Warunkiem bezpieczeństwa procesu przewozowego w transporcie kolejowym jest zapewnienie właściwego przygotowania do zawodu oraz możliwość utrzymywania i podnoszenia kompetencji. W dotychczasowym stanie prawnym zarówno szkolenie, jak i egzaminowanie na licencję maszynisty oraz świadectwo maszynisty były realizowane przez ten sam podmiot – ośrodek szkolenia i egzaminowania, Taki stan rzeczy budził wątpliwości co do rzetelności i bezstronności oceny przygotowania do zawodu przyszłych maszynistów. Ponadto Prezes UTK z uwagi na obserwowany wzrost zdarzeń SPAD (Signal Passed At Danger) polegających na pominięciu sygnałów bądź wskaźników zabraniających dalszej jazdy, uznał za zasadne podjęcie działań, które zapewnią właściwe przygotowanie prowadzących pojazdy kolejowe do wykonywania zawodu oraz rzetelną weryfikację wiedzy i umiejętności kandydatów na maszynistów.

W efekcie inicjatywy Prezesa UTK od 1 stycznia 2023 r. zmianie uległy przepisy krajowe dotyczące przeprowadzania egzaminów na licencję i świadectwo maszynisty. Zgodnie z art. 13 ust. 1a pkt 1b ustawy o transporcie kolejowym [16] do zadań Prezesa UTK, w zakresie nadzoru nad podmiotami, których działalność ma wpływ na bezpieczeństwo ruchu kolejowego i bezpieczeństwo eksploatacji kolei, należy przeprowadzanie egzaminu dla kandydatów na maszynistów ubiegających się o uzyskanie licencji i świadectwa maszynisty. Proces egzaminowania prowadzony jest w Centrum Egzaminowania i Monitorowania Maszynistów funkcjonującego w strukturach Urzędu Transportu Kolejowego, które od 2023 r. jest jedynym ośrodkiem egzaminacyjnym dla osób wchodzących do zawodu maszynisty. Budowa Centrum odbyła się w ramach projektu „Poprawa bezpieczeństwa kolejowego poprzez budowę Systemu Egzaminowania i Monitorowania Maszynistów” współfinansowanego z Funduszy Europejskich ze środków Programu Operacyjnego Infrastruktura i Środowisko. Projekt otrzymał dofinansowanie w kwocie ponad 40 mln zł.

Egzaminy zostały wzbogacone o część praktyczną odbywającą się na symulatorze pojazdu kolejowego. Symulatorami można pokonać wirtualne trasy o długości ok. 7 090 km, będące odwzorowaniem rzeczywistych tras na polskiej sieci kolejowej. Cały kompleks ma powierzchnię niemal 1000 m<sup>2</sup> i umożliwi przeprowadzenie części teoretycznej egzaminu na licencję i świadectwo maszynisty dla 75 osób dziennie. Pierwsze egzaminy w Centrum Egzaminowania i Monitorowania Maszynistów zostały przeprowadzone w kwietniu 2023 r.

Ponadto w ramach projektu Prezes UTK rozpoczął prowadzenie centralnego rejestru maszynistów gromadzącego w jednym miejscu spójne i wiarygodne dane umożliwiające monitorowanie zatrudnienia i uprawnień maszynistów.

Wprowadzone zmiany zapewniają miarodajne, porównywalne i powtarzalne prowadzenie egzaminów dla wszystkich osób ubiegających się o te uprawnienia, a także – dzięki zastosowaniu symulatorów – dają możliwość praktycznej weryfikacji umiejętności przyszłych maszynistów.

### **Systemy monitorowania przejazdów kolejowo-drogowych**

Przyczyną większości zdarzeń na przejazdach kolejowo-drogowych jest nieprzestrzeganie obowiązujących przepisów ruchu drogowego przez kierowców. Aby poprawić bezpieczeństwo na przejazdach kolejowo-drogowych konieczne jest zatem podjęcie działań mających na celu skuteczne zdyscyplinowanie użytkowników dróg kołowych.

W tym celu opracowane zostały systemy monitorowania przejazdów kolejowo-drogowych, których celem jest zapewnienie ciągłej analizy obrazu z kamer zainstalowanych na przejazdach przez wyspecjalizowane oprogramowanie w celu identyfikacji i rejestrowania przypadków łamania przepisów prawa. Przykładem naruszeń, które mogą być wykryte przez system jest m.in. objeżdżanie zamkniętych rogatek, wjazd na przejazd mimo sygnału zabraniającego czy niezatrzymanie się przed znakiem „Stop”. Pozyskany w ten sposób materiał dowodowy, w postaci nagrania oraz numeru rejestracyjnego pojazdu naruszającego przepisy, może być automatycznie udostępniony do odpowiednich organów ścigania. Niezbędnym elementem tego procesu zdaje się być podjęcie przez te organy działań zmierzających do nałożenia kary za popełnione wykroczenie. Świadomość nieuchronności kary za naruszenia przepisów w obrębie przejazdów kolejowo-drogowych w znaczący sposób zwiększa stopień ich przestrzegania przez kierowców. Dodatkowo system może pełnić także rolę ostrzegawczą i zwracać uwagę kierowców na to, że zbliżają się do miejsca niebezpiecznego, ograniczając tym samym ryzyko związane z rozproszeniem uwagi kierowcy.

Prezesa UTK w ramach swojej działalności wspiera wdrożenie tego rodzaju systemów na polskiej sieci kolejowej. Z inicjatywy Organu od 2020 r. rozpoczęto testowanie tego rodzaju rozwiązań. Pierwsze wnioski wskazują, że w początkowej fazie testów system funkcjonuje z niemalże pełną skutecznością – kierowcy przestrzegają

obowiązujących przepisów ruchu drogowego. Niemniej jednak na dalszym etapie testów zaobserwowano tendencję do ponownego łamania zasad przekraczania przejazdów kolejowo-drogowych przez kierowców, którzy regularnie poruszają się w danej lokalizacji. Fakt ten wynika z braku uregulowań prawnych, które dawałyby możliwość nałożenia grzywny w drodze mandatu karnego na prowadzących pojazdy drogowe na podstawie dowodów przekazanych z systemu monitoringu zainstalowanego na przejeździe kolejowo-drogowym. Obszar ten wymaga podjęcia zmian legislacyjnych, które pozwolą w pełni wykorzystać możliwości systemów monitoringu i poprawić bezpieczeństwo w tym obszarze.

### **JUTRO – jak będzie wyglądał nadzór Prezesa UTK w przyszłości?**

W dużej mierze, aby odpowiedzieć na to pytanie, należy postawić inne – jak będzie wyglądała przyszłość transportu kolejowego w Polsce? Nadzór Prezesa UTK jest bowiem ściśle powiązany z tym w jaki sposób funkcjonuje transport kolejowy i z jakimi wyzwaniami się boryka.

#### *Przepisy kolejowe są pisane krwią*

Teza ta z pewnością nadal jest aktualna, jednak obecnie działania przedsiębiorstw zajmujących się transportem kolejowym kierunkuje się w taki sposób, aby w miejsce działań reaktywnych, sukcesywnie wprowadzać działania proaktywne. Z kreowaniem metod nadzoru Prezesa UTK jest podobnie – niegdyś reaktywne podejście, zastępuje się działaniem proaktywnym – czyli takim, które wraz ze wzrostem ryzyka prowadzonej przez dane przedsiębiorstwo działalności, niesie za sobą pewne konsekwencje nadzorcze. Ukierunkowany nadzór związany jest z identyfikacją obszarów, które wymagają natychmiastowego podjęcia odpowiednich działań lub takich, które wymagają doskonalenia. Kolejnym krokiem jest rozwijanie systemów w taki sposób, który nie tylko utrzyma odpowiedni poziom bezpieczeństwa, a zapewni jego stały, zrównoważony wzrost.

W skrajnych przypadkach Prezes UTK, dostrzegając brak możliwości albo woli przedsiębiorstw do podejmowania odpowiednich działań, nadal będzie sięgał po narzędzia, które całkowicie eliminują bezpośrednie zagrożenie bezpieczeństwa związane z prowadzoną przez dane przedsiębiorstwo działalnością. Niemniej jednak jednym z celów jest dążenie do ukształtowania rynku kolejowego w taki sposób, aby nie

występowały w nim podmioty, które generują nieakceptowalne ryzyko dla systemu kolejowego.

Wraz z rozwojem technologii na świecie zmienia się także transport kolejowy. Należy zaznaczyć, że zmiany te nie są tak dynamiczne, jak w przypadku chociażby transportu drogowego. Powodem tego jest między innymi to, że wdrażane nowoczesne technologie charakteryzują się innego rodzaju wyzwaniami – chociażby ze względu na proces dopuszczenia, konieczne badania i zazwyczaj małoseryjny charakter. W dużej mierze systemowy wpływ wdrażanych rozwiązań – np. wdrożenie Europejskiego Sterowania Ruchem Pociągów, niesie za sobą konieczność wieloaspektowego współdziałania wielu przedsiębiorstw i instytucji – z tego względu planowane jest długoterminowo.

Prezes UTK już teraz realizuje działania, które w przyszłości zaowocują wdrożeniem ETCS w polskim systemie kolejowym. W perspektywie do 2050 roku planowana jest instalacja przytorowej części systemu ETCS na ok. 42% polskiej sieci kolejowej, co oznacza że pozostała część sieci byłaby pozbawiona nowoczesnych systemów pozwalających na nadzór pracy maszynisty. Mając to na uwadze Prezes UTK podjął działania w celu wyposażenia pozostałej sieci w ETCS w wersji Limited Supervision. System ten pozwala na realizację zadań związanych z interoperacyjnością i bezpieczeństwem jazdy pociągu w ograniczonym zakresie, niemniej jednak znacząco wspomagającym nadzór w najbardziej wymagających obszarach.

Rozwój technologii to także rozwój środków nadzoru – i to w wielu aspektach – m.in. z punktu widzenia informatycznego, jak np. narzędzia wspomagające monitorowanie poziomu bezpieczeństwa w kraju, jak i poszczególnych wybranych obszarach (np. w obrębie danego przedsiębiorstwa), organizacyjnego (np. metodyka nadzoru), jak i środków technicznych, jak np. sprzęt pomiarowy – a jeszcze częściej hybryda wskazanych czynników.

Dobrym przykładem, przedstawiającym ewolucję związaną z aspektami organizacyjno-informatycznymi są zdarzenia kolejowe. Niegdyś pozycje liczone „ręcznie”, grupowane w poszczególne kategorie i lata, na bazie wcześniej przygotowanych papierowych tabel, obecnie realizowane na bazie arkusza kalkulacyjnego powiązanego z elektronicznym systemem dostępu do dokumentacji z każdego zdarzenia kolejowego,

który dostępny jest w każdym czasie z każdego miejsca na świecie, które ma dostęp do Internetu.

W przyszłości zapewne te i wiele innych danych (zarówno posiadanych przez UTK, jak i ogólnodostępnych) będą wprowadzane automatycznie, a systemy sztucznej inteligencji pozwolą na dowolną, kompleksową i szybką ich analizę, dodatkowo ze wskazaniem proponowanej formy i obszaru nadzoru – i to wszystko w kilka sekund. W tym miejscu może pojawić się wątpliwość – czy to nie wykluczy człowieka z całego procesu? Zapewne nie, tak samo jak arkusze kalkulacyjne, systemy baz danych i dostęp do Internetu tego nie uczyniły – a jedynie usprawniły jego pracę, jednocześnie minimalizując ryzyko błędu. Człowiek, pomimo dysponowania szeregiem nowoczesnych rozwiązań informatycznych oraz wspomagających, nadal będzie niezastąpionym ogniwem całego procesu. W dalszym ciągu będzie musiał posiadać niezbędną wiedzę, kwalifikacje i przygotowanie zawodowe, bo do niego będzie należała ostateczna decyzja w zakresie wyboru odpowiednich środków, zakresu i obszaru jaki ma być nadzorowany.

Negatywnym zjawiskiem towarzyszącym rozwojowi technologii informatycznych jest postępujący wzrost cyberzagrożeń. Już teraz istnieją systemy informatyczne, które są zarządzane przez Urząd Transportu Kolejowego, a zasilane przez podmioty rynku kolejowego. Konsekwencje płynące z potencjalnych cyberataków na tego typu narzędzia mogą być dotkliwe dla całego rynku kolejowego w Polsce. Niezbędne jest zatem podejmowanie działań mających na celu zapewnienie należytej ochrony tych systemów, w sposób ciągły i dostosowany do aktualnego postępu technologicznego. Prezes UTK w ciągu ostatnich 20 lat stale umacniał rolę człowieka – Inspektora – w kontekście prowadzonego nadzoru – wyposażając go w niezbędne narzędzia umożliwiające wykonywanie powierzonych mu zadań. Poprzez systemowe budowanie kwalifikacji (np. przy pomocy Akademii Bezpieczeństwa Kolejowego), stałego i bieżącego wsparcia przez ekspertów, dostępu do opisywanych już systemów czy zasobów technicznych, aż po wyposażenie ich w niezbędne narzędzia sprzęt oraz urządzenia i narzędzia pomiarowe. Te ostatnie na przestrzeni lat również ewoluowały – rozpoczynając od analogowych aż po zaawansowane elektroniczne. Obserwując rozwój urządzeń i przyrządów pomiarowych, z dużą dozą prawdopodobieństwa można stwierdzić, że inspektor w przyszłości będzie miał dostęp do szerokiej gamy autonomicznych urządzeń. Oprócz w pełni zautomatyzowanego pomiaru, będą analizowały jego wartości – odnosząc się do odpowiednich wytycznych. Już teraz można zauważyć w ofertach różnych

producentów częściowo autonomiczne pojazdy np. dokonujące pomiaru toru i to nie tylko jego parametrów geometrycznych – ale także wykonujące jednocześnie badania nieniszczące. Ponadto dzięki stałemu rozwojowi oprzyrządowania, prędkości wykonywania tych pomiarów są coraz większe, zwiększając jednocześnie efektywność całego procesu. W zakresie pomiarów punktowych – weryfikacja profilu powierzchni koła kolejowego, niegdyś żmudnie rejestrowana profilomierzem za pomocą kulistej końcówki pomiarowej – dzięki zaawansowanemu skanowaniu 3D lub odpowiednio ustawionych wiązek laserowych – możliwa jest po zbliżeniu czujnika do koła zestawu kołowego i w kilka chwil wyświetlana z pełną analizą na tablecie.

Budowanie roli Inspektora w kontekście nadzoru prowadzonego przez Prezesa UTK, nie będzie ograniczało się jedynie do aspektów technicznych i budowaniu kwalifikacji – będzie obejmowało także ubiór służący oznaczeniu przynależności i wykonywania określonej funkcji w Urzędzie Transportu Kolejowego. Oprócz oczywistych aspektów wizerunkowych, mundury podniosą autorytet pracowników wykonujących kontrole, wskazując jednocześnie na pełnioną służbę cywilną – przy jednoczesnej poprawie bezpieczeństwa oraz integralności Urzędu Transportu Kolejowego i wykonywanych zadań. Podsumowując powyższe – wprowadzane sukcesywnie narzędzia są i będą projektowane w taki sposób, aby tworzyć wzajemnie powiązaną infrastrukturę strukturalną. Jednocześnie dając pracownikom Urzędu Transportu Kolejowego – ale także uczestnikom rynku kolejowego – narzędzie, dzięki któremu poziom ryzyka będzie stale monitorowany, wraz z podaniem rozwiązań w jaki sposób, można to ryzyko zminimalizować. Dzięki innowacyjnym technikom sprawowania nadzoru, będzie on realizowany szybciej, skuteczniej i wszechstronnie – co za tym idzie realizowane kontrole i działania będą mogły być poszerzone o dodatkowe elementy i obszary.

*Przewidywanie jest bardzo trudne, szczególnie jeśli idzie o przyszłość.*

*- Niels Bohr*

W dalszej przyszłości można założyć, że rozwój narzędzi predykcyjnych pozwoli na syntetyczną analizę informacji z wielu źródeł począwszy od tych przekazanych z przedsiębiorstw, poprzez posiadane przez Prezesa UTK oraz ogólnodostępne, aż po te pozyskane przez autonomiczne systemy. Pozwoli to na reakcję i natychmiastowe wdrożenie odpowiednich działań, zanim dojdzie do zdarzenia kolejowego.



## BIBLIOGRAFIA

- [1] Dyrektywa Rady 91/440/EWG z dnia 29 lipca 1991 r. w sprawie rozwoju kolei wspólnotowych (Dz.U.UE.L.1991.237.25)
- [2] Dyrektywa 2001/12/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 26 lutego 2001 r. zmieniająca dyrektywę Rady 91/440/EWG w sprawie rozwoju kolei wspólnotowych (Dz.U.UE.L.2001.75.1)
- [3] Dyrektywa Rady 95/18/WE z dnia 19 czerwca 1995 r. w sprawie wydawania licencji przedsiębiorstwom kolejowym (Dz.U.UE.L.1995.143.70)
- [4] Dyrektywa 2001/14/WE z dnia 26 lutego 2001 r. w sprawie alokacji zdolności przepustowej infrastruktury kolejowej i pobierania opłat za użytkowanie infrastruktury kolejowej oraz przyznawania świadectw bezpieczeństwa (Dz. Urz. WE L 75 z 15.03.2001)
- [5] Dyrektywa 2004/49/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 29 kwietnia 2004 r. w sprawie bezpieczeństwa kolei wspólnotowych oraz zmieniająca dyrektywę Rady 95/18/WE w sprawie przyznawania licencji przedsiębiorstwom kolejowym, oraz dyrektywę 2001/14/WE w sprawie alokacji zdolności przepustowej infrastruktury kolejowej i pobierania opłat za użytkowanie infrastruktury kolejowej oraz certyfikację w zakresie bezpieczeństwa (Dz. Urz. UE L 164 z 30.04.2004, str. 44, z późn. zm.)
- [6] Ustawa z dnia 28 marca 2003 r. o transporcie kolejowym (Dz.U. Nr 86, poz. 789)
- [7] rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 21 listopada 2003 r. w sprawie trybu wykonywania kontroli przez Prezesa Urzędu Transportu Kolejowego (Dz.U. Nr 210, poz. 2046)
- [8] J. Raczyńska, Wdrażanie pierwszego pakietu kolejowego w Polsce na tle pozostałych państw członkowskich Unii Europejskiej, Technika Transportu Szynowego 10/2006;
- [9] Rozporządzenia Komisji (UE) Nr 1077/2012 z dnia 16 listopada 2012 r. w sprawie wspólnej metody oceny bezpieczeństwa w odniesieniu do nadzoru sprawowanego przez krajowe organy ds. bezpieczeństwa po wydaniu certyfikatu bezpieczeństwa lub autoryzacji bezpieczeństwa (Tekst mający znaczenie dla EOG) (Dz.U.UE.L.2012.320.3)

- [10] dane dotyczące zdarzeń w 2022 r. mogą ulec zmianie z uwagi na toczące się postępowania komisji kolejowych oraz trwający proces analizy
- [11] Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2016/798 z dnia 11 maja 2016 r. w sprawie bezpieczeństwa kolei (Dz.U.UE.L.2016.138.102)
- [12] rozporządzenie delegowane Komisji UE 2018/761 z dnia 16 lutego 2018 r. ustanawiające wspólne metody oceny bezpieczeństwa w odniesieniu do nadzoru sprawowanego przez krajowe organy ds. bezpieczeństwa po wydaniu jednolitego certyfikatu bezpieczeństwa lub autoryzacji w zakresie bezpieczeństwa na podstawie dyrektywy Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2016/798 i uchylającego rozporządzenie Komisji (UE) nr 1077/2012 (Dz. Urz. UE. L Nr 129, str.16)
- [13] P. Szczepaniak, A. Dąbrowska Nadzór oparty na ryzyku z perspektywy Prezesa Urzędu Transportu Kolejowego, Magazyn Kultury Bezpieczeństwa 2022
- [14] Rozporządzenie wykonawcze Komisji (UE) nr 402/2013 z dnia 30 kwietnia 2013 r. w sprawie wspólnej metody oceny bezpieczeństwa w zakresie wyceny i oceny ryzyka i uchylające rozporządzenie (WE) nr 352/2009
- [15] Według stanu na 5 maja 2023 r.
- [16] Ustawa z dnia 28 marca 2003 r. o transporcie kolejowym (Dz. U. z 2023 r. poz. 602)

## MOŻLIWOŚĆ WYKORZYSTANIA BEZZAŁOGOWYCH STATKÓW POWIETRZNYCH W DIAGNOSTYCE TOROWEJ

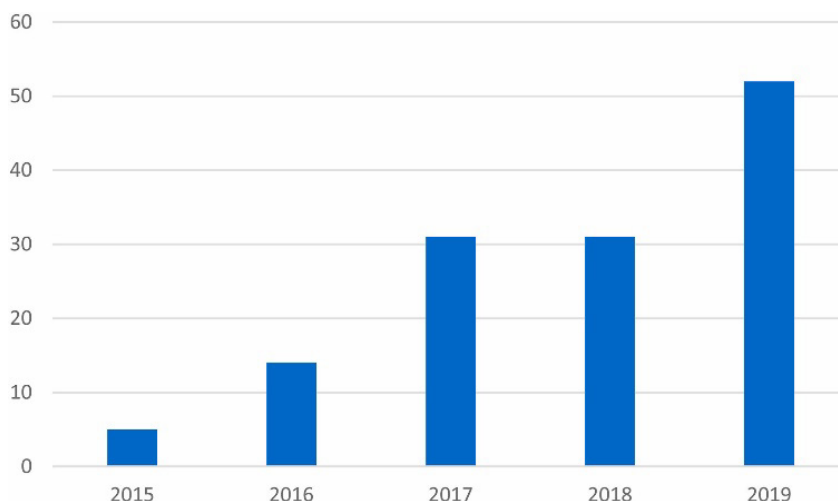
Magdalena Skiba

*Politechnika Wrocławska*

### Wstęp

Nazwa „drone”, w tłumaczeniu truteń lub brzęczenie, po raz pierwszy użyta została przez konstruktorów zdalnie sterowanych samolotów. Początki dronów sięgają 1930r. kiedy nastąpił gwałtowny rozwój technologii po I Wojnie Światowej [1]. Drony stosowane były do trenowania oddziałów przeciwlotniczych jako latające cele. Stopniowo stawały się coraz bardziej dostępne dla publicznej grupy odbiorców. Gwałtowny rozwój technologii bezzałogowych przyczynił się do popularyzacji opracowań z dziedziny fotogrametrii niskiego pułapu.

Temat zastosowania dronów jest obecnie niezwykle rozległy [2]. w 2022r. dokonano przeglądu literatury w zakresie potencjalnego wdrożenia dronów do systemu gospodarczego, w szczególności pod kątem możliwego zarządzania wdrożeniem i bieżącym użytkowaniem [3]. Jak wynika z wykresu 1 na przestrzeni lat 2015-2019 zaobserwowano aż 10-krotny wzrost ilości artykułów związanych z wykorzystaniem dronów.



Wykr.1. Liczba publikacji związanych z zarządzaniem dronami (w tym studiów przypadków ich wykorzystania) [5]

W tabeli 1 przedstawiono wkład krajów w publikacje o wspomnianej tematyce.

Tab. 1 krajów i regionów wnoszących największy wkład w publikacje o tematyce związanej dronami w latach 2015-2019

Country	Affiliated publications	Regions	Affiliated Publications
USA	58	Europe/USA	58
China	25	East Asia	27
Australia	22	China	25
South Korea	21	Australasia	22
India	17	South Asia	19
Italy	11	Europe related	9
France	10	Middle East, North America, SE Asia	6
Germany	8	South America	4
United Kingdom	7	Africa	1
Canada	6		

Jak wynika z tabeli 1 największy wkład w publikacje o tematyce związanej z dronami w latach 2015-2019 miały Stany Zjednoczone, a zaraz po nich Chiny, Australia i Korea Południowa. Widoczne są również działania krajów europejskich.

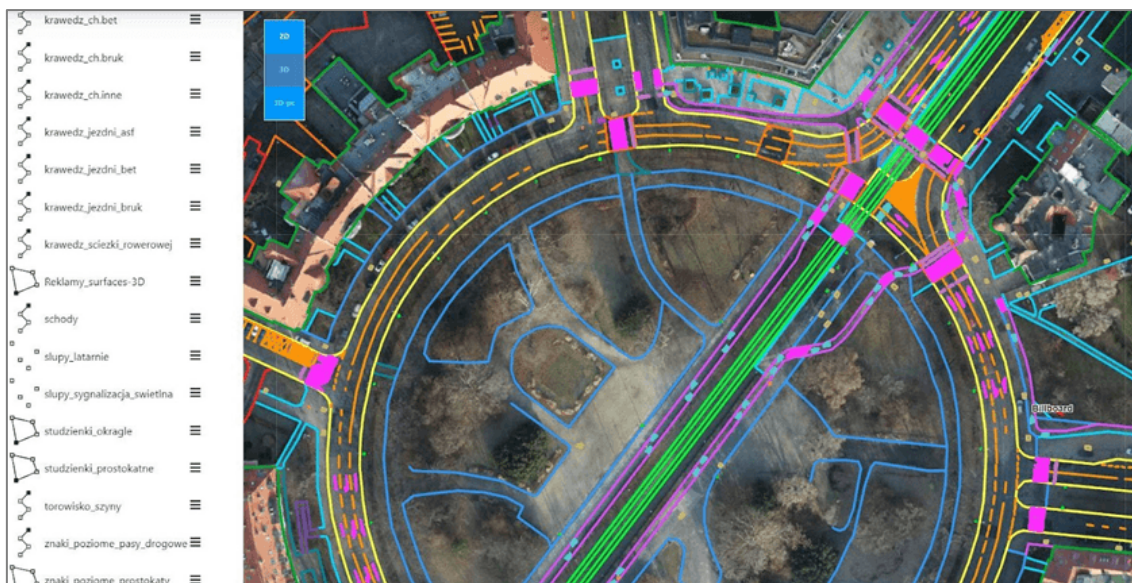
Obecnie również w Polsce można zauważyć wzrost literatury obejmującej zagadnienia dotyczące wykorzystania dronów. Oprócz wspomnianych wcześniej zastosowań wojskowych drony zaczęto używać także do monitorowania stanu powietrza m.in. we Wrocławiu, Krakowie i Katowicach[4,5]. w najnowszych artykułach opisuje się ich bieżące zastosowania do inspekcji morskich farm wiatrowych[6], identyfikacji uszkodzeń nawierzchni[7], pomiarów terenu, badań termowizyjnych, monitorowania postępów prac[8] czy kontroli stanu technicznego rusztowań[9]. Rozważa się również ich przyszłościowe wykorzystanie do oprowadzania wycieczek, niewidomych oraz podczas misji ratunkowych [10].

### 1. Sposoby wykorzystania dronów na potrzeby realizowanych inwestycji

Przeloty wykonywane za pomocą dronów to szczególna forma pozyskiwania danych. Ich wykorzystanie pod kątem realizowanych oraz utrzymywanych inwestycji można podzielić w następujący sposób:

a) w pierwszej kolejności należy wyróżnić zastosowanie do filmowania i fotografowania obiektów liniowych, zarówno w celach marketingowych jak również dlaskuteczniejszego sprawowania nadzoru. na miejskich portalach społecznościowych m.in. Wrocławia [11,12] regularnie zamieszczane są filmiki, również w trybie timelapse, przedstawiające postępy realizowanych inwestycji. w taki sposób nagrywane są przede wszystkim inwestycje drogowe, tramwajowe i kolejowe [13] ze względu na swój rozległy obszar. Jest to prosty a zarazem skuteczny sposób, dzięki któremu bardzo szybko można udokumentować i przedstawić realizowaną inwestycję liniową.

b) w ramach pilotażowego projektu wrocławski magistrat wspólnie z Zespołem Doradców Gospodarczych TOR i firmą SkySnap przeprowadził przelot dronem nad wybranymi obszarami w celu inwentaryzacji infrastruktury drogowej. Uzyskano dane w wersji wektorowej (rys. 1) takie jak: krawędzie dróg, szerokości dróg, szerokości pasa ruchu, poziomych znaków drogowych, oznaczenia linii, słupów sygnalizacji świetlnej, słupów trakcyjnych, latarni oraz reklam w pasie drogowym. Testowe pomiary wykonano w ramach działania pro bono [14].



Rys.1. Dane analityczne pozyskane w rejonie ulicy Powstańców Śląskich we Wrocławiu [12]

Pozyskiwanie w ten sposób danych miałoby na celu np. monitorowanie oznakowania poziomego tj. jego stanu oraz wytypowania ewentualnych odcinków zawierających braki, a w takim przypadku stwierdzenie konieczności odtworzenia oznakowania poziomego.

c) Podczas realizowanych inwestycji na terenie Wrocławia wielokrotnie wykonywano naloty dronem przez firmy realizujące daną inwestycję. Zdjęcia z nalołów

pomagają w precyzyjnej wycenie inwestycji w celu złożenia oferty inwestorowi. Ponadto stanowią solidną inwentaryzację, niejednokrotnie bardzo złożonego, obiektu liniowego. Jest to przydatne np. w sytuacjach spornych w zakresie pierwotnego stanu terenu przyległego oraz podejrzenia co do ingerencji wykonawcy w zakres niebędącym przedmiotem inwestycji.

d) Rozważa się również wykorzystanie dronów do stałego nadzorowania stanu torowisk kolejowych[15]. Powyższa technologia miałaby zastąpić osoby zajmujące się przejściami kontrolnymi na przydzielonym odcinku kolejowym. Koncepcja wprowadzenia takiej formy oględzin została przedstawiona podczas XI International Symposium of Young Researchers, które odbyło się 27. czerwca 2022 roku w Katowicach.

O ile sposoby użycia dronów wskazane w punktach a) – c) to praktyczne zastosowania nie budzące żadnych wątpliwości, o tyle zastosowanie wskazane w punkcie d) zmusza do głębszej analizy.

## **2. Badania diagnostyczne torów kolejowych**

### **2.1. Podział badań**

Podstawowym obowiązkiem każdego zarządcy (m.in. PKP Polskie Linie Kolejowe S.A., Dolnośląska Służba Dróg i Kolei we Wrocławiu, PKP Szybka Kolej Miejska w Trójmieście Spółka z o.o., Warszawska Kolej Dojazdowa Spółka z o.o., Pomorska Kolej Metropolitalna S.A.) jest utrzymywanie infrastruktury kolejowej w stanie zapewniającym bezpieczne prowadzenie ruchu kolejowego.

Zakres oraz częstotliwość badań i oględzin regulują instrukcje Id, które stanowią podstawowe wytyczne obowiązujące na terenie linii kolejowych.

Zgodnie z Instrukcją **Id-1**[16] diagnostyka nawierzchni obejmuje:

- 1) oględziny, badania i pomiary,
- 2) analizę, ocenę i interpretację wyników,
- 3) opracowanie wniosków i zaleceń eksploatacyjnych oraz utrzymaniowych,
- 4) rejestrację i archiwizację wyników badań i pomiarów”.

Kolejne instrukcje stanowią usystematyzowane wytyczne:

1. Zakres i częstotliwość oględzin oraz badań technicznych rozjazdów określono w instrukcji **Id-4**[17].

2. Zakres i częstotliwość stałego dozoru linii kolejowych określono w instrukcji **Id-7**[18].
3. Zakres i częstotliwość diagnostyki nawierzchni kolejowej określono w instrukcji **Id-8**[19].

## 2.2. Dokumentacja pokontrolna

Wyniki z pomiarów oraz obserwacje z oględzin zamieszczone są między innymi:

- na taśmie z dreżyny pomiarowej,
- w protokole z objazdu,
- w dzienniku pomiaru przemieszczeń szyn na punktach stałych,
- na kartach badania defektoskopowego szyn,
- w arkuszu badania rozjazdu,
- książki D803 - książki kontroli obchodów,
- książki D830 - książki badania technicznego rozjazdów, skrzyżowań torów w jednym poziomie oraz wyrzutni płóz hamulcowych na górkach rozrządowych,
- książki D831 - książki oględzin rozjazdów, skrzyżowań torów w jednym poziomie oraz wyrzutni płóz hamulcowych na górkach rozrządowych,
- książki D972 w książce kontroli stanu toru.

## 2.3. Rodzaje diagnozowanych wad

Podczas badań diagnostycznych wykrywane są następujące usterki:

- pęknięcie szyny (zdj.1),
- wadliwe szyny (zdj.2,6),
- wadliwe rozjazdy (zdj.3,4),
- wyboczenie lub deformacja toru,
- niewłaściwe działanie rozjazdu,
- brak przytwierdzenia,
- zużyte podkłady (zdj.7),
- zastosowany niewłaściwy element (zdj.8),
- zużycie elementów,
- niewłaściwe wymiary (prześwit, przechyłka),
- zużycie boczne i zużycie pionowe (zdj.5),
- wady kontaktowo-zmęczeniowe,



- zużycie faliste,
- wybuksowanie,
- miejscowe wgniecenie powierzchni tocznej,
- wychłapy.



Zdj.1. Pęknięcie szyny.



Zdj.2. Wadliwe połączenie.



Zdj.3,4. Wyszczerbienie dzioba krzyżownicy.







Zdj.5. Boczne zużycie główki szyny w rozjeździe



Zdj.6. Wadliwe szyny



Zdj.7. Zużyte podkłady



Zdj.8. Wadliwy styk

## 2.4. Zalecenia pokontrolne

Zgodnie z instrukcją Id-1 wyniki badań diagnostycznych, stanowią podstawę do podejmowania decyzji w zakresie między innymi:

- wnioskowania trwałej lub okresowej zmiany parametrów techniczno - eksploatacyjnych toru (przekwalifikowania toru do innej klasy, lokalne ograniczenia prędkości, zmiany dopuszczalnych nacisków osi itp.),
- określania rodzaju, zakresu, miejsca i terminu przeprowadzenia napraw,
- zmian terminów i zakresu okresowo wykonywanych badań diagnostycznych,
- pozostawienia toru w dotychczasowej klasie [16].

Do najczęstszych zaleceń pokontrolnych można zaliczyć:

- wymianę szyny (fragmentu),
- nasunięcie toru,
- uzupełnienie elementów przytwierdzeń,
- regulację rozjazdu,
- wymianę podkładów (zdj.10),
- wymianę elementów,
- regulację w planie i profilu,
- wymianę podbudowy na wskazanym odcinku,
- oczyszczenie rowów,
- wycinkę/koszenie w celu zachowania trójkąta widoczności na przejeździe,
- zmianę kategorii przejazdu,
- zamknięcie toru,
- ograniczenie prędkości na danym odcinku toru,
- wymianę płyt na przejeździe,
- uzupełnienie oznakowania,
- oczyszczenie i uzupełnienie podsypki tłuczniowej (zdj.9).





Zdj.9.Oczyszczanie podsypki tłuczniowej oczyszczarką torową RM80. Zdj.10.Wymiana podkładów

## 2.5.Dodatkowe działania kontrolne

Aby zapewnić najwyższy poziom bezpieczeństwa kolejowego corocznie prowadzone są dodatkowe kontrole przez organ nadzorczy. Zgodnie ze sprawozdaniem[20] z kontroli przeprowadzonej w 2019 roku wykazano następujące nieprawidłowości pojawiające się w obszarze bezpieczeństwa eksploatacji infrastruktury kolejowej:

- a) stan techniczny i proces utrzymania infrastruktury kolejowej, w tym obiektów inżynierskich:
  - nieprawidłowe utrzymanie nawierzchni kolejowej,
  - brak realizacji zaleceń i usuwania usterek wskazanych w protokołach diagnostycznych w zakresie utrzymania nawierzchni,
  - brak znaków kilometrowych i hektometrowych przy torach,
  - usytuowane drzew i krzewów w odległości mniejszej niż 15 m od osi skrajnego toru,
  - brak zachowania skrajni budowli w torze (usypy na torze),
  - dzikie przejścia,
  - zastoiska wody przy torze,
- b) stan techniczny, proces utrzymania i klasyfikacja skrzyżowań linii kolejowych z drogami publicznymi:
  - niewłaściwy stan techniczny nawierzchni przejazdów (zdj.11,12),
  - niewykonane zalecenia po badaniu technicznym przejazdu,
  - niewłaściwe utrzymanie żłobków na przejazdach kolejowo–drogowych,
  - brak nadzoru nad stanem oznakowania przejazdów,
  - brak znaków drogowych poziomych na przejeździe,

- brak wymaganej widoczności,
- zanieczyszczenie podsypki (zachwaszczenie) w okolicy przejazdu,
- nieodpowiednie barierki zabezpieczające przejście,
- brak odwodnienia przejazdu.



Zdj.11. Przesunięcia płyt



Zdj.12. Ubytki nawierzchni przejazdu

Podobne nieprawidłowości powtórzyły się w sprawozdaniu z roku 2021[21]. Dodatkowo zwrócono uwagę na *nienależyty nadzór nad oględzinami torów*. Należy mieć na uwadze, że w przypadku wystąpienia i odnotowania poważnych uchybień, organ kontrolny może wydać decyzje wprowadzające ograniczenia ruchu kolejowego lub całkowicie wstrzymujące ruch.

### 3. Analiza możliwości wykorzystania dronów

Jak wynika z powyższego opracowania, diagnostyka nawierzchni kolejowej jest niezwykle istotnym zadaniem. Niezawodne funkcjonowanie infrastruktury torowej na liniach kolejowych nie byłoby możliwe bez prawidłowego utrzymania nawierzchni [22].

Z danych zarządcy infrastruktury kolejowej w Polsce zawartych w raporcie [20] za 2019r. wynika, że 60,3% infrastruktury zostało ocenione jako będące w stanie dobrym, 20,2% w stanie dostatecznym, a 19,5% w stanie niezadawalającym (z czego 7,3% w stanie złym). w 2019r., drugi rok z rzędu, odnotowano wzrost udziału infrastruktury kolejowej zakwalifikowanej do grupy o niezadawalającym oraz złym stanie technicznym.

Bieżąca ocena stanu torów to niezwykle odpowiedzialne zadanie. Utrzymanie torowisk w należytym stanie wpływa przede wszystkim na bezpieczeństwo użytkowników. Pojawiają się zatem wątpliwości czy zadanie oceny stanu torów można powierzyć maszynie oraz czy zebrane przy pomocy dronów dane wystarczyłyby do zapewnienia bezpieczeństwa na liniach kolejowych.

W instrukcji **Id-8** [19] wymieniono i zdefiniowano rodzaje badań diagnostycznych:

- 1) Obchody normalne (ogłędziny) torów.
- 2) Objazdy linii w kabinie maszynisty pojazdu kolejowego lub w ostatnim wagonie pociągu.
- 3) Badania techniczne (przeglądy) torów.
- 4) Pomiary bezpośrednie torów.
- 5) Pomiary torów pojazdami pomiarowymi.
- 6) Pomiary przesunięć toków szynowych toru bezстыkowego.
- 8) Ogłędziny rozjazdów.
- 9) Badania techniczne (przeglądy) rozjazdów.
- 10) Badania techniczne (przeglądy) wstawek międzyrozjazdowych.
- 11) Badania techniczne (przeglądy) przyrządów wyrównawczych.
- 12) Badania techniczne (przeglądy) wyrzutni płyt hamulcowych i szyn w hamulcach torowych.

Należy założyć, że zaproponowany sposób diagnozowania torowisk kolejowych z wykorzystaniem dronów[15] odnosi się wyłącznie do **obchodów normalnych**, przeprowadzanych przez toromistrza lub dróżnika obchodowego, stanowiących podstawową formę dozoru. Obchody tego typu wykonywane są z następującą częstotliwością:

- dla torów szlakowych oraz głównych zasadniczych – raz na 14, 10, 7, 5 dni lub 2 razy w tygodniu w zależności od klasy intensywności obciążenia,
- dla pozostałych torów stacyjnych (tory główne dodatkowe, tory boczne) – raz na 14, 10 lub 7 dni,
- dla torów czasowo wyłączonych z eksploatacji lub zamkniętych – raz na 6 miesięcy.

Osoba wykonująca obchód ma zadanie sprawdzić między innymi:

- stan i kompletność przytwierdzeń (tj. śruby, nakrętki, itp.),

- stan i kompletność podkładów,
- stan podłoża (ewentualne wychłapy, osuwiska).

Z uwagi na wymaganą częstotliwość oraz niejednokrotnie rozległe zakresy podlegające dziennym obchodom wykorzystanie nowoczesnego sprzętu mogłoby przyczynić się do skuteczniejszego, szybszego i bezpieczniejszego prowadzenia oględzin.

Wprowadzenie monitoringu z wykorzystaniem dronów niewątpliwie spowodowałoby konieczność utworzeniu specjalistycznych stanowisk do prowadzenia przelotów dronami oraz kontroli odczytów[23]. Należałoby przeanalizować zakres wymaganych zezwoleń i uprawnień dla osób realizujących powyższy rodzaj kontroli, konieczność przeszkolenia dotychczas zatrudnionych pracowników analizujących zebrane dane komputerowe, a przede wszystkim zasadność ograniczenia bezpośredniego kontaktu z torowiskiem na poczet wprowadzenia nowej technologii.

Inspekcja torów kolejowych z wykorzystaniem dronów nie jest już tylko zestawem powyższych wątpliwości. To proces, który od kilku lat dzieje się na całym świecie. Dane z dronów okazały się w ostatnim czasie bardzo popularne wśród naukowców ze względu na uzyskiwanie wysokiej jakości obrazów, które zawierają szereg informacji do monitorowania i analizy [24].

### **Wnioski**

Zgodnie z definicją zawartą w *Instrukcji diagnostyki nawierzchni kolejowej*[16] zarówno oględziny jak i badania techniczne polegają przede wszystkim na ocenie wizualnej. Wskazane w niniejszym opracowaniu nieprawidłowości takie jak wady szyn, rozjazdów i podkładów oraz brakujące lub zużyte elementy (przytwierdzenia, znaki) nie wymagają bezpośredniej obecności człowieka i mogą być wychwycone z udokumentowanych zdjęć lub filmów. Właściwe wykorzystanie nowych technologii do odciążenia pracowników z obowiązku charakteryzującego się zarówno wysiłkiem fizycznym jak i umysłowym (konieczność koncentracji uwagi ze względu na wykonywanie obchodów na czynnych liniach kolejowych, po których prowadzony jest stały ruch) mogłoby przyczynić się nie tylko do oszczędności czasu, ale przede wszystkim do poprawy bezpieczeństwa pracowników kontrolujących stan torów.

Obecnie dąży się do unowocześniania sposobów pomiarowych z wykorzystaniem dronów[25]. Dzięki temu możliwy jest nieprzerwany pomiar bez konieczności bezpośredniego udziału człowieka. Pomiary takie wydają się być zatem dobrym



rozwiązaniem. Ocena wizualna torowisk kolejowych z wykorzystaniem dronów, w zastępstwie za pieszą ocenę torów podczas obchodów normalnych, wpłynęłaby na zminimalizowanie występowania sytuacji niebezpiecznych z udziałem pracowników kolei. Ponadto zastosowanie dronów spowodowałoby zwiększenie dziennych obszarów objętych monitoringiem ze względu na możliwość szybszego przeprowadzenia nalotów w celu zebrania danych oraz ich natychmiastowej analizy i niezwłocznego wprowadzenia niezbędnych działań naprawczych. Nie rozpatruje się wykorzystywania dronów do realizowania innych typów badań diagnostycznych wymienionych w instrukcji Id-8.

### **Bibliografia**

[1] <https://interestingengineering.com/innovation/a-brief-history-of-drones-the-remote-controlled-unmanned-aerial-vehicles-uavs> (dostęp 11.03.2023r.)

[2] Li, X. Kim, J.H. Managing disruptive technologies: Exploring the patterns of local drone policy adoption in California, *Cities*, Vol. 126, 2022

[3] Merkert, R. Bushell, J. Managing the drone revolution: a systematic literature review into the current use of airborne drones and future strategic directions for their effective control,

*Journal of Air Transport Management*, Vol. 89, 2020,

[4] <https://www.themayor.eu/en/a/view/drones-monitor-compliance-with-ban-on-burning-coal-and-wood-in-krakow-3685> (dostęp 11.03.2023r.)

[5] <https://www.thedrive.com/article/17965/the-polish-city-of-katowice-is-using-a-drone-to-combat-smog> (dostęp 11.03.2023r.)

[6] Dzido, H. Wykorzystanie dronów w inspekcjach morskich farm wiatrowych OFFSHORE, *Przegląd Komunikacyjny*, 2022, Vol. 2-3

[7] Mackiewicz, P. Mączka, E. Wykorzystanie drona w identyfikacji uszkodzeń nawierzchni, *Przegląd Komunikacyjny*, 2022, Vol. 2-3

[8] Szóstak, M. Nowobilski, T. Zastosowanie bezzałogowych statków powietrznych w budownictwie, *Przegląd Komunikacyjny*, 2022, Vol. 2-3

[9] Nowobilski, T. Szóstak, M. Kontrola stanu technicznego rusztowań budowlanych z wykorzystaniem bezzałogowych statków powietrznych, *Przegląd Komunikacyjny*, 2022, Vol. 2-3

- [10] Cwojdziński, L. Perspektywy rozwoju i wykorzystania Bezzałogowych Systemów Latających, Przegląd Komunikacyjny, 2022, Vol. 2-3,
- [11] Próby obciążeniowe na moście Dmowskiego we Wrocławiu w dniu 05.04.2023r.: <https://fb.watch/jLjPLaQPEI/> (dostęp 07.04.2023r.)
- [12] Nasuwanie jednoprzęsłowego Mostu Północnego, Mosty Chrobrego we Wrocławiu, 12-14.10.2023r.: <https://fb.watch/jLkae7QAb9/> (dostęp 07.04.2023r.)
- [13] <https://raportkolejowy.pl/drony-w-sluzbie-plk/> (dostęp 26.03.2023r.)
- [14] <https://www.wroclaw.pl/dla-mieszkanca/drony-pomoga-zdobyc-dane-o-infrastrukturze> (dostęp 11.03.2023r.)
- [15] Batko, M. Butor, A. Konieczny, J. Labisz, K. Assessment of selected elements of railway infrastructure with the use of unmanned aerial vehicles. XI International symposium of young researchers. 27.06.2022. Katowice
- [16] Id - 1 (D - 1) „Warunki techniczne utrzymania nawierzchni na liniach kolejowych”, PKP Polskie Linie Kolejowe S.A., Warszawa 2005 2005
- [17] Id-4 „Instrukcja o oględzinach, badaniach technicznych i utrzymaniu rozjazdów”, PKP Polskie Linie Kolejowe S.A., Warszawa 2015
- [18] Id-7 Instrukcja o dozorowaniu linii kolejowych. Warszawa: PKP Polskie Linie Kolejowe S.A.,
- [19] Id- 8 „Instrukcja diagnostyki nawierzchni kolejowej”, PKP Polskie Linie Kolejowe S.A., Warszawa 2005
- [20] Sprawozdanie ze stanu bezpieczeństwa ruchu kolejowego, Urząd Transportu Kolejowego, 2019r.
- [21] Sprawozdanie ze stanu bezpieczeństwa ruchu kolejowego, Urząd Transportu Kolejowego, 2021r.
- [22] <https://docplayer.pl/48051296-Diagnostyka-nawierzchni-kolejowej.html> (dostęp 11.03.2023r.). Oleksiewicz, W. Diagnostyka nawierzchni kolejowej, 29.11.2016 r.
- [23] Ayamga, M. Akaba, S. Nyaaba, A.A. Multifaceted applicability of drones: a review, Technological Forecasting and Social Change, Vol.167, 2021,
- [24] Singh, A.K. Swarup, A. Agarwal, A. Singh, D. Vision based rail track extraction and monitoring through drone imagery, ICT Express, Vol.5, Issue 4, 2019,

[25] <https://newatlas.com/drones/staaker-bg-300-railway-inspection-drone/>  
(dostęp 11.03.2023r.)

## ERGONOMIA NA STANOWISKU PRACY DYŻURNEGO RUCHU

**Nikodem Wiśniewski, Janusz Gołaszewski**

*Zespół Szkół Logistycznych we Wrocławiu  
Technikum nr 12 im. Stanisława Staszica*

### 1. WSTĘP.

Jednym z najważniejszych zagadnień kolejnictwa jest prowadzenie ruchu kolejowego, każdy człowiek korzystający z usług kolei, spotyka się z tym zjawiskiem na co dzień. Osobami odpowiedzialnymi za prowadzenie ruchu pociągów są pracownicy posterunków nastawczych: dyżurni ruchu, nastawniczowie i zwrotniczowie. Ci ostatni podlegają i wykonują czynności nastawcze na polecenie dyżurnego ruchu. To on prowadzi ruch kolejowy na swoim posterunku i przyległych szlakach. Obsługuje urządzenia sterowania ruchem celem realizacji przebiegów pociągowych, jak i manewrowych. Prowadzi dokumentację związaną z ruchem pociągów. Miejszem jego pracy jest nastawnia. Praca odbywa się według harmonogramu dyżurów w systemie zmianowym – 12 godzinnym, a także w systemie ciągłym tj. w dni powszednie, święta (dyżur dzienny i nocny). z uwagi na to, że stanowisko to wiąże się z bardzo dużą odpowiedzialnością, dyżurni ruchu powinni mieć zapewnione jak najbardziej dogodne warunki do wykonywania swojej pracy, które będą wpływać korzystnie na ich stan zarówno psychiczny, jak i fizyczny.

Ze zdrowotnego punktu widzenia dyżurni ruchu narażeni są na m.in.:

- nadmierny hałas (mogący wywoływać agresję);
- działania pola elektromagnetycznego (powodującego znużenie);
- czynniki psychofizyczne, do których zalicza się obciążenie fizyczne oraz obciążenie nerwowo –psychiczne (obciążenie umysłu, obciążenie emocjonalne – stres);
- zmiany chorobowe zachodzące w organizmie (spowodowane pracą w nocy);
- przewlekłe choroby układu nerwowego;
- przewlekłe choroby narządu wzroku;
- zespół stresu przewlekłego.

### 2. OBECNE STANOWISKA STEROWANIA.

Na stanowiskach sterowania ruchem pociągów istotne jest spełnienie wymagań ergonomii w zakresie rozmieszczenia elementów stanowiska pracy oraz możliwości

przyjęcia przez pracownika wygodnej, niewymuszonej pozycji ciała. Np. zbyt duża liczba przyrządów, czy nadmiar obsługiwanych urządzeń na niewielkiej przestrzeni lub ich niewłaściwe rozmieszczenie może powodować stres, rozdrażnienie, jak i zmęczenie. Jednym z czynników, powodujących poważne zmiany zdrowotne jest nieprawidłowe oświetlenie - prowadzi ono do nadmiernego zmęczenia narządu wzroku, jego dolegliwości, spadku wydajności pracy i bólu głowy. Mało tego, może powodować pogłębienie się wad wzroku.

Urządzenia sterowania ruchem kolejowym (srk) na posterunkach nastawczych, są różne począwszy od urządzeń mechanicznych, elektrycznych, poprzez te najnowsze komputerowe.

W artykule przedstawimy porównanie stanowiska dyżurnego ruchu wyposażonego w urządzenia przekąźnikowe (starszego typu) oraz urządzenia komputerowe (nowszej typu).



Rys 1. Stanowisko sterowania starszego typu - pulpit kostkowy (fot. N. Wiśniewski)



Rys. 2 Stanowisko sterowania nowszego typu (fot. O. Olejnik)

W urządzeniach starszego typu wszelkie czynności nastawcze wykonuje za pomocą pulpitu kostkowego, który występuje w różnych formach w zależności od wielkości okręgu nastawczego. Pulpit kostkowy został zaprojektowany w taki sposób, że pozwala on na pracę zarówno w pozycji siedzącej, jak i pozycji stojącej. Pracownik obsługi przyjmuje pozycje taką, jaka jest mu wygodna do obsługi urządzeń nastawczych. Polecenia nastawcze wprowadza za pomocą odpowiednich przycisków trój- lub dwupołożeniowych, zainstalowanych przy powtarzaczach semaforów, tarcz manewrowych, blokad liniowych, czy szczelinach rozjazdu.

Wprowadzone w ostatnich latach komputerowe urządzenia srk sprawiły, że stanowisko operatorskie znacznie zmieniło się. W urządzeniach nowszego typu zobrazowanie układu torowego danego posterunku, wraz ze stanem urządzeń zewnętrznych mamy zobrazowane na monitorach. Urządzenia te pozwoliły na automatyzację, a także rejestrację wielu czynności nastawczych, wspomagając przy tym pracę dyżurnego ruchu. Sterowanie urządzeniami odbywa się poprzez wprowadzanie odpowiednich poleceń, za pomocą myszki lub klawiatury.

### 3. PRZEPROWADZONE ANALIZY WARUNKÓW PRACY

W celu zapoznania się z ergonomią pracowników, którzy obsługują obydwa typy urządzeń srk zebraliśmy nasze analizy i oceny z 10 nastawni, z polskiej sieci kolejowej. Nastawnie nowszego typu oznaczyliśmy jako - 1,3,5,7 i 9. Nastawnie starszego typu oznaczyliśmy jako 2,4,6,8 i 10.

Tab.1 Ocena stanowisk sterowania.

Wymagania	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Monitor jest ustawiony odpowiednio względem pracownika	Tak	Tak	Tak	Tak	Tak	Nie	Tak	Tak	Tak	Nie
Wyświetlane znaki są czytelne	Tak	Tak	Tak	Tak	Tak	Tak	Tak	Tak	Tak	Tak
Stanowisko jest prawidłowo usytuowane względem okien	Tak	Tak	Nie	Tak	Tak	Nie	Tak	Tak	Tak	Tak
Zapewnione jest prawidłowe oświetlenie sztuczne	Tak	Nie	Tak	Tak	Tak	Tak	Tak	Tak	Tak	Nie

Konstrukcja biurka jest odpowiednia	Nie	Tak	Tak	Tak	Nie	Tak	Tak	Tak	Tak	Tak
Monitor znajduje się w wymaganej odległości od oczu	Tak	Tak	Tak	Tak	Tak	Tak	Tak	Tak	Tak	Tak
Krzesła posiadają regulowane podłokietniki	Nie	Nie	Tak	Tak	Nie	Tak	Tak	Nie	Nie	Tak
Stanowisko drugiego pracownika znajduje się w wymaganej odległości	Tak	Tak	Tak	Nie	Tak	Tak	Tak	Tak	Nie	Nie

W przypadku urządzeń starszego typu, większe pulpity nastawcze wymuszają na pracowniku, przyjmowanie pochylonej pozycji, która może powodować problemy.

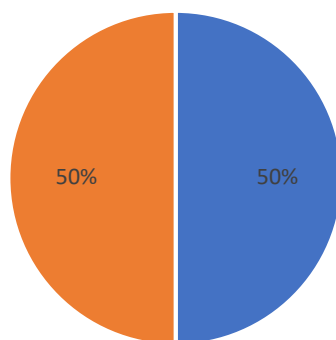
W obu przypadkach urządzeń srk stwierdziliśmy zbyt wysokie ustawienie monitorów komputerowych. Brak komfortu pozycji pracy wynikający z braku miejsca na nogi, ze względu na konstrukcje biurek, które ograniczają miejsce na nogi (m.in. zbyt grube blaty stołów). w przypadku niewłaściwie rozmieszczonych monitorów np. ich zbyt wysokie ustawienie, w czasie obserwacji wymusza zbyt duże odchylenie głowy do tyłu, co może powodować dolegliwości i choroby kręgosłupa szyjnego u pracowników. Nieodpowiednie konstrukcje biurek, czy krzesel są niekorzystne z punktu widzenia obciążenia układu mięśniowo – szkieletowego i konieczności przyjmowania niewygodnych pozycji ciała. Niekiedy pracownicy muszą pochylać się nad biurkami, taka pozycja powoduje większe obciążenie kręgosłupa lędźwiowego i sprzyja powstawaniu dolegliwości i chorób układu mięśniowo – szkieletowego.

#### 4. ZEBRANE OPINIE PRACOWNIKÓW

Celem zapoznania się z opinią pracowników dotyczącą ergonomii pracy na stanowiskach, na których prowadzą ruch pociągów przeprowadziliśmy ankietę, gdzie przebadaliśmy 20 różnych osób, z 4 różnych posterunków, wyposażonych w urządzenia nowszego typu. Poniżej przedstawiamy wyniki przeprowadzonej ankiety.

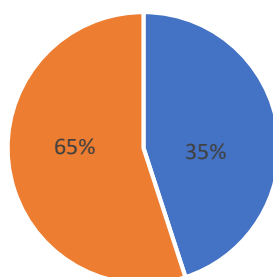


Czy w trakcie pracy odczuwa Pani/Pan ból oczu?



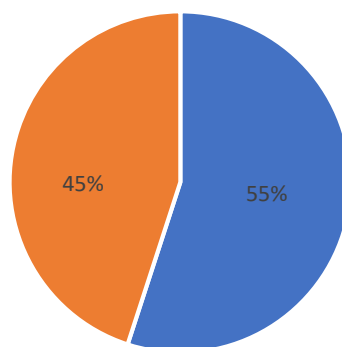
■ Tak ■ Nie

Czy w trakcie pracy odczuwa Pani/Pan bóle kręgosłupa szyjnego?

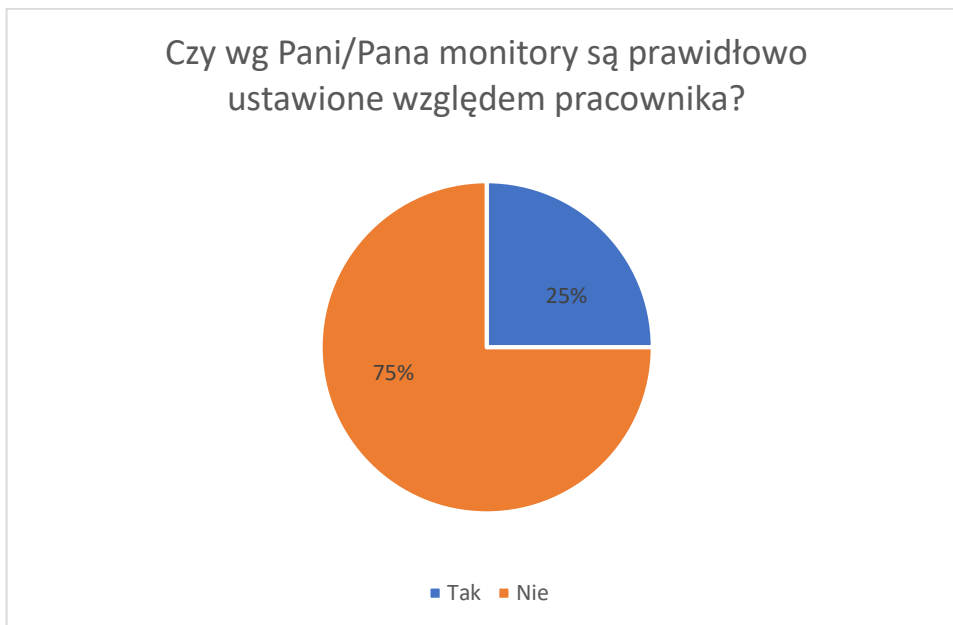


■ Tak ■ Nie

Czy duża liczba urządzeń powoduje u Pani/Pana stres, bądź rozdrażnienie?



■ Tak ■ Nie



## 5. PODSUMOWANIE ORAZ WNIOSKI.

Zebrane przez nas materiały, opinie pracowników pracujących na stanowiskach sterowania ruchem kolejowym, jak również poprzez wizje lokalne; stwierdzamy, że stanowiska te budzą zastrzeżenia do ergonomii pracy. z uwagi na postęp techniczny, prowadzone od wielu lat modernizacje polskiej sieci kolejowej, proponujemy skupić się na poprawie warunków pracy w komputerowych centrach sterowania, gdyż to one w najbliższej przyszłości będą coraz częściej występować, wypierając przy tym klasyczne urządzenia sterowania ruchem kolejowym.

Poniżej przedstawiamy nasze propozycje dotyczące usprawnienia pracy dyżurnych ruchu:

- 1) Celem przeciwdziałania występującym problemom związanych z kręgosłupem szyjnym, proponujemy aby stosować maksymalnie dwa rzędy monitorów;
- 2) Usunięcie wszelkich zbędnych urządzeń, które mogą powodować rozdrażnienie, jak np. monitory z podglądem na sytuację na peronach. Jest to rzecz bardzo zbędna na stanowisku sterowania, a przykłada się do większej ilości ekranów na posterunku i może rozdrażniać pracownika;
- 3) Dla zunifikowania myszek, celem szybkiego rozróżnienia, do jakiego urządzenia są podłączone, proponujemy wprowadzenie myszek komputerowych o różnych kolorach, np.:
  - kolor czarny – urządzenia srk,
  - kolor zielony – centralka telefoniczna,
  - kolor czerwony – radiotelefon,

- kolor biały – dziennik ruchu.

- 4) Stworzenie specjalnego przycisku w kolorze czerwonym, który byłby zainstalowany w pobliżu pracownika obsługi, a odpowiadałby za uruchomienie systemu Radio-Stop. Ma to na celu, skrócenie czasu włączenia tego systemu w sposób tradycyjny, w komputerowych centrach sterowania. Proponujemy aby kształtem przypominał „grzybek” od hamulca bezpieczeństwa zainstalowanego na pojazdach trakcyjnych;
- 5) W celu ochrony oczu, zapewnienie pracownikom okularów z filtrem światła niebieskiego. 12 godzinna praca przy monitorach wiąże się z bardzo dużym zmęczeniem tego narządu, co może też prowadzić do poważnych problemów ze wzrokiem;
- 6) Zawrzeć w przepisach maksymalną ilość urządzeń elektronicznych, jaką może obsługiwać jeden pracownik;
- 7) Dla poprawy widoczności, a także czytelności znaków i obrazów wyświetlanych na monitorach, proponujemy stosowania ich w większej rozdzielczości;
- 8) Ściany w centrach sterowania powinny być w kolorach naturalnych np. beż, czy ciepła biel. Kolory takie są neutralne dla oczu, jak również powodują lepsze samopoczucie człowieka w pomieszczeniu, w jakim się znajduje;
- 9) Zapewnienie odpowiedniego oświetlenia sztucznego, jak i naturalnego na stanowiskach pracy, celem przeciwdziałaniu siedzeniu przez pracownika w tzw. „ciemności”.

Podsumowując praca dyżurnego ruchu, wymaga ciągłego skupienia, jak również szybkiego podejmowania decyzji, gdzie istnieje możliwość popełnienia błędu przez człowieka – czynnik ludzki, najważniejszym elementem podczas projektowania centrów sterowania ruchem kolejowym jest zapewnienie jak najlepszej ergonomii na jego stanowisku pracy. Pracownik ten powinien pracować w miejscu, które zapewni mu bardzo dobre warunki dla jego zdrowia fizycznego, jak i psychicznego. Dlaczego tak bardzo zwracamy uwagę na ergonomię przy komputerowych urządzeniach srk? Jak już wspomnieliśmy urządzenia te coraz częściej pojawiają, wypierając urządzenia starszego typu, często umożliwiają zdalne sterowanie wybranymi posterunkami z jednego miejsca, wówczas pojawia się coraz więcej urządzeń do obsługi. Należy sobie zadać pytanie czy pracownik, który przepracował w swojej karierze zawodowej 20, 30, czy 40 lat na jednym posterunku ze starszymi urządzeniami, byłby w stanie w obecnych czasach

przepracować tyle lat w komputerowym centrum sterowania, bez poważnych zmian zdrowotnych?

*„Stopień nowoczesności i niezawodności urządzeń sterowania ruchem kolejowym zainstalowanych na posterunkach nastawczych może być różny, natomiast stopień odpowiedzialności pracowników kolei za życie ludzkie, tabor kolejowy i przewożone ładunki jest zawsze jednakowy”.*

#### **BIBLIOGRAFIA**

- Radosz J., Analiza warunków pracy w centrach sterowania ruchem kolejowym;
- Dąbrowa - Bajon M., Podstawy Sterowania Ruchem Kolejowym;
- Cieślakowski S., Rudzki P., Wybrane zagadnienia ergonomii nowoczesnych systemów informacji pasażerskiej i sterowania ruchem;
- Opracowanie zbiorowe, Dyżurny ruchu - informacja o zawodzie;
- Rozporządzenie Ministra Pracy i Polityki Socjalnej z dnia 1 grudnia 1998r. w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy na stanowiskach wyposażonych w monitory ekranowe;
- [https://www.bsk.isdr.pl/srk\\_ebilock.php](https://www.bsk.isdr.pl/srk_ebilock.php);

## WYKORZYSTANIE TECHNOLOGII SKANINGU LASEROWEGO DO ZWIĘKSZENIA BEZPIECZEŃSTWA W TRANSPORCIE KOLEJOWYM

**Krystian Stąpór inż., dr hab. inż. Mieczysław Kornaszewski, prof. UTH Rad.**

*Uniwersytet Technologiczno-Humanistyczny im. Kazimierza Pułaskiego w Radomiu*

Artykuł dotyczy zagadnień wdrażania skaningu laserowego w wybranych obszarach transportu kolejowego. Aktualnie stosunkowo niewielkie wykorzystanie technologii skanowania laserowego w transporcie kolejowym związane jest głównie z diagnostyką i badaniami eksploatowanego stanu infrastruktury kolejowej. Wyniki badań takiego skanowania w formie chmury punktów, pozwalają na szczegółową analizę i porównanie obecnego stanu infrastruktury do jej stanu z poprzednich lat. w publikacji analizie poddane zostały wyniki skaningu laserowego uzyskane z pojazdów szynowych przeznaczonych do diagnostyki infrastruktury kolejowej, tzw. pojazdów diagnostycznych. Regularne przeprowadzone badania zwiększają bezpieczeństwo oraz zapewnią odpowiednio wysoki poziom niezawodności badanej infrastruktury kolejowej. Natomiast wykonane na podstawie wyników tych badań odpowiednie zabiegi konserwacyjne dodatkowo wpłyną na zmniejszenie kosztów utrzymania oraz ograniczą straty spowodowane ewentualnymi przestojami zaistniałymi w wyniku awarii lub przedwcześnie podjętymi naprawami. Dodatkowo przedstawiono wykorzystanie możliwości wynikających z technologii skanowania laserowego na przykładzie eksploatacji pociągów autonomicznych. Artykuł zawiera koncepcję zastosowania skaningu laserowego do poprawy bezpieczeństwa, np. na odcinkach torów, na których prowadzone są roboty budowlane.

### **1. Wstęp**

Ostatnie kilkadziesiąt lat było okresem przełomowym dla dziedziny fotogrametrii zajmującej się odtwarzaniem kształtów, rozmiarów i wzajemnego położenia obiektów w terenie na podstawie zdjęć fotogrametrycznych. Największe osiągnięcia w zakresie rozwoju tej technologii datuje się na lata 90 XX wieku. Pierwszym w kolejności był rozwój systemu LiDAR (*Light Detecion And Ranging*), który dokonywał pomiaru odległości poprzez oświetlenie celu światłem laserowym i pomiar odbicia za pomocą czujnika. Urządzenia systemu LiDAR w tym okresie były montowane jedynie na statkach powietrznych w celu

przeprowadzania pomiarów fotogrametrycznych. Pod koniec lat 90 przedstawiono pierwsze naziemne urządzenie do skaningu laserowego firmy Zoller+Fröhlich.

Skaning laserowy (laser skanning) polega na wyznaczeniu przestrzennego położenia elementów wektorowych opisujących geometrię mierzonego elementu i możliwego przypisania wartości radiometrycznych w postaci składowych RGB. Skanowane powierzchnie tworzą tzw. chmury punktów o określonych współrzędnych XYZ lub trójkątne postaci sieci nieregularnej (TIN - triangular irregular net). o jakości wykonanego skaningu laserowego decyduje przede wszystkim urządzenie pomiarowe oraz mierzony element i jego współczynnik odbicia. Wielką zaletą wykonywanych skanów laserowych jest to, iż nie ma znaczenia ich rozmiar, w związku z czym można wykonać skan każdego elementu [2][3][4].



Rysunek 2. Przeprowadzanie skaningu laserowego [1]

## 2. Charakterystyka skaningu laserowego

Obecnie skanery laserowe można sklasyfikować na dwa rodzaje. Pierwszym typem jest lotniczy skaner laserowy. Taki skaner jest instalowany na statku powietrznym, tzn. na samolocie lub bsp (bezzałogowym statku powietrznym). Ten rodzaj skaningu laserowego wykorzystuje się do prowadzenia badań związanych np. z objętością lasów, czy monitorowaniem osuwania się ziemi (osuwiska). Drugi typ skanera jest to naziemny skaning laserowy. w tym przypadku, skaner instalowany jest na nieruchomym statywie (skaning stacjonarny) lub ruchomej platformie kolejowej, czy też samochodowej (skaning mobilny) [1][2][3].

### 2.1 Zasada działania

Zasada działania skanera laserowego naziemnego i lotniczego jest taka sama, ponieważ w ich rozwiązaniach wykorzystuje się tzw. laserowy dalmierz, który wykonuje pomiar odległości do badanego elementu i przeprowadza jego skan. Skan badanego elementu tworzy tzw. chmurę punktów o znanych współrzędnych, ponieważ każdy skaner działa w oparciu o system nawigacyjny. Skanowanie lotnicze oraz skanowanie statyczne działa w oparciu o system nawigacji GNSS (Global Navigation Satellite System) w połączeniu z INS (Inertial Navigation System). GNSS posiada stałe połączenie z satelitami, które nieustannie wysyłają aktualne współrzędne, natomiast INS określa nachylenie kątowe i wektor przyspieszenia platformy, na której zamontowana jest optyczna głowica skanująca. Synchroniczne działanie wymienionych trzech systemów umożliwia określenie współrzędnych skanowanego elementu, a także jest wysokość.

Produktem końcowym zeskanowanego elementu jest również chmura punktów, która stanowi quasi-ciągły, przestrzenny metryczny model. Pierwszymi krokami związanymi z pracą na chmurze punktów jest usunięcie tzw. szumów, czyli zeskanowanych obiektów, które nie dotyczą badanego elementu. Po wykonaniu tego etapu, chmura punktów badanego elementu powinna umożliwić dalszą pracę związaną z obliczeniem objętości, wektora współrzędnych podczas osuniętego osuwiska czy też umożliwić zbadanie zużycia wybranego elementu lub odtworzenie kształtu tego elementu [1][2][3][4].

## **2.2 Charakterystyka naziemnego skaningu laserowego**

Naziemny skanowanie laserowe podczas pomiaru skanującego oprócz określenia odległości wykonuje także pomiar kąta poziomego i pionowego. Uzyskane wielkości umożliwiają obliczenie przestrzennych współrzędnych punktu, od którego został odbity promień lasera. Wobec tego powstaje cyfrowy model obiektu w postaci gęstej chmury sieci punktów z wyznaczonymi współrzędnymi przestrzennymi.





Rysunek 3. Skaniny statyczny [1]

W skład zestawu elementów statycznego skanera laserowego wchodzi:

1. Głowica pomiarowa (laserowy nadajnik + odbiornik).
2. Obrotowy przyzmat zmieniający położenie promienia w płaszczyźnie pionowej.
3. Serwonapęd obracający głowicę pomiarową w płaszczyźnie poziomej.
4. Komputer dla sterowania pracą oraz do rejestracji danych.

Pomiar odległości za pomocą skanera laserowego odbywa się z wykorzystaniem dwóch podstawowych parametrów:

- 1) czasu przejścia sygnału od przyrządu do skanowanego punktu i czasu odbicia od skanowanego elementu do przyrządu (pomiar impulsowy),
- 2) porównania faz wysłanego i odbitego sygnału.

Wzór na obliczenie odległości w pomiarze impulsowym:

$$S = \frac{(v * t)}{2}$$

5. Drugi pomiarze fazowym odległość oblicza się przy pomocy poniższego wzoru:

$$S = \frac{\Delta f_i}{2\pi} * \frac{v}{2f}$$

gdzie:

$f_0$  - faza fal wysłanych,

$f_i$  - faza fal odbitych,

$v$  - prędkość rozchodzenia się fal elektromagnetycznych w atmosferze,

$$\Delta f_i = f_{i0} - f_{i1}$$

$f$  - częstotliwość,

$t$  - czas przechodzenia sygnału tam i z powrotem.

Oprócz urządzeń, które wykonują pomiar odległości w przedstawiony sposób, istnieje także możliwość wyznaczenia odległości przy użyciu systemów opartych na technice triangulacyjnej. w systemie tym odległość wyznaczana jest na podstawie trójkąta utworzonego pomiędzy mierzonym punktem elementu skanowanego. na ww. trójkąt składa się promień lasera, punkt odbicia skanowanego elementu i optyczny środek kamery, wyznaczając w ten sposób kierunek odbitego sygnału.

Zalety zastosowania skanera laserowego:

- 1) możliwość zeskanowania każdego elementu,
- 2) możliwość zeskanowania kilku milionów punktów w ciągu 1 sekundy,
- 3) automatyzacja skanowania laserowego,
- 4) możliwość skanowania i badania obiektów trudno dostępnych,
- 5) możliwość uszczegółowienia modelu chmury punktów przy wykorzystaniu zasady, na podstawie zwiększania dokładności skanowania punktów na sekundę.

### 3. Diagnostyka kolejowa w Polsce w oparciu o rozwiązania skaningu laserowego

W ostatnim czasie Zarządca Infrastruktury pozyskał pojazdy diagnostyczne m.in. DP560, DPD 660, czy EM120. Niniejsze pojazdy wyposażone w czujniki, lasery i kamery nieustannie sprawdzają stan infrastruktury kolejowej w Polsce. „Żółte pociągi diagnostyczne”, tak potocznie nazywane ze względu na swoje malowanie, posiadają wiele możliwości badania poziomu stanu infrastruktury, tj. stanu szyn, stanu trakcji, czy wysokości tłucznia. Następnie zebrane dane z linii kolejowych trafiają do specjalistów w Centrum Diagnostyki PKP Polskie Linie Kolejowe S.A. w celu opracowania wyników. Należy również podkreślić, iż badania diagnostyczne są realizowane bez wpływu na rozkład jazdy pociągów. w roku 2019 pojazdy diagnostyczne przeprowadziły blisko 50 000 km badań toru, w wyniku czego zły stan infrastruktury został naprawiony, a to z kolei przyczyniło się do podniesienia bezpieczeństwa oraz komfortu podróży dla pasażerów [5][6].



Rysunek 4 Skan infrastruktury kolejowej [5]

### 3.1 Opis pojazdu diagnostycznego DP560

Wielofunkcyjny pojazd diagnostyczny DP-560 wykorzystywany jest do pomiaru geometrii toru oraz innych elementów infrastruktury.



Rysunek 5 Pojazd diagnostyczny DP-560 [7]

Spalinowy samojezdny pojazd kolejowy może osiągnąć maksymalną prędkość 120 km/h. Załoga obsługująca ten pojazd diagnostyczny składa się z trzysobowego zespołu, w skład którego wchodzi maszynista oraz dwóch pracowników Centrum Diagnostyki, którzy nieustannie kontrolują na monitorach stan infrastruktury. Pojazd posiada również zainstalowany kabinowy system ETCS poziomu 2 [6][7].

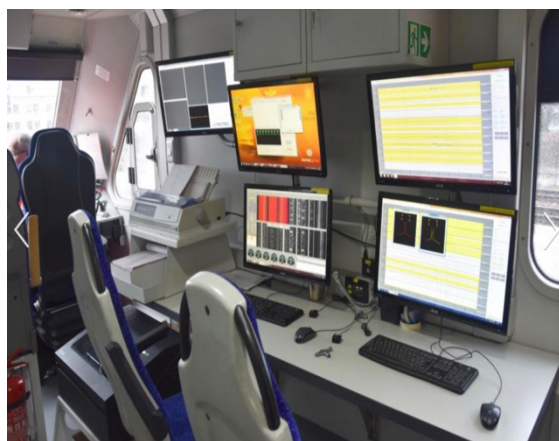




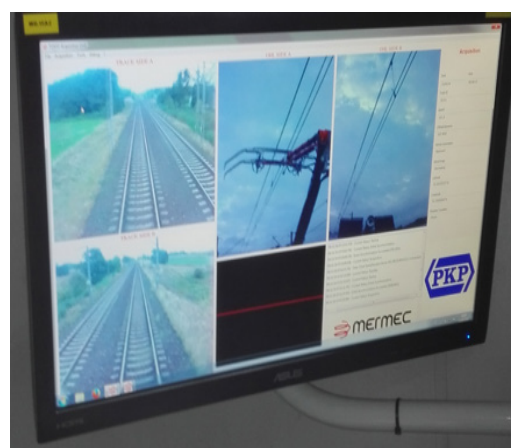
Rysunek 6 Pulpit maszynisty pojazdu DP-560 [6]



Rysunek 7 Serwerownia pojazdu DP-560 [6]

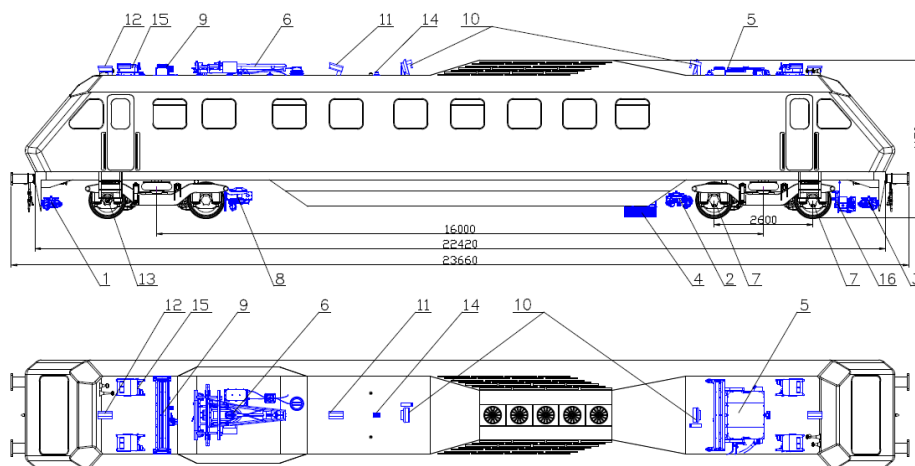


Rysunek 8 Ekran monitorujący stan infrastruktury [7]



Rysunek 9 Obraz zarejestrowany z kamery [6]

Rysunek nr 5 przedstawia kabinę maszynisty, a następny rysunek nr 6 przedstawia serwerownię, która odpowiada za wszystkie urządzenia diagnostyczne. Rysunek nr 7 prezentuje szereg monitorów stale kontrolowanych przez specjalistów z Centrum Diagnostycznego. Ostatni rys. (nr 8) ukazuje obraz z kamery zainstalowanej na zewnątrz, ukazując przód oraz tył pojazdu, a także badaną sieć diagnostyczną i skan przewodu jezdnych [6][7].



Rysunek 10 Rzut boczny i górny maszyny DP-560 z oznaczeniem elementów diagnostycznych [6]

Rys. nr 9 ukazuje widok od góry i z boku maszyny DP-560 z ilustracją urządzeń zewnętrznych, które są zainstalowane na pojeździe. Geometria toru sprawdzana jest przez urządzenia oznaczone numerami 1, 2 i 3. Geometrię toru wykonuje urządzenie oznaczone numerem 4. Za diagnostykę geometrii sieci trakcyjnej odpowiadają urządzenia określone numerami 5, 6, 9, 10, 11, 12 oraz 15. Pozycja numer 7 ukazuje zainstalowane urządzenia służące do badania oddziaływania dynamicznego. do wideoinspekcji oraz skaningu służą urządzenia oznaczone numerami 8 i 14. Numer 13 i 16 odpowiedzialne są za wideorejestrację trasy, sprawdzenie SHP oraz lokalizację pojazdu [6][7].

### 3.2 Systemy diagnostyczne ze skanowaniem laserowym

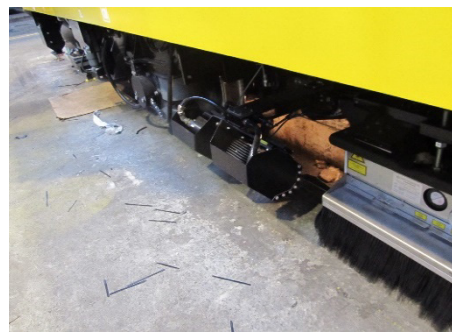
Pojazd diagnostyczny typu DP-560 za pomocą laserów bezdotykowo wykonuje pomiar geometrii torów, a także np. pomiar profilu główki szyny. Jednocześnie sprawdza stan podkładów oraz przytwierdzeń szyn, a także stabilność toru. Wszystkie dane z pomiarów diagnostycznych są przekazywane za pomocą Ethernetu do Centrum Diagnostyki. Oprócz stanu toru, ww. maszyna posiada również możliwość wykonania diagnostyki sieci trakcyjnej [6].

Pomiar geometrii toru odbywa się przy użyciu techniki laserowej. Moduł pomiarowy zamontowany na boku pojazdu diagnostycznego, zbudowany jest z systemu cięciowego 3-punktowego. Podczas jazdy wykonywana jest diagnostyka w sposób bezdotykowy. Moduł pomiarowy wykonuje pomiar m.in. szerokości toru, przechytki, nierówności pionowych i poziomych, wchrowatości oraz gradientu. Moduł pomiarowy przedstawiony został na rys. 10 i 11 [6][7].

Do pomiaru geometrii szyny wykorzystuje się laser, który wykonuje skan przy pomocy fal o różnych zakresach długości. Pierwszą falą jest tzw. bardzo krótka fala, która wykorzystuje zakres  $20 \div 30$  mm. Drugą w kolei falą jest tzw. krótka fala i jej rozpiętość wynosi od 30 do 100 mm. Średnia fala jest trzecią w kolejności i jest zakres to  $100 \div 300$  mm, natomiast czwartą i ostatnią falą jest długa fala - 300 mm do 1000 mm [6].

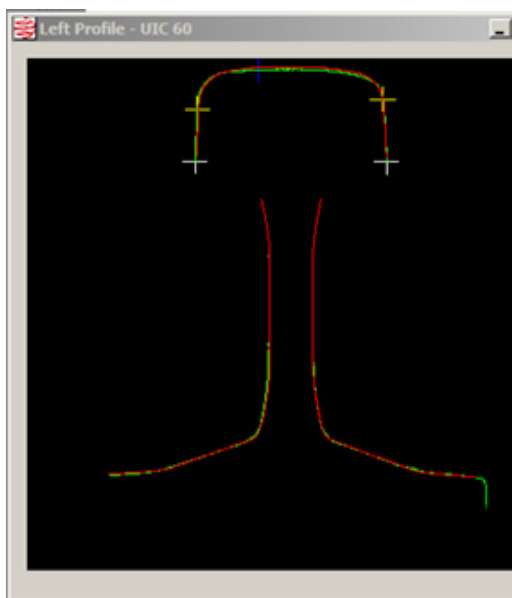


Rysunek 11 Moduł pomiarowy pojazdu diagnostycznego DP-560 [6]

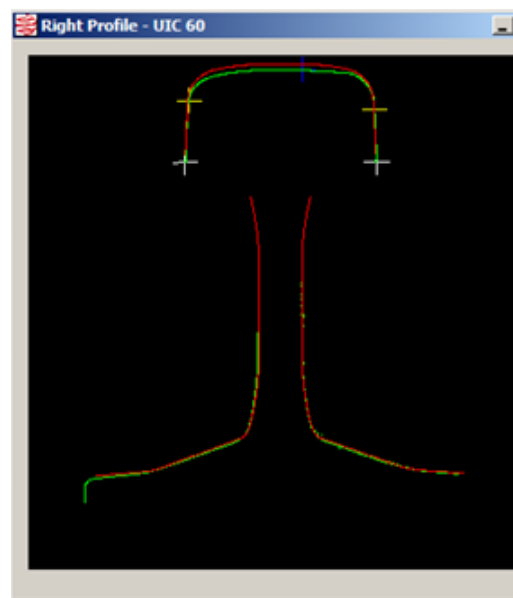


Rysunek 12 Moduł pomiarowy pojazdu diagnostycznego DP-560 [6]

W wyniku diagnostyki prowadzonej dla geometrii szyn uzyskuje się aktualny stan szyny w przekroju poprzecznym.



Rysunek 13 Skan prawej szyny [6]



Rysunek 14 Skan lewej szyny [6]

Rys. nr 12 oraz 13 przedstawia zużycie pionowe i boczne główek szyny, kąt zużycia, pochylenie szyny oraz ekwiwalentną stożkowatość. Parametry te decydują o tym, czy dana szynę należy wymienić, czy może w bezpieczny sposób być dalej użytkowana

na liniach kolejowych. Czerwone linie na przekrojach pokazują idealny stan szyny, natomiast nałożone dodatkowe linie ukazują stan zużycia szyny [6].

Tabela 1 Dokładność wykonywanych pomiarów [8]

Parametr	Dokładność	Powtarzalność
Zużycie pionowe	$\leq 0,05$ mm	$\pm 0,3$ mm
Zużycie boczne	$\leq 0,05$ mm	$\pm 0,3$ mm
Odchylenie szyny	$\leq 0,05^\circ$	$\pm 0,2^\circ$
Ekwiwalentność stożkowa	$\leq 0,01$	$\pm 0,05$

#### 4. Możliwości zastosowania skaningu laserowego w transporcie kolejowym

Od dłuższego czasu największe korporacje kolejowe na świecie połączone w konsorcja prowadzą badania nad pociągami autonomicznymi. Ostatnie lata pracy zespołów inżynierów dotyczące tych badań poczyniły wielkie postępy w celu uzyskania automatycznych pociągów bez obsługi mechanicznej lub gdy mechanik pełni jedynie nadzór nad pojazdem kolejowym. Takie pociągi autonomiczne wyposażone są w liczne czujniki, radary, lidary i kamery oraz inne zaawansowane technologie, które czuwają na bezpieczeństwie jazdy całego pociągu czy lokomotywy. Aby pociąg miał zdolność poruszania się samoczynnie po torach, to linie kolejowe powinny być wyposażone w nowoczesne systemy takich klas jak: system automatycznego sterowania pociągiem – ATC (Automatic Train Control), system automatycznej jazdy pociągiem – ATO (Automatic Train Operation) oraz system automatycznej kontroli pociągiem – ATP (Automatic Train Protection). Połączenie ww. technologii z łącznością radiową 5G lub kolejną generacją transmisji, umożliwi poruszanie się pociągiem po liniach kolejowych w sposób autonomiczny [9].



	Grade of Automation	Type of train operation	Setting the train in motion	Stopping train	Door closure	Operation in event of Disruption
	GoA 0	Driver	Driver	Driver	Driver	Driver
	GoA 1	ATP with driver	Driver	Driver	Driver	Driver
	GoA 2	ATP+ATO with driver	Automatic	Automatic	Driver	Driver
	GoA 3	Driverless	Automatic	Automatic	Train attendant	Train attendant
	GoA 4	Unattended train operation (UTO)	Automatic	Automatic	Automatic	Automatic

Rysunek 15 Stopnie automatyzacji pociągu [9]

Wyjaśnienia do rys. nr 14 [9]:

GoA 0 - zerowy stopień automatyzacji pociągu, w którym całą pracę wykonuje człowiek bez wsparcia automatyzacji;

GoA 1- pierwszy stopień automatyzacji pociągu, w którym na człowieku spoczywa większość pracy, natomiast pociąg jest już wspierany przez system klasy ATP;

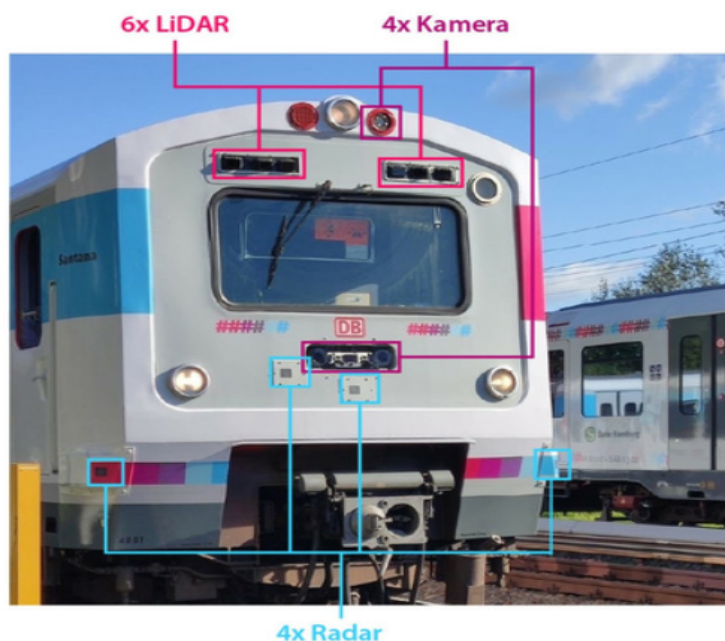
GoA 2 - drugi stopień automatyzacji pociągu, w którym większość funkcji pociągu działa w sposób samoczynny przy wsparciu systemów klasy ATP oraz ATO, ale przy obecności maszynisty. Jednakże dalej maszynista wykonuje pracę związaną wyłącznie z zamykaniem drzwi pojazdu oraz ingerencji w sytuacjach, gdy pojawią się jakieś problemy czy zakłócenia podczas jazdy;

GoA3- trzeci poziom automatyzacji pociągu wszystkie funkcje wykonywane są bez ingerencji człowieka czy mechanika ale nie może bezpiecznie poruszać się bez obsługi na pokładzie, która pełni już jedynie nadzór;

GoA 4 - czwarty poziom automatyzacji pociągu, gdzie wszystkie funkcje są realizowane automatycznie i pociąg może poruszać się bezpiecznie bez nadzoru personelu. Praca pociągu jest zarządzana wyłącznie przez systemy klas ATO i ATC.

Powyższe rozwiązania zintegrowane ze sobą pokazują, iż możliwe jest aby pociągi w sposób autonomiczny poruszały się po liniach kolejowych. Jednym z przykładów takich

kolei jest projekt Digitale S-Bahn Hamburg, gdzie konsorcjum firm razem z zarządcą niemieckim pracują nad autonomicznym pojazdem [10].



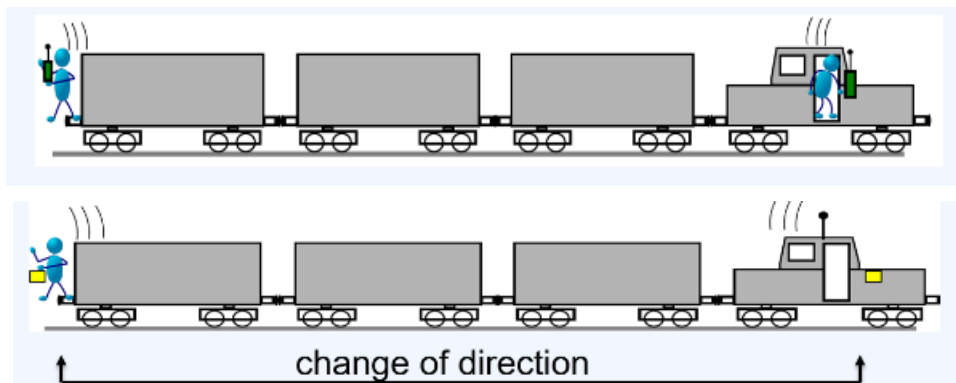
Rysunek 16 Przód pociągu pojazdu projektu Sensors4Rail [10]

Na rys. nr 15 widać wyraźnie przód pociągu, który jest wyposażony w 4 kamery (w tym: trzy kamery w zakresie widzialnym oraz jedna w zakresie średniej podczerwieni), 4 radary oraz 6 czujników LiDAR. Czujniki takie służą do zbierania danych i rozpoznawania obiektów [10].

#### 4.1 Manewrowanie składami pociągu – projekt SAMIRA

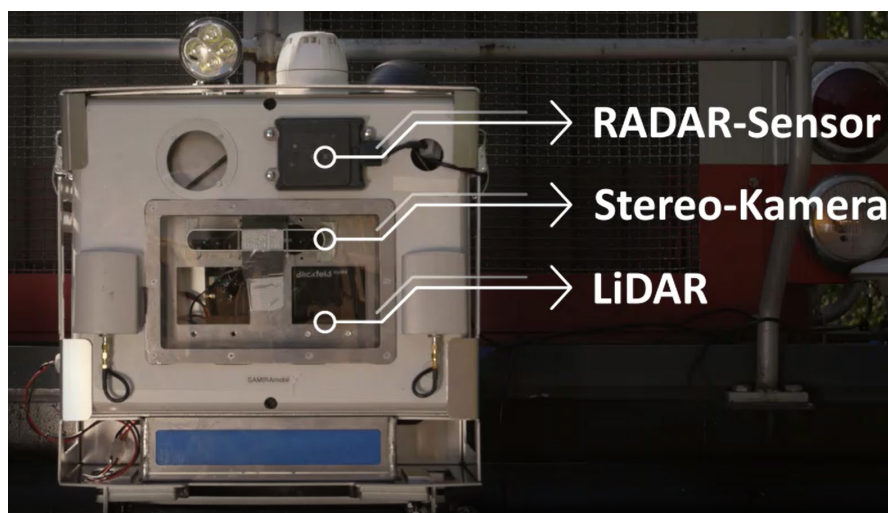
Ważnym przykładem wykorzystania techniki skaningu laserowego LiDAR w transporcie kolejowym jest projekt SAMIRA, który dotyczy systemu wspomaganie maszynisty w manewrowaniu pociągami. System taki został zaprojektowany w celu zmniejszenia kosztów, czasu oraz zanieczyszczeń środowiska, na które ma wpływ manewrowanie. Obecnie manewrowanie pociągiem odbywa się z wykorzystaniem łączności radiowej pomiędzy mechanikiem oraz pracownikiem, który przebywa w ostatnim wagonie i wspomaga mechanika w trudnych czynnościach manewrowych. Manewrować pociągiem można również w sposób zdalny przy zastosowaniu metody radiowej. Jednak dla zapewnienia bezpieczeństwa w kabinie maszynisty powinien być mechanik, który obserwuje zachowanie pociągu podczas całego procesu manewrowania. Taki sposób przeprowadzenia rozwiązania może być stosowany dla długości pociągu

(z całym składem) nie większej niż 550 m, ze względu na mogące się pojawić podczas manewrów zakłócenia radiowe [12][13].



Rysunek 17. Obecne sposoby manewrowania pociągiem [13]

W celu rozwiązania przedstawionych problemów manewrowych koncepcja zawarta w projekcie SAMIRA zakłada, że oba końce pociągu wyposażone są właśnie w kamery, radary oraz czujniki LiDAR. Stosowana jest transmisja obrazu w czasie rzeczywistym do kabiny maszynisty, wraz z możliwością pokazywania tego obrazu na dedykowanym odbiorniku, np. na tablecie [12][13].



Rysunek 18. Położenie czujników zamontowanych na przodzie lokomotywy [13]



Rysunek 19. Zestaw czujników, odbiorników oraz skanerów zamontowany na końcu manewrowego pociągu [13]

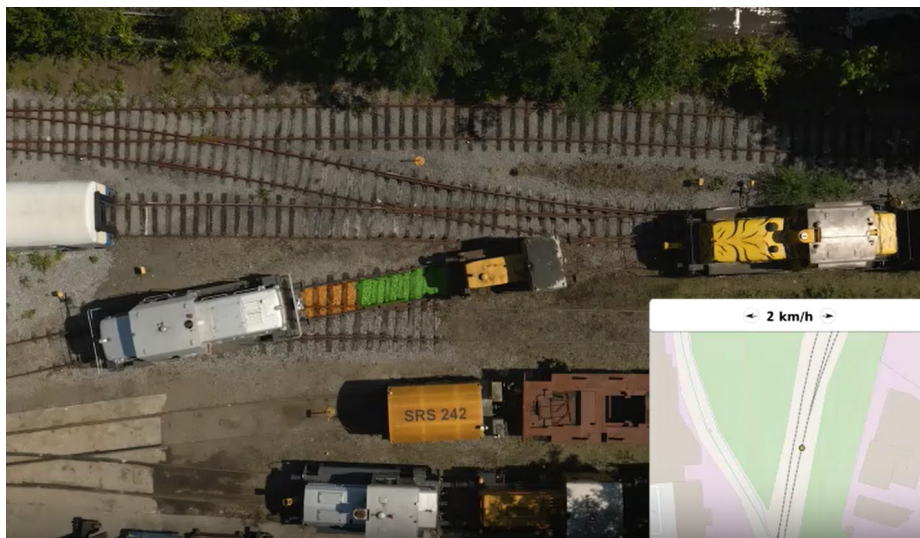
System wspomagania maszynisty w manewrowaniu pociągami (SAMIRA) posiada również rozwiązania przekazywania lokalizacji pociągu w czasie rzeczywistym poprzez stacje RTK (Real Time Kinematic) oraz dodatkowe moduły stacjonarne tzw. SAMIRAFixed, które służą do wykrywania obiektów krytycznych (infrastruktura krytyczna) dla prowadzenia bezpiecznej jazdy [12][13].



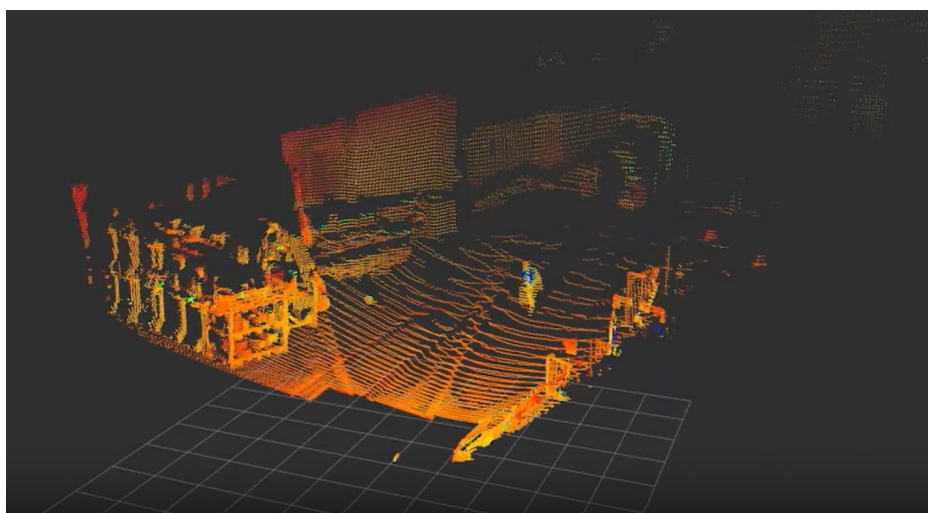
Rys. 20. Obraz w czasie rzeczywistym ze wskazaniem możliwych zagrożeń [13]

Rysunek 19 przedstawia tablet, na którym wyświetlany jest obraz w czasie rzeczywistym, ze wskazaniem potencjalnych zagrożeń przy jednoczesnym ciągłym pomiarze odległości poprzez zaimplementowaną technologię LiDAR. w górnym lewym rogu na ekranie tabletu wyświetlana jest informacja o wolnej drodze oraz długość drogi hamowania przy aktualnej prędkości manewrowania. Niniejszy opis dotyczy aktualnie mierzonego dystansu pomiędzy pracownikiem a manewrującą lokomotywą [12][13].





Rysunek 21. Manewrowanie pociągiem w pokazaniu pozycji w czasie rzeczywistym [13]



Rysunek 22 Skanowanie obszaru przez LiDAR [13]

#### 4.2 Europejski projekt SCOTT – połączenie skaningu laserowego z technologią IoT

Europejski projekt Secure, Connected Trustable Things (SCOTT) Echelon JU, również dotyczył badań możliwości zastosowania skaningu laserowego w połączeniu z architekturą Smart Train Composition Coupling z integracją technologii IoT (Internet Rzeczy). Głównym założeniem ww. projektu było przeprowadzenie analizy możliwości wykrywania odległości pomiędzy pojazdami kolejowymi czy też pojazdami kolejowymi a przeszkodami oraz integracji tych danych do IoT [14].



Rysunek 23 Zainstalowana platforma do pomiaru dystansu [14]



Rysunek 24 Platforma LiDAR [14]

W proponowanym rozwiązaniu SCOTT głównym celem była integracja niezawodnego i precyzyjnego systemu pomiaru odległości z platformą brzegową IoT. w projekcie przeprowadzono analizę unikania kolizji poprzez precyzyjne rozróżnianie obiektów kolizyjnych w polu widzenia i ich klasyfikację z uwzględnieniem kształtów, typów obiektów oraz informacji o lokalizacji obiektu znajdującej się na infrastrukturze kolejowej. Powyższe zagadnienia obejmują zarówno manewrowanie, jak i prowadzenie pojazdów autonomicznych.

Jednakże, projekt SCOTT, głównie obejmował problematykę dotyczącą zakresu wykrywania pociągów i odległości w kwestii prowadzenia manewrów. Najważniejszym punktem do spełnienia przez inżynierów opracowujących tego typu rozwiązania było spełnienie warunków bezpieczeństwa w wykrywaniu obrazów. w tym celu wykorzystano technologie LiDAR (*Light Detection nad Ranging*) i posłużono się sprzętem Leddar Vu8 firmy LedarTech, który oparty jest na rozwiązaniach półprzewodnikowych o nieruchomym statywie. Dzięki temu na pomiar wykonywany przez system LiDAR nie wpływają wibracje i ruchy pociągu. Dane zbierane przez ten system są następnie analizowane przez odpowiednie algorytmy w celu segmentacji obrazów [14].

## 5. Inne możliwości zaimplementowania skaningu laserowego w transporcie kolejowym

### 5.1. Przejazdy kolejowo-drogowe

Zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Infrastruktury i Rozwoju z dnia 20 października 2015 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać skrzyżowania linii kolejowych oraz bocznic kolejowych z drogami i ich usytuowanie (Dz.U. 2020 poz. 710,



z późn. zm.), w Polsce wyodrębnia się następujące kategorie przejazdów oraz przejść kolejowo-drogowych:

- kategoria a – przejazdy kolejowo-drogowe, na których ruch drogowy jest kierowany:
  - przez uprawnionych pracowników zarządcy kolei lub przewoźnika kolejowego, posiadających wymagane kwalifikacje,
  - przy pomocy sygnałów ręcznych albo systemów lub urządzeń przejazdowych wyposażonych w rogatki zamykające całą szerokość jezdni oraz sygnalizatory świetlne;
- kategoria B – przejazdy kolejowo-drogowe, na których ruch drogowy jest kierowany przy pomocy samoczynnych systemów przejazdowych, wyposażonych w sygnalizatory świetlne i rogatki zamykające ruch drogowy w kierunku:
  - wjazdu na przejazd,
  - wjazdu na przejazd i zjazdu z przejazdu;
- kategoria C – przejazdy kolejowo-drogowe, na których ruch drogowy jest kierowany przy pomocy samoczynnych systemów przejazdowych wyposażonych tylko w sygnalizatory świetlne;
- kategoria D – przejazdy kolejowo-drogowe, które nie są wyposażone w systemy i urządzenia zabezpieczenia ruchu;
- kategoria E – przejścia dla pieszych wyposażone w:
  - półsamoczynne systemy przejazdowe lub samoczynne systemy przejazdowe,
  - kołowrotki, barierki lub labirynty;
- kategoria F – przejazdy kolejowo-drogowe lub przejścia zlokalizowane na drogach wewnętrznych, wyposażone w rogatki stale zamknięte, otwierane w razie potrzeby przez użytkowników. Przejazdy te mogą być również wyposażane w urządzenia zgodnie z warunkami technicznymi określonymi dla kategorii a albo B.

Tabela 2 Wykaz jednopoziomowych skrzyżowań kolejowo-drogowych w 2021 r. [15]

Wykaz jednopoziomowych skrzyżowań kolejowo-drogowych wg kategorii na czynnych eksploatowanych liniach kolejowych w 2021 r.							
kraj/województwo	łącznie	Kat. A	Kat. B	Kat. C	Kat. D	Kat. E	Kat. F
dolnośląskie	1154	222	148	142	519	30	93
kujawsko-pomorskie	908	134	93	96	459	35	91
lubelskie	706	88	81	86	373	29	49
lubuskie	610	108	59	67	319	10	47
łódzkie	578	129	132	94	194	14	15
małopolskie	1010	203	86	243	321	35	122
mazowieckie	850	99	185	72	403	55	36
opolskie	514	109	57	61	275	7	5
podkarpackie	750	182	48	127	324	26	43
podlaskie	520	52	31	52	359	4	22
pomorskie	668	83	66	77	306	59	77
śląskie	980	308	98	129	285	95	65
świętokrzyskie	379	94	27	36	206	10	6
warmińsko-mazurskie	596	80	50	94	282	13	77
wielkopolskie	1336	239	299	152	536	31	79
zachodniopomorskie	613	119	50	87	300	17	40
RAZEM	12172	2249	1510	1615	5461	470	867

Tabela 3 Wykaz jednopoziomowych skrzyżowań kolejowo-drogowych w latach 2015 – 2021 [15]

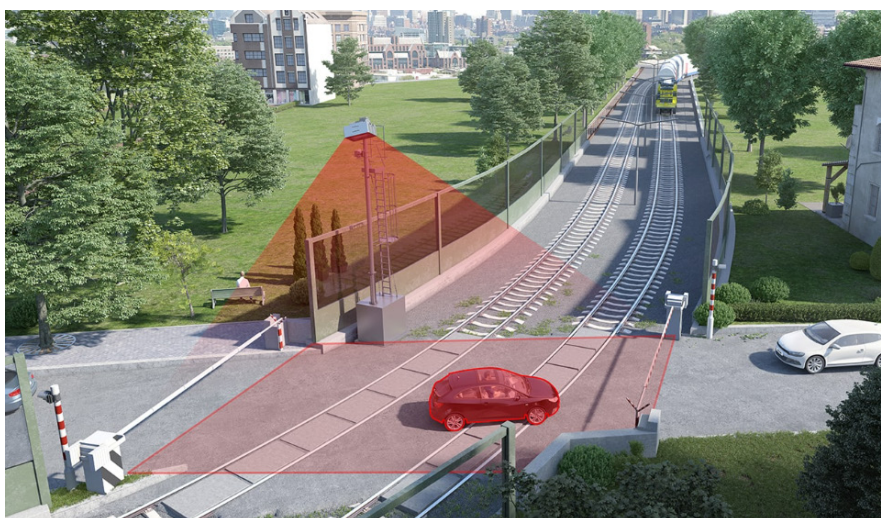
Liczba jednopoziomowych skrzyżowań kolejowo-drogowych wg kategorii na czynnych eksploatowanych liniach kolejowych w latach 2015-2021							
Zarządca infrastruktury	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
A	2 536	2 491	2 467	2 415	2 358	2 294	2 249
B	1 055	1 169	1 206	1 270	1 352	1 467	1 510
C	1 392	1 380	1 400	1 431	1 463	1 537	1 615
D	7 192	7 047	6 711	6 580	6 354	5 865	5 461
E	504	507	501	489	492	475	470
F	611	594	593	616	688	819	867
RAZEM	13 290	13 188	12 878	12 801	12 707	12 457	12 172

W tabeli 2 i tabeli 3 zestawiono stan przejazdów kolejowo-drogowych na koniec 2021 r. z podziałem na województwa.

Z uwagi na powyższe należy przeanalizować zastosowanie związane z zabudową systemu skaningu laserowego na przejazdach kolejowo-drogowych. Zaimplementowanie takiego rozwiązania umożliwiłoby zwiększenie bezpieczeństwa oraz poprawiło płynność w ruchu. We Wrocławiu Zarządca infrastruktury kolejowej zastosował system skaningu laserowego do badania natężenia ruchu drogowego wokół przejazdu z powodu notorycznego łamania przepisów drogowych przez kierowców wjeżdżających na przejazd bez możliwości zjechania. w celu poprawy bezpieczeństwa system skaningu laserowego w połączeniu z sygnalizacją świetlną drogową steruje ruchem. System nieustannie monitoruje stan natężenia ruchu drogowego. w sytuacji, gdy skaner laserowy zidentyfikuje tworzenie się zatoru drogowego, automatycznie 40 metrów przez przejazdem ustawiona i połączona z czujnikami sygnalizacja drogową wyświetli czerwone

światło w celu zapobiegania zatrzymywaniu się pojazdów samochodowych na przejeździe kolejowo-drogowym.

W celu zwiększenia bezpieczeństwa na przejazdach kolejowo-drogowych realnym rozwiązaniem jest użycie skanera laserowego w połączeniu z sygnalizacją kolejową. Zasada działania byłaby oparta na ostrzeganiu pociągów dodatkowym światłem umieszczonym na semaforze w odległości, która umożliwiłaby wyhamowanie składu pociągu. Światło na semaforze zapalałoby się w momencie, gdy samochód przejeżdżający przez przejazd kolejowo-drogowy uległ awarii i nie mógł zjechać. w tym czasie skaner laserowy skanując obraz przy zamykających się napędach rogatkowych, włączałby światło na semaforze, ostrzegając maszynistę o samochodzie, który stoi na przejeździe. Wczesna identyfikacja zagrożenia (opisana jak wyżej) ograniczyłaby w znacznym stopniu wypadki kolejowe.



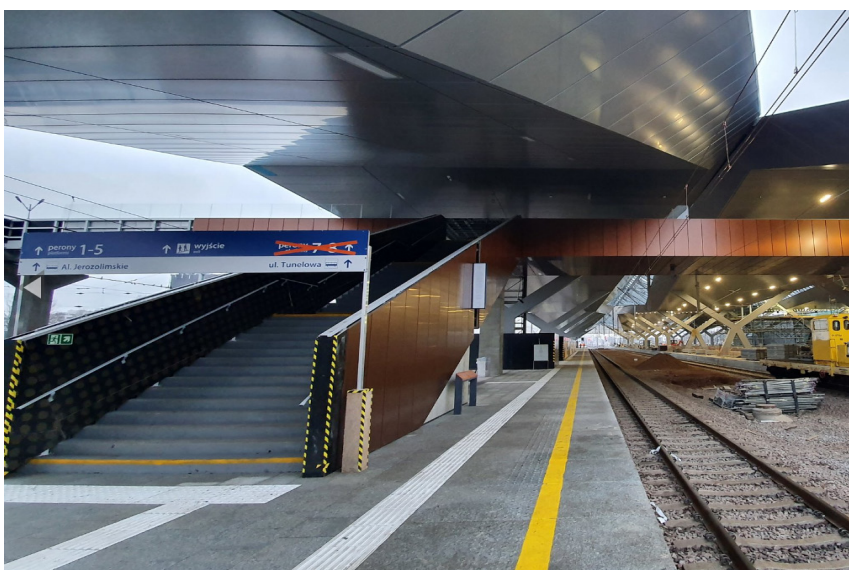
Rysunek 25 System skaningu laserowego na przejazdach kolejowo - drogowych [16]

## 5.2. Platformy kolejowe

Zwiększenie bezpieczeństwa oparte na rozwiązaniach skaningu laserowego można również wykorzystać na platformach kolejowych. na dwóch końcach peronu można zainstalować skanery, które wychwyciłyby np. niespodziewane upadki pasażerów na tory kolejowe. w tej sytuacji, również maszynista dostałby informacje na semaforze lub gdyby ta linia wyposażona była w ETCS poziom 2 lub 3 informację przekazaną przez system GSM-R.

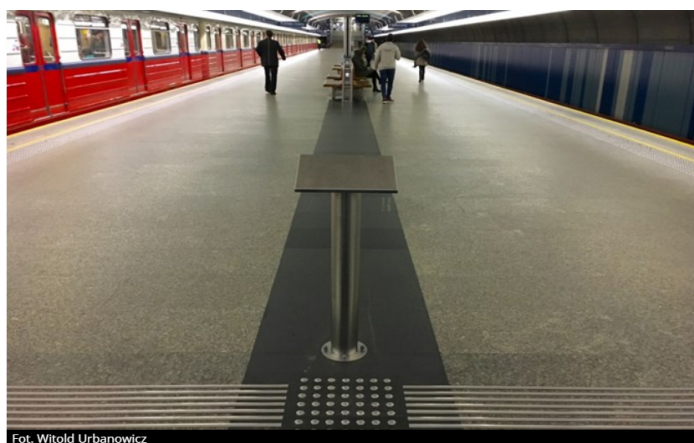
## 6. Rozwiązanie dla osób niepełnosprawnych polegające na dojściu do drzwi pociągu

Istotny problem, jaki istnieje na peronach kolejowych dla osób niewidomych i słabowidzących dotyczy tzw. dróżek, które umożliwiają poruszanie się po peronie i dworcu kolejowym oraz braku oznaczenia wejścia do pociągu. Należy jednak wspomnieć, iż na terenie dworców kolejowych w Polsce istnieje możliwość tzw. asysty ochrony dworca, po wcześniejszym ich poinformowaniu. Jednak niniejsza opcja jest ograniczona poprzez wcześniejsze zgłoszenie faktu podróży osoby niewidomej lub słabowidzącej min. 48 godzin wcześniej.



Rysunek 26 Peron nr 6 Warszawa Zachodnia [17]

W związku z tym faktem, należy rozważyć wprowadzenie nowych oznaczeń na terenie peronów oraz dróg prowadzących na peron. Autorskim pomysłem jest połączenie dróżek dla osób niewidomych i słabowidzących ze specjalnym metalowym słupkiem zabudowanym na peronie, który zostałby opisany w alfabecie Braille'a.

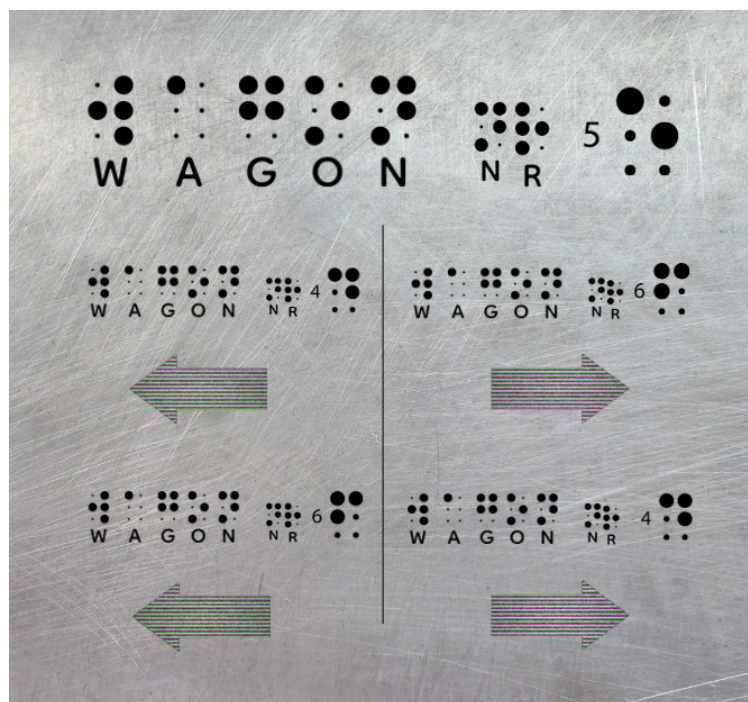


Rysunek 27 Plan tyflograficzny metro w Warszawie [18]



Takie słupki, można spotkać w wielu miejscach, np. metro w Warszawie (rys. 26). Takie punkty informacyjne posiadają zapisany plan tras tyflograficznych, pozwalających na zorientowanie się w układzie stacji. Tablice tyflograficzne są elementem informacji dotykowej, dedykowanej głównie dla osób niewidomych i niedowidzących, stąd informacja na nich zawarta umożliwia odczytanie danych poprzez dotyk (schemat dostępnej przestrzeni stacji i oznakowania są wypukło-wklęsłe) oraz obejmuje przede wszystkim wiadomości w alfabecie Braille'a. Dzięki temu zestaw takich danych i punktów odniesienia typu „tu jesteś” ułatwia w orientację osobie niewidomej w przestrzeni stacji. do tablic prowadzą też ścieżki i pola uwagi, odpowiednio wyznaczone na posadzce. Całość tworzy spójny system informacji dotykowej.

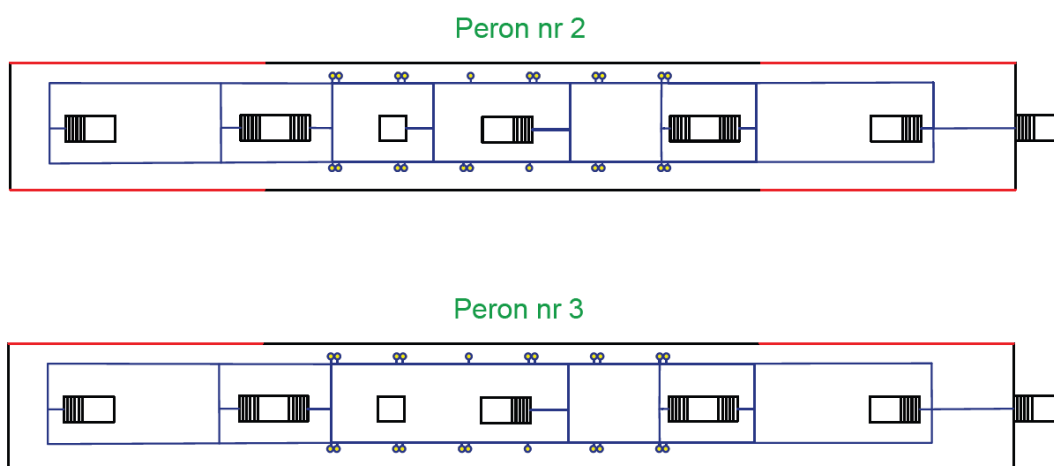
Powyższe rozwiązanie jest już wdrożone i funkcjonuje, w związku z czym można wykorzystać tego typu punkty, ale z inną zapisaną informacją. na płycie byłaby np. informacja „stoisz w kierunku drzwi wagonu nr 5”. Projekt płyty tyflograficznej dla pociągów został przedstawiony poniżej rys. 27. Jednakże, aby ww. rozwiązanie mogło funkcjonować należy wprowadzić selekcjonowanie pociągów oraz ich zatrzymywanie się w konkretnym miejscu.



Rysunek 28 Autorski projekt tablicy dla niewidomych [opracowanie własne]

O ile sama selekcja pociągów nie jest czymś skomplikowanym, ponieważ ruch kolejowy dalej byłby prowadzony przez dyżurnych ruchu, to można prowadzić ruch kolejowy tak, aby pociągi były kierowane na odpowiednie perony. Oczywiście należy podkreślić, że takie rozwiązanie na początku należałoby wprowadzić dla jednostek EZT,

czyli Elektrycznych Zespołów Trakcyjnych pociągów dalekobieżnych. Wytypowanie tego rodzaju pociągów byłoby wyborem oczywistym, ze względu na stałą długość składu. Jednostki EZT PESA Dart oraz Flirt ED160 są bardzo zbliżone do siebie parametrami długości. z uwagi na to można przypisać, iż niniejsze pociągi odjeżdżają zawsze np. z określonych peronów nr 2 i nr 3. Natomiast pociągi ED250 tzw. Pendolino odjeżdżałyby np. tylko z peronu nr 1. Taka propozycja segregacji pociągów umożliwiłaby postawienie odpowiednich słupków z tabliczkami, które posiadałyby zapisane informacje dotyczące numeru konkretnego wagonu. Poniżej autorski projekt peronów na stacji dla pociągów Pendolino.



Rysunek 29. Autorski projekt punktu zatrzymania wagonu pociągu [opracowanie własne]

Rys. nr 28 przedstawia projekt dwóch peronów o długości 400 m od wzorujących perony usytuowane na stacji Warszawa Centralna. Czerwona linia ma długość 40 metrów od końca peronu. w 40 metrze czerwonej linii należy ustawić już funkcjonujący wskaźnik W4, który będzie nakazywał zatrzymanie dokładnie w tym miejscu pociągu. w związku z tym, naprzeciwko drzwi pociągu Pendolino będą znajdowały się tablice przedstawione na rys. 27, które zostały pokazane na rys. nr 28 jako żółte okrągłe punkty z niebieską obwódką. do każdego punktu informującego o postoju wagonu będą prowadziły ścieżki dla osób niewidomych lub słabowidzących. Dodatkową korzyścią tego projektu jest to, że inni podróżujący będą posiadali wiedzę, w którą stronę udać się do konkretnego wagonu.

Niniejszy projekt dotyczy jedynie pociągu Pendolino, ze względu na możliwość wyszukania długości wagonu, która jest niezbędna do zaprojektowania na peronie ww. tablic informujących.





## 7. Wnioski

W ostatnich latach został poczyniony znaczący postęp w zakresie technologii stosowanej na kolei. Zastosowanie nowoczesnych laserów 3D, znacząco poprawia jakość wykonywanej pracy co przekłada się na coraz bardziej dokładne wyniki. Dodatkowo technika laserowa ma możliwość wspomaganie osób niewidomych lub słabowidzących w podróży transportem kolejowym. Podniesienie poziomu bezpieczeństwa na przejazdach kolejowo-drogowych może dalej nastąpić poprzez zaimplementowanie skaningu laserowego w celu wcześniejszego ostrzegania maszynisty. Prowadzone są prace związane z pociągami autonomicznymi z zastosowaniem czwartego poziomu automatyzacji pociągu GoA 4 połączonego z technologią LiDAR.

Coraz większego sensu nabiera diagnostyka infrastruktury kolejowej przy użyciu techniki laserowej. Wyżej wymienione nowe rozwiązania technologiczne wpływają bezpośrednio na bezpieczeństwo transportu kolejowego oraz komfort podróży. Należy podkreślić, iż bez techniki skaningu laserowego nie byłoby możliwe, aby przedstawione w artykule przykłady miały możliwość funkcjonowania.

## 8. Bibliografia

1. Kurczyński Z., Preuss R., Podstawy Fotogrametrii, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, 2011
2. <https://www.igipz.pan.pl/zsigik-projekty-tls-wprowadzenie.html>  
[dostęp: 10.04.2023]
3. <https://home.agh.edu.pl/~awrobel/resources/Zarys%20fotogrametrii.pdf>\_\_\_[dostęp: 10.04.2023]
4. <https://leica-geosystems.com/pl-pl/products/laser-scanners/scanners/leica-scanstation-p50>\_[dostęp: 13.04.2023]
5. <https://geoprofil.co/chmura-punktow>\_[dostęp: 10.04.2023]
6. Zarządca Infrastruktury kolejowej w Polsce
7. <https://www.rynek-kolejowy.pl/mobile/pkp-plk-zaprezentowaly-najnowszy-pojazd-do-diagnostyki-infrastruktury-zdjecia-91047.html>\_[dostęp: 12.04.2023]
8. Dane Producenta
9. <https://youtu.be/0kKAAMeZTfE>\_[dostęp: 10.04.2023]
10. <https://digitale-schiene-deutschland.de/Sensors4Rail>\_[dostęp: 17.04.2023]
11. <https://www.railway-technology.com/features/lidar-technology-to-enhance-rail-freight-operations/>\_[dostęp: 10.04.2023]

12. [https://rail.nridigital.com/future\\_rail\\_sep22/blickfield\\_lidar\\_freight\\_shunting](https://rail.nridigital.com/future_rail_sep22/blickfield_lidar_freight_shunting)  
[dostęp: 10.04.2023]
13. <https://samira-rangier-assistent.de/en/the-driver-assistance-system-for-shunting-freight-trains/>[dostęp: 10.04.2023]
14. Ph.D Gabriel Mujica, B.S Javier Henche, M.Sc Jorge Portilla Internet of Things in the Railway Domain: Edge Sensing System Based on Solid-State LIDAR and Fuzzy Clustering for Virtual Coupling 13.50.2021 r.  
<https://ieeexplore.ieee.org/document/9423956>[dostęp: 16.04.2023]
15. <https://dane.utk.gov.pl/sts/infrastruktura/przejazdy-kolejowe/19293,Przejazdy-kolejowo-drogowe.html>[dostęp: 18.04.2023]
16. <https://www.mermecgroup.com/signalling-br-systems/lineside-equipment/1449/level-crossing-obstacle-detection.php>[dostęp: 20.04.2023]
17. [https://www.plk-sa.pl/o-spolce/biuro-prasowe/informacje-prasowe/szczegoly/pierwszy-nowy-peron-na-warszawie-zachodniej-6491\\_\\_](https://www.plk-sa.pl/o-spolce/biuro-prasowe/informacje-prasowe/szczegoly/pierwszy-nowy-peron-na-warszawie-zachodniej-6491__)[dostęp: 25.04.2023]
18. <https://www.transport-publiczny.pl/wiadomosci/metro-niebezpieczne-ulatwienia-dla-niewidomych-56765.html>[dostęp: 30.04.2023]
19. [https://www.polot.net/pl/ezt\\_ed250\\_pendolino\\_2021r](https://www.polot.net/pl/ezt_ed250_pendolino_2021r)[dostęp: 30.04.2023]

# METODY PREDYKCJI SKUTECZNOŚCI AKUSTYCZNEJ ABSORBERÓW SZYNOWYCH ORAZ REKOMENDACJE DO IMPLEMENTACJI DLA ZARZĄDCÓW INFRASTRUKTURY

inż. Przemysław Barszcz, Bartosz Nowak

*Politechnika Gdańska, Koło Naukowe Inżynierii Drogowej i Kolejowej KoDiK*

## WPROWADZENIE

Obecne tendencje gospodarczo-polityczne wywierają coraz to większy nacisk na branżę kolejową, w celu zapewnienia wysokiej jakości transportu towarów i ludzi z zachowaniem zasad bezpieczeństwa, szybkości, niezawodności czy komfortu. Rosnący wolumen przewożonych dóbr, jak również podróżnych, wymusza kierowanie do ruchu coraz większej liczby wagonów, które mogą charakteryzować się różnymi parametrami technicznymi w stosunku do siebie. Zróżnicowana budowa taboru w kontekście typu wózka kolejowego, jak również rodzaju hamulca a co za tym idzie różnych parametrów koła, może w znaczącym stopniu potęgować hałas toczny, czyli ten, który jest dominujący w ruchu konwencjonalnym. Właśnie na tym rodzaju hałasu skupiają się autorzy niniejszego opracowania.

Aktualnie na rynku w Polsce nie wyróżnia się szeroko stosowanych rozwiązań antyhałasowych, dedykowanych stricte branży kolejowej. Najczęściej wykorzystuje się drogowe ekrany akustyczne. Te jednak w znacznym stopniu ingerują w krajobraz, ponadto ich montaż nie zawsze jest możliwy z uwagi na ograniczenia terenowe. Wyróżnia się także rozwiązania bardziej dyskretne, takie jak regularnie wykonywana reprofilacja szyn, wymiana podkładek podszynowych na sztywniejsze lub podatne (ze względu na charakter prowadzonego ruchu), jak również niskie ekrany akustyczne. Są to jednak rozwiązania np. nieefektywne w stosunku do wielkości problemu. Niskie ekrany akustyczne są dużo lepszą alternatywą dla wysokich paneli, jednak problemy z ustandaryzowaniem konstrukcji i określeniem zasad ich montażu hamują rozwój tego rozwiązania. Duże obawy związane z ingerencją w skrajnię taboru oraz utrzymanie i naprawę toru kolejowego, mogą sprawić, że wykorzystanie ich w Polsce będzie wstrzymane jeszcze na wiele lat.

Obserwuje się natomiast bardzo perspektywiczny rozwój technologii absorberów szynowych. Absorbery, inaczej zwane tłumikami akustycznymi stanowią dodatkowy element wyposażenia nawierzchni kolejowej. w zależności od położenia w torze

wyróżniamy tłumiki torowe lub tłumiki przyszynowe. Tłumiki przyszynowe przylegają do szynki lub/i do stopki szyny a w niektórych rozwiązaniach nawet do dolnej części główek szyny. do szyn przytwierdzone są za pomocą kleju lub dodatkowych sprężystych elementów. Charakterystyczną cechą tej metody jest brak ciągłości, gdyż elementy rozmieszczone są wzdłuż szyny pomiędzy przytwierdzeniami a podkładami. w zależności od typu zastosowanego rozwiązania, tłumiki torowe redukują powstawanie drgań szyny na skutek przejazdu taboru. Wspomniane drgania zmieniają następnie ośrodek rozchodzenia się na powietrze – dzięki redukcji na wcześniejszym etapie, ucho ludzkie nie spotyka się z dyskomfortem powodowanym przez jadący pojazd. Drugi rodzaj absorberów akustycznych pochłania drgania, tuż po wyemitowaniu ich z szyny. Jest to jednak rozwiązanie postrzegane przez zagranicznych zarządców infrastruktury jako wątpliwej skuteczności, dlatego nie zostanie wzięte pod uwagę podczas prowadzonej analizy.

Autorzy opracowania dostrzegają potencjał w rozwoju takich urządzeń i odnotowują wzrost zainteresowania zarządcy infrastruktury na sieci polskich linii kolejowych. na rynku istnieje wiele typów rozwiązań, różnią się one nie tylko materiałem wykonania, ale także kształtem, sposobem montażu, gabarytami oraz – co najważniejsze – skutecznością redukcji drgań, a w konsekwencji – hałasu. Niestety, PKP Polskie Linie Kolejowe nie posiadają obecnie swoistych standardów technicznych, dzięki którym możliwe byłoby selekcjonowanie najlepszych i najbardziej efektywnych rozwiązań. Istnieje więc konieczność zapisania zbioru wymagań, jakie mają spełniać elementy nawierzchni kolejowej, aby nie utrudniać bezpiecznej, szybkiej i łatwej eksploatacji dróg kolejowych.

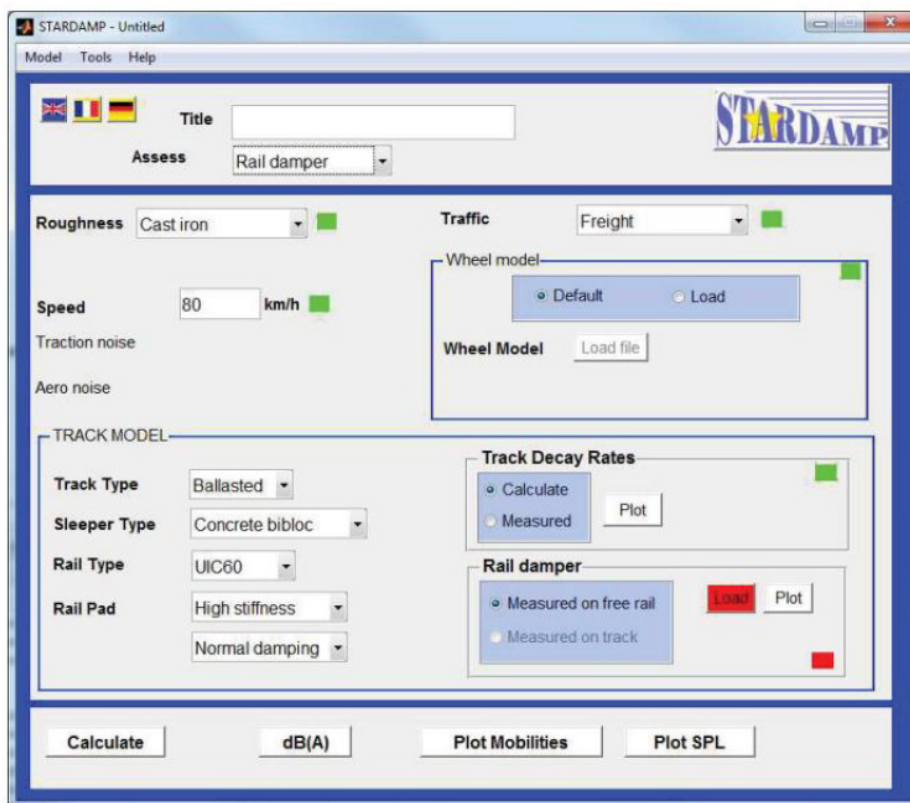
## **STARDAMP**

STARDAMP ( ang. Standardization of damping technologies for the reduction of railway noise) to francusko-niemiecki projekt badawczy, którego główną ideą było wprowadzenie standaryzacji w zakresie wdrażania i eksploatacji absorberów drgań: szynowych i montowanych bezpośrednio na zestawach kołowych pojazdów kolejowych. Założono, że osiągnięcie tego celu powinno być oparte na stworzeniu modeli predykcji skuteczności absorberów, określających zasadność stosowania rozwiązania danego typu w konkretnym przypadku. w ramach projektu opracowano metodologię relatywnie prostych analiz laboratoryjnych pozwalających na uzyskanie niezbędnych danych wejściowych prowadzonych na reprezentacyjnym odcinku szyny. Standaryzacja oceny

skuteczności absorberów szynowych, uzyskana przez przeniesienie badań z czynnego toru kolejowego do stacjonarnego laboratorium, pozwala na stworzenie jednolitego systemu certyfikacji takich rozwiązań [1]. System taki z powodzeniem stosuje się w Niemczech, gdzie tłumiki szynowe przechodzą procesy certyfikacji prowadzone przez akredytowane laboratoria, zgodnie z metodą STARDAMP. Prowadzone w ten sposób badania – w przeciwieństwie do badań poligonowych – są niezależne od wpływu warunków miejscowych, zdeterminowanych na przykład przez rodzaj zastosowanych materiałów w konstrukcji nawierzchni kolejowej, czy choćby warunków atmosferycznych. w rezultacie w znacznym stopniu podniesiono jakość uzyskiwanych wyników, pozwalając na jednoznaczne wyznaczenie charakterystyki absorberów szynowych i ich swobodne porównywanie. Co więcej, procedura badawcza uległa skróceniu i znacznie zmniejszone zostały jej koszty. Dzięki temu możliwe stało się przyspieszenie procesów decyzyjnych zarządców infrastruktury w zakresie wdrożeń produktów.

W ramach projektu opracowano dedykowane oprogramowanie symulacyjne STARDAMP Software obliczające bezpośrednio efekty wdrożenia absorberów szynowych w zależności od zestawu wprowadzonych danych, uzyskanych w laboratorium [1]. Składa się na niego przede wszystkim charakterystyka absorberów określona przez wskaźnik TDR, parametry dotyczące warunków miejscowych, m.in. komponenty nawierzchni (rodzaj podkładów, szyn, podkładek podszytowych), prędkość, natężenie ruchu, a także model fizyczny pojazdu poruszającego się po torze. Interfejs wejściowy programu przedstawiono na rys. 1.





Rys. 1 Zobrazowanie interfejsu oprogramowania STARDAMP Software [1]

Stworzona procedura oceny zasadności montażu absorbera dla danego rodzaju szyny składa się z 3 podstawowych komponentów. Podstawowym etapem badań certyfikacyjnych danego rozwiązania w metodzie STARDAMP jest laboratoryjne wyznaczenie wskaźnika tłumienia, będące punktem wyjścia do analiz zasadności wdrożenia. w następnym kroku prowadzone są badania terenowe, prowadzące do wyznaczenia charakterystyki akustycznej nawierzchni kolejowej w miejscu planowanego montażu absorberów. Dane zebrane w tych dwóch etapach przetwarzają się komputerowo na bazie wypracowanych modeli, co prowadzi do uzyskania jednoznacznych wyników skuteczności w określonych warunkach [3].

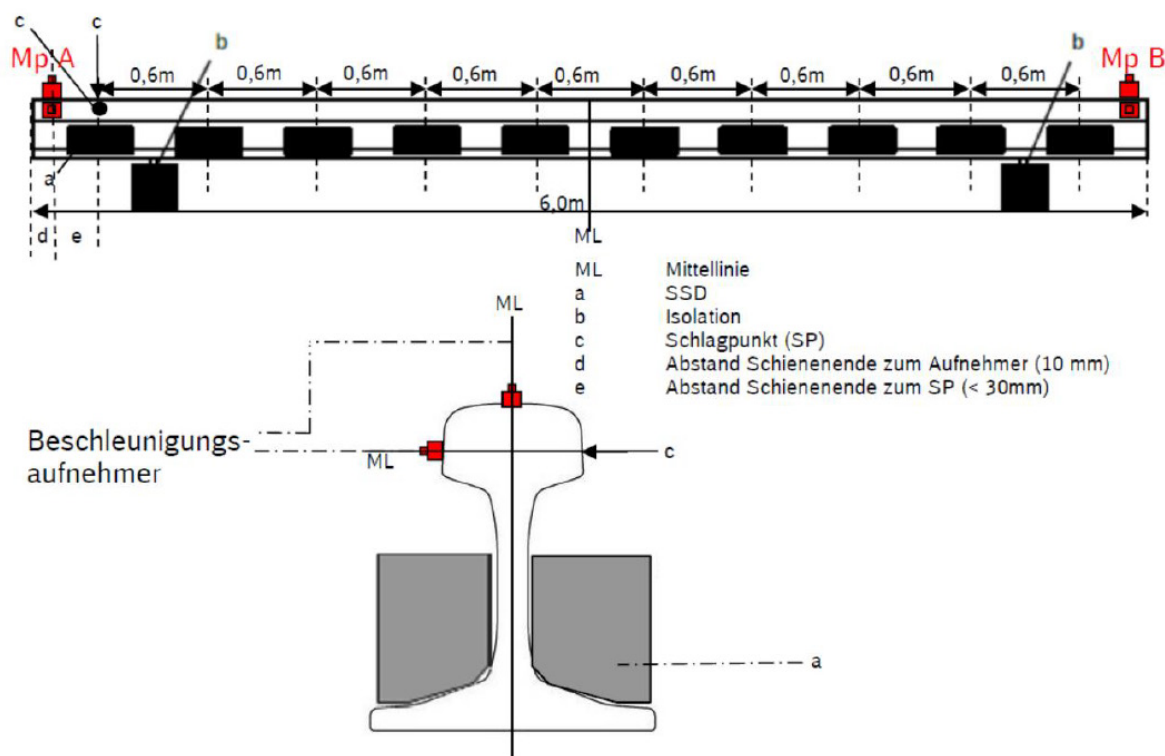
#### Komponent 1. Badanie laboratoryjne TDR absorberów

Metoda laboratoryjna STARDAMP została wdrożona jako wewnętrzny standard niemieckiego zarządcy infrastruktury kolejowej DB Netz. Pozwala ona na sprawdzenie wskaźnika TDR dla badanego absorbera. Stanowisko laboratoryjne składa się z wolnopodpartej szyny wzorcowej o długości 6 m ( $\pm 10$  mm), wyposażonej w zestaw akcelerometrów. Lokalizuje się je na obu końcach szyny, w odległości 10 mm od jej krawędzi. Para akcelerometrów zlokalizowanych w osi powierzchni tocznej główki szyny

mierzy przyspieszenia w płaszczyźnie wertykalnej, natomiast druga para, zlokalizowana w osi powierzchni bocznej główki szyny, mierzy przyspieszenia w płaszczyźnie horyzontalnej [4]. Niestety, z uwagi na niewielką długość szyny, tłumienie jest ograniczone, co zmniejsza dokładność pomiarów w zakresie niskich częstotliwości. Metoda ta stanowi kompromis pomiędzy dokładnością uzyskanych wyników a ilością miejsca potrzebnego do budowy laboratorium. Dla pasma częstotliwości szczególnie narażonych na wystąpienie niedokładności możliwe jest uzyskanie wartości TDR przy wykorzystaniu metod modalnych [2].

Podparcie odpowiednio długiego odcinka szyny na bardzo sprężystym łożysku determinuje bardzo niewielką szybkość zanikania drgań zarówno w płaszczyźnie horyzontalnej jak i wertykalnej. w rezultacie drgania tłumione są niemal wyłącznie dzięki zamontowanym absorberom, wykluczając wpływ innych czynników. Stosuje się różne szyny wzorcowe, w zależności od docelowego przeznaczenia absorbera. Szyna musi znajdować się w ogólnie dobrym stanie, bez spawów, pęknięć lub innych wad. Łożyska, na których spoczywa szyna muszą zapewniać swobodę ruchów w płaszczyźnie poziomej. do szyny mocuje się badane absorbery szynowe, zgodnie z opisaną przez producenta instrukcją montażu w nawierzchni kolejowej. Przygotowanie do badania obejmuje również zapewnienie normowych warunków mikroklimatu w laboratorium, zwłaszcza w kontekście temperatury (18-25 stopni Celsjusza. Po przygotowaniu stanowiska pomiarowego, szynę pobudza się z określoną siłą w oznaczonym miejscu, 30 mm od jej końca, przy pomocy specjalnego młotka [4]. Schemat stanowiska badawczego przedstawiono na rys. 2.

Po przekształceniu sygnałów reakcji szyny zebranych przy użyciu akcelerometrów, obliczana jest odpowiedź częstotliwościowa (FRF) w stosunku do zadanego sygnału wzbudzenia. Jest to podstawa do wyznaczenia wskaźnika TDR, jakim charakteryzuje się dana klasa absorberów w warunkach wzorcowych. Szczegółowe warunki wykonywania badania zostały szerzej opisane w [4].



Rys. 2 Schemat stanowiska badawczego w metodzie STARDAMP [4]

### Komponent 2. Badanie TDR szyny w warunkach poligonowych

Sprawdzenie zasadności zastosowania absorbera szynowego nie jest możliwe bez sprawdzenia charakterystyki warunków miejscowych. w tym celu sprawdzany jest wskaźnik TDR szyny, na której docelowo ma być zamontowany absorber, zgodnie z normą DIN EN 15461:2011. Badania te zostały szerzej opisane w niniejszym opracowaniu w rozdziale „BADANIA POLIGONOWE WSKAŹNIKA TRACK DECAY RATE”. Jeżeli badania takie nie mogą zostać wykonane, możliwe jest przyjęcie wartości wzorcowych [3]. Może to jednak prowadzić do zmniejszenia dokładności wyników, ponieważ wartość wskaźnika TDR uzależniona jest od właściwości przynajmniej 3 elementów nawierzchni kolejowej: szyny, podkładki podszynowej i podkładu [1].

### Komponent 3. Obliczenia redukcji poziomu dźwięku

W ostatnim etapie oblicza się, przy użyciu dedykowanego oprogramowania STARDAMP Software przewidywaną redukcję poziomu dźwięku uzyskaną dzięki montażowi danego absorbera szynowego. Jest to możliwe dzięki założeniu, że TDR toru z zamontowanymi absorberami można określić poprzez sumowanie TDR absorberów i szyny nietłumionej, których wartości zostały uzyskane odpowiednio w ramach komponentu 1. i 2. (ponieważ są one niezależne). w rezultacie obliczane są reakcje

pojawiające się na kołach, szynach i podkładach i na tej podstawie szacowane są – przy pomocy prostego modelu propagacji – poziomy ciśnienia akustycznego w określonym polu dookoła punktu badawczego [1].

### **BADANIA POLIGONOWE WSKAŹNIKA TRACK DECAY RATE**

TDR (Track Decay Rate) to wskaźnik zależny od częstotliwości wskaźnika reakcji do wskaźnika wymuszenia. Wyznaczenie wartości TDR wykonuje się zgodnie z normą EN 15461:2008+A1 *Kolejnictwo - Emisja Hałasu - Charakterystyka własności dynamicznych odcinków toru dla ruchu poprzez pomiary hałasu*. Założeniem jest pomiar przyspieszeń w płaszczyźnie horyzontalnej oraz wertykalnej po wyzwoleniu drgań za pomocą specjalnego młotka. Prędkości zaniku wertykalnego i horyzontalnego wyznaczane są na podstawie zmierzonych funkcji odpowiedzi częstotliwościowej (FRF) ze stosunku punktu wejściowego FRF w punkcie wzbudzenia (punkt uderzenia specjalnym młotkiem) i przejścia FRF między punktem wzbudzenia a miejscem odbioru sygnałów. do wzbudzenia wykorzystuje się młotek udarowy.

Wykonywanie sprawdzenia szybkości zanikania drgań pionowych i poprzecznych toru wymagane jest również poprzez *Decyzję Komisji z dnia 4 kwietnia 2011 r. dotyczącej technicznej specyfikacji interoperacyjności odnoszącej się do podsystemu „Tabor kolejowy – hałas” transeuropejskiego systemu kolei konwencjonalnych*. Weryfikacja odpowiedniej jakości akustycznej toru może być stwierdzona z PN-EN ISO 3095:2013.

Badania tłumienia drgań w szynie obejmują odcinek około 40 metrowy - na długości 66 podkładów. Polegają na wyznaczeniu 28 punktów kontrolnych w zakresie emitowania drgań względem punktu 0. Punkt 0 powinien zostać oznaczony w środku okienka, między dwoma podkładami i uzbrojony sprzętem badawczym. Pod szyną najpierw wybiera się tłuczeń kolejowy a następnie zakłada czujniki przyspieszenia (akcelerometry). Dokładna lokalizacja obejmuje punkt w osi szyny na stopce (pod powierzchnią szyny) oraz w osi główki szyny na jej powierzchni bocznej ze strony zewnętrznej toru. Oczujnikowuje się również młot, którym emituje się drgania w szynach. Wyzwała się drgania młotkiem o wadze np. 1 kg oraz 5 kg, jednak nie wielkość młotka ma znaczenie a współczynnik koherencji, czyli stosunku wielkości wzbudzenia do odebrania sygnału – można zweryfikować to działanie w programie do obróbki sygnałów drganiowych [4].

Badania TDR są uważane za krytyczne, tuż obok badań chropowatości, gdyż determinują najważniejszy z parametrów związanych z emisją dźwięków od górnych warstw torowiska. Wyższa wartość TDR wskazuje na zmniejszanie się drgań szyny

w każdym metrze bieżącym toru (dB/m) w poszczególnych tercjach pasma. Szybkość zaniku jest wyrażona jako widmo 1/3 oktawy w decybelach na metr i służy do wskazania redukcji drgań jako funkcji odległości od punktu wzbudzenia [5].

Badania poligonowe TDR mają na celu określić właściwości akustyczne torowiska, związane m.in. z prawidłowością doboru elementów nawierzchni kolejowej, jej stanu technicznego, rodzaju ruchu i wpływu na drgania. Jest to narzędzie predykcyjne, służące do porównań efektów, jakie mogą osiągnąć absorbery dzięki ich montażowi. Przykładowo, może się okazać, że w pewnych sytuacjach przewidywane zmniejszenie poziomu emitowanego dźwięku wyniesie jedynie ok. 1 dB. Ich implementacja może być wówczas uznana za nieuzasadnioną.

Szeroko zakrojone badania w tym zakresie prowadzone były w Niemczech. Wnioski DB Systemtechnik przedstawiono na międzynarodowych warsztatach dot. hałasu generowanego przez kolej w 2013 roku. Wynika z nich, że przy wartości współczynnika TDR w przedziale  $<0; 2$ ) dB/m następuje redukcja o więcej niż 2 dB, dla TDR=10 dB/m redukcja hałasu wynosi ok. 1 dB, natomiast przy dalszym wzroście wartości TDR następuje dalszy spadek skuteczności absorberów. To znaczy, że nawierzchnia ma tak dobre właściwości tłumiące, że zamontowanie absorbera nie doda dodatkowej korzyści. Montaż absorberów o masie do 25 kg/m szyny w przypadku torów o dobrych właściwościach akustycznych (wysoki TDR) ma więc ograniczony potencjał. Badania współczynnika TDR w postaci poligonowej można uznać za konieczne, aby poznać jakość akustyczną toru oraz określić jaki wpływ na efekt końcowy będzie miało zamontowanie absorberów.

## CHROPOWATOŚĆ SZYN

Chropowatość szyn ma znaczący wpływ na hałas kolejowy. Może ona powodować drgania, które rozprzestrzeniają się wzdłuż toru a następnie są przenoszone do otaczającego powietrza w postaci hałasu. Wykonywanie sprawdzenia chropowatości toru wymagane jest poprzez *Decyzję Komisji z dnia 4 kwietnia 2011 r. dotyczącej technicznej specyfikacji interoperacyjności odnoszącej się do podsystemu „Tabor kolejowy – hałas” transeuropejskiego systemu kolei konwencjonalnych*. Weryfikacja odpowiedniej jakości akustycznej toru może być stwierdzona również z PN-EN ISO 3095:2013.

Szyny charakteryzujące się wysokim współczynnikiem chropowatości akustycznej mogą generować więcej hałasu niż gładkie, podczas kontaktu z kołem, charakteryzującym się również odpowiednią szorstkością. Chropowatość szyny może również prowadzić do zjawiska zwanego falistością. Falistość występuje, gdy szyny zużywają się w sposób

nierównomierny w miarę upływu czasu, powodując powtarzający się wzór nierówności i zagłębień na powierzchni szyny. Wyróżniamy fale krótkie, długie i średnie. w hałasie toczenia ważne są długości fal chropowatości skupiające się w zakresie od 5 mm do 500 mm, z amplitudami od dziesiątek mikrometrów przy długich falach do mniej niż mikrometra przy krótkich długościach fal [6]. Tego rodzaju szorstkość nie jest widoczna dla ludzkiego oka i wygląda jak gładka powierzchnia. Chropowatość o większej długości fali wzbudza niższe częstotliwości i nie ma znaczenia dla hałasu toczenia; zamiast tego są istotne dla komfortu jazdy i wibracji podłoża. Konieczne jest więc użycie specjalistycznej aparatury pomiarowej, aby określić dokładny poziom chropowatości akustycznej toru kolejowego [7].

Najczęściej wykonuje się analizę wyników chropowatości w postaci przedstawienia widm poziomów chropowatości akustycznej wyrażonej w decybelach na mikrometr, przedstawionych na długości fali. Szerokość pasma długości fali powinna wynosić co najmniej od 0,003 m do 0,10 m. Analiza jest zgodna z normą EN 15610. w tabeli 1 zestawiono długości fal w analizie chropowatości, w zależności od częstotliwości i prędkości pojazdów kolejowych. Ostateczne wyniki można również porównać z krzywą graniczną z normy PN-EN ISO 3095, która przedstawia typowy europejski tor o ruchu mieszanym [8].

Tabela 1 Podsumowanie długości fal w analizie chropowatości dla danych częstotliwości i prędkości [9]

	50 Hz	100 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2500 Hz	5000 Hz
40 km/h	230	110	45	23	11	4.5	2.3
80 km/h	450	230	90	45	22	9.0	4.5
100 km/h	570	290	110	57	29	11	5.7
160 km/h	900	450	180	90	45	18	8.9
320 km/h	1800	900	360	180	90	36	18

Przekroczenie wartości chropowatości może powodować istotne zwiększenie hałasu podczas jazdy pociągu i wykonanie tego badania wskazane jest, aby skorygować wartość współczynnika TDR dla danego rozwiązania oraz dla jakości akustycznej toru, co w konsekwencji skoryguje skuteczność rozwiązania. Pozwoli to oszacować realne korzyści z zastosowania rozwiązania antyhałasowego.

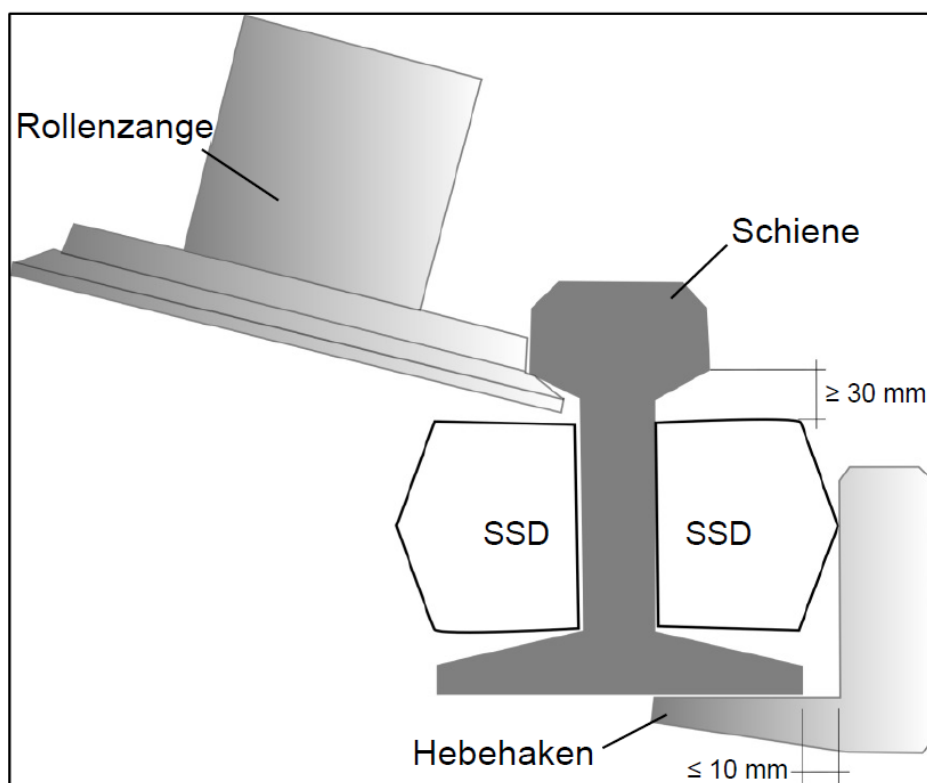
## WYMAGANIA KONSTRUKCYJNE



Wprowadzony przez niemieckiego zarządcę infrastruktury kolejowej DB Netz standard DBS 918 290 precyzyjnie określa właściwości, jakimi powinny się charakteryzować się absorbery szynowe. na sieci DB mogą być stosowane wyłącznie absorbery mocowane do szyny przy pomocy specjalnego przytwierdzenia. Nie jest dopuszczalne klejenie produktów do szyny. Urządzenie mocujące tłumik do szyny powinno być wytrzymałe i proste w obsłudze (montażu/demontażu) [4].

Dla umożliwienia przytwierdzenia do szyny przewodów sieci powrotnej, urządzeń przytorowych, tymczasowych barier ochronnych itp., konieczne jest okresowe przerwanie ciągłości absorberów szynowych na długości jednego odstępu pomiędzy podkładami. Warunek ten ogranicza maksymalną długość sekcji produktów do 10 metrów. Istotne jest zapewnianie wymaganej separacji w rejonie stopki szyny umożliwiającej bezproblemowy montaż i eksploatację przewodów urządzeń bezpieczeństwa. Ponadto absorbery nie mogą wchodzić w interakcję z tymi przewodami (przesyłane sygnały nie mogą być zakłócone), dostęp do przewodów nie może być ograniczony [4].

Absorbery szynowe nie mogą ograniczać prac diagnostycznych (np. defektoskopii ultradźwiękowej) ani utrzymaniowych prowadzonych przy użyciu maszyn torowych (jak na przykład podbijarki torowe, profilarki tłucznia, pociągi szlifujące etc.). Aby na czas ich wykonywania nie wymuszać konieczności demontażu tłumików, kształtuje się je w sposób przewidujący zachowanie wymaganych prześwitów, zapewniających dostęp do szyny urządzeniom roboczym, np. kleszczom talerzowym i rolkom nasuwającym. Warunki te zobrazowano na rys. 3. Absorbery muszą być odporne na zmienne warunki atmosferyczne, zwłaszcza w zakresie wahań temperatur (od -20 do 60 stopni Celsjusza), środki chwastobójcze i spełniać wymóg niepalności [4].



Rys. 3 Wymagane kształty absorberów dla umożliwienia pracy podbijaerek torowych [4]

Określono minimalne wartości tłumienia drgań (wskaźnika TDR) dla absorberów szynowych, aby mogły być one klasyfikowane jako skuteczne rozwiązanie antyhałasowe. Średnia wartość TDR w płaszczyźnie pionowej, uśredniona arytmetycznie dla wszystkich pasm tercjowych w zakresie częstotliwości od 500 Hz do 2500 Hz, musi osiągnąć wartość co najmniej 3,0 dB/m. Średnia wartość TDR w płaszczyźnie poziomej, uśredniona arytmetycznie dla wszystkich pasm tercjowych w zakresie częstotliwości od 500 Hz do 2500 Hz, musi osiągnąć wartość co najmniej 2,6 dB/m. Ponadto TDR w każdym paśmie tercjowym w zakresie częstotliwości od 630 Hz do 2500 Hz musi spełniać wymagania przedstawione w tabeli 2 [4].

Tabela 2 Zestawienie wymagań dot. współczynnika TDR w zakresie częstotliwości dla kierunków wertykalnego i horyzontalnego [opracowanie własne na podstawie [4]]

Częstotliwość [Hz]	630	800	1000	1250	1600	2000	2500
TDR pionowy [dB/m]	1,0	1,5	1,5	1,5	2,5	2,5	2,5
TDR poprzeczny [dB/m]	1,0	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5

Aby absorber mógł być stosowany na sieci kolei niemieckich, konieczna jest jego certyfikacja przez niemiecki urząd ds. kolei (Eisenbahn-Bundesamtes) a także wydanie zgody na montaż przez zarządcę infrastruktury. w procesie certyfikacji rozwiązania danego producenta - z uwagi na stawiane mu wymagania - przeprowadza się liczne badania potwierdzające jego skuteczność, bezpieczeństwo i niezbędne właściwości użytkowe. w ramach poligonów doświadczalnych sprawdza się jednocześnie minimum 10 sztuk tłumików danego rodzaju. w trakcie testów odwzorowywane są warunki jego rzeczywistej eksploatacji w torze kolejowym. Symuluje się wówczas m.in. prace utrzymaniowe obejmujące podbijanie toru i profilowanie tłucznia [4].

## SYNTEZA

W celu określenia skuteczności działania absorberów szynowych wskazane jest przeanalizowanie danych o torze kolejowym, wykonanie ustandaryzowanych testów laboratoryjnych, jak również sprawdzenie jakie właściwości mechaniczne mają poszczególne typy urządzeń. Analizę należy rozpocząć od sprawdzenia aktualnych poziomów hałasu występującego na stacji kolejowej czy szlaku, określeniu rodzaju ruchu i prędkości, dla których tłumienie powinno być największe. Należy więc przeprowadzić pomiary hałasu zgodnie z normą *PN-EN ISO 3095:2013*, które dla prędkości 80 km/h i odpowiedniego typu taboru, określiłyby w jakiej wartości występuje przekroczenie hałasu ekwiwalentnego.

Kolejnym krokiem jest weryfikacja jakości akustycznej toru, określonej jako Track Decay Rate dla badań poligonowych, który wskazują w jakim stopniu szyna, podkładka podszynowa, podkład kolejowy i podsypka przejmują drgania i przekazują je na grunt, oraz jak sztywna jest nawierzchnia kolejowa - czy wspiera ona dalsze przenoszenie drgań na kolejny ośrodek jakim jest powietrze czy też wprowadza tłumienie wiskotyczne drgań.

Chropowatość szyny to kolejny z parametrów, który powinien być poddany analizie. Dzięki wykonaniu pomiarów główki szyny, zarządca infrastruktury jest w stanie zweryfikować, jak powierzchnia toczna wpływa na generowanie hałasu w stanie istniejącym oraz w jaki sposób wartość redukcji hałasu wyznaczonej z badań TDR będzie się kształtować w przyszłości. Pozwoli to zaplanować prace niezależne od montażu absorberów szynowych. Badania chropowatości wykonywane są również podczas eksploatacji toru z rozwiązaniami ograniczającymi hałas i montowanymi do szyny. Wskazują one jednak, że tłumiki torowe nie wpływają na przyspieszanie powstawania uszkodzeń powierzchni tocznej, wzrost zużycia się czy inne zjawiska destrukcyjne.

Pierwszym krokiem w weryfikacji samych rozwiązań, jakimi są absorbery powinny być właściwości fizyczne, kształt absorbera oraz sposób montażu. Aby zapewnić łatwość prac utrzymaniowych, szybkie naprawy awaryjne czy prosty dostęp dla wysokowydajnych maszyn torowych, należy dopuszczać rozwiązania, które nie będą mocowane na stałe do szyny za pomocą past kontaktowych, klejów czy żywic, które swoimi właściwościami wymuszają głęboką ingerencję w szynę. Obecnie możliwe jest zapewnienie sprężyn czy elementów metalowych, które z określoną siłą i przez wiele lat zapewnią odpowiedni docisk rozwiązania antyhałasowego do szyny. Analogicznym rozwiązaniem jest klasa przytwierdzeń typu SB, z powodzeniem stosowanych na polskiej sieci kolejowej od wielu lat. Dodatkowo konieczne jest np. uzyskanie odpowiedniej przestrzeni dla pracy podbijarki czy możliwość szlifowania poprzez zastosowane niepalne materiały. na podstawie standardu Kolei Niemieckich [4], można stwierdzić, że jest to technicznie możliwe i nie budzi wątpliwości dla zarządców infrastruktury. w kontekście właściwości fizycznych, rozwiązania nie muszą być testowane pod kątem właściwości materiału kompozytowego, ale wskazane byłoby umieszczenie ich w komorze zmęczeniowej. Urządzenia byłyby narażone na wysokie wahania temperatury jakie występują w Polsce, jak również przejście przez temperaturę 0°C około 100 razy w ciągu roku.

Kolejnym krokiem w analizie przygotowującej do instalacji danego typu urządzenia, powinno być określenie skuteczności redukcji drgań, która wynikałaby z laboratoryjnych testów STRDAMP i w prosty, przejrzysty sposób określały, w których wartościach pasma częstotliwościowego następuje największe zanikanie drgań (TDR) wyrażone w jednostce dB/m. Wykonanie testów nie jest czynnością zbyt złożoną a w polskich warunkach możliwe byłoby zbadanie jej np. w jednostkach akademickich czy certyfikowanych podmiotach gospodarczych.

Dobrym uzupełnieniem analizy rozwiązania technicznego jest sprawdzenie ich pod kątem zgodności ze standardami innego zarządcy infrastruktury, który wypracował bogate doświadczenie w tej dziedzinie. Doskonałym przykładem mogą być standardy niemieckie, które zostały przywołane w niniejszym opracowaniu i określają wymagane parametry fizyczne, skuteczność tłumienia w testach laboratoryjnych czy warunki próby torowej. w Polsce, gdzie nie prowadzono dotychczas wielu badań w tym zakresie, konieczne jest otwarcie się na europejskie instytucje i samodzielne kształtowanie poglądów na temat rozwiązań proponowanych na rynku, niezależnie od lobbingu producentów.

## PODSUMOWANIE

Temat absorberów torowych i weryfikacji ich skuteczności a także przewidywanie efektu tłumienia jeszcze przed montażem jest kwestią, która zaczyna dopiero pojawiać się w rozważaniach polskich struktur badawczych. Również doświadczenie polskiego zarządcy infrastruktury jest stosunkowo niewielkie. Docelowy montaż urządzeń, które mają zapewniać ochronę przed zanieczyszczeniem hałasem, powinien być poparty dogłębnymi analizami. Częste wykorzystywanie kryterium niskiej ceny, zamiast dogłębnej analizy technicznej, która może obejmować Life Cycle Cost (pol. cykl życia) jest kwestią, na którą należy zwrócić szczególną uwagę, szczególnie w obecnych realiach rynkowych.

Niniejszy referat może być wstępem do zwrócenia uwagi na problem, tak aby dopuścić na rynek polski tylko takie produkty, które sprawdzą się w sensie technicznym oraz zapewnią dobrą jakość życia mieszkańcom w niedalekim sąsiedztwie linii kolejowych. Wybranie skutecznych rozwiązań w zakresie tej innowacyjnej metody redukcji hałasu kolejowego leży w interesie wielu grup społecznych, dlatego warto poświęcić więcej czasu by zrozumieć zjawisko i odpowiednio przygotować procedury techniczne.

## ŹRÓDŁA

[1] Benjamin Betgen, Pascal Bouvet, G. Squicciarini, David J. Thompson The STARDAMP Software: An Assessment Tool for Wheel and Rail Damper Efficiency

[2] Helmut Venghaus, David J. Thompson, Martin Toward, Detlef Bumke, Paul Kitson, Bernd Asmussen, Maria Starnberg Assessment of the efficiency of rail dampers using laboratory methods within the STARDAMP project DAGA 2012 - Darmstadt

[3] Maria Starnberg STARDAMP - Ein deutsch-französisches Kooperationsprojekt zur Minderung des Schienenlärms DAGA 2012 - Darmstadt

[4] Deutsche Bahn-Standard DBS 918 290 Technische Lieferbedingungen Schienenstegdämpfer (SSD) Oberbautechnische und akustische Anforderungen 01.12.2017

[5] Norma EN 15461:2008+A1 Kolejnictwo - Emisja Hałasu - Charakterystyka własności dynamicznych odcinków toru dla ruchu poprzez pomiary hałasu

[6] <https://www.sciencedirect.com/book/9780080451473/railway-noise-and-vibration>

[7] <https://www.globalrailwayreview.com/article/63638/influence-rail-wheel-roughness/>

[8] POLITECHNIKA POZNAŃSKA WYDZIAŁ INŻYNIERII TRANSPORTU PRACA DOKTORSKA *OPRACOWANIE MODELU SYGNATURY AKUSTYCZNEJ WYBRANEGO MIEJSKIEGO POJAZDU SZYNOWEGO w TEŚCIE PASS-BY* mgr inż. Paweł Komorski Promotor: dr hab. inż. Grzegorz Szymański Promotor pomocniczy: dr inż. Małgorzata Orczyk, Poznań 2019

[9] <https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/rail-roughness> Wheel/Rail Interaction and Excitation by Roughness, David Thompson, in Railway Noise and Vibration, 2009



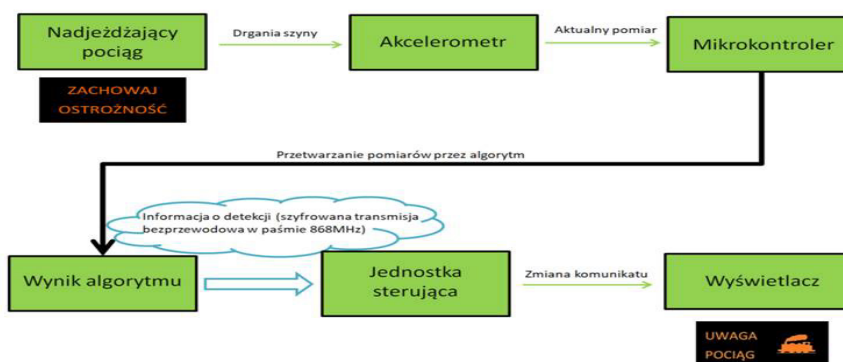
## WYKORZYSTANIE METODY WYKRYWANIA POJAZDÓW SZYNOWYCH ZA POMOCĄ CZUJNIKA DRGAŃ WRAZ Z METODĄ OCENY I DOBORU KOMUNIKATU ZNAKU ZMIENNEJ TREŚCI NA PRZEJAZDACH KOLEJOWO - DROGOWYCH

Dawid Simiński

*Szkoła Doktorów Politechniki Śląskiej*

Kwestia bezpieczeństwa na przejazdach kolejowo-drogowych jest bardzo istotnym i aktualnym tematem ze względu na liczbę wypadków występujących szczególnie na przejazdach kategorii niższych, takich jak kategoria D. Od kilku lat zespół badawczy prowadził zakrojone na szeroką skalę badania związane z opracowaniem rozwiązania pozwalającego na wykrywanie pojazdów szynowych za pomocą specjalizowanego czujnika drgań. Prace, które były prowadzone równoległe poświęcone były doborowi odpowiednich komunikatów znaku zmiennej treści informujących uczestników ruchu drogowego o potencjalnym zagrożeniu związanym z wjazdem kierowcy na przejazd kolejowo drogowy. Po przeprowadzeniu złożonego procesu badawczego opracowano rozwiązania dające możliwość detektowania pojazdów szynowych ze znacznych odległości, a następnie przekazywania informacji o zbliżającym się pojeździe szynowym w sposób bezprzewodowy do urządzeń wykonawczych na przejeździe kolejowo drogowym. Rozwiązanie to zostało połączone z technologią wykorzystującą odnawialne źródła energii, co zapewnia niezależność systemu od sieci zewnętrznej.

Obecnie rozwiązanie od dwóch lat z powodzeniem testowane jest na przejeździe kolejowo-drogowym kategorii D, na prywatnej linii kolejowej. Badania walidacyjne potwierdzają słuszność założeń projektowych.



# PROJEKT ZABUDOWY PRZESTRZENI DO PRZEWOZU ROWERÓW W WAGONACH EKSPLOATOWANYCH W RUCHU DALEKOBIEŻNYM

inż. Szymon Kudęłka

*Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki w Krakowie*

## Wstęp

Obecność rowerów w pojazdach szynowych zawsze wywołuje dyskusje na temat sposobu bądź słuszności ich przewozu. Problem z nieodpowiednio dostosowaną przestrzenią do przewozu rowerów potrafi dotknąć zarówno rowerzystów, jak i pozostałych pasażerów. Dlatego celem niniejszego referatu jest opracowanie przestrzeni dostępnej dla każdego pasażera uwzględniającej odpowiednie dokumenty normalizacyjne. Projekt wykonano na podstawie zgromadzonych danych, informacji udzielonych przez pracowników Biura Taboru PKP Intercity, a także przy pomocy udostępnionej dokumentacji przez firmę NEWAG IP Management Sp. z o.o.

## Charakterystyka dokumentów

W trakcie projektowania każdego z elementów pojazdów szynowych, w tym przestrzeni pasażerskiej wymagane jest uwzględnienie właściwych specyfikacji technicznych oraz dokumentów normalizacyjnych, których zastosowanie umożliwia spełnienie zasadniczych wymagań dotyczących systemu kolei. w zależności od realizowanego zadania należy uzupełnić je o dostarczone przez zamawiającego wymagania zawarte w innych dokumentach takich jak SIWZ, czyli specyfikacji istotnych warunków zamówienia. Uwzględnienie wszystkich wymaganych dokumentów jest warunkiem dopuszczenia pojazdu do ruchu, a także jego odbioru przez zamawiającego.

W przypadku projektu przestrzeni do przewozu rowerów wymagającą uwzględnienia normą jest karta UIC 567 [1] wydana przez Międzynarodowy Związek Kolei. Karta ta określa postanowienia ogólne dla wagonów osobowych, między innymi określając minimalną szerokość korytarzy przy przejściach środkowych wynoszących 520 mm. w konsekwencji szerokość ciągu komunikacyjnego zależy od typu przewożonego roweru. w celu zachowania szerokości przejścia dostępnego dla wszystkich pasażerów w tym osób poruszających się na wózkach, możliwe byłoby uzupełnienie karty UIC 567

o wymiary czterech typów rowerów opisanych w normie PN-EN ISO 4210 [2]. Wyżej wymieniona norma w części pierwszej definicji wymiary najpopularniejszych rowerów: miejskich i trekkingowych, dla starszej młodzieży, górskich oraz wyścigowych. Zastosowanie normy PN-EN ISO 4210 umożliwiłoby przygotowanie mocowania dostosowanego do większości typów stosowanych rowerów oraz weryfikację szerokości przejścia w procesie dopuszczenia pojazdu do ruchu. Dodatkowo projektując mocowania zintegrowane z rozkładanymi półkami bagażowymi, należy uwzględnić kartę UIC 562 [3], określającą między innymi pochylenie półek, regałów bagażowych oraz powierzchnię, jaką powinien zajmować prawidłowo przewożony bagaż. Pomimo iż karta UIC 562 nie została wymieniona w tzw. Liście Prezesa UTK [4], w zestawieniu kart UIC widnieje jako pozycja aktywna, co obliguje do uwzględnienia w każdym nowo powstałym projekcie.

Producenci, przewoźnicy bądź inni inwestorzy działający w obszarze transportu kolejowego na terenie UE, zobowiązani są do przestrzegania technicznych specyfikacji interoperacyjności (TSI) sporządzonych przez Komisję UE, w zakresie wymagań technicznych i funkcjonalnych. TSI Loc&Pas [5] jest jednym z najważniejszych rozporządzeń mających wpływ na funkcjonowanie kolei na terenie Unii Europejskiej. Należy jednak zauważyć, że rozporządzenie nie porusza zagadnienia projektu przestrzeni, bądź sposobu przewozu roweru. Innym istotnym mającym już wpływ na projekt omawianej przestrzeni jest TSI PRM [6]. Rozporządzenie to odnosi się do dostępności systemu kolei Unii dla osób niepełnosprawnych i osób o ograniczonej możliwości poruszania. w tym wypadku należy zwrócić uwagę na zapis uniemożliwiający montaż jakiegokolwiek wyposażenia stałego, np. haków na rowery, stojaków na narty w miejscu przeznaczonym wózkom lub bezpośrednio przed nim.

Najważniejszym aktem prawnym regulującym funkcjonowanie transportu kolejowego na terenie Polski jest Ustawa o transporcie kolejowym wydana przez Sejm Rzeczypospolitej Polskiej [7]. w aspekcie projektowania przestrzeni do przewozu roweru najważniejszym elementem omawianej ustawy są przepisy określające warunki techniczne eksploatacji pojazdów szynowych. Tymczasem żadna z zamieszczonych regulacji nie porusza ani projektu dedykowanej przestrzeni, ani sposobu przewozu roweru. Głównym aktem regulującym temat przewozu oraz integracji roweru z koleją jest rozporządzenie w sprawie planu rozwoju zrównoważonego zbiorowego transportu publicznego [8], które określa, iż operator świadczący usługę publicznego transportu zbiorowego zobowiązany jest do podejmowania działań mających na celu maksymalizację liczby pasażerów oraz zapewnienie bezpiecznych, wygodnych i higienicznych warunków

podróży. Jednym z takich działań jest umożliwienie przewozu roweru w pociągach do miejscowości turystycznych, a w miarę dysponowania dostosowanym taborem, sukcesywnie w pozostałych relacjach tak, aby w 2024 roku możliwość taka dotyczyła 100% uruchamianych pociągów. Oznacza to, że od roku 2024 każdy kolejowy przewoźnik będzie zobowiązany do umożliwienia przewozu roweru w każdym udostępnianym liniowo pojeździe. Omawiając regulacje krajowe warto również wspomnieć o Liście Prezesa Urzędu Transportu Kolejowego, która wskazuje aktualnie obowiązujące specyfikacje techniczne oraz dokumenty normalizacyjne dotyczące systemu kolei. Jednakże w przypadku projektu przestrzeni do przewozu rowerów można odnaleźć jedynie wcześniej omawianą normę UIC 567.

Innym ważnym dokumentem wymaganym do uwzględnienia w procesie projektowania są wymagania zamawiającego zawarte w specyfikacji istotnych warunków zamówienia. Zapisy te mają kluczowy wpływ na efekt projektu, w tym wypadku mogą definiować sposób przymocowania roweru, liczbę przeznaczonych miejsc czy dodatkowe elementy mające zostać umieszczone w planowanym obszarze. Zapisy te mogą znacząco różnić od siebie w zależności od przeznaczenia pojazdu bądź preferencji danego zamawiającego.

### **Dostępne rozwiązania w zakresie aranżacji przestrzeni do przewozu rowerów**

Z racji braku znormalizowanej przestrzeni do przewozu rowerów w kolejowych pojazdach szynowych, można zaobserwować wiele rozwiązań z tego zakresu. Podstawowym celem przy projekcie tego typu miejsca powinno być pozostawienie wymaganej szerokości ciągu komunikacyjnego, maksymalne wykorzystanie pozostałej wolnej przestrzeni przy zapewnieniu w miarę łatwego dostępu do roweru. Niestety, w praktyce często natrafia się na rozwiązania niespełniające żadnego z podstawowych założeń.

W Polsce można zauważyć znaczne różnice w sposobie mocowania rowerów w kolejowych pojazdach szynowych, zwłaszcza wśród przewoźników regionalnych. Niemniej jednak istnieją operatorzy, którzy podejmują aktywne działania na rzecz poprawy warunków przewozu roweru. Przykładem takiego operatora są Koleje Dolnośląskie, rozwijające swoją ofertę dla rowerzystów, między innymi poprzez wprowadzenie pierwszych w Polsce wagonów towarowych dostosowanych do przewozu rowerów.

## Montaż roweru w pozycji pionowej

Najczęściej obserwowanym sposobem przewozu rowerów w Polsce jest transport roweru w pozycji pionowej z mocowaniem najczęściej za przednie koło. Niewątpliwą zaletą omawianego rozwiązania jest ilość zajmowanego miejsca przy normalnym użytkowaniu. Niestety poza względami ekonomicznymi rozwiązanie to posiada szereg wad takich jak: trudności z zamontowaniem większych i cięższych rowerów bądź możliwość uszkodzenia dołączanych do rowerów akcesoriów np.: sakw rowerowych.

Przykładem tego typu mocowania może być przestrzeń zabudowana w wagonie typu 111A-30 rys. 1. Występują tu wszystkie wcześniej wymienione problemy pionowego montażu roweru. w tym wypadku możliwe jest spostrzeżenie próby ustabilizowania roweru poprzez montaż opaski zaciskającej widocznej na rys. 2, dzięki czemu możliwe jest zniwelowanie powstających podczas jazdy wahań wzdłużnych do kierunku jazdy. Niestety rozwiązanie to nie jest możliwe do zastosowania dla widocznego na zdjęciu roweru typu górskiego.

W omawianym kontekście można wskazać kolejny przykład tego typu przestrzeni, czyli części bagażowej wagonu typu 175A-10 rys. 3. w tym wypadku zaobserwować można błąd powstały przy projekcie zabudowy rozkładanych półek bagażowych zintegrowanych z mocowaniem. Mianowicie, złożenie półek bagażowych spowoduje przysłonięcie oparcia przedniego koła przez rozkładaną część półki, co uniemożliwi uzyskanie stabilnego podparcia przedniego koła. w konsekwencji przymocowany rower pozostaje narażony



na wzmożone działanie sił, które mogą prowadzić do uszkodzeń w miejscu połączenia koła z hakiem.



Rys. 1 Rower umiejscowiony pionowo w wagonie typu 111A-30 zmodernizowanym przez spółkę PESA Bydgoszcz SA, fot. S. Kudelka



Rys. 2 Opaska stabilizująca dolne koło roweru zastosowana na wagonie typu 111A-30, fot. S. Kudelka

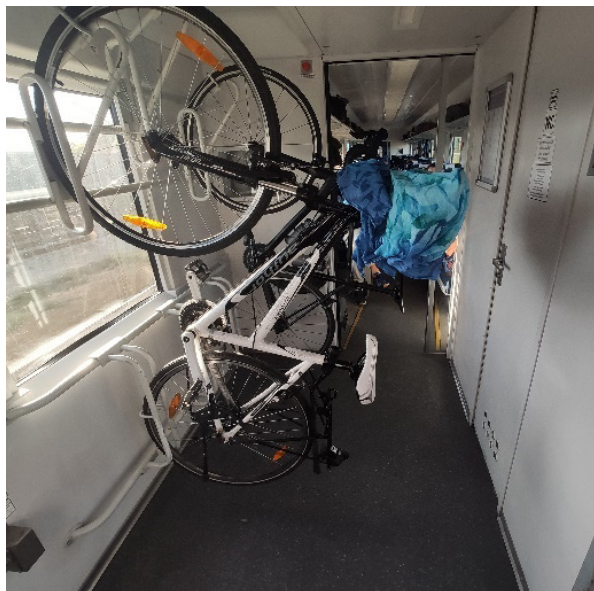


Rys. 3 Przestrzeń bagażowo-rowerowa zabudowana w wagonie 175A-10, fot. S. Kudelka



W przypadku rozwiązania zastosowanego w wagonie typu 111AROW możliwe jest zaobserwowanie błędu, który jest bezpośrednio związany z założeniami normy UIC 567.

Otóż w przypadku zajęcia mocowań rowerowych, pozostawiona przestrzeń przejścia wynosi maksymalnie około 300 mm, w zależności od rodzaju transportowanych rowerów rys. 4, a więc odpowiedni ciąg komunikacyjny pozostaje zachowany jedynie przy braku transportowanych rowerów. Rozwiązanie to uniemożliwia swobodne przejście pasażerom z większym bagażem, plecakiem, a także stwarza niebezpieczeństwo dla podróżnych zwłaszcza podczas jazdy. Sytuację utrudnia zabudowa toalety, której drzwi wejściowe umiejscowione zostały naprzeciwko omawianych mocowań. Warto zaznaczyć, że po przeciwnej stronie wagonu również znajdują się identyczne mocowania rys. 5, jednakże z racji braku zabudowy toalety oraz odsunięcia przejścia od uchwytów rowerowych, omawiany w tym wypadku problem tam nie występuje.



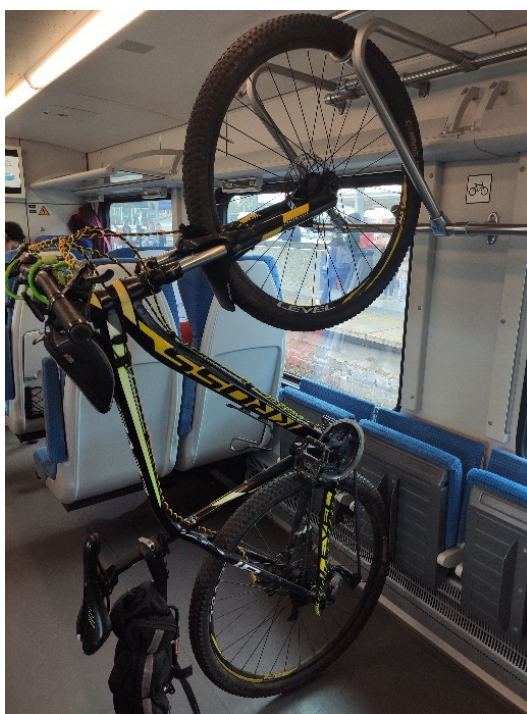
Rys. 4 Zabudowa wieszaków rowerowych w wagonie typu 111AROW zmodernizowanym przez spółkę PESA Bydgoszcz SA, fot. S. Kudełka



Rys. 5 Zabudowa wieszaków w wagonie typu 111AROW po stronie bez toalety, fot. S. Kudełka

Ostatnim prezentowanym przykładem pionowego układu mocowania jest projekt zastosowany w pierwszej generacji pojazdów Stadler FLIRT, dla spółki PKP INTERCITY rys. 6. Przestrzeń w tym pojeździe uznawana jest za jedną z najgorzej dostosowanych na potrzeby rowerzystów, wśród stosowanych przez polskich przewoźników. Uzasadnieniem niniejszej opinii jest fakt bliskiej lokalizacji siedzeń utrudniających

przejście oraz montaż rowerów w wyznaczonym miejscu. Kolejnym niedociągnięciem jest błędna konstrukcja uchwytów, w których hak podtrzymujący koło został zbyt mocno przesunięty do środka wagonu, co skutkuje równie małą ilością miejsca w ciągu komunikacyjnym oraz częstszymi wahaniami wywołanymi przez poruszający się pojazd. Warto zwrócić uwagę, iż mimo znaczącego rozmiaru koła wynoszącego 29 cali oraz dwudziestocalową ramą roweru, koło nie jest w stanie zaprzeć się o górną część mocowania. w wyniku czego rower nie pozostaje zablokowany w żadnej z płaszczyzn, czego skutkiem są znaczące przemieszczenia w trakcie jazdy, co w połączeniu z brakiem elementów ochronnych na haku jak w rozwiązaniu widocznym na rys. 8 wywołać może uszkodzenia obręczy koła oraz niebezpieczeństwo dla poruszających się w tym miejscu pasażerów.



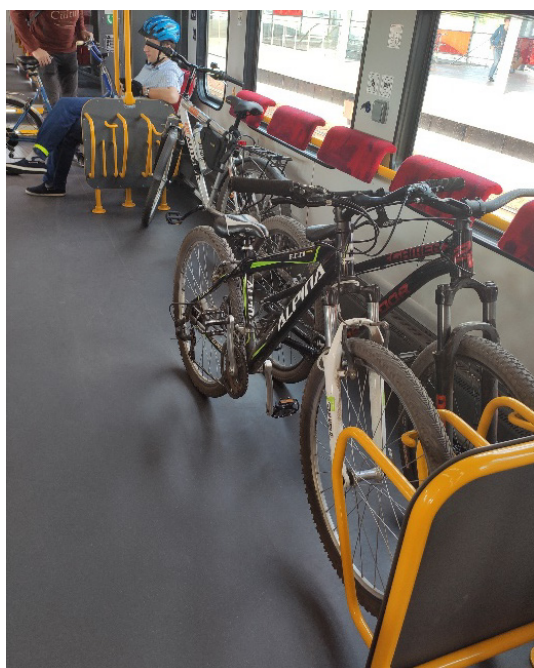
Rys. 6 Rower umiejscowiony w mocowaniu pojazdu Stadler FLIRT w pierwszej wersji dla PKP INTERCITY, fot. S. Kudelka

### **Montaż roweru w pozycji poziomej**

Rzadziej stosowanym, jednak najbardziej cenionym przez rowerzystów ze względu na prostotę montażu, są różnego rodzaju uchwyty lub wyznaczone strefy do przewozu roweru w pozycji poziomej. Ich niewątpliwą zaletą jest czas mocowania roweru oraz stabilność po zamontowaniu. Rozwiązanie to jest również znacznie bezpieczniejsze dla poruszających się w tym obszarze pasażerów z racji braku wystających elementów roweru takich jak kierownica znajdująca się często na wysokości głowy. Niestety

rozwiązanie tego typu wymaga przeznaczenia większej przestrzeni, co wiąże się wyższymi kosztami eksploatacyjnymi takiego pojazdu.

Przykładem takiego rozwiązania jest widoczna na rys. 7 przestrzeń zabudowana w pojeździe 31WEba wyprodukowanym przez spółkę NEWAG dla Szybkiej Kolei Miejskiej w Warszawie. w tym wypadku wystąpić może problem z dostępem do rowerów umiejscowionych bliżej okien oraz brak zastosowania osłony ochronnej na haku mocującym koło, w efekcie powstawać mogą uszkodzenia transportowanego roweru rys. 8. Dodatkowo wato zwrócić uwagę, iż w przypadku zastosowania dedykowanego mocowania, transportowane rowery zajmują znaczną część przestrzeni



pasażerskiej.

Rys. 7 Przestrzeń do przewozu roweru w pojeździe 31WEba, fot. S. Kudelka



Rys. 8 Uszkodzony hak mocujący rower w pojeździe 31WEba, fot. S. Kudelka

Innym możliwym sposobem aranżacji jest transport roweru bez dedykowanego uchwytu z ewentualnym mocowaniem poprzez zastosowanie pasów. Różnicą w stosunku do przestrzeni zabudowanej w pojeździe 31WEba jest większa ilość rowerów możliwych do transportu przy jednakowej zagospodarowanej przestrzeni. Jednocześnie wydłużony pozostaje również czas wyprowadzenia z pojazdu w wyniku utrudnionego dostępu oraz konieczności przestawiania innych transportowanych rowerów. Przestrzeń tego typu zabudowano między innymi w pojazdach EN63H dla województwa zachodniopomorskiego rys. 4.9.





Rys. 9 Przestrzeń do przewozu roweru w pojeździe  
EN63H,  
fot. S. Kudelka

### **Transport roweru w dedykowanych wagonach rowerowych**

Jednym z nowszych rozwiązań stosowanym w Polsce wykorzystywanym obecnie wyłącznie przez Koleje Dolnośląskie na wzór austriackiego państwowego przewoźnika ÖBB są wagony towarowe, będące przystosowane do przewozu rowerów rys. 4.10. Rozwiązanie to posiada szereg zalet takich jak: możliwość zaoferowania odpowiedniej ilości miejsc w zależności od popytu, stosunkowo niskie koszty eksploatacji, łatwy dostęp z racji przejścia montażu roweru w pojeździe przez obsługę pociągu. Występującym problemem jest ograniczona do kilku stacji liczba miejsc dostępnych do załadunku

oraz wyładunku rowerów, a także konieczność zaangażowania dodatkowej liczby pracowników odpowiadających za obsługę wagonu.



Rys. 10 Wagon rowerowy Kolei Dolnośląskich,  
źródło: kolejedolnoslaskie.pl

### Rozwiązania stosowane w Europie

Na podstawie raportu Europejskiej Federacji Rowerzystów [9] zauważać można, iż najlepszą propozycję przygotowaną dla rowerzystów oferują Szwajcarskie Koleje Federalne (SBB), Belgijskie Koleje Państwowe (SNCF/NMBS), Niemieckie Przedsiębiorstwo Kolejowe i Logistyczne (DB), Węgierskie Koleje Państwowe (MÁV-START) oraz usługa NS-DB Intercity Berlin (IC Berlin), która zdobyła najwięcej pozytywnych ocen w tym zestawieniu. Ocena końcowa przyznana została na podstawie liczby dedykowanych miejsc na rowery, łatwości rezerwacji, kosztu transportu, dostępu do informacji w wielu językach, funkcjonalności strony internetowej oraz dostępności wypożyczalni rowerów. Przeglądając rozwiązania oferowane między innymi przez DB czy SNCF/NMBS można zauważyć, iż większość pojazdów posiada przestrzeń do przewozu rowerów w pozycji poziomej. w większości mocowanie odbywa się przy pomocy pasów, jednocześnie oferując średnią liczbę miejsc na poziomie odpowiednio 7 i 9 miejsc. Nie są to jedyne kraje, gdzie stosuje się tego typu rozwiązania. Przewóz roweru w pozycji poziomej w specjalnych wagonach przeznaczonych wyłącznie rowerom oraz ich użytkownikom rys. 11 można także zaobserwować na trasach oferowanych przez Austriackiego państwowego przewoźnika ÖBB. Przewoźnik przed zakupem biletu informuje również, iż rowery przekraczające standardowe wymiary (długość ponad

185 cm, wysokość ponad 110 cm, szerokość ponad 60 cm, rozmiar opon od 29 cali, szerokość ponad 4,2 cm i maksymalna waga 30 kg) lub przyczepy rowerowe można



przewozić tylko w specjalnych lukach bagażowych.

Rys. 11 Wagon ÖBB przeznaczony rowerzystom, źródło:

### **Analiza stosowanych rozwiązań**

Na podstawie przeprowadzonej oceny prezentowanych wyżej przykładów rozwiązań trudno jest wskazać uniwersalny sposób mocowania roweru. Należy przyjąć, iż przestrzeń do przewozu rowerów w pozycji poziomej najlepiej sprawdzić się może w pociągach regionalnych oraz w postaci łączonej wraz z pionowymi mocowaniami w pociągach dalekobieżnych. Wykorzystanie jedynie pionowych mocowań w pociągach dalekobieżnych nie stanowi odpowiedniego rozwiązania z racji ograniczeń, jakie mogą wystąpić w trakcie ich stosowania. Słabsze osoby bądź posiadacze coraz bardziej popularnych rowerów elektrycznych mogą spotkać się ze znaczącym problemem przy próbie umiejscowienia roweru w pozycji pionowej, w efekcie czego pozostawiony rower może blokować ciąg komunikacyjny bądź pozostałe miejsca do przewozu rowerów. Przykład takiej sytuacji można zaobserwować w wielu pociągach regionalnych jak w widocznym na rys. 12.

Najlepszym rozwiązaniem jest zastosowanie układu mieszanego, czyli mocowań pionowych oraz poziomych, z proporcjami odpowiednim dla rodzaju prowadzonego ruchu. Przykładem takiego rozwiązania są pojazdy EN98A oraz wybrane pojazdy SA134 będące w posiadaniu Urzędu Marszałkowskiego Woj. Lubelskiego. w pojazdach zastosowano układ widoczny na rys. 13 pozwalający przewieźć rowery zarówno mocowane poziomo przy pomocy pasów, jak i haków pionowo podtrzymujących rower za przednie koło.



na całej przestrzeni umiejscowiono również składane fotele, które w momencie spadku lub braku zapotrzebowania na ofertę przewozu roweru pozostają dostępne dla pozostałych pasażerów. w przypadku pojazdów dalekobieżnych odpowiednie byłoby zabudowanie w tym miejscu rozkładanych regałów bagażowych. Dzięki tego typu

układowi możliwe jest uzyskanie przestrzeni dostępnej dla wielu osób, przy zachowaniu podstawowych założeń.

### Projekt

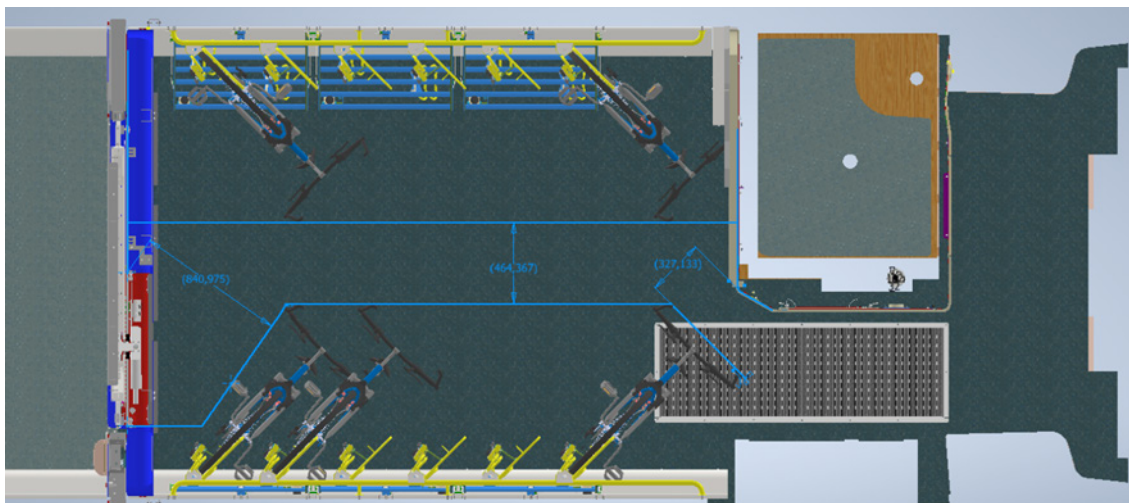


Rys. 12 Zablockowanie uchwyty pionowe w pociągu regionalnym, fot. S. Kudelka



Rys. 13 Przestrzeń przystosowana do przewozu rowerów oraz bagażu zabudowana w pojeździe EN98A, fot. S. Kudelka

Na podstawie wcześniej przeprowadzonej analizy wraz z wykorzystaniem programu Autodesk Inventor podjęto próbę zmiany układu przedziału rowerowego wagonu typu 168A zmodernizowanego przez spółkę NEWAG S.A. dla PKP Intercity w 2016 roku. Podstawowym założeniem projektu było zwiększenie ciągu komunikacyjnego w przedziale rowerowym rys. 14 z 327 mm do minimum 520 mm, uzyskanie jak największej liczby miejsc rowerowych z montażem poziomym oraz zachowanie minimum 8 z 12 pierwotnie zabudowanych miejsc na rowery wraz z wyznaczeniem miejsca do przewozu rowerów elektrycznych oraz ponad wymiarowych. Dodatkowo w celu pełnego wykorzystania przestrzeni założono ponowne przystosowanie przedziału



Rys. 14 Układ przedziału rowerowego wagonu typu 168A wraz ze szkicem ciągu komunikacyjnego do przewozu nart oraz bagażu.

W celu spełnienia przyjętych założeń zaprojektowane zostały dedykowane mocowania rowerów umożliwiające odpowiednie ustawienie rowerów w sposób spełniający przedstawione założenia. w tym uchwyt poziomy pozwalający na ustabilizowanie roweru o rozmiarze ramy do 29 cali oraz maksymalnej szerokości opony wynoszącej 57 mm. Element zapierający się o wewnętrzną część obręczy koła rowerowego zabezpieczony został polietylenową opaską zabezpieczającą obręcz przed przetarciami. Następnie mocowanie zostało zaadaptowane na potrzeby mocowania pionowego, poprzez przebudowę dolnego elementu mającego na celu zniwelowanie przemieszczenia roweru. Natomiast dolne wsparcie koła zabudowane zostało na rozkładanej części półki bagażowej wraz z paskiem mającym za zadanie stabilizację roweru.

W celu pełnego wykorzystania pozostałej przestrzeni zaprojektowana została rozkładana półka bagażowa zgodna z normą UIC 562. Półka przystosowana została do walizek o rozmiarach 580x500x400mm. w celu zminimalizowania ryzyka uszkodzenia

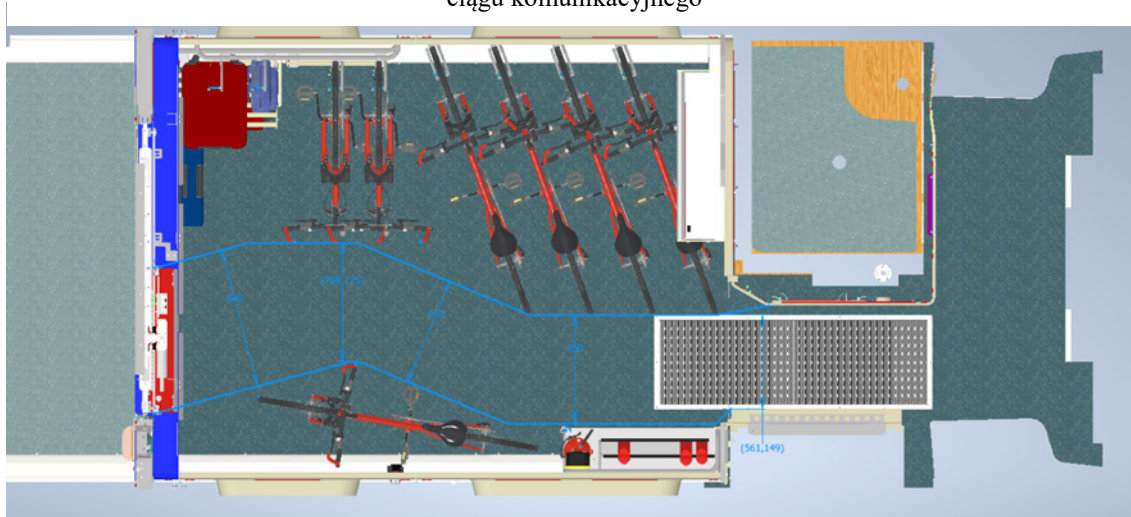
powodu nadmiernego przeciążenia zastosowano dwie niezależne blokady położenia. na ścianie będącej zabudową systemowej kabiny WC umieszczona została półka przeznaczona głównie dla rowerzystów, w celu umożliwienia bezpiecznego pozostawienia koniecznych do demontażu elementów takich jak sakwy rowerowe bądź innych elementów np. kasków rowerowych.

Kolejnym zaprojektowanym elementem jest półka dedykowana do przewozu desek snowboardowych oraz nart wyposażona w dostosowany uchwyt. Dodatkowo w przypadku braku wykorzystania opcji przewozu nart możliwe jest użycie dolnej płaskiej powierzchni pod przewóz standardowego bagażu. Prócz tego na ramie w łatwo dostępnym miejscu zabudowana została gaśnica przeciwpożarowa, a także kompresor wraz z kasetą dziewięciometrowego węża pneumatycznego. Dzięki temu rozwiązaniu możliwe jest prowadzenie korekty ciśnienia kół we wszystkich rowerach umiejscowionych w przedziale. Rozwiązanie tego typu stosowane jest między innymi w wagonach rowerowych kolei MÁV-Start.



W celu prezentacji projektu przygotowane zostały koncepcyjne wirtualizacje przedstawiające wcześniej opisane modele zabudowane w przedziale rowerowym wagonu 168A, a także widok ukazujący obecną szerokość przejścia rys. 15.

Rys. 15 Zaprojektowany układ przedziału rowerowego dla wagonu typu 168A wraz ze szkicem ciągu komunikacyjnego



Rys. 16 Widok na przedział rowerowy w kierunku przedziału pasażerskiego





Rys. 17 Widok na przedział rowerowy w kierunku toalety oraz wyjść z wagonu



Rys. 18 Widok przedziału rowerowego w kierunku rozkładanych półek bagażowych



Rys. 19 Widok przedziału rowerowego w kierunku półki na narty



## Podsumowanie

Zaprezentowany projekt, mimo iż oferuje dziewięć miejsc zamiast pierwotnych dwunastu, oferuje w największym miejscu 561 mm szerokości ciągu komunikacyjnego widoczną na rys. 15, w stosunku do początkowych 327 mm stanowiących problem z komunikacją rys. 14. Dodatkowo uzyskano aż pięć łatwo dostępnych miejsc bez konieczności podnoszenia roweru w celu jego mocowania w uchwycie. Ponadto zachowano możliwość przewozu nart oraz desek snowboardowych których przewóz w pierwszym projekcie nie był możliwy. Pozostała niewykorzystywana przestrzeń może pełnić funkcję bagażową dla pozostałych pasażerów. Jedynym trudno dostępnym miejscem może okazać się półka bagażowa umieszczona na ścianie toalety. Ponadto możliwe jest uzyskanie dodatkowego miejsca dla dziesiątego roweru w strefie dla rowerów elektrycznych znajdującą się po stronie półki na narty, jednakże utrudniony zostanie dostęp do pierwszego ustawionego w tym miejscu roweru, a także naruszone może zostać pozostawione przejście.

Dodatkowo warto zauważyć, iż norma UIC 567 powinna zostać uzupełniona o wymiar regulujący szerokość ciąg komunikacyjny adekwatnie do zastosowanego typu mocowania. Przykładowo dla mocowania roweru w pozycji pionowej szerokość przejścia powinna wynosić 1700 mm liczoną od zewnętrznej części rozłożonego wieszaka do naprzeciwległej powierzchni bądź 1400 mm liczoną od powierzchni oparcia roweru do naprzeciwległej powierzchni dla jego równoległego ustawienia względem przejścia. Wymiary uzyskane zostały na podstawie danych zamieszczonych w normie PN-EN ISO 4210 takich jak szerokość kierownicy dostępnej w zakresie od 350 mm do 1000 mm czy maksymalnej odległości górnej powierzchni uchwytów kierownicy od powierzchni siodełka wynoszącej 400 mm.

[1] UIC 567, Postanowienia ogólne dla wagonów osobowych.

[2] PN-EN ISO 4210-2:2015-12, Rowery - Wymagania bezpieczeństwa dla rowerów - Część 2: Wymagania dotyczące rowerów miejskich i trekkingowych, dla starszej młodzieży, górskich i wyścigowych.

[3] UIC 562, Półki bagażowe, wieszaki do odzieży i szatnie. Środki zaradcze dla zabezpieczenia bagażu podróżnych przed kradzieżą.

[4] LISTA PREZESA UTK z dnia 5 listopada 2021 r. o właściwych krajowych specyfikacji technicznych i dokumentów normalizacyjnych, których zastosowanie

umożliwia spełnienie zasadniczych wymagań systemu kolei, BIP - Urząd Transportu Kolejowego.

[5] ROZPORZĄDZENIE KOMISJI (UE) NR 1302/2014 z dnia 18 listopada 2014 r. w sprawie technicznej specyfikacji interoperacyjności odnoszącej się do podsystemu „Tabor – lokomotywy i tabor pasażerski” systemu kolei w Unii Europejskiej, Dziennik Urzędowy Unii Europejskiej.

[6] ROZPORZĄDZENIE KOMISJI (UE) NR 1300/2014 z dnia 18 listopada 2014 r. w sprawie technicznych specyfikacji interoperacyjności odnoszących się do dostępności systemu kolei Unii dla osób niepełnosprawnych i osób o ograniczonej możliwości poruszania się, Dziennik Urzędowy Unii Europejskiej L 356/110.

[7] USTAWA z dnia 28 marca 2003 r. o transporcie kolejowym, Dz. U. 2003 Nr 86 poz. 789.

[8] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 4 grudnia 2020 r. w sprawie planu zrównoważonego rozwoju publicznego transportu zbiorowego w międzywojewódzkich i międzynarodowych przewozach pasażerskich oraz w wojewódzkich przewozach pasażerskich w transporcie kolejowym, DZIENNIK USTAW RZECZYPOSPOLITEJ POLSKIEJ Poz. 2328.

[9] E. C. Federation, „Cyclists Love Trains, An analysis of the bicycle friendliness of European railway operators,” 2021.

## PROJEKTOWANIE ODCINKÓW ZBLIŻANIA W KOMPUTEROWYCH SYSTEMACH SRK

inż. Aneta Pogorzelska

*Politechnika Warszawska*

### Wstęp

Rozwój technik wykonywania urządzeń sterowania ruchem kolejowym pozwolił na zwiększenie liczby i sposobów definiowania zależności między poszczególnymi elementami czy stanami tychże elementów w systemie. Oczywistym skutkiem wspomnianego postępu jest wzrost poziomu bezpieczeństwa prowadzenia ruchu kolejowego. Skutkiem ubocznym jest zwiększenie poziomu skomplikowania definiowania i zapisu wskazanych zależności. Prowadzi to również do braku spójności w wytycznych odnoszących się do projektowania poszczególnych rozwiązań. Jednym z takich aspektów jest zagadnienie zdefiniowania i określenia wytycznych projektowania odcinków zbliżania w zależnościach stacyjnych systemów srk.

Artykuł [3] podejmuje zagadnienie drogi zbliżania w kontekście utwierdzenia zamkniętego wcześniej przebiegu. w niniejszym artykule przeprowadzono analizę wyznaczania odcinków zbliżania w celu określenia czy utwierdzony przebieg może być zwolniony natychmiastowo czy ze zwłoką czasową. Podjęto próbę uogólnienia występujących w literaturze definicji i opisów odcinków zbliżania. Ponadto przedstawiono wyniki analizy sposobu wyznaczania odcinków zbliżania, określania ich długości oraz położenia.

### Przepisy oraz definicje

Na potrzeby niniejszego artykułu dokonano przeglądu występujących w literaturze definicji i opisów odpowiadających pojęciom odcinka zbliżania, drogi zbliżania lub innym nienazwanym bezpośrednio, lecz odpowiadającym w funkcjonalności wyżej wymienionym.

w skrypcie [1] odcinek zbliżania zdefiniowano jako pierwszy element drogi przebiegu (z punktu widzenia najeżdżania przez tabor realizujący dany przebieg) i odcinek toru bezpośrednio przed drogą jazdy, o długości do dwóch odstępów blokowych. Określono [1] cel stosowania odcinka zbliżania jako:

- Wskazanie personelowi sterowania ruchem faktu zbliżania się pociągu (taboru) do początku drogi jazdy,
- Zautomatyzowanie czynności nastawczych w oparciu o kryterium zajętości drogi zbliżania.

W pierwszym przypadku pojęcie odcinka (odcinków) zbliżania, pokrywających sobą drogę zbliżania przed semaforem wjazdowym, jest szeroko stosowane przy blokadzie samoczynnej. Odcinki te służą wskazaniu personelowi sterowania ruchem posterunku, do którego dochodzi tor wyposażony w blokadę samoczynną, zbliżania się pociągu do posterunku. Wskazanie to pozwala wykonać czynności niezbędne do przygotowania przebiegu (wjazdowego) z dostatecznym wyprzedzeniem w czasie. Pozwala to z kolei na płynny ruch pociągu, bez konieczności ograniczania jego prędkości przed semaforem wjazdowym. Liczba odcinków zbliżania, z których każdy najczęściej odpowiada w tej sytuacji poszczególnym odstępom blokowym, powinna być na tyle duża, żeby uniemożliwić maszyniście ujrzenie wskazania semaforów odstępowych uprzedzających o sygnale „Stój” na semaforze wjazdowym. Według publikacji [1], w uproszczeniu liczba odcinków zbliżania przy zastosowaniu blokady trzystawnej nie powinna być mniejsza niż dwa, a czterostawnej niż trzy.

W drugim przypadku zajęcie drogi zbliżania przez tabor wywoływać może różne skutki zależnie od potrzeb: utwierdzenie zamkniętego wcześniej przebiegu, nastawienie przebiegu wjazdowego przy samoczynnie działających urządzeniach (np. na mijance), czy wreszcie, omawiane szerzej w niniejszym referacie, funkcje związane ze zwolnieniem przebiegu.

Wynika z tego, że zależnie od celu, zarówno definicja drogi zbliżania jak i odcinka (lub odcinków) pokrywających tę drogę wymaga osobnego zdefiniowania.

Instrukcja PKP PLK S.A [2] nie definiuje wprost odcinka ani drogi zbliżania, natomiast §39 ust. 6 pkt 3 wskazuje, że w niektórych typach urządzeń srk może być urządzone utwierdzenie zamkniętego przebiegu przez zbliżający się do sygnalizatora tabor. Utwierdzenie powinno następować, gdy pociąg znajduje się co najmniej w odległości wymaganej widoczności przed sygnalizatorem odpowiadającym tarczy ostrzegawczej.

Przeprowadzone rozważania [3] wykazują zasadność stosowania drogi zbliżania w celu utwierdzenia przebiegu, który wcześniej został już zamknięty. Wskazano przy tym korzyść rozumianą jako elastyczność w prowadzeniu ruchu objawiająca się możliwością zwolnienia przebiegu poleceniem zwykłym (bez konieczności wykonywania dodatkowych

czynności takich jak zrywanie plomby czy dokonywania przez dyżurnych stosownych zapisów). Warto zwrócić uwagę na to, że do realizacji funkcji opisanej powyżej potrzebne jest wyznaczenie odpowiedniej odległości od sygnalizatora w postaci drogi zbliżania i wprowadzenie przynajmniej punktowego urządzenia detekcji pociągu pozwalającego wykryć miniecie początku tej drogi przez czoło pociągu przemieszczającego się w kierunku sygnalizatora stojącego na początku drogi jazdy rozpatrywanego przebiegu.

Przyjęcie odległości wymaganej drogi widoczności przed sygnalizatorem odpowiadającym tarczy ostrzegawczej nie zostało uzasadnione, ale jest słuszne. w sytuacji zwolnienia przebiegu zamkniętego, po nastawieniu na semaforze stojącym na początku drogi jazdy sygnału „Stój” można uchylić zamknięcie ruchomych elementów wchodzących w skład drogi przebiegu a także wykluczenie przebiegów sprzecznych. Jeśli uchylenie zamknięcia nastąpi w takiej chwili, że maszynista na sygnalizatorze odpowiadającym tarczy ostrzegawczej względem semafora stojącego na początku drogi jazdy, zdoła zobaczyć wskazanie uprzedzające go o tym, że semafor wskazuje sygnał „Stój”, będzie mieć dostatecznie dużo czasu i odległości do semafora, pozwalających mu na normalne (nie nagłe) zatrzymanie pociągu przed semaforem. w przypadku, gdy czoło pociągu znajduje się bliżej niż droga widoczności względem sygnalizatora pełniącego rolę tarczy ostrzegawczej względem semafora stojącego na początku drogi jazdy, maszynista może mieć za mało czasu na zobaczenie i zinterpretowanie zmiany wskazań sygnalizatora (pełniącego rolę tarczy ostrzegawczej względem semafora stojącego na początku drogi jazdy) i nie zostanie tym samym uprzedzony o konieczności hamowania przed semaforem. w takiej sytuacji nie należałoby uchylać utwierdzenia do czasu, aż pociąg nie zatrzyma się przed semaforem.

Przedmiotowy artykuł skupia się na analizie odcinka zbliżania w aspekcie możliwości zwolnienia już utwierdzonego przebiegu pociągowego w zależności od zajętości tego odcinka. Dla zwolnienia przebiegów instrukcja Ie-4 [2] określa wytyczne w następujący sposób:

*1. Zwolnienie przebiegu powinno nastąpić po zmianie sygnału zezwalającego na zabraniający jazdy na sygnalizatorze umieszczonym na początku drogi przebiegu i przejechaniu taboru poza wyznaczone miejsce. Można stosować zwalnianie drogi ochronnej ze zwłoką czasową.*

2. Zaleca się aby stacyjne systemy srk posiadały zaimplementowaną funkcję sekcyjnego zwalniania przebiegów pociągowych.

3. Doraźne zwalnianie drogi przebiegu przez personel obsługi można stosować przy spełnieniu następujących warunków:

1) jeśli odcinek zbliżania jest wolny, to czas opóźnienia doraźnego zwolnienia przebiegu pociągowego poleceniem zwykłym może wynosić zero sekund;

2) jeśli odcinek zbliżania nie jest wolny, to czas opóźnienia doraźnego zwolnienia przebiegu pociągowego, powinien być nie krótszy niż czas niezbędny do całkowitego zatrzymania pociągu plus czas reakcji prowadzącego pociąg, tj. 90-120 sekund;

3) doraźne zwalnianie drogi przebiegu z opóźnieniem, wydane poleceniem zwykłym, musi być przerwane samoczynnie z chwilą zajęcia drogi jazdy przez tabor;

4) niezależnie od stanu odcinka zbliżania i drogi jazdy czas opóźnienia doraźnego zwolnienia przebiegu pociągowego poleceniem specjalnym, może wynosić zero sekund.

Warunki zawarte w powyższym ust. 3 odwołują się do niezdefiniowanego w instrukcji [2] odcinka zbliżania. Nie podano metod jego wyznaczenia ani związku ze stanami urządzeń biorących udział w określaniu zależności.

Koncepcję wyznaczania odcinków zbliżania opisują również zapisy zawarte w załączniku S-01 do Listy Prezesa UTK z dnia 19.01.2017 r. [4]. Brakuje tam jednak definicji stosowanych pojęć. Zawarto jedynie wymagania odnoszące się do wskazanej funkcjonalności:

1. Doraźne zwolnienie przebiegu pociągowego powinno być uzależnione od stanu odcinka zbliżania (wolny / zajęty):

- jeśli odcinek zbliżania jest wolny, to czas opóźnienia doraźnego zwolnienia przebiegu pociągowego może wynosić zero sekund,

- jeśli odcinek zbliżania jest zajęty, to czas opóźnienia doraźnego zwolnienia przebiegu pociągowego powinien być nie krótszy niż czas niezbędny do całkowitego zatrzymania pociągu plus czas reakcji prowadzącego pociąg.

Długość odcinka zbliżania powinna być wyliczona z uwzględnieniem charakterystyk hamowania pociągów.



2. Zajęcie odcinka w drodze przebiegu pociągowego powinno wstrzymać odliczanie czasu opóźnienia zwolnienia drogi przebiegu (obejmującej drogę jazdy, urządzenia ochronne i drogę ochronną).

3. Zajęcie odcinka zbliżania powinno wykluczać natychmiastowe doraźne zwolnienie utwierdzenia rejonu manewrowego. w tym przypadku zwolnienie rejonu manewrowego powinno być wykonane z opóźnieniem czasowym obliczonym według zasad obowiązujących dla przebiegu pociągowego.

Widać wyraźne podobieństwo poszczególnych zapisów instrukcji [2] oraz Załącznika [4], jednak żadne z przytoczonych zapisów nie są kompletne i nie wskazują jasnych wytycznych precyzujących wyznaczania i implementacji odcinków zbliżania w zależnościach stacyjnych systemów srk. Aktualizacja Listy Prezesa UTK z dnia 23.12.2021 r. oraz jej załączniki [5] nie zawierają już zapisów odnoszących się do odcinków zbliżania, tak jak miało to miejsce w poprzednim wydaniu Listy [7]. Jedyne obowiązujące w obecnym momencie zapisy dotyczące zwalniania przebiegów i odcinków zbliżania zawarte są w przywołanych paragrafach instrukcji le-4 [2].

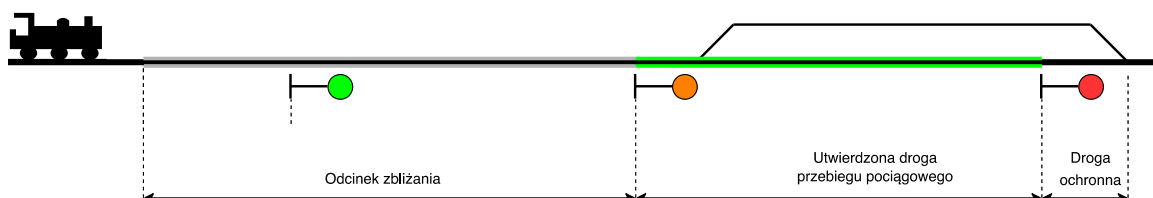
Na podstawie powyższych rozważań, odcinek zbliżania można zdefiniować jako odcinek/odcinki toru wraz z rozjazdami i skrzyżowaniami znajdującymi się w danym torze, poprzedzające drogę jazdy przebiegu pociągowego, w obrębie których znalezienie się pojazdu kolejowego powoduje niemożność zwolnienia utwierdzenia tego przebiegu pociągowego bez zwłoki czasowej. Jako semafor początkowy należy rozumieć semafor stojący na początku drogi jazdy, od którego rozpoczyna się przebieg, którego zwolnienie jest analizowane. Jako sygnalizator uprzedzający należy rozumieć sygnalizator pełniący funkcję tarczy ostrzegawczej dla semafora początkowego. Natomiast odcinkiem uprzedzającym określa się odcinek/odcinki kontroli niezajętości będące częścią odcinka zbliżania występujące bezpośrednio przed sygnalizatorem uprzedzającym.

### **Koncepcja wyznaczania odcinków zbliżania**

Ze względu na specyfikę jazd manewrowych oraz prędkości z jakimi się one odbywają w artykule nie są rozważane przebiegi manewrowe, a jedynie przebiegi pociągowe. Celem wyznaczania analizowanych w artykule odcinków zbliżania jest uzależnienie od stanu ich zajętości możliwości zwolnienia przebiegu, do którego się one odnoszą, bez zwłoki czasowej. Zasadę i koncepcję działania przedstawiono na Rysunku 1 oraz Rysunku 2. w sytuacji przedstawionej na rysunku 1, gdy pociąg znajduje się przed odcinkiem zbliżania, jest możliwość zwolnienia utwierdzonego przebiegu (zaznaczony kolorem

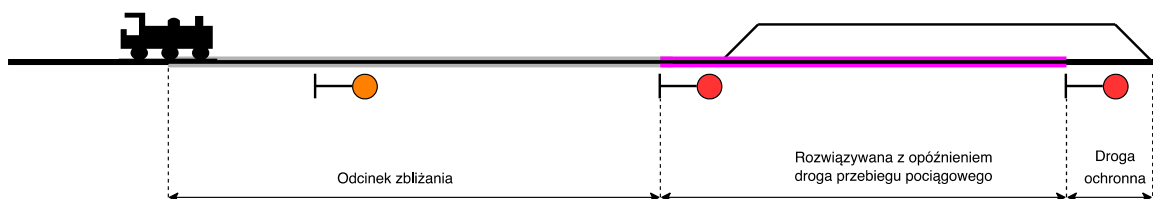
zielonym na rysunku) natychmiastowo. w sytuacji przedstawionej na rysunku 2, gdy pociąg znajduje się już na odcinku zbliżania (minął jej początek), utwierdzony przebieg pociągowy (zaznaczony kolorem różowym) zwolniony zostanie ze zwłoką czasową.

Przebieg zwalniany natychmiastowo



Rysunek 30. Przebieg utwierdzony może być zwolniony natychmiastowo. Źródło: opracowanie własne.

Przebieg zwalniany ze zwłoką czasową



Rysunek 31. Przebieg utwierdzony musi być zwolniony ze zwłoką czasową. Źródło: opracowanie własne.

Długość odcinka zbliżania powinna być wystarczająca do bezpiecznego zatrzymania pociągu przed semaforem początkowym. Długość ta nie powinna być również zbyt długa by nie powodować konieczności bezzasadnego zwalniania każdego przebiegu ze zwłoką czasową, co negatywnie wpłynęłoby na płynność prowadzenia ruchu na stacji. Niewątpliwym wymaganiami, jakie musi spełniać długość odcinka zbliżania jest objęcie nim tylu sekcji kontroli niezajętości, aby ich łączna długość odpowiadała co najmniej długości drogi hamowania obowiązującej na danym odcinku linii. Uzależnienie długości odcinka zbliżania od obowiązującej drogi hamowania jest bardziej praktyczne z punktu widzenia projektanta aplikacji urządzeń srk niż uzależnianie tej długości od charakterystyk hamowania pociągów kursujących po danej linii. Należy jednak uwzględnić również przebytą drogę wynikającą z czasu reakcji maszynisty, przez który należy rozumieć czas wdrożenia hamowania od momentu zarejestrowania wzrokowego zmiany sygnału

na sygnalizatorze uprzedzającym. By możliwe było wzrokowe zarejestrowanie tej zmiany wymagane jest objęcie odcinkiem zbliżania takiego fragmentu toru przed sygnalizatorem uprzedzającym, by zmiana sygnału spowodowana zwolnieniem przebiegu bez zwłoki czasowej nie następowała w momencie, gdy maszynista mija już dany sygnalizator uprzedzający i może nie zarejestrować tejże zmiany.

Odległością słuszną do przyjęcia przedstawionych założeń wydaje się minimalna odległość widoczności sygnałów na sygnalizatorach  $L_w$ , co jest spójne z propozycją przedstawioną w artykule [3]. Wartości te są sprecyzowane w instrukcji zarządcy infrastruktury [2] oraz w Załączniku do Listy Prezesa UTK z 2017 r. [6].

Kolejną wartością wymagającą uwzględnienia jest przebyta droga wynikająca z czasu reakcji systemu  $T_s$ , przez który rozumie się czas od momentu wydania przez dyżurnego polecenia zwolnienia przebiegu do momentu zmiany sygnału na sygnalizatorze uprzedzającym. Czas ten będzie różny zależnie od zastosowanych urządzeń i jest konieczny do określenia przez producenta.

W wyniku analizy powyższych poszczególnych założeń należy wysnuć wniosek, że odległość między semaforem początkowym a sygnalizatorem uprzedzającym musi być równa co najmniej przyjętej długości drogi hamowania, wynikającej z maksymalnej dozwolonej prędkości  $V_{max}$  na danym odcinku linii. Natomiast minimalną długość odcinka uprzedzającego  $L_p$  należy wyliczyć ze wzoru:

$$L_p = (T_s * V_{max}) + L_w \quad (1)$$

Tolerancję dla wyżej wymienionej wartości można przyjąć na poziomie 10%, by uniknąć konieczności włączania całego następnego odstępu blokowego, którego długość odpowiada wielokrotności wymaganego odcinka uprzedzającego.

Przy wyznaczaniu odcinków zbliżania obejmujących swoim zakresem rozjazd, należy wziąć pod uwagę wszystkie zorganizowane przebiegi pociągowe do semafora początkowego. Kontrolowany na zajętość ostateczny odcinek zbliżania będzie zależał od aktualnego położenia rozjazdów. Przy wystąpieniu braku kontroli nad zwrotnicą przejeżdżaną w kierunku danego przebiegu „z ostrza” należy jednocześnie kontrolować niezajętość dwóch alternatywnych odcinków zbliżania.

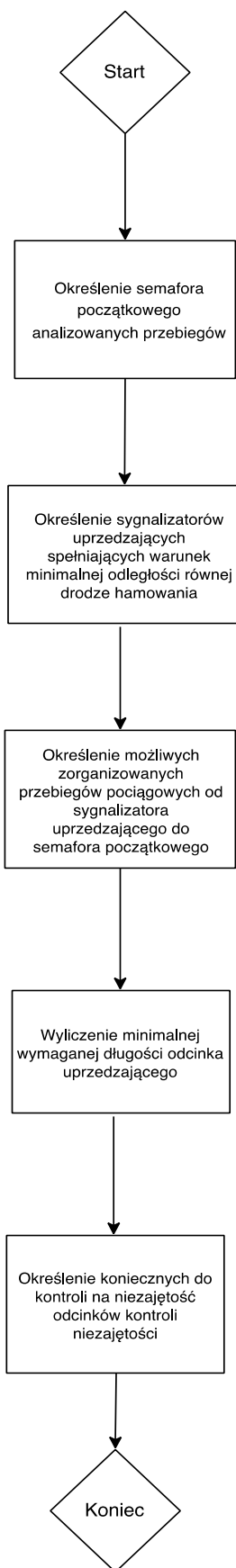
Podsumowując powyższe przy wyznaczaniu odcinka zbliżania należy bezwzględnie uwzględnić:

- długość drogi hamowania obowiązującą na danym odcinku linii,

- minimalną wymaganą widoczność sygnałów semafora osłaniającego,
- czas reakcji systemu,
- specyfikę pracy zastosowanych urządzeń komputerowych.

#### **Algorytm wyznaczania odcinków zbliżania**

Na podstawie powyższych rozważań na Rysunku 3 przedstawiono ogólny algorytm procesu wyznaczania odcinków zbliżania.



Rysunek 32. Algorytm wyznaczania odcinków zbliżania

Odstąpienia od powyższego schematu postępowania mogą wymagać sytuacje mniej typowe lub rzadko występujące na sieci kolei. Powszechne rozwiązania wymagające odstąpienia od powyższej procedury to występowanie blokady jednodostępowej czy blokady stacyjnej. w przypadku blokady jednodostępowej bez tarcz ostrzegawczych i przy zajęтым odcinku szlakowym lub braku kontroli nie zajętości szlaku należy zastosować domyślnie zawsze zwalnianie przebiegów wjazdowych ze zwłoką czasową. w przypadku szlaków z tarczami ostrzegawczymi i kontrolą niezajętości wykazującą brak zajętości toru szlakowego można rozważyć stosowanie w takich warunkach zwalnianie przebiegów bez zwłoki czasowej. w przypadku wystąpienia blokady stacyjnej, dla przebiegów, których odcinek zbliżania obejmowałby odcinki kontroli niezajętości w sąsiednim okręgu nastawczym, należy zastosować domyślnie zawsze zwalnianie przebiegów wjazdowych ze zwłoką czasową.

Odstąpienia od powyższego schematu postępowania mogą wymagać też sytuacje, gdy odcinek uprzedzający znajduje się w obrębie stacji, a jego długość jest zmienna w zależności od położenia rozjazdów (w jednym położeniu obejmuje kolejny odcinek kontroli nie zajętości, natomiast w drugim nie). Należy wtedy zaimplementować wszystkie możliwości kontroli odcinków na niezajętość w zależności od ułożenia rozjazdów w drodze zbliżania.

Ponadto mogą wystąpić sytuacje nietypowe takie jak wystąpienie na torze szlakowym rozjazdu odgałęziającego prowadzącego np. do bocznic. Są to sytuacje rzadkie, jednak mogące się zdarzyć, dlatego przypadki takie należy każdorazowo przeanalizować indywidualnie uwzględniając warunki przeanalizowane w rozdziale wyżej. w ostateczności przy braku możliwości spełnienia zawartych tam założeń należy przyjąć domyślnie zwalnianie danych przebiegów zawsze ze zwłoką czasową.

### **Podsumowanie**

Przedstawiona w artykule analiza stanowi punkt wyjścia do określenia kompletnego zestawu wymagań dla odcinków zbliżania w komputerowych systemach srk. Zaproponowano definicje oraz terminy jakimi można się posługiwać określając odcinki zbliżania. Przedstawiono algorytm wyznaczania odcinków zbliżania, który jest podsumowaniem analizy dotyczącej tego procesu i zależności zachodzących pomiędzy kolejnymi krokami. Zidentyfikowano pewne sytuacje, które stanowią konieczność odstąpienia od założonego algorytmu.



Wynik przeprowadzonej analizy pozwala zidentyfikować aspekty projektowania zależności w systemach sterowania ruchem kolejowym, które wymagają aktualizacji i dostosowania do obecnych standardów oraz określenia jednoznacznych przepisów. Analiza ta jest również jest krokiem w kierunku określenia zbioru wytycznych dotyczących projektowania odcinków zblizania w komputerowych systemach srk. Sformułowanie wspólnych wytycznych usprawni proces projektowania oraz zwiększy poziom i pewność bezpieczeństwa prowadzenia ruchu kolejowego.

#### **Bibliografia:**

1. Dąbrowa-Bajon M., Podstawy sterowania ruchem kolejowym. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2002.
2. Wytyczne techniczne budowy urządzeń sterowania ruchem kolejowym le-4 (WTB-E10) Załącznik do Uchwały Nr 870/2019 Zarządu PKP Polskie Linie Kolejowe S.A. z dnia 30 grudnia. 2019 r.
3. Grochowski K., Karolak J., Ograniczenia funkcjonalne urządzeń srk w zakresie kontroli świateł zabraniających i ochrony bocznej. Zeszyty Naukowo-Techniczne Stowarzyszenia Inżynierów i Techników Komunikacji w Krakowie. Seria: Materiały Konferencyjne, Stowarzyszenie Inżynierów i Techników Komunikacji Rzeczpospolitej Polskiej. Oddział w Krakowie, vol. 102, no. 3, 2013, pp. 91-101.
4. Załącznik S-01 do Listy Prezesa UTK której mowa w art. 25d ust. 1 ustawy z dnia 28 marca 2003 r. o transporcie kolejowym, Warszawa 2017.
5. Lista Prezesa Urzędu Transportu Kolejowego w sprawie właściwych krajowych specyfikacji technicznych i dokumentów normalizacyjnych, których zastosowanie umożliwia spełnienie zasadniczych wymagań systemu kolei, Warszawa 2021.
6. Załącznik S-06 do Listy Prezesa UTK której mowa w art. 25d ust. 1 ustawy z dnia 28 marca 2003 r. o transporcie kolejowym, Warszawa 2017.
7. Lista Prezesa Urzędu Transportu Kolejowego w sprawie właściwych krajowych specyfikacji technicznych i dokumentów normalizacyjnych, których zastosowanie umożliwia spełnienie zasadniczych wymagań systemu kolei, Warszawa 2017.

## PROJEKT BUDOWY SYSTEMU AUTOMATYCZNEJ KONTROLI PRĘDKOŚCI PRZEZNACZONY DLA POJAZDÓW I LINII KOLEJOWYCH NIE WYPOSAŻONYCH W ETCS POZIOMU 1 / 2.

**Piotr Pastuszeńko**

*Zespół Szkół Logistycznych Technikum Nr 12 im. Stanisława Staszica we Wrocławiu*

Przedmiotem niniejszego referatu jest "Projekt budowy systemu automatycznej kontroli prędkości"(zwany dalej jako AKP) który mógłby być rozwiązaniem wcześniej przedstawionego w abstrakcie problemu dotyczącego zabudowy systemu ETCS (lv 1/2) na Polskiej sieci kolejowej i eksploatacji obecnego systemu SHP.

Na ogólny poziom bezpieczeństwa ruchu kolejowego wpływa bardzo wiele czynników takich jak- stan infrastruktury, stan pojazdów, system utrzymania, szkolenia, instrukcje, badania rozwojowe, pogoda itp.

Jednak pomimo daleko idącej cyfryzacji i automatyzacji kolei głównym ogniwem w "łańcuchu bezpieczeństwa" jest czynnik ludzki. Największy wpływ na bezpieczeństwo pojazdu poruszającego się po sieci kolejowej będzie miał prowadzący pojazd (określany dalej jako maszynista) i dyżurny ruchu.

Praca dyżurnego ruchu na dzień dzisiejszy jest wysoce zautomatyzowana, przez ostatni wiek powstała cała gama rozwiązań uniemożliwiających popełnienia błędu, który mogłyby być tragiczny w skutkach.

Inaczej ma się zaś sprawa z maszynistą którego stanowisko pracy przez ostatni wiek znacznie zmieniło kształt, przeciwnie do zadań jakie stawia się przed nim i odpowiedzialności cięższej na jego osobie. z punktu widzenia bezpieczeństwa dalej najistotniejsze jest poprawne interpretowanie sygnałów, wskaźników i prowadzenie pociągu przez maszynistę zgodnie z obowiązującymi przepisami ruchu.

Na bezpieczeństwo znacznie wpływa także czujność i reakcja maszynisty. Maszyniści codziennie znajdują się w sytuacjach w których muszą zachowywać szczególną uwagę i bardzo szybko podejmować właściwe decyzje od których zależeć może zdrowie i życie ludzkie. do takich sytuacji możemy zaliczyć między innymi:

- zbliżanie się do semafora wjazdowego wskazującego sygnał zabraniający lub ograniczający prędkość względem tej z jaką porusza się pojazd,
- wyjazd pociągu na szlak spod semafora wjazdowego lub drogowskazowego, a także oczekiwanie na wyświetlenie, sygnału zezwalającego na semaforze,

- przejazd przez skrzyżowanie kolejowo-drogowe przy niesprawnych urządzeniach SSP,
- pomijanie sygnału "Stój" wyświetlanego przez semafor odstępowy samoczynnej blokady liniowej i jazda przez odstęp osłaniany pominiętym semaforem,
- wjazd i poruszanie się po odcinku objętym zwolnieniem doraźnym lub stałym.

Na właściwą reakcję maszynisty może wpłynąć wiele czynników takich jak:

- jego stan psychofizyczny,
- wiedza i nabyte umiejętności,
- dyscyplina jaką zachowuje w środowisku pracy,
- widoczność z kabiny pojazdu który prowadzi,
- warunki atmosferyczne,
- złudzenia optyczne i inne niekorzystne zjawiska związane np. z ustawieniem sygnalizatorów utrudniającym prawidłową identyfikację toru do którego dany sygnalizator się odnosi,
- ingerencja osób trzecich w infrastrukturę.

Potencjalne skutki niepoprawnej reakcji lub zachowania maszynisty w którejś z wymienionych wyżej sytuacji (i wielu innych) nie będących przecież niczym "nadzwyczajnym" mogą doprowadzić do wypadku lub zdarzenia do których zresztą rokrocznie dochodzi.

Oczywistym staje się więc fakt że pracę maszynisty należy kontrolować tak aby w razie wystąpienia jakichkolwiek nieprawidłowości zagrażających bezpieczeństwu wdrożyć czynności zapobiegające. Sprowadzające się zazwyczaj do wdrożenia hamowania nagłego.

Służąc temu może między innymi system ETCS (lv 1/2) umożliwiający także przekaz wielu innych przydatnych informacji maszyniście który jest wprowadzany na Polską sieć kolejową w ramach wdrażania "Technicznej Specyfikacji Interoperacyjności- Sterowanie" w krajach związkowych UE.

Wedle planów system ten w wersji (poziomie) lv1/lv2 do roku 2050 ma obejmować łącznie 8233 km linii kolejowych w Polsce co niewątpliwie przyczyni się do zwiększenia bezpieczeństwa naszych kolei.

Jednakże oznacza to że ponad 10 000 km linii kolejowych co najmniej przez najbliższe 20- 30 lat pozostanie bez nadzoru żadnego systemu kontrolującego pracę maszynisty. Wynika to między innymi z kwestii ekonomicznych i logistycznych. Priorytetem jest wyposażenie w system ETCS linii kolejowych wchodzących w skład korytarzy TEN-T, magistralnych i pierwszorzędnych. Problem stanowi też sam tabor-

zabudowa urządzeń ETCS na niektórych pojazdach wiąże się ze znacznymi kosztami i ingerencją w ich konstrukcję.

Sytuacja linii drugorzędnych, znaczenia miejscowego i taboru "starszej daty" mogłaby ulec zmianie jeśli dostępny byłby prosty i tani system nadzoru pojazdu możliwy do zabudowania na dowolnym pojeździe, odcinku linii kolejowej i stacji.

Autor sformułował następujące założenia dla takiego systemu.

- 1) System powinien być oparty o sprawdzone w wieloletniej eksploatacji elementy dostępne (i najlepiej) produkowane w kraju, proste w naprawie i dobrze znane kadry technicznej.
- 2) System powinien składać się z jak najmniejszej ilości podzespołów różnego typu które nie są ze sobą wymienne.
- 3) System w miarę możliwości powinien być skonstruowany według zasad fail-safe.
- 4) Elementy systemu których uszkodzenie mogłoby spowodować utrudnienia w ruchu pociągów powinny mieć możliwość odłączenia/ obejścia.
- 5) System powinien być w miarę możliwości energooszczędny.
- 6) System musi być prosty i intuicyjny w obsłudze.
- 7) Powinien bezwarunkowo zatrzymać (wdrożyć hamowanie nagłe) pociąg który pominie sygnał zabraniający na sygnalizatorze nie licząc semaforów SBL.
- 8) Umożliwiać tworzenie tzw. pułapek prędkości.
- 9) Nadzorować w pełni proces hamowania z prędkości maksymalnej (i niższej) przy zbliżaniu się do semafora wjazdowego wskazującego sygnał zabraniający lub ograniczający prędkość.
- 10) Kontrolować czy nie jest przekroczona maksymalna dopuszczalna prędkość ( $V_{max}$  20 km/h) pojazdu przy przejeździe przez przejazd kolejowo- drogowy z niesprawnymi urządzeniami SSP.
- 11) Kontrolować czy nie jest przekroczona maksymalna dopuszczalna prędkość ( $V_{max}$  20 km/h) pojazdu przy mijaniu semafora odstępowego SBL wskazującego sygnał "Stój" i jeździe po odstępie osłoniętym tym semaforem.
- 12) System powinien minimalnie angażować uwagę maszynisty wedle maksymy "Primum non nocere"- być "przyjacielem", a nie "wrogiem" człowieka.

Powstała więc koncepcja systemu opartego o elementy punktowego oddziaływania (elektromagnesy i rezonatory) i zależności przekaźnikowo- komputerowe, który w pomimo znacznej prostoty układu spełniałby wszystkie powyższe założenia (1-12). do poprawnej pracy systemu AKP wykorzystana może być część infrastruktury obecnie eksploatowanego systemu SHP. Podobne systemy do projektowanego powstawały i funkcjonują do dzisiaj w wielu krajach europejskich a do sztandarowych rozwiązań tego typu należy między innymi niemieckie PZB 90 (Indusi).

System AKP podzielić można na dwie zasadnicze części- torową i taborową (pojazdową).

W skład części torowej wchodzić będzie zespół urządzeń, podzespołów, okablowania i konstrukcji mechanicznych których zadaniem będzie przekazanie odpowiednich informacji do pojazdu wynikających z danej sytuacji- sygnału na semaforze, dopuszczalnej prędkości drogowej w danym miejscu itp. Znajdą tu się takie elementy jak:

- rezonatory torowe przełączne i nieprzełączne systemu AKP,
- rezonatory torowe nieprzełączne obecnie eksploatowanego systemu SHP które nie wymagałyby żadnej modyfikacji/ ingerencji ustawienia spełniające funkcję pomocnicze (zostanie to szerzej opisane w dalszej części),
- sieć kablowa umożliwiająca wyłączenie poszczególnych rezonatorów przełącznych (poprzez zwieranie ich obwodu rezonansowego) i kontrolę stanu/ obecności rezonatora w wyznaczonym miejscu,
- elementy sterujące- przekaźniki/ sterowniki.

W skład części taborowej (pojazdowej) wchodzić będzie zespół urządzeń, podzespołów, okablowania i konstrukcji mechanicznych których zadaniem będzie odebranie informacji z części torowej, przetworzenie ich i wdrożenie odpowiednich procesów adekwatnych do czynności wykonywanych przez maszynistę, prędkości i odebranych informacji. Znajdą się tu takie elementy jak:

- elementy wchodzące w skład standardowego systemu SHP które będą pełniły rolę pomocniczą w systemie AKP (zostanie to szerzej opisane w dalszej części),
- dwa elektromagnesy 1000hz systemu AKP umieszczone po wewnętrznej stronie ostoi pojazdu na tej samej wysokości i odległości od główki szyny co elektromagnesy systemu SHP,
- zasilacz, generator 1000hz, układ przekaźnika elektronicznego,
- zawór elektropneumatyczny nagłego hamowania systemu AKP,
- jednostka główna systemu AKP- komputer przetwarzający informacje,
- interfejs operatora złożony z dwóch lampek sygnalizacyjnych, dwóch przycisków impulsowych i bucza w każdej z kabin maszynisty.

Dokładny opis każdego z wymienionych elementów wchodzących w skład części torowej lub taborowej uznaje się za zbędny ponieważ są to elementy o powszechnie znanej budowie i działaniu a rolę ich w systemie AKP można będzie zrozumieć po zaznajomieniu się z opisami reakcji systemu na cztery podstawowe sytuacje w jakich może znaleźć się pojazd. Przed przystąpieniem do analizy zachowania systemu w różnych sytuacjach należy rozróżnić cztery podstawowe stany pracy urządzenia.

- 1) **Stan zasadniczy**- urządzenie jest gotowe do pracy tj. odebrania sygnałów z części torowej i wdrożenia odpowiednich procesów zgodnie z programem pracy. Lampki sygnalizacyjne nie świecą się.
- 2) **Stan wzbudzenia**- następuje po odebraniu pierwszego sygnału z urządzeń torowych AKP, a kończy się po odebraniu sygnału przy mijaniu pierwszego torowego rezonatora SHP pełniącego funkcję kasującą (zostanie to szerzej opisane w dalszej

części) lub po zatrzymaniu pojazdu. Sygnałem z urządzeń torowych jest impuls wywołany sprzężeniem magnetycznym obwodów rezonansowych elektromagnesu taborowego i rezonatora torowego systemu AKP lub SHP każdorazowe odebranie impulsu przez elektromagnes systemu AKP skutkuje zapaleniem "mignięcie" zielonej lampki sygnalizacyjnej.

- 3) **Stan zablokowania**- trwa od momentu wdrożenia przez system hamowania nagłego (otwarcia zaworu EP) do zatrzymania pojazdu. Sygnalizowany jest dźwiękiem sygnalizatora akustycznego- bucзка i paleniem się lampki czerwonej światłem ciągłym,
- 4) **Stan pracy w trybie ograniczonego nadzoru**- załączany jest przez maszynistę poprzez jednoczesne przyciśnięcie obu przycisków impulsowych przy jeździe z prędkością nieprzekraczającą 40km/h, sygnalizowany jest naprzemiennym miganiem obu lampek. w trybie ograniczonego nadzoru prędkość pojazdu nie może wynosić więcej niż 40km/h. Maszynista przełącza system AKP w stan pracy w trybie ograniczonym jeśli chce pominąć sygnalizator wyświetlający "Szybia Zastępczy". (Kwestia pracy urządzenia w trybie ograniczonego nadzoru nie jest jeszcze ostatecznie rozwiązana)

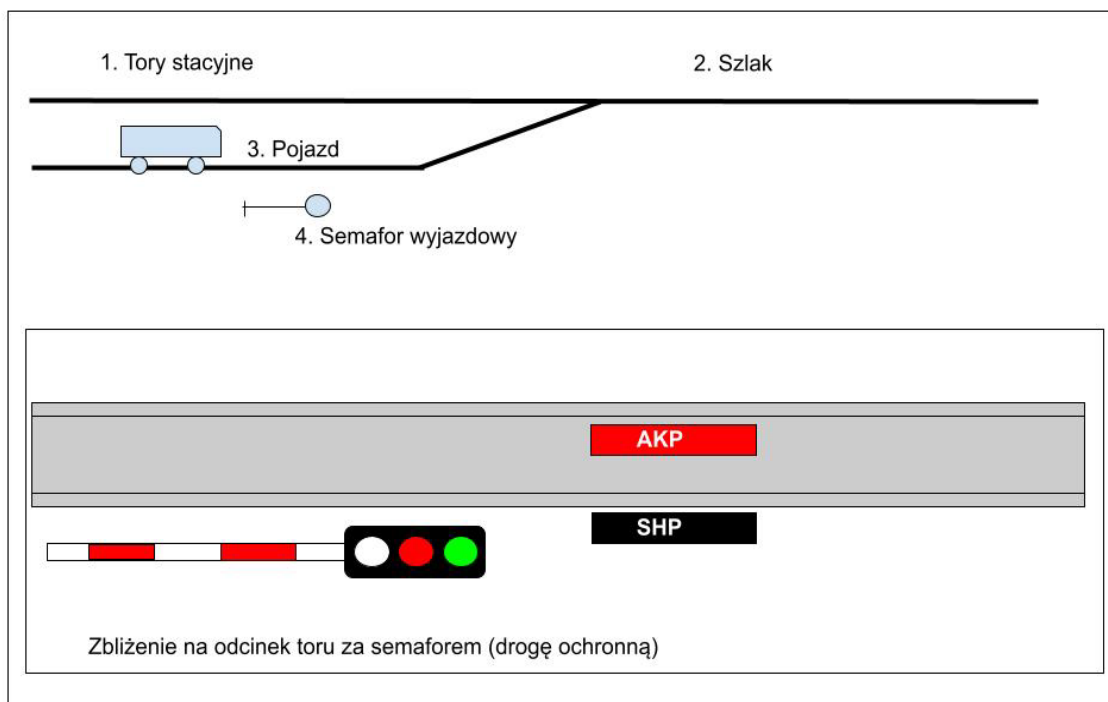
### **1. Bezwarunkowe zatrzymanie pojazdu pomijającego sygnalizator wskazujący sygnał zabraniający.**

Powyższy przypadek będzie określany działaniem "zaporowym". Działanie zaporowe polega na bezwarunkowym zatrzymaniu pojazdu który pominął sygnalizator wskazujący sygnał zabraniający nie licząc semaforów odstępowych SBL. Takie działanie ma zapobiec ewentualnemu wypadkowi do jakiego może dojść w przypadku np. wyjazdu pojazdu kolejowego na zajęty szlak (jak choćby miało to miejsce w Otłoczynie). z działania zaporowego urządzenia będziemy korzystać głównie przy semaforach półsamoczynnych. Przekazywana przez częścią torową informacja będzie zależała od sygnału na semaforze. do działania zaporowego urządzenia potrzebna jest współpraca z systemem SHP. Sytuacja ta i zachowanie urządzenia zostanie omówione na podstawie ilustracji.

W górnej części ilustracji schematycznie przedstawiony jest pojazd oznaczony numerem 3 znajdujący się na torze bocznym, jednym z torów stacyjnych 1 oczekuje na wyświetlenie sygnału zezwalającego na semaforze wyjazdowym 4 aby móc wyjechać na szlak 2. w dolnej części ilustracji widzimy zbliżenie na odcinek toru pomiędzy semaforem wyjazdowym (może być to także semafor drogowskazowy) a rozjazdem. w pewnej odległości od miejsca ustawienia semafora zainstalowane są dwa rezonatory- jeden zwykły systemu SHP, a drugi przełączny systemu AKP. "Przełączność" rezonatora systemu AKP polega na tym że możemy go włączyć lub wyłączyć za pomocą układu sterującego wchodzącego w skład automatyki SRK danego posterunku. Wyłączenie



rezonatora polega na zasilaniu cewki przekaźnika kontaktronowego znajdującego się w jego wnętrzu wskutek czego wzbudzi się on i swoim zestykiem czynnym zewrze obwód rezonansowy co spowoduje że obwód elektromagnesu AKP zainstalowanego na pojeździe podczas przejazdu nie "sprzęgnie" się z rezonatorem torowym- nie dojdzie do wytworzenia impulsu sterującego. Rezonator jest włączony jeśli nie jest podane na niego zasilanie powoduje to odwzbudzenie przekaźnika rezonatora dzięki czemu jego obwód LC może wejść w rezonans. w stanie zasadniczym kiedy na semaforze wyświetlony jest sygnał zabraniający rezonator AKP jest włączony tak samo jak rezonator SHP który włączony jest zawsze ponieważ jest to rezonator "nieprzełączny". Załóżmy że pojazd 3 z włączonymi oboma systemami (SHP i AKP) rusza pomimo sygnału zabraniającego na semaforze. Po przebyciu pewnej drogi od miejsca w którym się znajdował elektromagnes pojazdu wejdą w strefę oddziaływania obu rezonatorów (AKP i SHP). w podobnym czasie dojdzie wtedy do sprzęgnięcia ich i rezonatorów torowych obu systemów. Jednostka główna systemu AKP wysteruje zawór EP hamowania nagłego i przejdzie w stan zablokowany. "Kasowanie" przycisku SHP nic nie da w takiej sytuacji tzn. urządzenie SHP przejdzie w swój stan zasadniczy, ale nie zmieni to stanu urządzenia AKP. Pojazd 3 nie wyjedzie na szlak 2, ponowne ruszenie pojazdu może nastąpić dopiero po pełnym zatrzymaniu (AKP przechodzi w stan zasadniczy). Zakładając że błędu maszynista nie popełnił "celowo" a przez przypadek- złudzenie optyczne, nagła zmiana stanu psychofizycznego itp. to system AKP zapobiegł potencjalnej katastrofie. Załóżmy teraz że na semaforze 4 został wyświetlony sygnał zezwalający, układ sterujący rezonator AKP wyłączy go poprzez podanie zasilania. Elektromagnes pojazdu wejdą w strefę oddziaływania rezonatorów torowych AKP i SHP, ale rezonator AKP jest wyłączony wskutek czego do pojazdu dotrze tylko jeden impuls- urządzenia SHP które zadziała według swojego ogólnie znanego programu pracy. Pojazd 3 bez przeszkód będzie mógł wyjechać na szlak 2. w wypadku gdy na semaforze 4 zostanie wyświetlony "S-Z" lub maszynista otrzyma rozkaz pisemny zezwalający na pominięcie semafora to musi przełączyć system w tryb "ograniczonego nadzoru" umożliwi mu to przejechanie nad włączonymi rezonatorami. Jeżeli jest to semafor umożliwiający wyświetlanie sygnału Ms2 (jazda manewrowa dozwolna) to także przy jego wyświetlaniu rezonator AKP zostaje wyłączony, umożliwiając przejazd. Przedstawione zostało właśnie podstawowe działanie AKP- zaporowe, jak widać jest bardzo proste i intuicyjne. Podobne rozwiązanie funkcjonuje w niemieckim PZB 90 (Indusi). Rezonator torowy systemu AKP pracujący w poniższym układzie będziemy nazywać rezonatorem "zaporowym".



## 2. Pułapka prędkości- kontrola prędkości za pomocą dwóch rezonatorów AKP na dowolnym odcinku toru.

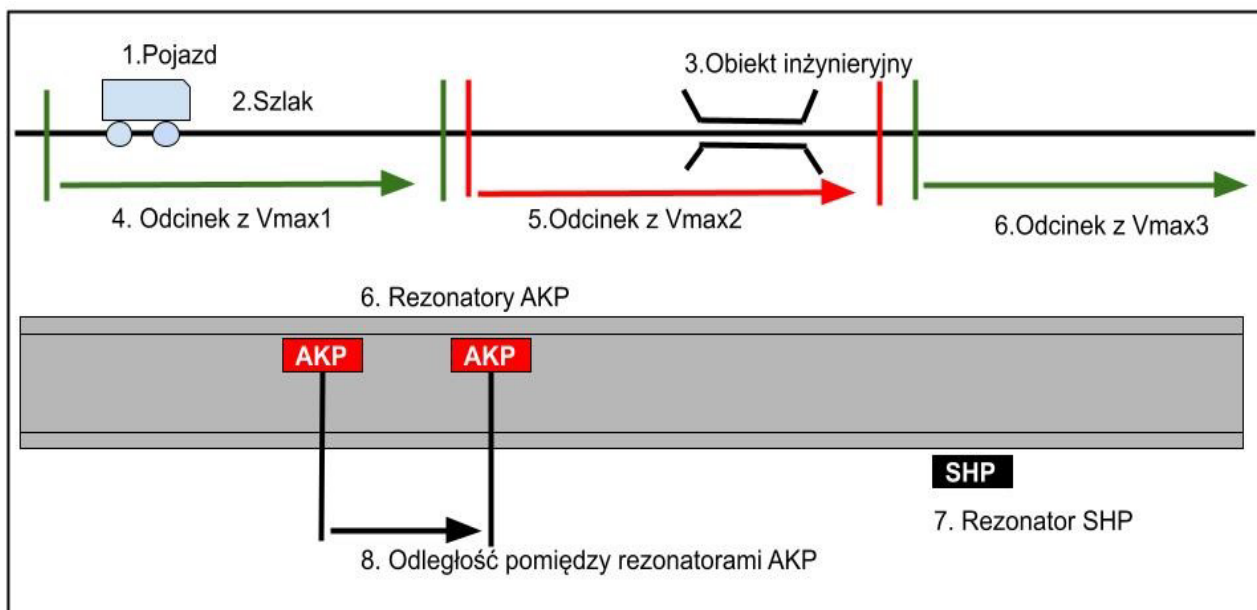
Na podstawie opisu działania tzw. pułapki prędkości można będzie zrozumieć kolejną zasadę działania systemu AKP. w górnej części ilustracji schematycznie przedstawiona jest pewna część potencjalnie istniejącego szlaku kolejowego 2 po którym porusza się pojazd 1. Szlak ten możemy podzielić sobie na trzy odcinki. na odcinku 4 pojazd może poruszać się z maksymalną dozwoloną prędkością np. 120km/h, na odcinku 5 z uwagi na istniejący obiekt inżynierski (tutaj most) prędkość dozwolona jest niższa i wynosi na potrzeby przykładu 100km/h, za odcinkiem 5 znajduje się odcinek 6 na którym dozwolona jest taka sama prędkość co na odcinku 4. Pojazd 1 poruszający się z prędkością 120km/h powinien przed wjazdem na odcinek 5 z odcinka 4 zredukować swoją prędkość do tej dozwolonej na odcinku 5 czyli do 100km/h. w pewnej odległości przed początkiem odcinka 5 umieszczone są dwa rezonatory AKP, tworzące one tzw. odcinek kontrolny. Odcinek kontrolny musi być usytuowany w takiej odległości od początku odcinka 5 na którym obowiązuje prędkość ograniczona, aby po wykryciu nadmiernej prędkości, mogła być ona zredukowana do wymaganej przez wdrożenie hamowania nagłego. Wynika z tego że nie może być to początek odcinka na którym obowiązuje ograniczona prędkość.

Odległość pomiędzy rezonatorami AKP jest ściśle określona, zależy ona od prędkości jaka obowiązuje na danym odcinku kontrolnym. Dokładność z jaką muszą być ustawione rezonatory wynosi +/- 0,5m. Dla prędkości 100km/h odległość ta będzie wynosiła 83m. Rezonatory użyte do budowy odcinka kontrolnego są "nieprzełączne" - ich budowa jest identyczna do zwykłego rezonatora SHP, różnią się one tylko miejscem zainstalowania. Na samym początku odcinka 6 na którym pojazd może poruszać się z wyższą prędkością niż na odcinku ograniczonej prędkości 5 zainstalowany jest zwykły rezonator systemu SHP 7 który pełnić będzie funkcję "kasującą".

W momencie w którym elektromagnes systemu AKP znajdujący się na pojeździe 1 wejdzie w strefę oddziaływania pierwszego rezonatora AKP 6 (patrząc w stronę kierunku jazdy od lewej do prawej) nastąpi sprzężenie indukcyjne obwodu elektromagnesu i rezonatora co skutkuje wytworzeniem impulsu przez przekaźnik elektroniczny który zostanie wysłany dalej do jednostki głównej AKP na pojeździe, z chwilą tą rozpoczyna się odmierzenie wzorcowego czasu wynoszącego 3 sekundy przez jednostkę główną AKP (dokładność wymagana 1/100 sekundy). Urządzenie przechodzi w stan "wzbudzenia" gotowe jest do odebrania kolejnych impulsów. Jeżeli pojazd 1 poruszać się będzie idealnie z prędkością 100km/h (27,7m/s) to pokonanie odcinka o długości 83 metrów zajmie mu właśnie 3 sekundy. Jeżeli drugi impuls (spowodowany przejazdem pojazdu nad drugim rezonatorem) dotrze do pojazdu po czasie 3 sekund licząc od pierwszego impulsu lub dłuższym oznaczać to będzie że pojazd porusza się z prędkością dozwoloną lub mniejszą tzn. nie ma żadnych zastrzeżeń aby wjechał na odcinek o ograniczonej prędkości 5. Jeżeli pojazd 1 odebrał dwa impulsy w czasie krótszym niż 3 sekundy, ale nie mniejszym niż 2,9 sekundy (przebycie odcinka kontrolowanego wynoszącego 83 metry w 2,9 sekundy oznacza jazdę z prędkością około 106km/h) to w kabinie maszynisty zapala się czerwona lampka sygnalizacyjna informująca o przekroczeniu prędkości, maszynista ma 8 sekund na zredukowanie jej do prędkości właściwej wynoszącej 100km/h. Jednostka główna ustala prędkość właściwą poprzez zaokrąglenie do pełnych dziesiątek w dół prędkości z jaką pojazd przebył odcinek kontrolny, a w przypadku przebycia odcinka kontrolnego w czasie dłuższym niż 3 sekundy zaokrągla do pełnych dziesiątek w górę (przy przejechaniu odcinka kontrolnego z prędkością np. 102 km/h zaokrągla ją w dół do 100km/h a przy przejechaniu odcinka kontrolnego z prędkością np 96 km/h zaokrągla ją w górę) Jeżeli maszynista zredukuje prędkość do prędkości właściwej (100 km/h) to czerwona lampka gaśnie i zapala się zielona informująca o "jeździe z nadzorem ustalonej prędkości"

co zostanie zaraz opisane. Jeśli jednak maszynista nie zdoła zredukować prędkości pojazdu w czasie dodatkowym lub czas pomiędzy odebraniem impulsu pierwszego i drugiego był krótszy niż 2.9 s to jednostka główna AKP wdraża nagłe hamowanie, a w kabinie uruchamia się buczonek. Jeżeli prędkość pojazdu na odcinku kontrolnym była poprawna lub maszynista zdołał zredukować prędkość w czasie dodatkowym to w kabinie zapala się zielona lampka informująca o jeździe z nadzorem ustalonej prędkości. Za prędkość ustaloną uznaje się prędkość jaką jednostka główna AKP przyjęła poprzez zaokrąglenie prędkości z jaką pojazd przebył odcinek kontrolny co opisane jest wyżej. w tym wypadku prędkość ta wynosi 100km/h. Maszynista od tego momentu musi tak regulować prędkość aby nie przekroczyć prędkości ustalonej. Jeżeli przekroczy ją o więcej niż 6km/h to zostanie wdrożone hamowanie nagłe, jeśli przekroczy prędkość 100km/h ale nie więcej niż o 6km/h np. 103km/h to zapali się czerwona lampka, maszynista otrzyma dodatkowy czas 8s na zredukowanie prędkości do właściwej wartości tak samo jak w przypadku przejechania odcinka kontrolnego w czasie krótszym niż 3 s , ale nie krótszym niż 2,9 co zostało opisane powyżej. Przyjęte "widelki" czasowe i prędkościowe mają na celu ograniczenie zbędnego wdrażania hamowania nagłego przy wystąpieniu niewielkich "odchyłek" od wzorcowych wartości które mogą być spowodowane wieloma czynnikami. Wdrażanie hamowania nagłego z takich powodów mogłoby negatywnie wpłynąć na dynamikę ruchu i niepotrzebnie stresować maszynistę. Jazda z nadzorem prędkości ustalonej trwa do momentu wjazdu na odcinek 6, na początku odcinka 6 znajduje się rezonator torowy SHP 7. Jeżeli elektromagnes taborowy SHP wejdzie w pole oddziaływania rezonatora torowego SHP, to zostanie wygenerowany impuls dla urządzenia SHP który "skasuje" ustaloną prędkość jazdy pod nadzorem i przywróci stan zasadniczy urządzeniu AKP. Zielona lampka gaśnie a pojazd 1 może z powrotem poruszać się z prędkością maksymalną dozwoloną na odcinku 6. Jak widać do stworzenia "Pułapki prędkości" w systemie AKP wystarczą tylko dwa rezonatory 1000hz. Urządzenia torowe nie muszą być niczym zasilane w takim układzie. Pułapki prędkości mogłyby być tworzone nie tylko w miejscach zwolnień stałych, lecz także doraźnych poprzez skonstruowanie mobilnej wersji rezonatora torowego którego można by zainstalować w dowolnym miejscu linii kolejowej, takie rozwiązanie znacznie poprawiłoby bezpieczeństwo na liniach kolejowych szczególnie tych często remontowanych lub z dużą ilością obiektów inżynierskich i korzystnie wpłynęłoby na psychikę maszynisty. Warto też zauważyć że w przypadku

kiedy maszynista poprawnie reguluje prędkość pojazdu to system nie rozprasza go ani nie angażuje jego uwagi niepotrzebnie.



Poniżej zamieszczona została tabela w której zostały przeliczone “typowe” prędkości z jakimi możemy spotkać się na kolei i odległości w jakich powinny być ustawione rezonatory AKP przy tworzenie odcinka kontrolnego.

Lp.	Prędkość w km/h	Prędkość w m/s	Odległość pomiędzy rezonatorami AKP odcinka kontrolnego dla danej prędkości.
1.	140km/h	38,8 m/s	116,6m
2.	125km/h	34,7m/s	104m
3.	120km/h	33m/s	99,9m
4.	110km/h	30,5m/s	91m
5.	100km/h	27,7m/s	83,3m
6.	60km/h	16,6m/s	50m
7.	40km/h	11,1m/s	33,3m
8.	20km/h	5,5m/s	16,7m

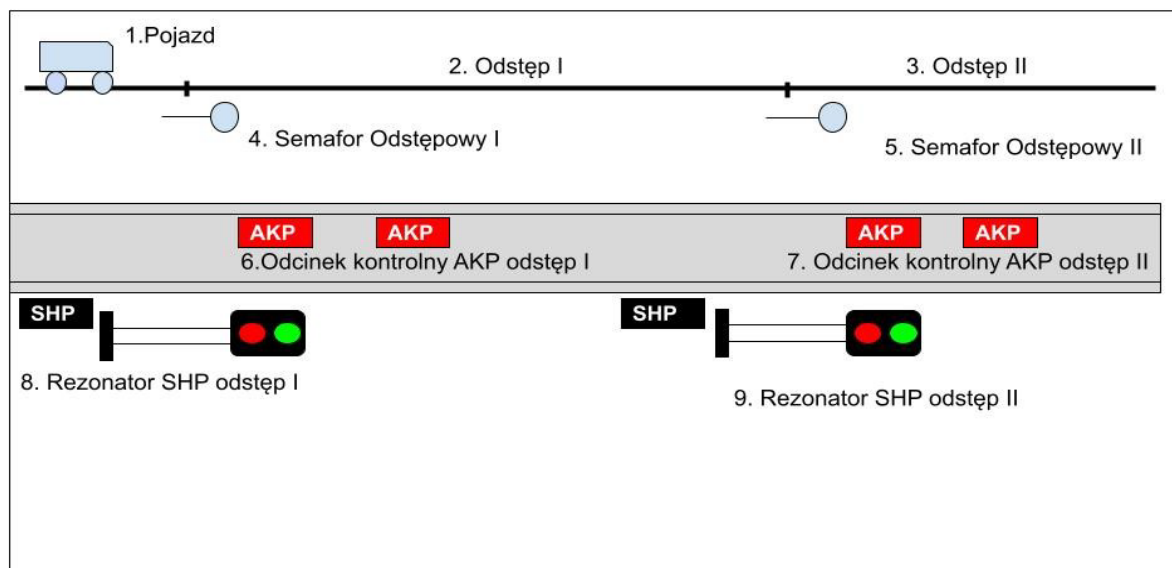
Przy opisie powyższej sytuacji zostanie także opisana rola jednego z przycisków do których ma dostęp maszynista. Przycisk “wyłączenia jazdy z nadzorem prędkość ustalonej” pełni bardzo podobną funkcję do przycisku “FREI” w systemie PZB 90 (Indusi). Przyciśnięcie jego spowoduje skasowanie prędkości ustalonej przez jednostkę główną tym samym maszynista może z powrotem rozpędzić pojazd do wyższej prędkości (potencjalnie niewłaściwej). Przyciśnięcie go przed wjechaniem na odcinek kontrolny lub podczas przejazdu przez niego nic nie da, a więc system AKP bez zakłóceń dokona kontroli prędkości. Użycie tego przycisku powinno (zresztą jak i wszystkie inne procesy związane z AKP) być rejestrowane. Przycisk jest “aktywny” powyżej prędkości 40km/h. Jeżeli prędkość jazdy z nadzorem została ustalona na 40km/h nie ma możliwości skasowania jej przyciskiem. Prędkość ustalona na 40km/h i mniej może być skasowana tylko poprzez zatrzymanie pojazdu lub odebranie impulsu z elektromagnesu SHP. Powód tego zostanie poznany w opisie trzeciej sytuacji. Obecność tego przycisku jest konieczna o czym będzie można przekonać się w opisie czwartej sytuacji. Istnienie tego przycisku wiąże się oczywiście z możliwością dokonania pewnych nadużyć przez maszynistę, jednak autor uważa że nie powinno budzić to żadnych obaw. Bowiem jeśli pojazd poruszał się z prędkością odpowiednią po odcinku kontrolnym, a maszynista nacisnął przycisk po jego minięciu to możemy na podstawie tego wnioskować że w sposób odpowiedni panuje nad pojazdem (odpowiednia prędkość) i świadomie podejmuje decyzje (wybór odpowiedniego przycisku).

**3. Kontrola prędkości pojazdu ( $V_{max}$  20km/h) omijającego semafor odstępowy SBL i poruszającego się po odcinku osłoniętym tym semaforem lub wjeżdżającego na przejazd kolejowo- drogowy z niesprawnymi urządzeniami SSP- pułapka prędkości z jednym rezonatorem przełącznym.**

Znając działanie urządzenia AKP w poprzednich sytuacjach bardzo szybko można wywnioskować zachowanie systemu w takim wypadku. Załóżmy że pojazd 1 zbliża się do semafora odstępowego odstępu i4 który wyświetla sygnał zabraniający. Wyświetlenie sygnału zabraniającego najprawdopodobniej jest spowodowane usterką, ale może też być spowodowane zajętością odstępu i2 sytuacja taka szczególnie niebezpieczna jest przy złej widoczności. Maszynista pojazdu 1 powinien zatrzymać się przed semaforem odstępowym 4, podać sygnał Rp1 i kontynuować jazdę z prędkością nie przekraczającą 20km/h (wyjątek stanowi ciężki pociąg towarowy który może pominąć semafor odstępowy wskazujący sygnał stój bez zatrzymywania jeżeli semafor oznaczony jest wskaźnikiem W22). Jeśli semafor odstępowy 4 będzie wskazywał sygnał zabraniający



to "aktywny" będzie odcinek kontrolny AKP 6. Odcinek ten stanowi rodzaj "pułapki" prędkości opisanej w sytuacji poprzedniej. Współpraca urządzeń taborowych i torowych ze sobą jest identyczna. Długość odcinka kontrolnego AKP 6 dla prędkości 20km/h wynosi 16,7m. Jedyna różnica pomiędzy typowym odcinkiem kontrolnym jest w rodzaju zainstalowanych rezonatorów. Jeden z nich jest przełączalny drugi nie przełączalny. Jeśli semafor wskazuje sygnał zabraniający to rezonator przełączalny jest włączony, a jeśli semafor wskazuje sygnał zezwalający rezonator jest wyłączony. Podczas przejazdu pociągu nad rezonatorem nie przełączalnym w przypadku gdy semafor wskazuje sygnał zezwalający powstanie impulsu który zostanie przekazany do jednostki głównej AKP, ale nie wywrze on żadnego dalszego wpływu bowiem następny rezonator AKP znajduje się dopiero za semaforem odstępowym 5 II odstępu 3, a przed wjazdem na odstępowy II 3 znajduje się rezonator SHP 9 pełniący rolę "kasującą". w przypadku kiedy prędkość pojazdu została skontrolowana (powinna wynosić 20km/h) i ustaliła się rozpoczyna się jazda z nadzorem prędkości ustalonej wedle tych samych zasad co w sytuacji drugiej opisanej poprzednio. Prędkość ustalona zostanie "skasowana" a urządzenie przywrócone do stanu zasadniczego po przejechaniu nad rezonatorem SHP 9 lub poprzez zatrzymanie pojazdu. z identyczną sytuacją spotkamy się przy urządzeniach SSP. Odcinek kontrolny znajdować się będzie za tarczami ostrzegawczymi przejazdowymi (TOP), a rezonator torowy SHP w odległości kilkunastu metrów za przejazdem kolejowo- drogowym tak aby jak "najszybciej" skasować ustaloną prędkość nadzorowaną dzięki czemu maszynista będzie mógł szybciej rozpocząć rozpędzanie pojazdu do prędkości rozkładowej.





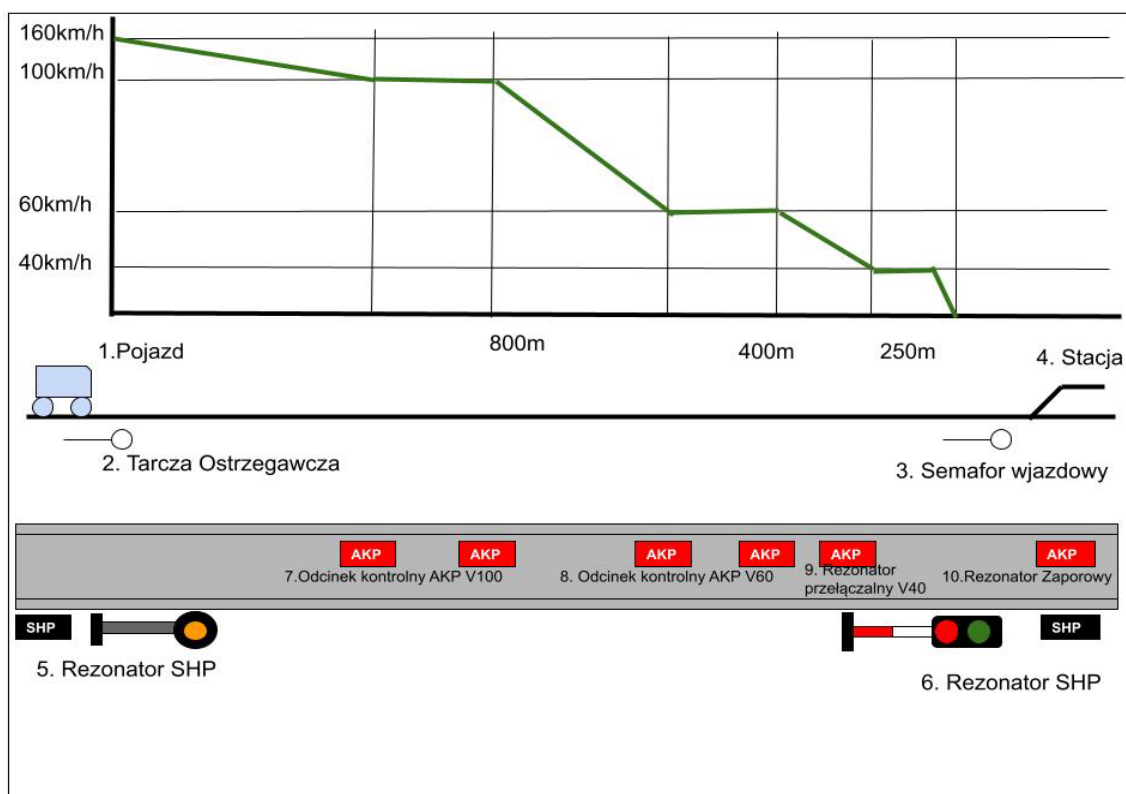
#### **4. Nadzór prędkości pojazdu zbliżającego się do semafora wjazdowego wskazującego sygnał zabraniający lub ograniczający prędkość.**

System AKP umożliwia nadzór nad procesem hamowania przy zbliżaniu się do semafora wjazdowego. System pozwala na nadzór nie tylko w sytuacji kiedy semafor wskazuje sygnał zabraniający, ale także ograniczający prędkość uwzględniając przy tym wskazania wskaźnika W21 (jeśli jest zainstalowany) i możliwość zmiany sygnału wyświetlanego przez semafor w czasie kiedy pojazd znajduje się na odcinku zbliżania. Poniżej zaprezentowany układ (ustawienie rezonatorów) jest tylko jednym z możliwych rozwiązań. Znając zasady tworzenia "pułapek prędkości" można zrealizować to na wiele sposobów. na podstawie opisu tej sytuacji będzie można dostrzec też pewną wadę systemu AKP jaką jest użycie sporej ilości elementów (rezonatorów). Duża ilość elementów wynika z przyjętej zasady działania systemu. Ma to też swoje zalety z punktu widzenia zasad fail-safe. Po dokładnym przeanalizowaniu poniższego układu rezonatorów można dojść do wniosku że nawet przy "usunięciu" niektórych z nich system dalej będzie mógł poprawnie pracować lub wdrożyć hamowanie nagłe.

Na ilustracji znajduje się wykres prędkości przy teoretycznym hamowaniu z prędkości maksymalnej do jakiej dopuszczony byłby system (zakłada się 160km/h). Wykres ten ilustruje hamowanie "wzorcowe" w którym na każdym z odcinków kontrolnych uzyskiwana byłaby właściwa prędkość. Umieszczenie odcinków kontrolnych w tym układzie będzie wynikało z obowiązujących wedle przepisów dróg hamowania, ale mogą być one różne w zależności od stacji. Założono że semafor wjazdowy w tym przykładzie może wyświetlać sygnały zezwalające na jazdę z prędkościami  $V_{max}$ ; 100km/h; 60km/h; 40 km. Zakładamy że pojazd 1 porusza się z prędkością 160km/h a semafor wskazuje sygnał zabraniający przed, tarczą ostrzegawczą 2 znajduje się rezonator torowy SHP 5 którego zadaniem jest pobudzenie czujności maszynisty (działanie standardowe), maszynista tak redukuje prędkość aby na pierwszym odcinku kontrolnym V100 7 jechać z prędkością 100km/h. w odcinku kontrolnym V100 7 pierwszy rezonator od strony tarczy ostrzegawczej jest rezonatorem nie przełącznym a drugi przełącznym. Należy wspomnieć że w zależności od prędkości z jaką porusza się pojazd system bardziej lub mniej restrykcyjnie podchodzi do czasu minimalnego w jakim pojazd przejechał odcinek kontrolny, ale zasadniczo zasady funkcjonowania odcinka kontrolnego się tu nie zmieniają- najpierw kontrolowany jest czas w jakim pojazd przebył odcinek kontrolowany, następnie wyznaczana jest prędkość "ustalona", wprowadzona zostaje jazda z nadzorowaną prędkością ustaloną i pojazd jedzie dalej. Tak samo jak w opisie

sytuacji drugiej maszynista otrzymuje czas "dodatkowy" na zredukowanie prędkości jeśli ją nieznacznie przekroczył. Pojazd 1 porusza się pomiędzy odcinkiem V100 a V60 z prędkością nie większą niż 100km/h ponieważ jest to jego prędkość "ustalona", jeżeli w tym czasie semafor 3 zmieniłby sygnał na zezwalający na jazdę najwyższą dozwoloną prędkością to maszynista może skasować prędkość ustaloną przyciskiem i rozpedzić pojazd do dozwolonej prędkości. Przed wjechaniem na odcinek kontrolny 8 V60 maszynista tak reguluje prędkość aby uzyskać na nim prędkość nie większą niż 60km/h. Odcinek V60 ma długość 50 metrów. Po wyznaczeniu prędkości ustalonej maszynista kontynuuje jazdę "pod nadzorem" z prędkością nie przekraczającą jej, jeżeli semafor 3 zmieni sygnał na zezwalający na jazdę z wyższą prędkością (V100 lub Vmax) to maszynista może skasować prędkość ustaloną i kontynuować jazdę z wyższą prędkością. Zbliżając się do rezonatora 9 V40 znajdującego się około 250 m przed semaforem, maszynista tak reguluje prędkość aby przy wjeździe w jego pole oddziaływania jechać z prędkością nie przekraczającą 40 km/h. w systemie AKP przewidziano że jeśli pojazd porusza się z prędkością poniżej 60km/h to otrzymanie kolejnego pojedynczego impulsu oznaczać będzie że w miejscu otrzymania impulsu prędkość wzorcowa ma wynosić 40km/h a maksymalna 46 km/h. Prędkość 40km/h zostaje teraz ustawiona jako prędkość ustalona, system wprowadza jazdę z nadzorem prędkości ustalonej. Jeżeli semafor 3 zmieni sygnał zezwalając na jazdę z wyższą prędkością to maszynista nie będzie mógł się do niego zastosować ponieważ musiałby użyć przycisku "zwalniającego" a ten aktywny jest powyżej prędkości 40km/h (ustalonej). Pojazd 1 dojeżdża do semafora. Jeśli wskazuje sygnał zabraniający to musi się zatrzymać. Pominięcie semafora skutkowałoby bezwarunkowym wdrożeniem nagłego hamowania przez elektromagnes zaporowy AKP 10 współpracujący z rezonatorem torowym SHP 6. Zachowanie takie znane jest nam z opisu sytuacji pierwszej. Po wyświetleniu sygnału zezwalającego pojazd 1 może wjechać do stacji 4. Jeżeli pojazd 1 zatrzymał się przed semaforem 3 to urządzenia AKP pojazdu 1 wracają do stanu zasadniczego, jeśli pojazd 1 cały czas pozostawał w ruchu to "skasowanie" i przywrócenie stanu zasadniczego nastąpi po "wejściu" pojazdu w strefę oddziaływania rezonatora SHP 6. Ilość "aktywnych" odcinków kontrolnych zależy od tego co wyświetlone jest na semaforze. Jeżeli wjazd pociągu ma odbywać się z prędkością maksymalną to wszystkie odcinki kontrolne są wyłączone- jednostka główna AKP odbierze w takiej sytuacji tylko impulsy powstające przy przejeździe nad dwoma nieprzełączalnymi rezonatorami AKP (rezonatory nieprzełączalne- pierwszy od strony tarczy ostrzegawczej i trzeci), ale czas

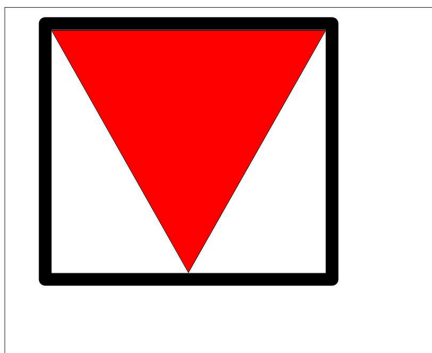
między tymi impulsami będzie o wiele dłuższy niż czas wzorcowy 3s. Analogiczna sytuacja jest przy innych sygnałach tzn. przy sygnale zezwalającym na jazdę z prędkością nieprzekraczającą 100km/h włączony jest tylko odcinek kontrolny V100, przy sygnale zezwalającym na jazdę z prędkością nieprzekraczającą 60km/h włączone są odcinki V100 i V60, dla wjazdu z prędkością 40km/h włączone są odcinki V100, V60 i rezonator V40.



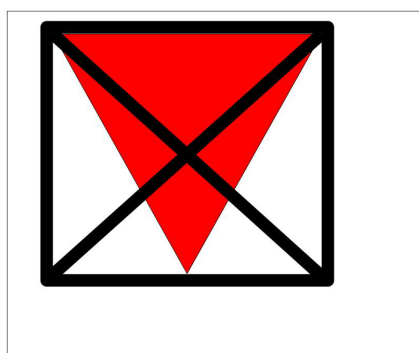
Jak widać system nie jest skomplikowany, a do działania części torowej w niektórych wypadkach nie jest potrzebne zasilanie dzięki czemu bez problemu można tworzyć odcinki kontrolne nawet w bardzo niekorzystnych miejscach. w opisie sytuacji drugiej został wspomniany pomysł na skonstruowanie przenośnego rezonatora 1000hz który mógłby być mocowany do szyny kolejowej w dowolnym miejscu toru. Umożliwiłoby to tworzenie tymczasowych odcinków kontrolowanej prędkości przydatnych w przypadku prowadzenia różnych prac drogowych które wpływałyby na zmiany prędkości. Korzystając z dwóch rezonatorów przenośnych można zainstalować tymczasową “zaporę” opisaną w sytuacji pierwszej. Np. w wypadku zamknięcia toru przy użyciu tarczy D1 co też mogłoby uchronić nas przed przypadkowym wjazdem na tor zamknięty jeśli z jakis powodów została przeoczona tarcza D1.

Wjazd i wyjazd z odcinka kontrolnego systemu AKP powinien być w jakiś sposób oznaczony. Poniżej znajdują się propozycja wskaźników oznaczonych jako a i B. Wskaźnik "A" miałby informować o wjeździe na odcinek kontrolny a "B" o zjeździe z niego.

A



B



#### Podsumowanie.

W powyższym tekście opisana jest budowa, działanie i kontekst powstania "pomysłu" takiego systemu. Autor tekstu przedstawił tylko jedną z opcji budowy systemu spełniającego sformułowane wymagania. System ten posiada wady jak i zalety- do głównych wad można zaliczyć sporą ilość elementów zewnętrznych- rezonatorów które narażone w ten sposób są na różne niekorzystne czynniki, a do niewątpliwych zalet- prostotę, szeroki wachlarz możliwości systemu i wykorzystanie części istniejącej infrastruktury. w referacie została opisana w zasadzie tylko "widoczna" część działania urządzenia bez wchodzenia w szczegóły sterowania rezonatorów, pozyskiwania informacji o "wyświetlanej" na semaforze prędkości z urządzeń SRK, obwodu kontroli rezonatora, sytuacji awaryjnych- mostkowania uszkodzonego rezonatora i kwestii związanych z utrzymaniem systemu ponieważ praca uległaby znacznemu "wydłużeniu". Autor zachęca do dyskusji nad zastosowanymi tu rozwiązaniami, "widełkami" pomiarowymi, rolą przycisków i odległościami w jakich instalowane są rezonatory względem semaforów miejsc niebezpiecznych itp. ponieważ ma to znaczący wpływ na zachowanie "dynamiki ruchu". Przewiduje się także że rzeczywisty system powinien zachowywać się różnie w zależności od rodzaju pociągu - osobowy, towarowy, ciężki towarowy tak jak ma to miejsce np. w PZB. Ma to związek z różnymi masami, prędkościami i czasami reakcji hamulca w tych kategoriach pociągów.

#### Źródła:

1. "Wytyczne techniczne budowy urządzeń sterowania ruchem kolejowym le-4",



2. "Instrukcja o prowadzeniu ruchu pociągów Ir 1"
3. "Instrukcja sygnalizacji Ie 1"
4. "Krajowy Plan Wdrażania Technicznej Specyfikacji Interoperacyjności „Sterowanie”"
5. "Raport w sprawie bezpieczeństwa za rok 2020"
6. "Sprawozdanie ze stanu bezpieczeństwa ruchu kolejowego w 2019 r"
7. "Sprawozdanie ze stanu bezpieczeństwa ruchu kolejowego w 2018 r."
8. "25 godzina. Katastrofa kolejowa pod Otłoczynem" Autor: Jonasz Przybyszewski
9. "Urządzenia zabezpieczenia ruchu kolejowego" Stanisław Karaś
10. "Elektryczne urządzenia zabezpieczenia ruchu kolejowego- urządzenia stacyjne" A. Zajączkowski, K. Kaliecińska, W. Olendrzyński.
11. "Elektryczne urządzenia zabezpieczenia ruchu kolejowego- urządzenia liniowe" J. Nemeč, A. Wopiński.
12. "Elektryczne pojazdy trakcyjne" E. Domański, M. Świtalski.
13. "Systemy automatycznego ograniczania prędkości ATP na sieci kolei i w metrze- analiza procesów" dr.inż S. Barański, prof. zw. dr. hab. inż H. Karbowski.
14. [https://pl.wikipedia.org/wiki/Punkt%C3%B6rmige\\_Zugbeeinflussung](https://pl.wikipedia.org/wiki/Punkt%C3%B6rmige_Zugbeeinflussung).
15. <https://transportzynowy.pl/Kolej/zabezpshp>

# KONCEPCJA METODY OCENY POJEDYNCZYCH NIERÓWNOŚCI TORU

inż. Julia Szulta, Izabela Muzyka

*Politechnika Gdańska, Koło Naukowe Inżynierii Drogowej i Kolejowej KoDiK*

## 1. Wstęp

Istotnym elementem w celu uzyskania odpowiedniej jakości jazdy pojazdów po drodze szynowej jest utrzymanie odpowiedniej geometrii toru kolejowego, która ma bezpośredni wpływ nie tylko na komfort jazdy, ale również na bezpieczeństwo podróżnych. Na ocenę stanu geometrii toru składają się następujące elementy: nierówności pionowe, nierówności poziome, przechyłka, szerokość toru, a także wichrowatość. Podstawowymi dokumentami definiującymi ocenę geometrii toru Techniczna Specyfikacja Interoperacyjności [1] dla podsystemu Infrastruktura, a także normy PN-EN 13848 [2-6], PN-EN 14363 [7].

Do mierzenia odkształceń toru na długim dystansie służą pomocnicze pojazdy szynowe takie jak UPS-80, czy też drezyna EM120, zaś do zweryfikowania jakości geometrii toru na krótkim dystansie można użyć klasycznego toromierza. Pomierzone nierówności toru mogą być analizowane na różnym poziomie agregacji danych pomiarowych (szczegółowym, pośrednim i poglądowym) i wykorzystywane w różnych celach.

Przedmiotem referatu będzie przedstawienie aktualnej metody analizy pomiarów nierówności w Polsce, która w swojej ocenie odnosi się do pojedynczego pomiaru toru, a otrzymane wyniki konfrontuje się z trzema wartościami dopuszczalnymi tj. granicą czujności, granicą działań planowanych i granicą działań bezpośrednich. Granice te mają z góry ustalone działania, które należy wykonać po przekroczeniu wartości granicznej. Warto wspomnieć, że takie działanie obecnie jest stosowane nie tylko w Polsce, a w większości krajów europejskich. w referacie pokazany będzie alternatywna metoda diagnostyki toru, która zakłada porównanie kilku pomiarów wykonanych w obrębie jakiegoś okresu. Pomoże to znaleźć zależność w jakiej zmieniają się usterki wraz z biegiem czasu. Po odpowiednim przefiltrowaniu i synchronizacji pozyskanych wyników pomiarowych można przystąpić do tworzenia modelu predykcji (liniowego lub wielomianowego), pozwalającego wyznaczyć istotne z punktu widzenia diagnostyki, wartości graniczne.

Kolejną kwestią, która zostanie omówiona w referacie to koncepcja oceny i analiza usterek toru kolejowego z wykorzystaniem odchyień standardowych na krótkim odcinku (30 m). Takie podejście odnosi się głównie do analiz na poziomie pośrednim, a odchylenia standardowe nierówności pionowych i poziomych obliczane są na odcinkach 200 m. Celem referatu jest pokazanie, że do diagnostyki toru kolejowego można użyć prostych metod i łatwo dostępnych narzędzi.

## 2. Aktualne metody analizy oceny nierówności w Polsce

Pomierzone wartości nierówności toru mogą być analizowane na różnym poziomie agregacji (szczegółowym, pośrednim i pogładowym) w zależności od zaistniałych potrzeb oraz celów analizy. Trzystopniowemu poziomowi agregacji podlegają podstawowe parametry opisujące geometrię toru, tj. nierówności pionowe i poziome, szerokość toru, wchrowatość oraz przechyłka [6].

Na poziomie szczegółowym analizuje się pojedyncze nierówności toru w celu wykrycia usterek na krótkim odcinku toru i podjęcia decyzji w zakresie krótkotrwałych napraw lub ograniczenia parametrów eksploatacyjnych. Poziom pośredni obejmuje analizę odchyień standardowych nierówności pionowych i poziomych w celu zaplanowania napraw średniookresowych oraz badań właściwości dynamicznych pojazdów. Najczęściej analiza ta obejmuje odcinek toru o długości 200 m (jednak w Polsce przyjmuje się odcinek o długości 1000 m). Natomiast na poziomie pogładowym podejmowane są już decyzje strategiczne. Analizie poddawana jest dystrybucja rozkładu części odchyień standardowych na całej długości linii kolejowej, z rozróżnieniem nierówności pionowych i poziomych. Dzięki temu właściciele infrastruktury posiadają niezbędną wiedzę do właściwego zarządzania siecią kolejową i planowania napraw długoterminowych.

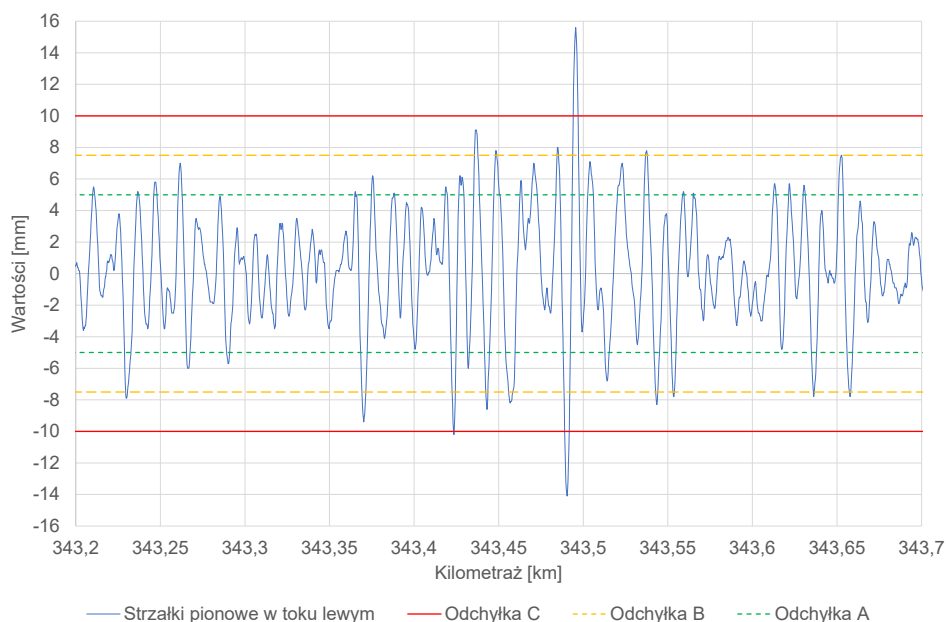
Ocena stanu geometrii toru kolejowego powinna opierać się o analizę kilku wskaźników TQI (*Track Quality Index*) [6], czyli wartości, które charakteryzują stan geometrii na określonym odcinku toru, na podstawie parametrów i metod pomiarowych zgodnych z normami serii PN-EN 13848 [2-5] (według normy PN-EN 13848-6). Powinno się również uwzględniać interakcję tor-pojazd, ponieważ zależności pomiędzy poszczególnymi cechami danej nierówności mogą prowadzić do różnych zachowań pojazdu.

Poziom szczegółowy obejmuje ocenę podstawowych parametrów opisujących geometrię toru:

- nierówności pionowe D1 w zakresie fal 3÷25 m;
- nierówności poziome D1 w zakresie fal 3÷25 m;
- szerokość toru;
- wichrowatość;
- przechyłka.

Wszystkie wymienione parametry powinny zostać pomierzone zgodnie z normą PN-EN 13848-1 [2].

Klasyczne podejście do oceny pojedynczych nierówności toru w Polsce opiera się na analizie progowej [9]. Jej istota polega na sprawdzeniu, czy pomierzona nierówność toru nie przekracza przyjętej przez zarządcę infrastruktury i zapisanej w dokumentacji utrzymaniowej wartości dopuszczalnej (Rys.2.1). Stosuje się tu pojedyncze kryterium graniczne, którego przekroczenie skutkuje natychmiastowym dokonaniem naprawy lub ograniczeniem prędkości dopuszczalnej.



Rys. 2.1. Prezentacja wyników

Analiza progowa może również obejmować trzy klasy odchylenia wartości parametru dla każdego pomierzonego parametru. Odchylenia wartości parametrów klasy a i B podlegają zliczaniu jedynie do celów statystycznych. Najistotniejsze są tutaj odchylenia,

które przekraczają granicę klasy C, tj. usterki toru. Są one umieszczane w raporcie szczegółowym, oznaczane jako niebezpieczne dla ruchu i zliczane. Natomiast usterki przekraczające granice klasy C o 25% dodatkowo są oznaczane „\*“.

Rozwinięciem tej metody jest zastosowanie kilku kryteriów (granicy czujności, działań planowanych i bezpośrednich), po przekroczeniu których należy podjąć odpowiednie decyzje eksploatacyjne. Jeżeli wartości odchyłek są mniejsze od granicy czujności nie jest wymagana ocena na poziomie szczegółowym. Jednakże analiza jakości geometrycznej toru prowadzona jest na poziomie pośrednim i poglądowym. Natomiast przekroczenie granicy czujności skutkuje koniecznością oceny stanu geometrii toru i podjęcia decyzji w sprawie naprawy w ramach normalnego utrzymania toru. Wartości odchyłek przekraczające granicę działań planowanych wymuszają zaplanowanie naprawy przed następnym objazdem drezyną pomiarową w taki sposób, aby do tego czasu nie została przekroczona granica działań bezpośrednich. Przekroczenie granicy działań bezpośrednich wiąże się z koniecznością podjęcia natychmiastowych kroków w celu zmniejszenia niebezpieczeństwa wykolejenia pojazdu do dopuszczalnego poziomu. Efekt ten może zostać osiągnięty dzięki ograniczeniu parametrów eksploatacyjnych (ograniczenie prędkości) lub natychmiastowej naprawie. Rozwiązanie to stosowane jest obecnie w większości krajów europejskich, a w Polsce jest sukcesywnie wprowadzane.

Rozwinięciem przedstawionych metod jest budowa modelu predykcji i prognozowanie terminu przekroczenia wartości granicznych. Takie podejście obejmuje analizę pojedynczych nierówności (ich maksymalnych wartości amplitud z kolejnych objazdów pojazdem pomiarowych) w czasie lub funkcji obciążenia. Wykorzystuje się w tym celu aproksymację liniową, wykładniczą lub wielomianową. Model predykcji pozwala zaplanować miejsce oraz termin wykonania napraw na krótkich odcinkach toru.

Do prognozowania narastania pojedynczej usterki wykorzystuje się odchylenie standardowe obliczane na krótkim odcinku [9]. Takie podejście występuje głównie na poziomie pośrednim, gdzie odchylenie standardowe, jako klasyczna miara zmienności, stanowi referencyjny wskaźnik oceny stanu geometrii toru. Dlatego też może być stosowane przy identyfikacji pojedynczych wad geometrii toru. Odchylenie standardowe obliczane jest z zależności:

$$SD = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2}{N - 1}}$$

gdzie:

$N$  – liczba pomiarów na analizowanym odcinku toru;

$x_i$  – wartości  $i$ -tego pomiaru;

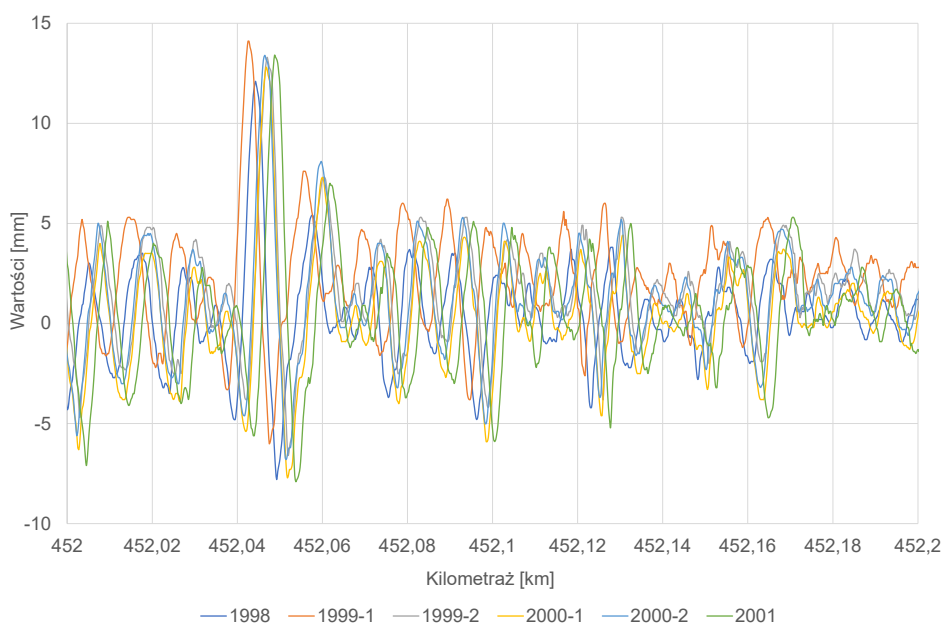
$\bar{x}$  – wartość średnia z  $N$  pomiarów.

### 3. Koncepcja nowej metody analizy nierówności oraz synchronizacja danych

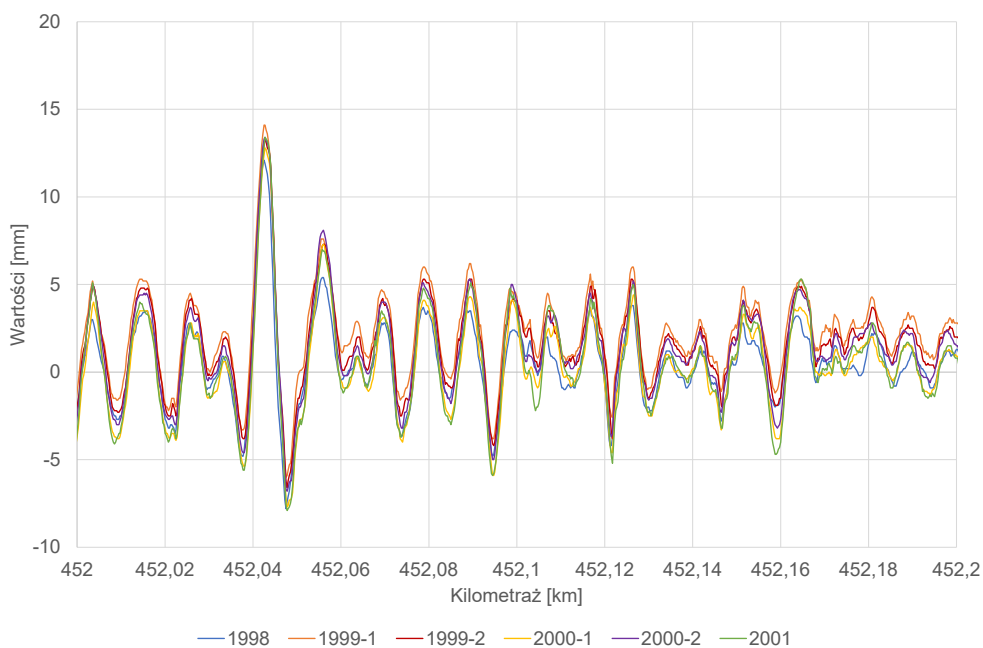
Przedmiotem referatu jest zaprezentowanie innej możliwości diagnostyki toru kolejowego. w przeciwieństwie do procedur aktualnie panujących w Polsce, metoda nie będzie bazować tylko na ostatnim pomiarze nierówności a na zmianach nierówności w odstępie kilku pomiarów. Taki zabieg pokazuje jak na przestrzeni kilku lat zmieniała się dana nierówność oraz pozwoli znaleźć relację między narastaniem wady a biegiem czasu. Co w konsekwencji pozwoliłoby przewidywać po ilu latach od wystąpienia wady należy przeprowadzić jej naprawę oraz ustalenie proponowanych działań dotyczących danego toru kolejowego.

Podczas analizy geometrii toru kolejowego wyżej wymienioną metodą należy sporządzić wykres wartości nierówności w funkcji kilometraża. na danym wykresie należy umieścić wszystkie pomiary, niestety wówczas można zauważyć, że wyniki badań nie będą się pokrywać. Taka prezentacja wyników nie pozwala na analizę ich, więc wyniki należy zsynchronizować. w tym celu wszystkie wykresy przesuwają się z względem jednego punktu pomiarowego. w rezultacie otrzymujemy kilka wykresów równoległych. Zabieg ten nazywany jest synchronizacją względem kilometraża. Różnicę między wartościami niesynchronizowanymi a zsynchronizowanymi przedstawia rysunek 3.1. oraz rysunek 3.2.





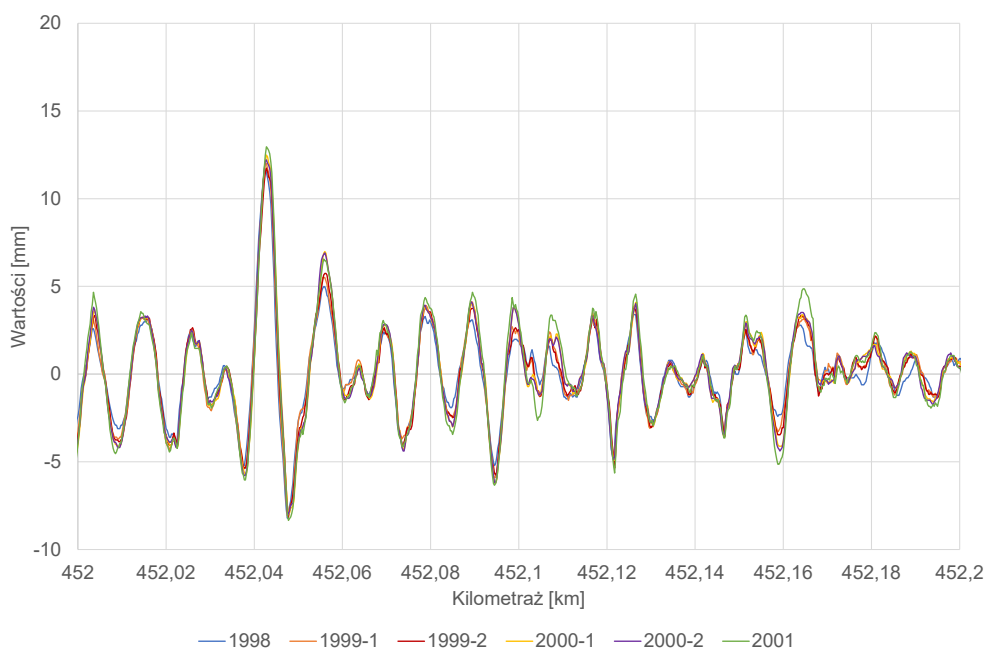
Rys. 3.1. Prezentacja wyników przed synchronizacją



Rys. 3.2. Prezentacja wyników po synchronizacji względem kilometraża

Opisana analiza posiada pewną wadę, mianowicie wykresy są przesunięte pionowo względem siebie o pewną wartość. w celu niwelacji tego błędu należy wykonać kolejny etapem synchronizacji, którym jest obliczenie średniej wartości nierówności na danym odcinku kilometraża, a następnie obliczenie różnicy między wartością mierzoną a średnią wartością nierówności. Wykres wykonany na podstawie otrzymanych wyników charakteryzuje się brakiem wady, która występuje przy synchronizacji pionowej.

Ta czynność nazywana jest synchronizacją względem średniej i została przedstawiona na rysunku 3.3.

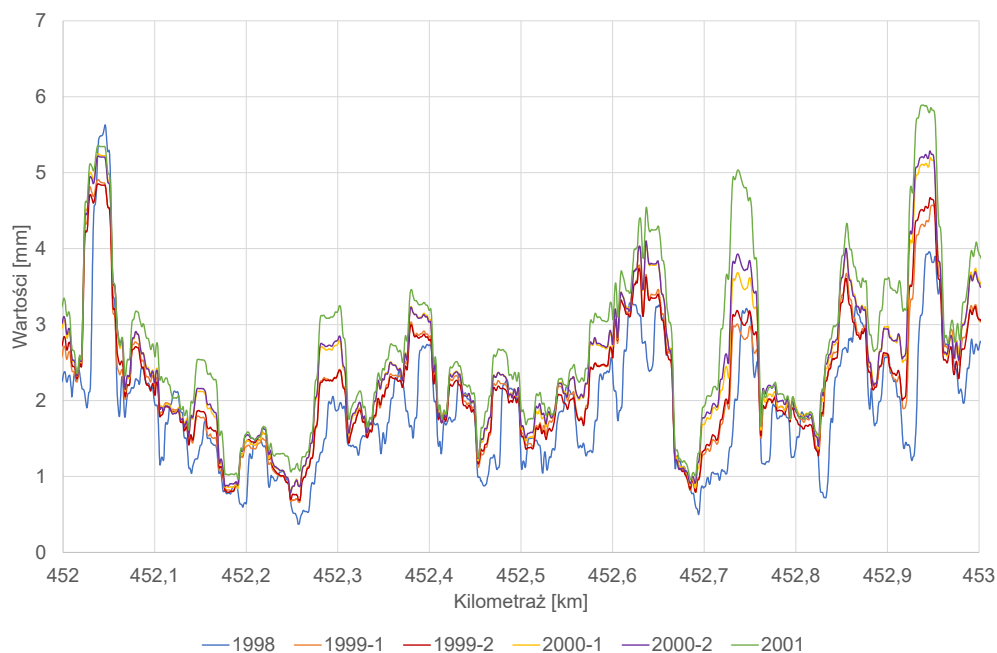


Rys. 3.3. Prezentacja wyników po synchronizacji względem średniej

Inspirując się metodą diagnostyki toru szynowe amerykańskich kolejarzy [10], którzy dzielą tor na krótkie odcinki rzędu 0,02 mili, czyli średnio 32,2 m, gdzie sumuje się zmierzone wartości usterek. Podczas analizy pomierzoną wartość określa się na podstawie 90 percentyla rozkładu amplitud pomierzonych nierówności. Nawiązując do przytoczonej metody w referacie wyliczone zostało odchylenie standardowe na odcinku 30 m. Odchylenie standardowe informuje o tym, jak bardzo wyniki pomiarów są porzucane wokół średniej z całego roku. do obliczenia odchylenia standardowego oblicza się z następującego wzoru:

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (\bar{x} - x_i)^2}$$

W celu synchronizacji wartości względem odchylenia standardowego postępujemy analogicznie tak jak przy synchronizacji względem średniej. Mianowicie obliczamy odchylenie standardowe na odcinku 30 metrów a następnie odejmujemy wartość odchylenia od wartości mierzonych, a następnie rysujemy wykres z wykorzystaniem otrzymanych wartości, który został przedstawiony na rysunku 3.4.



Rys. 3.4. Prezentacja wyników po synchronizacji względem odchylenia standardowego

**3.1. Model predykcji na podstawie analizy pojedynczych nierówności toru** Idealną metodą pomocną przy przewidywaniu działań związanych z diagnostyką toru kolejowego jest stworzenie modelu predykcji dla pojedynczej wady. Predykcja [11] to prognozowanie przyszłych zdarzeń przy użyciu statystyki i analizy danych. w modelu wykorzystywanym przy ocenie pojedynczej wady szynowej tworzy się model regresji liniowej. Tworzymy wówczas wykres pogłębienia wady w funkcji liczby kolejnych miesięcy. Dzięki temu możemy zauważyć dokładną zależność między biegiem czasu a pogłębieniem nierówności. Co w rezultacie pozwoli czas, w którym usterka osiągnie wartość graniczną. Istotną kwestią przy poprawnym wykonywaniu modelu predykcji jest badanie kilometrażu z usterkami z wartościami o takim samym znaku. do określenia wzoru funkcji przydatna będzie aproksymacja, czyli przybliżenie za pomocą funkcji liniowej, do której używa się następujących wzorów.

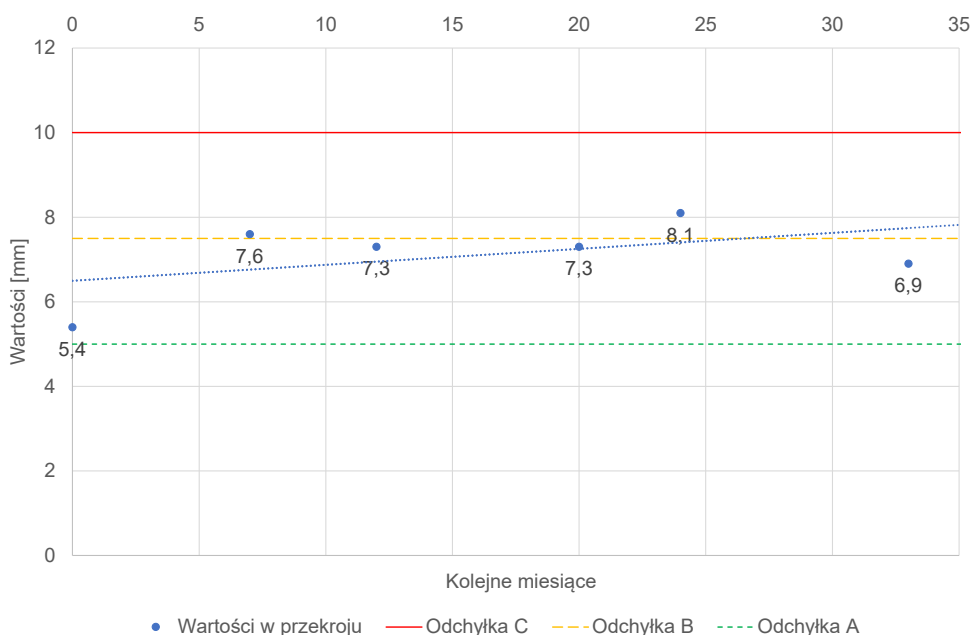
$$\hat{y} = ax + b$$

$$a = \frac{n\sum x_i y_i - (\sum x_i)(\sum y_i)}{n\sum x_i^2 - (\sum x_i)^2}$$

$$b = \frac{(\sum y_i)(\sum x_i^2) - (\sum x_i y_i)(\sum x_i)}{n\sum x_i^2 - (\sum x_i)^2}$$

Ta metoda określenia funkcji jest znacznie dokładniejsza niż wykorzystanie maksymalnej i minimalnej amplitudy z kolejnych pomiarów, gdyż pozwala na dokładniejsze prognozowanie wartości nierówności w nadchodzącym czasie.

Model predykcji dla przekroju pojedynczej nierówności (Rys. 3.5) na podstawie maksymalnych wartości pomierzonych (Rys. 3.1) zobrazowano na tle odchyłek dopuszczalnych określonych w Instrukcji Id-1 Załącznik nr 13 *Dopuszczalne odchyłki w mierzonych parametrach układu torowego zapewniające spokojność jazdy* dla prędkości dopuszczalnej 120 km/h [8]. Prognozę wykonano zgodnie z algorytmem porównania pojedynczych nierówności przedstawionym w Instrukcji Id-1 [8]. Wybrano przekrój dla kilometra 452,056, w którym zaobserwowano większe zmiany o tym samym znaku.



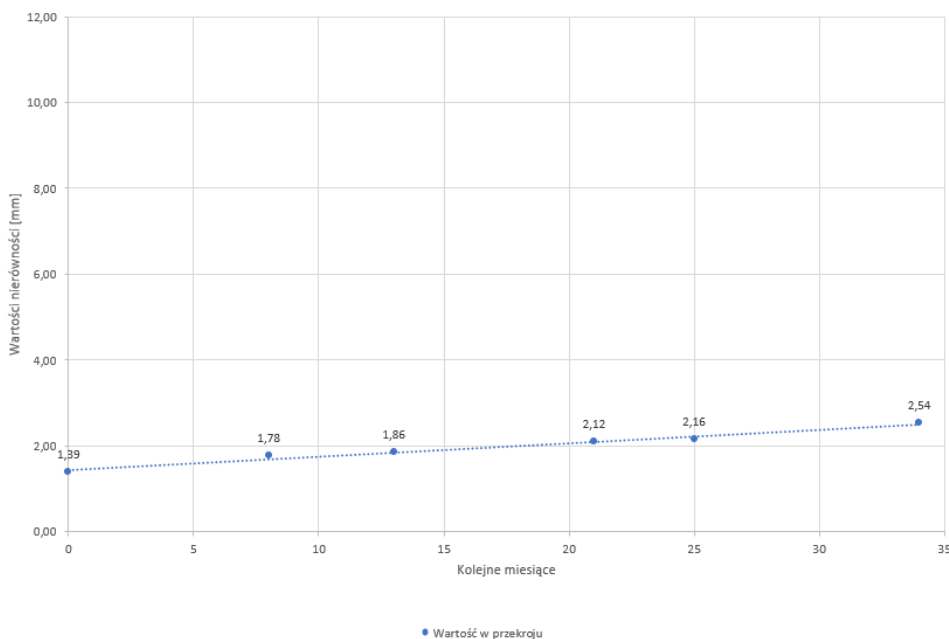
Rys. 3.5. Model predykcji dla pojedynczej nierówności na podstawie wartości pomierzonych  
Liniowy model predykcji został opisany funkcją:

$$y = 0,0378x + 6,495$$

Model predykcji wyraźnie pokazuje jak wraz z upływem kolejnych miesięcy będzie postępować analizowana usterka w danym przekroju oraz kiedy nastąpi przekroczenie granicy działań bezpośrednich. Jest to przypadek często spotykany w praktyce. Wartości pomierzonych strzałek pionowych ulegają zmianie. Wpływa na to wiele czynników, m. in. warunki atmosferyczne, długości nierówności czy też nierówność podłoża.

### 3.2. Model predykcji dla wartości zsynchronizowanych przy pomocy odchylenia standardowego

Wykonując model predykcji dla kilometru 452,15 z wartości zsynchronizowanych za pomocą odchylenia standardowego otrzymujemy następujący wykres prognozowania:



Rys. 3.6. Model predykcji z odchylenia standardowego

Po aproksymacji liniowej otrzymujemy następujący wzór:

$$y = -0,0314408x + 1,4434635$$

Analizując wykres modelu predykcji można zauważyć, że wszystkie pomiary nie są ułożone liniowo, jednakże widać, że mają tendencję ujemną, co oznacza, że usterka toru kolejowego z roku na rok się coraz bardziej się pogłębia. Wartości w przeciwieństwie do modelu predykcji **na** podstawie analizy pojedynczych nierówności toru nie możemy oceniać wartości zsynchronizowanych przy użyciu odchylenia standardowego kiedy nastąpi krytyczny moment, gdyż aktualnie nie ma żadnych norm ani rozporządzeń, które oceniają wartości graniczne oraz wartości dopuszczalnych.

#### 4. Podsumowanie

Metody będące rozwinięciem analizy progowej stosowanej obecnie w Polsce umożliwiają obserwację jak zmienia się dana nierówność w funkcji czasu. Dzięki temu

możliwe jest zapobieganie pogłębianiu się usterek i tym samym przekraczaniu granic działań bezpośrednich.

Synchronizacja danych pomiarowych względem kilometracji i wartości średniej pozwala jeszcze dokładniej analizować nierówności toru. Niweluje bowiem przesunięcia pomiarów względem siebie oraz pozwala wykryć czy otrzymane dane pomiarowe nie zostały powielone.

Do prognozowania narastania pojedynczej usterki rekomendowanym wskaźnikiem jest odchylenie standardowe. Zsynchronizowanie danych pomiarowych na podstawie odchylenia standardowego pozwala dostrzec postępujące zmiany, które nie są widoczne nawet po synchronizacji względem średniej. Zbudowany na tej podstawie model predykcji umożliwi monitorowanie zmian w przekrojach niebezpiecznych, a co za tym idzie, zapobieganie pogłębianiu się usterek.

#### Literatura:

[1] Decyzja komisji z dnia 26 kwietnia 2011 r. dotycząca technicznej specyfikacji interoperacyjności podsystemu „Infrastruktura” transeuropejskiego systemu kolei konwencjonalnych. 2011/275/UE.

[2] PN-EN 13848-1: Kolejnictwo. Tor. Jakość geometryczna toru. Część 1: Charakterystyka geometrii toru.

[3] PN-EN 13848-2: Kolejnictwo. Tor. Jakość geometryczna toru. Część 2: Systemy pomiarowe. Pojazdy do pomiaru toru.

[4] PN-EN 13848-3: Kolejnictwo. Tor. Jakość geometryczna toru. Część 3: Systemy pomiarowe. Maszyny do budowy i utrzymania toru.

[5] PN-EN 13848-4: Kolejnictwo. Tor. Jakość geometryczna toru. Część 4: Systemy pomiarowe. Urządzenia lekkie i ręczne.

[6] PN-EN 13848-1: Kolejnictwo. Tor. Jakość geometryczna toru. Część 6: Charakterystyka jakości geometrycznej toru.

[7] PN-EN 14363: Kolejnictwo. Badania właściwości dynamicznych pojazdów szynowych przed dopuszczeniem do ruchu. Badanie właściwości biegowych i próby stacjonarne.

[8] Warunki techniczne utrzymania nawierzchni na liniach kolejowych Id-1 (D1). PKP Polskie Linie Kolejowe S.A. Zarządzenie Nr 14 Zarządu PKP PLK S.A. z dnia 18.05.2005r. Biuletyn PKP PLK S.A. Nr 02 z dnia 10.06.2005 r. poz. 15.



[9] Kędra Z. Analiza pojedynczych nierówności toru, VIII Konferencja Naukowo-Techniczna "Projektowanie, budowa i utrzymanie Infrastruktury w transporcie szynowym" - INFRASZYN 2015 22-24.04.2015, Zakopane

[10] He Q., Li H., Bhattacharjya D., Parikh D., Hampapur A.: Track geometry defect rectification based on track deterioration modelling and derailment risk assessment. Journal of the Operational Research Society, Vol. 66, Iss. 3, 2015, p.392-404. DOI: 10.1057/jors.2014.7.

[11] Materiały wykładowe Jerzy Stefanowski, Instytut Informatyki Politechnika Poznańska <http://www.cs.put.poznan.pl/jstefanowski/aed/TPDregresjacz2.pdf>

## SZANSE ROZWOJU POLSKIEJ KONCEPCJI NAPĘDU MAGNETYCZNEGO NA RYNKU EUROPEJSKIM

**inż. Paulina Madrak**

*Politechnika Warszawska, Wydział Transportu*

Rozwój transportu na przestrzeni wieków spowodował między innymi wzrost emisji dwutlenku węgla do atmosfery a także znaczne wykorzystanie nieodnawialnych źródeł energii. Przykładami działań mających na celu ochronę środowiska jest polityka zeroemisyjna, Europejska strategia Zielonego Ładu. Najbardziej przyjaznym środowisku a także efektywnym pod względem zużycia energii i wydajnym przez wzgląd na przewóz dużej masy ładunków na małej przestrzeni środkiem transportu jest kolej. Kolejnictwo zawsze odgrywało ważną rolę w historii świata umożliwiając efektywniejszy i szybszy przewóz towarów oraz pasażerów między miastami lub państwami w porównaniu dla chociażby transportu drogowego. Szybki i bezpieczny sposób podróżowania jest gwarancją rozwoju gospodarczego. w związku z tym rozwój infrastruktury transportowej, inwestycje w badania i rozwój w dziedzinie transportu są kluczowe dla dalszego rozwoju gospodarczego i społecznego na całym świecie.

Kolej jest rozwijana na przestrzeni lat dążąc do szybkich, bezpiecznych i bardziej zautomatyzowanych przejazdów. Krokiem w rozwoju kolejnictwa jest opracowana technologia kolei magnetycznej, która bazuje na zjawisku elektromagnetyzmu EDS (odpychania) lub EMS (przyciągania). Pojazd skonstruowany w tych technologiach unosi się nad infrastrukturą, a tym samym tworzy szczelinę powietrzną i eliminuje tarcie pomiędzy kołem a szyną taboru. Zastosowanie zjawiska elektromagnetycznego umożliwia wzrost prędkości taboru do 600 km/h, zmniejszenie hałasu oraz obniżenie kosztów eksploatacji. Pomimo iż pobór energii może być większy to stanowi on jedynie 10% kosztów operacyjnych [1]. Przewagą technologii maglev jest koszt utrzymania, ponieważ im większa prędkość jest osiągnana, tym bardziej rozwiązanie to staje się opłacalne, ponieważ eksploatacja kół oraz pantografów jest zmniejszona. Kolej magnetyczna jest bardzo bezpieczna, ponieważ zjawisko magnetyczne wykazuje się dużą stabilnością. Funkcjonująca kolej magnetyczna powstała w oparciu o technologie wymagające własnej infrastruktury oraz własnego taboru magnetycznego, przykładem jest japoński maglev. Technologia ta jest wdrożona na tak małą skalę ze względu na swoją kosztochłonność stworzenia nowej infrastruktury i konieczność chłodzenia nadprzewodników. Innym rozwiązaniem dla kolei magnetycznej jest technologia MagRail która umożliwia lewitację

na tradycyjnych torach z zachowaniem cech charakterystycznych kolei magnetycznej co znacznie obniża koszty. na obecnym moment jest ona opatentowana i badana przez polską spółkę Nevomo działającą na skalę światową.

### **Polityka Unii:**

Obecnie na kolei konwencjonalnej jest stopniowo wdrażany system ERMTS ma on objąć swym działaniem cały obszar Unii Europejskiej, aby ujednoczyć systemy sterowania ruchem kolejowym dla całego jej obszaru. Przekłada się to na zwiększenie interoperacyjności, efektywności i bezpieczeństwa kolei. Dokumentem regulującym prawnie jest dyrektywa o interoperacyjności wydana przez Parlament Europejski i Radę UE.

System ERTMS składa się z dwóch podsystemów: ETCS oraz GSM-R. ETCS zapewnia sygnalizację kabinową, jak i kontrolę pracy maszynisty przy zwiększonym poziomie bezpieczeństwa. System ten opiera się na cyfrowej transmisji danych poprzez (w zależności od poziomu): eurobalisy, europętle, łączność radiową GSM-R lub moduły STM, poprzez które przesyłane są informacje dotyczące m.in. maksymalnej prędkości pociągu. w porównaniu z dotychczas stosowanymi rozwiązaniami na polskiej kolei, kluczową cechą jest sygnalizacja kabinowa, która pozwala na zobrazowanie sytuacji panującej na linii kolejowej na pulpicie w pojeździe kolejowym, a nie jak dotąd – tylko na semaforach wzdłuż linii kolejowej. Takie rozwiązanie pozwala na odpowiednią reakcję i dostosowanie jazdy do panujących warunków. Wdrożenie sygnalizacji kabinowej eliminuje również ewentualne błędy ludzkie, wynikające np. z braku widoczności semaforów czy z nieznanomości przez maszynistę szlaku. Jeśli pociąg prowadzony jest niezgodnie z poleceniem ETCS, na początku system sygnalizuje tę niezgodność, a w razie potrzeby rozpoczyna hamowanie. Zgodnie z wymaganiami prawnymi, system ETCS jest niezbędny do jazdy pociągu z prędkością powyżej 160 km/h lub jednoosobowej obsługi trakcyjnej powyżej 130 km/h.

GSM-R to standard cyfrowej łączności radiowej przeznaczony specjalnie dla potrzeb kolei. GSM-R wykorzystuje technologię komórkową i umożliwia przesyłanie głosu i danych pomiędzy maszynistami, dyspozytorami, a także systemami sterowania ruchem kolejowym, takimi jak ERTMS Standard ten zapewnia niezawodną łączność pomiędzy różnymi elementami systemu kolejowego oraz umożliwia szybką i efektywną koordynację działań w sytuacjach kryzysowych.

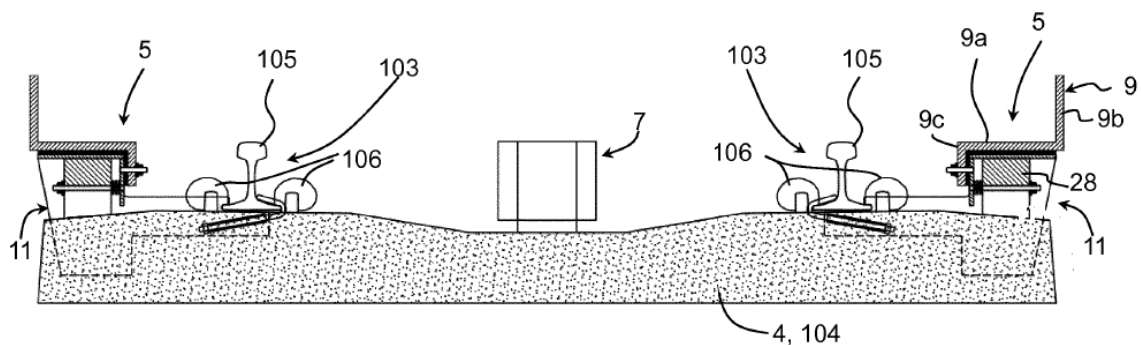
System GSM-R został stworzony w celu zapewnienia jednolitego standardu łączności radiowej na całym obszarze europejskiego systemu kolei. Standard ten działa w paśmie 900 MHz, co umożliwia dalekosiężne przesyłanie sygnałów radiowych, nawet w trudnych warunkach terenowych. Dzięki temu maszyniści mogą utrzymywać łączność z dyspozytorami i otrzymywać ważne informacje o warunkach na linii kolejowej, a także otrzymywać ważne polecenia.

### **MagRail:**

Technologia MagRail opracowana i doskonalona przez Polską firmę umożliwia ruch taboru magnetycznego po tradycyjnych szynach kolei kołowej. Rozwiązanie to jest obecnie na etapie badań w środowisku symulacyjnym, modelowym oraz na torze testowym pod Rzeszowem, po którym lewituje pełnowymiarowy pojazd. Dzięki zastosowaniu elektrycznego napędu liniowego, zaawansowanej automatyce oraz zjawisku lewitacji magnetycznej, pojazdy szynowe będą mogły poruszać się po istniejącej infrastrukturze torowej z prędkością do 600 km/h. Metoda ta ma pozwolić na pełną automatyzację prowadzenia pojazdów, zwiększenie częstotliwości ich kursowania, bez stosowania klasycznej elektrycznej trakcji napowietrznej i bez ryzyka popełnienia błędu przez obsługę. Dodatkowo system elektroniczny będzie czuwał nad pojazdem w trakcie jazdy i w razie potrzeby automatycznie uruchamiał awaryjne procedury bezpieczeństwa.

Lewitacja została osiągnięta poprzez zamontowanie szyn (nakładek) kolei magnetycznej w których zawiera się przewodząca szyna prowadząca po zewnętrznej części toru kolei konwencjonalnej oraz silnika liniowego. Szyna prowadząca umożliwia bierną lewitację pojazdu kolejowego magnetycznego dzięki powstającej sile elektromotorycznej wygenerowanej przez ruchome magnesy trwałe zamontowane w pojeździe. w szynie do lewitacji magnetycznej znajduje się adapter-przewodnica zawierająca odkształcony materiał do umieszczania pomiędzy szyną prowadzącą a nośną lub adapterem sprzęgającym. Działa ona korzystnie jako dielektryczna separacja między wspomnianymi szynami, pomaga zmniejszyć korozję galwaniczną oraz optymalizować siłę lewitacji powodowaną przez prądy wirowe w wyniku przejścia pola magnetycznego na pojazd, które generuje siłę elektromotoryczną.

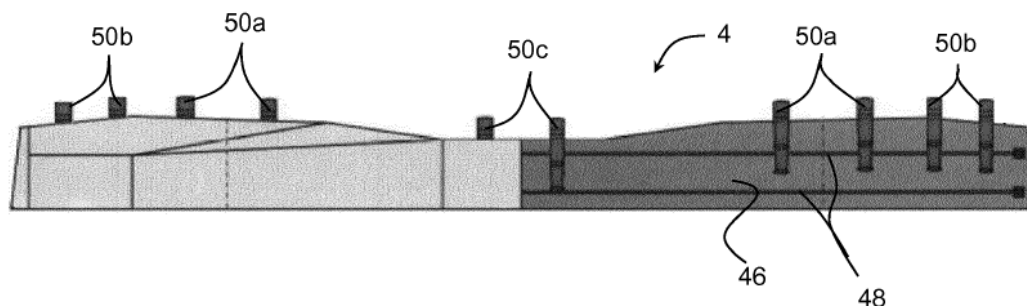
Adapter sprzęgający zamontowany jest na podkładach kolejowych lub między nimi i mocowanie szyny kołowej posiadającej profil przyjmujący kształt przystosowany do montażu do dolnej części szyny kołowej wraz z mechanizmem zaciskowym. W skład mechanizmu zaciskowego wchodzi jeden lub więcej regulowanych haków zaciskowych, które można dokręcać, aby bezpiecznie przymocować adapter sprzęgający do dolnej części szyny. Poniżej został przedstawiony. Przekrój poprzeczny toru kolejowego w integracji z systemem kolei lewitacji magnetycznej.



Rysunek 33 Przekrój poprzeczny toru kolejowego z systemem kolei lewitacji magnetycznej

- 103 - konwencjonalny tor kolei kołowej,
- 105 - szyny kolei kołowej,
- 106 - mechanizmy mocujące,
- 4/104 - podkład wykonany z sprężonego betonu zbrojonego lub drewnianej belki,
- 5 - szyny do lewitacji magnetycznej do prowadzenia pojazdu magnetycznego,
- 7 - silnik liniowy,
- 9 a/b/c - szyna prowadząca o różnych profilach,
- 10 - wspornik szyny prowadzącej,
- 11 - adapter sprzęgający,
- 28 - słupki nośne,

Kolej pasywnej lewitacji magnetycznej może być podparta na istniejących podkładach lub na gotowej płycie podstawowej. Wykonana jest ona z prefabrykatów która zawiera ramę wzmacniającą osadzoną w podłożu i szyn do lewitacji magnetycznej. Płyta podstawowa zamontowana jest na nieobciążonym wsporniku naziemnym zawierającym odkształcalny materiał rozpraszający naprężenia np. polimer, asfalt. Podkłady zawierają wzmocnienie i elementy kotwiące, które obejmują zarówno elementy kotwiące dla szyny konwencjonalnej, jak i dla szyny lewitującej magnetycznie. System zaciskowy zawiera słupek nośny do mocowania szyny prowadzącej szyny lewitacji magnetycznej oraz mechanizm regulacji położenia, który Poniższy rysunek ukazuje widok z boku i częściowo przekrój podkładu kolejowego systemu MagRail.



Rysunek 34 Przekrój podkładu kolejowego systemu MagRail

4 - podkład,

46 - podłoże betonowe,

48 - wzmocnienia,

50 a/b/c - elementy kotwiące,



### **Lewitacja:**

Lewitacja w systemie MagRail opiera się na rozwiązaniu Inductrack. Jest to rodzaj lewitacji typu EDS (lewitacja elektrodynamiczna) opartej na zasadzie „odpychania”. Siły odpychające są generowane przez pole magnetyczne, które przemieszcza się względem szyny prowadzącej wykonanej z stali, stopu aluminium zasadniczo o konstrukcji płaskownika z płaskimi przekrojami (Rys. 1). w związku z tym większość pola magnetycznego zamykana jest w szynach. Szyny prowadzące nie naruszają wymaganej skrajni kolejowej. Wielkość siły odpychającej zależy od względnej prędkości między poruszającym się magnesem a arkuszem przewodzącym. Pole indukuje prądy w arkuszu, a prądy z kolei wytwarzają pola magnetyczne. Dwa pola magnetyczne wytwarzają siły odpychające poprzez oddziaływanie między nimi.

Jedną z głównych wad kolei magnetycznej EDS jest konieczność osiągnięcia minimalnej prędkości startowej, aby uruchomić mechanizm lewitacji. w praktyce oznacza to, że przy niskich prędkościach i podczas postoju konieczne jest zastosowanie dodatkowych "kół podwozia" do podtrzymywania pociągu. w systemie MagRail prędkość, przy której pojazd zaczyna się odrywać od ziemi i lewitować to około 40-60 km/h. w momencie uniesienia nad ziemię koła będą chowane w podwoziu a na czas hamowania znów rozkładane. Ważne jest również to, że EDS nie wymaga aktywnego dostrojenia pola magnetycznego, aby utrzymać stabilne zawieszenie, nawet jeśli wysokość lewitacji nie jest bezpośrednio kontrolowana. Sprawia to, że EDS jest prosty, stabilny pasywnie, niezawodny i tańszy w porównaniu do innych systemów, a także pozwala na osiągnięcie dużych prędkości.

Ponadto, opór magnetyczny maleje wraz ze wzrostem prędkości, co jest dokładnie przeciwnym zachowaniem do oporu tarcia kół. Zjawisko to jest obserwowane w kolei tradycyjnej przy wyższych prędkościach pojawiają się inne efekty, która zwiększają zużycie kół (np. wężykowanie). w układach EDS siły lewitacji i oporu pochodzą z ruchu magnesów trwałych wzdłuż płyty przewodzącej. Siła lewitacji jest generowana przez indukowanie prądu wirowego w płycie przewodzącej (zgodnie z prawem Faradaya i Lenza), który z kolei zależy od rozkładu indukcji magnetycznej w szczeliny powietrznej. Siła oporu z kolei jest spowodowana oporem magnetycznym pomiędzy magnesami a płytką przewodzącą. Kształt fali pola źródłowego z układu magnesów trwałych jest kluczowy dla uzyskania właściwych sił lewitacji i oporu w układzie EDS.

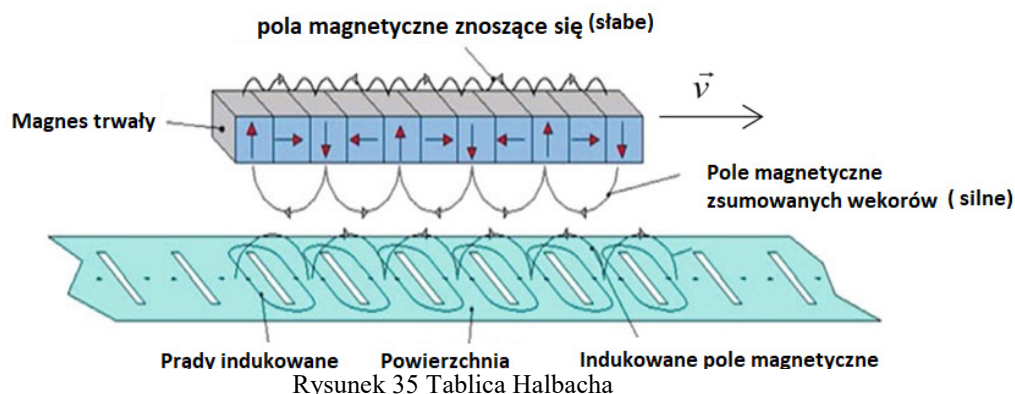
### **Silnik liniowy:**

Silnik liniowy składa się z dwóch części aktywnej w torze i pasywnej na taborze. Część pasywna zamontowana jest w dolnej części taboru, składa się ona z rozmieszczonych po pojeździe pasów magnesów trwałych rozdzielonych przerwami. Zastosowanie magnesów trwałych (PM) przynosi wiele korzyści, w tym przede wszystkim zwiększenie sprawności maszyny. Magnesy trwałe zastępują zwykle tradycyjne uzwojenia wzbudzenia, które pochłaniają energię elektryczną i generują straty energii w postaci ciepła. Dzięki temu, że brak energii elektrycznej jest pochłaniany przez układ wzbudzenia pola, a tym samym nie występują straty wzbudzenia, to sprawność maszyny z magnesami trwałymi jest znacznie wyższa niż w przypadku tradycyjnych maszyn elektrycznych.

Inne korzyści związane z zastosowaniem magnesów trwałych to między innymi:

- Zwiększenie momentu obrotowego przy zastosowaniu tych samych wymiarów maszyny
- Zwiększenie gęstości mocy maszyny, co oznacza, że można osiągnąć większą moc w tej samej przestrzeni
- Zwiększenie stabilności pracy maszyny, ponieważ magnesy trwałe zapewniają stałą siłę elektromagnetyczną
- Zmniejszenie rozmiaru i wagi maszyny w porównaniu do tradycyjnych maszyn elektrycznych o takiej samej mocy
- Zmniejszenie zużycia energii elektrycznej i emisji CO<sub>2</sub>, ponieważ zwiększenie sprawności maszyny oznacza, że potrzebna jest mniejsza ilość energii elektrycznej do wykonania takiej samej pracy.

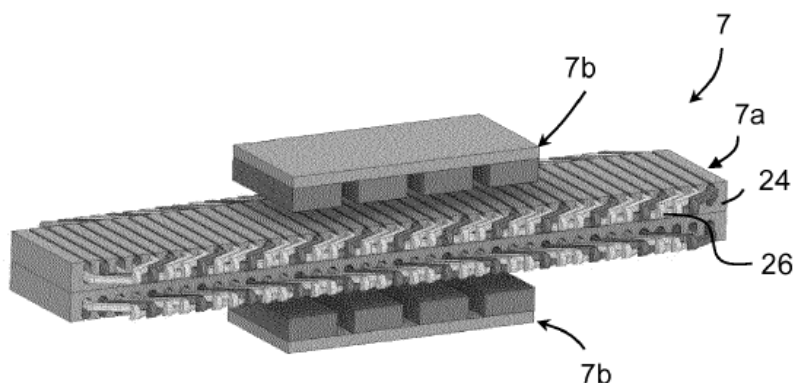
Magnesy trwałe są umieszczone zgodnie z tablicą Halbacha. Zaletą wykorzystywania wymienionych magnesów jest fakt, że są one tańsze w pozyskaniu i nie wymagają takiego chłodzenia jak magnesy nadprzewodzące (SCM) redukując przy tym koszty. Układ Halbacha zwiększa gęstość strumienia magnetycznego, a tym samym stosunek siły podnoszenia do masy magnesu. Mając odpowiednio dobraną geometrię, można uzyskać wyższe wartości sił lewitacji i mniejsze siły hamowania niż w przypadku układu z identycznymi elementami namagnesowanymi poziomo i pionowo. Taki kształt układu



magnetycznego prowadzi do zmniejszenia chwilowego poboru mocy podczas jazdy, ponieważ siły hamowania są mniejsze. Pola magnetyczne sumują się jako wektory w dowolnym punkcie. Gdy pola są w tym samym kierunku, suma będzie silniejsza, jeśli zaś pola są w przeciwnych kierunkach, suma będzie słabsza i będzie w kierunku silniejszego pola. Zjawisko to jest zobrazowane na rysunku nr. 3.

Część aktywna zawiera silnik liniowy synchroniczny (LST) ustawiony pionowo w celu magnetycznego sprzężenia z magnesami umieszczonymi po obu stronach silnika liniowego. Silniki linowe synchroniczne o małych mocach są szeroko stosowane w przemyśle, lecz w niewielkim stopniu o dużej mocy stąd potrzeba stworzenia silnika liniowego spełniającego wymagania techniczne systemu MagRail. Napęd o stałej prędkości zwykle wykorzystuje, który jest w stanie utrzymać stałą prędkość bez konwertera elektronicznego lub sprzężenia zwrotnego. Dlatego też, napęd o stałej prędkości jest wykorzystywany w sytuacjach, gdy tolerancja zmiany prędkości jest mniejsza.

Silnik liniowy zasilany jest trójfazowo z zewnętrznego źródła zasilania przez wzgląd na duże zużycie energii. Energia do zasilania elektromagnesów pokładowych pochodzi z akumulatorów, ogniw paliwowych, bezprzewodowego transferu energii, pantografu lub dowolnej kombinacji. Silnik liniowy posiada stojan, który jest montowany zazwyczaj wzdłuż linii środkowej toru kolejowego, twornik utrzymujący wiele nawiniętych w nim cewek. Zazwyczaj istnieją grupy cewek po jednej dla każdego układu trójfazowego. Preferowana konfiguracja w systemie MagRail jest umieszczenie dwóch zestawów cewek oraz ruchomych elementów magnetycznych po przeciwnych stronach stojana silnika liniowego. Zabieg ten pozwala na osiągnięcie większej mocy w porównaniu z systemem



Rysunek 36 Silnik liniowy z magnesami trwałymi jednostronnym (element ruchomy po jednej stronie silnika).

7- silnik liniowy

7a- stojan silnika liniowego,

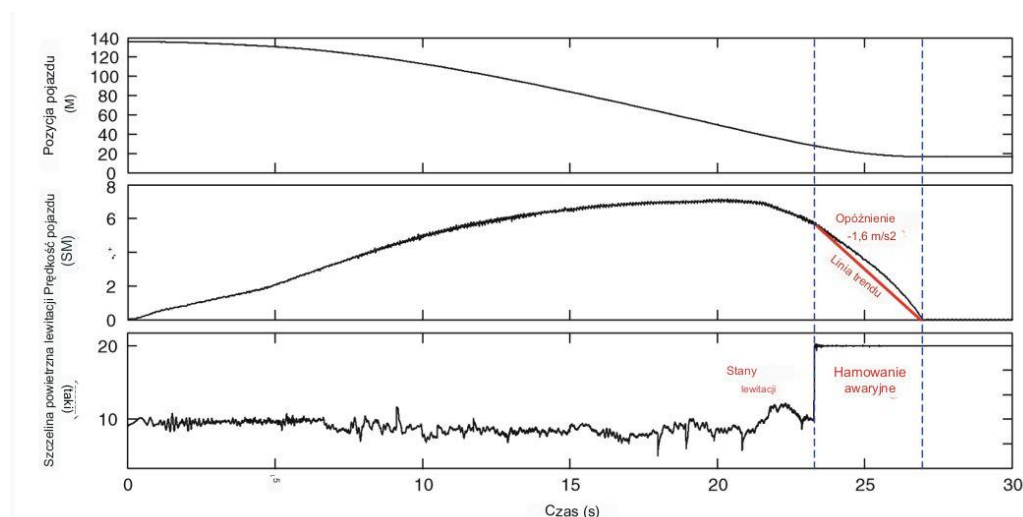
7b- element ruchomy z magnesami trwałymi

24- twornik

26- cewki

### Hamowanie:

System Magrail wykorzystuje dwa sposoby na hamowania rozpędzonego taboru. w wariacie głównym siła hamowania jest powstaje w momencie zmniejszania częstotliwości pracy silnika liniowego tzw. hamulec regeneracyjny, dzięki czemu uzyskujemy łagodne hamowanie. Opóźnienie o wartości  $1,6 \text{ m/s}^2$  osiągnięto podczas zademonstrowania hamowania awaryjnego za pomocą poślizgu na torze testowym o długości 150 m przez SUMA550. Siły hamowania zostały wytworzone przez tarcie



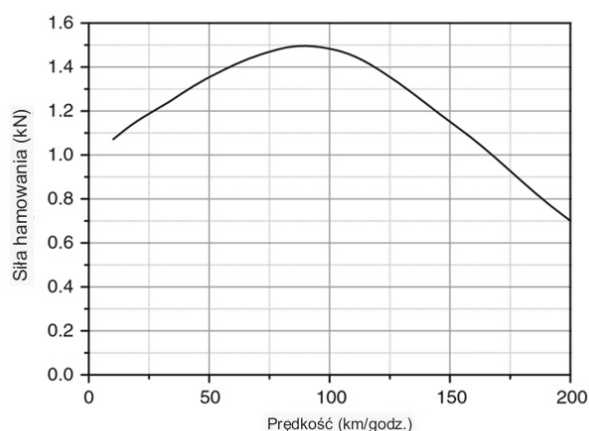
Rysunek 37 Wyniki hamowania reakcyjnego

między szyną poślizgową a szyną reakcyjną. Wyniki zostały przedstawione na rysunku 5.

Inną formą hamowania liniowego jest częściowe zwieranie faz, które prowadzi do drastycznego hamowania. w pojazdach testowych zastosowanie tej metody hamowania powoduje opóźnienia na poziomie  $10-12 \text{ m/s}^2$  a hamowanie odbywa się poprzez tarcie metalu o metal.

Redundantną formą hamowania jest hamowanie hamulcem szynowym wiroprowadowym. hamulec elektryczny działa na zasadzie wykorzystania efektów wiroprowadowych indukowanych w arkuszu przewodzącym, którym w praktyce jest stalowa szyna. Elektromagnes wzbudzony prądem DC poruszający się nad szyną indukuje w niej prądy wirowe, które z kolei wytwarzają włókna magnetyczne. Działanie między

magnetycznymi włóknami z magnesu a indukowanymi prądami wirowymi generuje siłę oporu i siłę przyciągania. w przypadku hamowania siła oporu jest wykorzystywana do zatrzymania pojazdu. Zastosowanie hamulca elektrycznego opartego na efektach wiroprądowych pozwala na uzyskanie siły hamowania zależnej od prędkości pojazdu, liczby biegunów oraz prądu elektromagnesu. Taki hamulec może być używany w sytuacjach awaryjnych dla pojazdów o dużej prędkości w zakresie 10-200 km/h. Poniżej na rysunku 7 została przedstawiona charakterystyka siły do prędkości pojazdu eksperymentalnego SUMA550.



Rysunek 38 Hamowanie charakterystyka siły- prędkości

## WNIOSKI:

System MagRail firmy Nevomo ma dużą szansę na zaistnienie na rynku Europejskim w integracji z systemem ERTMS. Firma Nevomo dąży do wykorzystywania dostępnych rozwiązań sterowania ruchem kolejowym stosowanych w kolei konwencjonalnej. Korzyściami płynącymi z doposażenia obecnej infrastruktury o elementy systemu MagRail zapewniającym lewitację jest wzrost prędkości osiągniętej na szlaku, co przekłada się na szybsze dostawy oraz skrócenie czasu podróży pasażerskich. Zastosowane może być również jako dodatkowe udogodnienie w przejazdach po największych korytarzach transportowych w Europie. Siła lewitacji nawet przed oderwaniem zmniejsza ciężar pojazdu przykładanego do szyny prowadzącej kołem magnetycznym pozwala na zmniejszenie wytrzymałości mechanicznej kół w porównaniu do kół pojazdów konwencjonalnych dzięki temu mogą być one lżejsze. Rozwiązanie MagRail jest ekonomiczną wersją zwykłej kolei magnetycznej, łączy w sobie dużą moc a także zmniejsza koszty np. budowy nowej infrastruktury przy równoczesnym nie zmniejszonym stopniu bezpieczeństwa.

Osiągnięcie pełnej kompatybilności z systemem ETCS może być jednak problematyczne w głównej mierze przez pojawiające się zjawiska elektromagnetyczne w dolnej części pojazdu zaburzające transmisję danych z balis do pulpitu maszynisty. Według specyfikacji technicznej niezakłócone działanie balisy może być osiągnięte poprzez zachowanie obszaru oddziaływania, wolnego od metali. Ponieważ wartość indukowanego prądu nie przekracza wartości krytycznych, lecz jest znaczna, wymagane będzie opracowanie rozwiązania technicznego pozwalającego na niezakłócony przepływ informacji. Rozwiązaniem, które mogłoby być zastosowane to zapewnienie wolnej przestrzeni od oddziaływania pola magnetycznego magnesów trwałych, aby przepływ informacji z balisy konwencjonalnej taboru ETCS mógł być sprawnie przekazany. Aspektem przemawiającym na korzyść integracji systemu MagRail z systemem kolei konwencjonalnej są możliwości hamowania. Dzięki zastosowanym hamulcom możliwość osiągnięcia prędkości zerowej jest prawie natychmiastowa. Daje to szansę na szybsze i bezpieczne wyhamowanie taboru, a w sytuacjach krytycznych na zwiększenie szansy na uniknięcie kolizji. Wadą jednak takiego nagłego zatrzymania pociągu są siły jakie wtedy zaczynają oddziaływać na pasażerów, przy prędkości maksymalnej siły te będą ogromne. w sytuacji zagrożenia bezpieczeństwa pasażerów, jednak najlepszym rozwiązaniem, aby uniknąć utraty życia lub uszkodzenia pojazdu w momencie zderzenia jest gwałtowne wyhamowanie taboru które może zostać osiągnięte dużo szybciej niż w kolei konwencjonalnej.

Podsumowując system MagRail w połączeniu z ERTMS w pełni integralnie z daje szansę na unowocześnienie kolei, zwiększenie jej bezpieczeństwa, wzrost prędkości a także zmniejszenie kosztów operacyjnych. Rozwiązanie to spełniałoby założenia Europejskiego Ładu i stanowiłoby nową perspektywę przewozu dużych mas w sposób bardziej ekologiczny i szybszy.

#### **BIBLIOGRAFIA:**

[1][https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal\\_pl](https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal_pl)

[2] <https://www.sncf.com/fr>

[3]Grzesiak, L.; Kublin, T.; Radziszewski, P.; Nikoniuk, M.; Ordyszewski, Ł. Reducing the Power Consumption of the Electrodynamics Suspension Levitation System by



Changing the Span of the Horizontal Magnet in the Halbach Array  
<https://doi.org/10.3390/en14206549>

[4] Kristiansen Nøland, J. Prospects and Challenges of the Hyperloop Transportation System: a Systematic Technology Review.  
<https://www.researchgate.net/publication/349121324>

[5]<https://patentimages.storage.googleapis.com/b4/00/42/82183b31b6a80f/WO2020038964A1.pdf>

[6] <https://pl.wikipedia.org/>

[7] Hyung-Suk Han, Dong-Sung Kim Magnetic- Levitation\_ Maglev Technology and Applications

[8] Notatka ze spotkania z przedstawicielem spółki Nevomo mgr inż. Pawłem Radziszewskim.

## WYKORZYSTANIE TECHNOLOGII VR W SZKOLENIU PRACOWNIKÓW SEKTORA KOLEJOWEGO

Franciszek Restel, Agnieszka Tubis, Łukasz Wolniewicz

*Politechnika Wroclawska, Wydział Mechaniczny*

### 1. WPROWADZENIE

Rynek pracownika obowiązujący obecnie w Polsce powoduje, że w wielu sektorach obserwuje się wysoką rotację pracowników. Wskaźnik rotacji pracowników w 2022 w Polsce wyniósł 21% [1], jednak w sektorze kolejowym poziom ten jest niższy ze względu na specyfikę wykonywanych zadań. Należy jednak zauważyć, że również w tej gałęzi transportu obserwować możemy podwyższony wskaźnik rotacji w stosunku do lat ubiegłych, co stanowi wyzwanie w obecnym zarządzaniu personelem kolejowym.

Wysoki poziom rotacji powoduje zwiększone ryzyko występowania błędów ludzkich w procesach obsługowych, w tym również w sektorze transportowym. Rotacja pracowników oznacza bowiem konieczność każdorazowego przygotowania nowego pracownika do zadań, które stanowiąc będą jego obowiązki. Pracownik rozpoczynając pracę na nowym stanowisku zazwyczaj charakteryzuje się brakiem umiejętności i ograniczoną wiedzą w zakresie wykonywanych zadań. Nie posiada również krzywej doświadczenia (odwzorowuje jak liczba powtórzeń danej operacji, wpływa na szybkość i precyzję jej wykonania przez danego pracownika), przez co narażony jest nie tylko na popełnianie błędów, ale także świadczona przez niego praca charakteryzuje się wydłużonym czasem realizacji. Wymaga on więc po zakończeniu tradycyjnego szkolenia uwzględnienia w swojej pracy okresu aklimatyzacji na zajmowanym stanowisku i „nauczenia się” wykonywania swoich obowiązków.

Wielu operatorów logistycznych zwraca uwagę na potrzebę zmian w systemach szkolenia nowych pracowników oraz treningach dla pracowników doświadczonych [2]. Poszukuje się rozwiązań pozwalających pracownikom szybciej i bardziej skutecznie pozyskiwać i doskonalić wymagane kompetencje związane z ich codziennymi obowiązkami. Tradycyjne formy szkoleniowe są obecnie nisko oceniane zarówno przez samych uczestników, jak i pracodawców, którzy wskazują na ich niską efektywność kształtowania umiejętności praktycznych oraz wydłużony czas przyswajania wiedzy. Preferowanym systemem szkolenia pracowników są aktywne formy nauczania, które umożliwiają pracownikom pozyskanie wymaganej wiedzy, ale również praktyczne

doskonalenie umiejętności. Odpowiedziom na te potrzeby jest dostępna technologia wirtualnej rzeczywistości (VR), która umożliwi wiernie odwzorowanie środowiska pracy pracowników operacyjnych. Opracowane scenariusze szkoleniowe pozwalają osobom szkolonym na praktyczne uczestnictwo w obsługiwanych procesach, bez ich narażania na występowanie szkód i zakłóceń. Dzięki tak opracowanym narzędziom szkoleniowym możliwe jest ograniczenie występowania zdarzeń niepożądanych, w których źródłem ryzyka są pracownicy.

Warto przy tym zauważyć, że programy szkoleniowe w oparciu o technologię VR są również odpowiedzią na potrzeby treningowe doświadczonych pracowników. Wśród tej grupy pracowników występują inne przyczyny występowania błędów. Osoby te zazwyczaj posiadają pewną wiedzę i doświadczenie w realizacji powierzonych im zadań, jednak zaobserwować można w ich przypadku dwa zjawiska:

- a) rutyna i złe nawyki – wieloletnie doświadczenie powoduje często upraszczanie zadań, wykonywanie obowiązków zgodnie z wieloletnimi (czasami błędnymi) nawykami, przenoszenie doświadczenia z innych modeli pracy na nowe rozwiązania bez weryfikacji ich zgodności;
- b) przerwa w wykonywaniu powierzonych zadań – w przypadku zadań o charakterze okresowym (nierutynowym), przerwa pomiędzy wykonywanymi powtórzeniami jest zbyt duża, przez co nabyte wcześniej doświadczenie nie jest utrwalone i pracowników nie ma wymaganych umiejętności do wykonania danego zadania. Dodatkowo w przypadku osób z dużym doświadczeniem niejednokrotnie występuje problem oporu przed skorzystaniem z pomocy innych (młodszych, mniej doświadczonych) członków zespołu.

W przypadku osób zatrudnionych od wielu lat na danym stanowisku nie ma konieczności przeprowadzania kompleksowego szkolenia, a jedynie aktualizacja i weryfikacja posiadanych umiejętności. Dzięki programom szkoleniowym wykorzystującym technologię VR, każdy pracownik może przed przystąpieniem do powierzonych mu zadań, przejść krótki trening sprawdzający, czy posiadana przez niego wiedza i umiejętności są na poziomie wymaganym do wykonania danego działania.

Celem artykułu jest przedstawienie możliwości wykorzystania technologii wirtualnej rzeczywistości (VR) w szkoleniach pracowników sektora kolejowego. w artykule przedstawione zostaną wyniki badań realizowanych w ramach projektu „Immersyjny

system szkoleniowy dla personelu kolejowego wykorzystujący technologię wirtualnej rzeczywistości”, finansowanego przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju.

Struktura artykułu zakłada podział jego treści na 5 sekcji. Po „Wprowadzeniu”, w sekcji 2 przedstawiony będzie przegląd literatury dotyczący wykorzystania technologii VR w programach szkoleniowych. Następnie w sekcji 3 omówiona zostanie przyjęta metoda badawcza oraz opracowany scenariusz szkoleniowy. w sekcji 4 zaprezentowane zostaną najważniejsze wyniki z przeprowadzonej implementacji programu szkoleniowego w wybranej grupie pracowników kolei. Natomiast w sekcji 5 przedstawione zostaną wnioski końcowe.

## **2. ZASTOSOWANIE TECHNOLOGII WIRTUALNEJ RZECZYWISTOŚCI w PROGRAMACH SZKOLENIOWYCH**

Technologia wirtualnej rzeczywistości (VR) jest znana i stosowana już od kilku dekad [3]. Wiele organizacji z różnych sektorów stosuje tę technologię, aby w sposób efektywny osiągnąć zakładane cele szkoleniowe i rozwojowe. Jest ona wykorzystywana przez trenerów do poszerzania wiedzy oraz rozwoju umiejętności, zdolności i innych wymaganych cech (zwanym w skrócie KSAOs – *ang. knowledge, skills, abilities and other characteristics*) [4], [5]. na podstawie przeglądu literatury [6], do głównych korzyści płynących z zastosowania technologii VR w procesach szkoleniowych zaliczyć należy:

- skrócenie czasu szkolenia i oceny umiejętności osób szkolonych;
- zmniejszenie zapotrzebowania na rzeczywisty sprzęt wykorzystywany w procesie szkolenia;
- optymalizacja zgodności sprzętu wykorzystywanego w treningach;
- zapewnienie zgodności programu szkoleniowego z przyszłymi zadaniami;
- przyspieszenie procesu nabycie wymaganych umiejętności przez szkolone osoby.

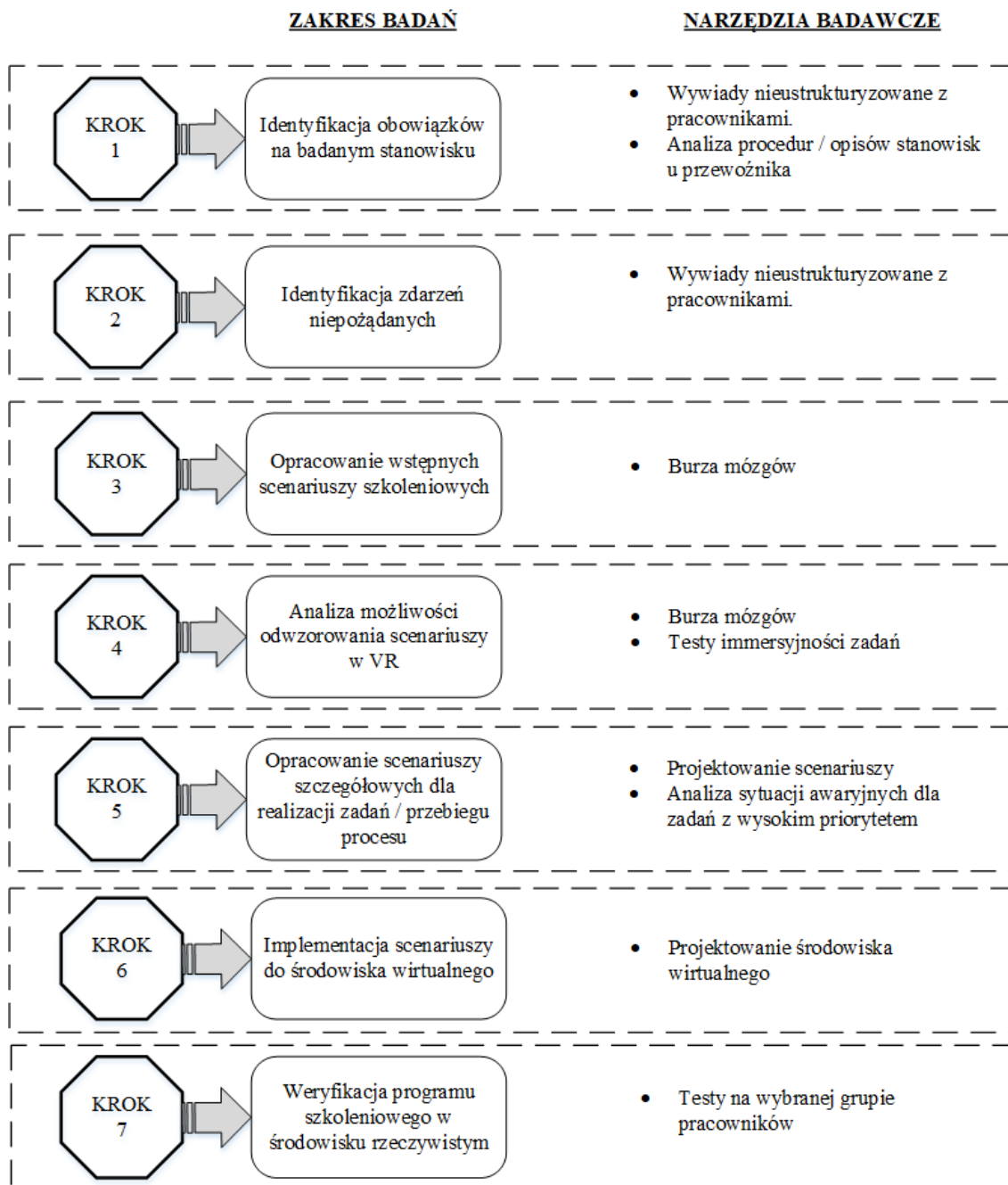
W początkowej fazie rozwoju, technologia VR stosowana była przede wszystkim do doskonalenia KSAOs, dla których procesy szkoleniowe związane były z występowaniem ryzyka utraty zdrowia lub życia uczestników szkolenia lub bardzo wysokimi kosztami realizacji [3]. Pierwsze zastosowania VR odnoszą się w związku z tym do szkoleń pilotów, spadachroniarzy i personelu wojskowego [3]. Jednak stały rozwój technologii oraz związanych z nią narzędzi sprawił, że coraz więcej naukowców i praktyków poszukuje możliwości jej zastosowania w swoich obszarach badawczych i biznesowych. z tego też względu dzisiaj opracowywane są programy szkoleniowe

z wykorzystaniem VR dla doskonalenia KSAOs pracowników z takich obszarów jak chemia [7], marketing [8], elektrownie jądrowe [9] i wielu innych. Również w szkoleniach dla personelu z sektora kolejowego, coraz częściej wykorzystywane są rozwiązania oparte o technologię VR. Przykładem mogą być badania przedstawione w [6].

Większość praktyków i badaczy potwierdza wyższą efektywność i skuteczność programów szkoleniowych wykorzystujących VR od tradycyjnych form treningowych [3]. Jednak w literaturze odnaleźć można również wyniki badań udowadniające, że szkolenia VR są równie, a nawet mniej skuteczne niż porównywane podejścia szkoleniowe [10], [11], w tym szkolenia tradycyjne [12]. z tego też względu [3] przeprowadzili badania eksperymentalne, które sprawdzały skuteczność zastosowania VR w rozwijaniu KSAOs. Przedstawione przez nich rezultaty dowodzą, że szkolenia VR są skuteczne w rozwijaniu złożonych KSAOs (w przeciwieństwie do podstawowych) oraz w doskonaleniu umiejętności (a nie wiedzy).

### **3. METODA BADAWCZA**

Zakres badań przeprowadzonych w odniesieniu do wybranego stanowiska pracy, opisany został w postaci 7 etapów badawczych, przedstawionych na rysunku 1.



Rysunek. 1. Etapy postępowania badawczego

Aby opracować scenariusze szkoleniowe konieczna jest szczegółowa identyfikacja zakresu obowiązków i związanych z tym zadań wykonywanych przez pracownika. z tego też względu w pierwszej kolejności analizie poddano dokumentację wewnętrzną przewoźnika, w szczególności obowiązujące procedury postępowania i opisy badanego stanowiska pracy. na tej podstawie przygotowano zakres wywiadów przeprowadzanych z pracownikami zatrudnionymi na tym stanowisku. do gromadzenia informacji wybrano bezpośredni wywiad nieustrukturyzowany, gdyż w ten sposób możliwa było przygotowanie charakterystyki wykonywanych operacji stanowiskowych



oraz identyfikacja potencjalnych zdarzeń niepożądanych, które mogą wystąpić w trakcie realizacji powierzonych zadań.

Wiedza pozyskana z dokumentacji wewnętrznej oraz informacji pochodzących od pracowników wykorzystana została do określenia zapotrzebowania na scenariusze szkoleniowe. Jednak nie wszystkie umiejętności i zakres wiedzy na badanym stanowisku pracy może być efektywnie doskonalony w treningach wirtualnych. Jak wskazane to zostało w sekcji 2, w literaturze podkreśla się, że efektywność wirtualnej rzeczywistości jest wyższa w stosunku do metod tradycyjnych, tylko przy programach szkoleniowych dotyczących określonych umiejętności, w szczególności złożonych KSAOs. z tego też względu zidentyfikowane scenariusze szkoleniowe zostały poddane ocenie pod kątem efektywności i możliwości ich wirtualizacji (podatności na przeniesienie do środowiska wirtualnego). na tej podstawie wybrane zostały scenariusze, dla których wykorzystanie technologii wirtualnej rzeczywistości jest bardziej efektywne od stosowania tradycyjnych form szkoleniowych.

Dla wybranych scenariuszy opracowano programy szkoleniowe uwzględniające prawidłową realizację wykonywanych zadań. w przyszłości przewiduje się jednak ich uzupełnienie również o scenariusze awaryjne, uwzględniające występowanie możliwych zdarzeń niepożądanych, które zostały zidentyfikowane w 2 etapie badawczym. Opracowane scenariusze szkoleniowe zostały przeniesione do środowiska wirtualnego i zweryfikowane w pierwszej kolejności przez członków zespołu badawczego, a następnie przetestowane na dobranej grupie szkoleniowej.

#### **4. REZULTATY BADAŃ**

Do testów wybrano scenariusz dotyczący obsługi windy dla osób z niepełnosprawnością (OzN) w pojeździe FLIRT 3 PKP Intercity. w eksperymencie uczestnicy mieli za zadanie wykonanie następujących czynności:

- Pobranie tablicy z opisem procedury i zanieśenie pod pociąg (Rys. 2-5.),
- Otworzenie zasobnika i pobranie klucza-kwadratu (Rys. 6.),
- Otworzenie pokrywy oraz dźwigni, schowanie klucza do zasobnika, otworenie całej windy (Rys. 7-14.),
- Rozłożenie platformy i skrzydeł windy, zabezpieczenie przed stoczeniem wózka od strony wagonu (Rys. 15-17.),
- Opuszczenie windy do poziomu peronu przy pomocy pilota (Rys. 18-19.),

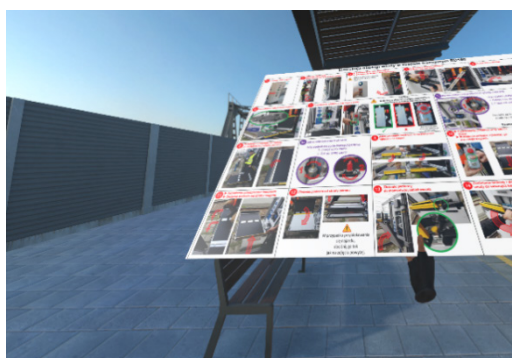
- Podniesienie windy przy pomocy pilota,
- Opuszczenie windy hydraulicznie z użyciem dwóch zaworów (Rys. 21-22.),
- Podniesienie windy przy pomocy ręcznej dźwigni (Rys. 20.),
- Zamknięcie windy i wyjście z pociągu (Rys. 23.).



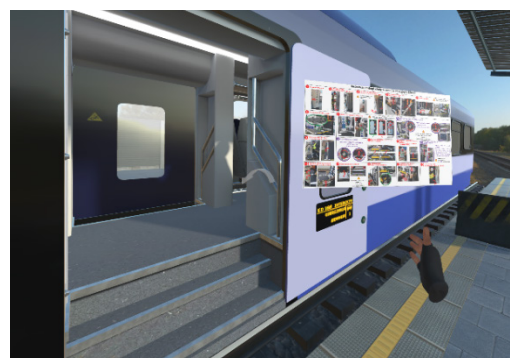
Rysunek 2. Widok na pojazd FLIRT



Rysunek 3. Tablica pomocnicza



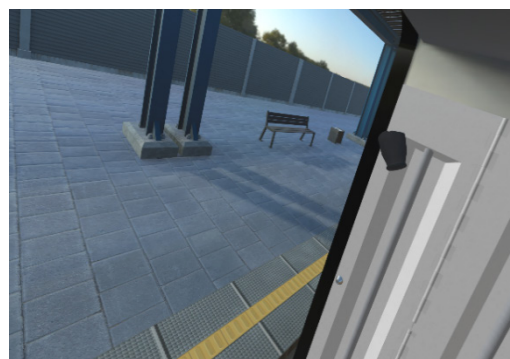
Rysunek 4. Przenoszenie tablicy



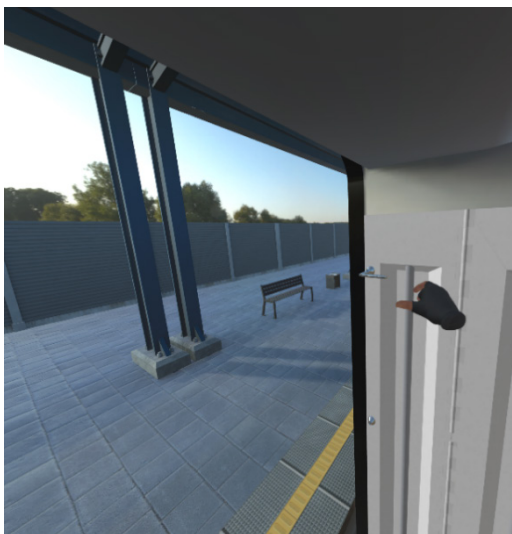
Rysunek 5. Umiejscowienie tablicy



Rysunek 6. Otwarcie zasobnika narzędzi



Rysunek 7. Otwieranie pokrywy



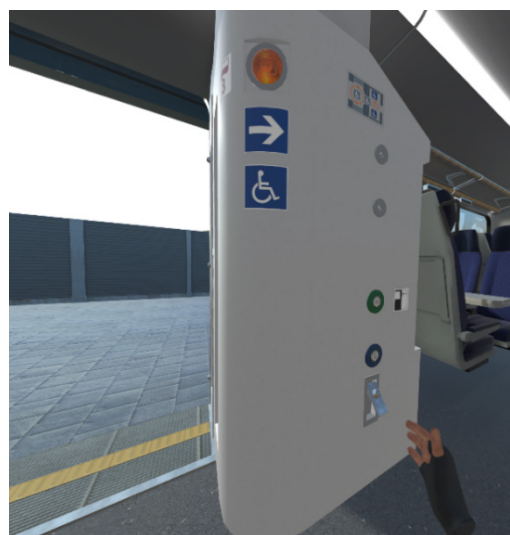
Rysunek 8. Widok klucza w gnieździe



Rysunek 9. Dźwignia otwarcia windy

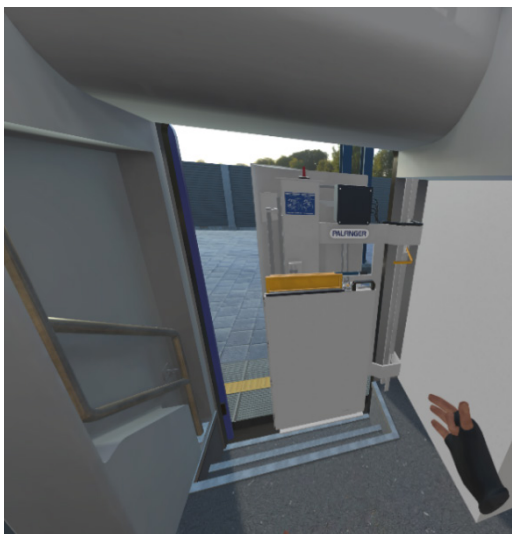


Rysunek 10. Schowanie kuczka do zasobnika

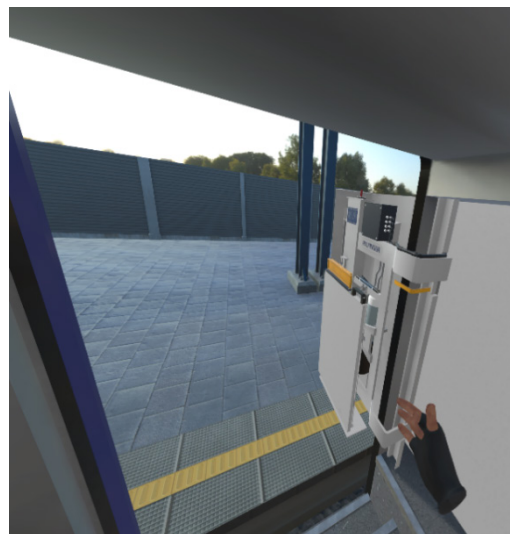


Rysunek 11. Odryglowana winda gotowa do otwarcia

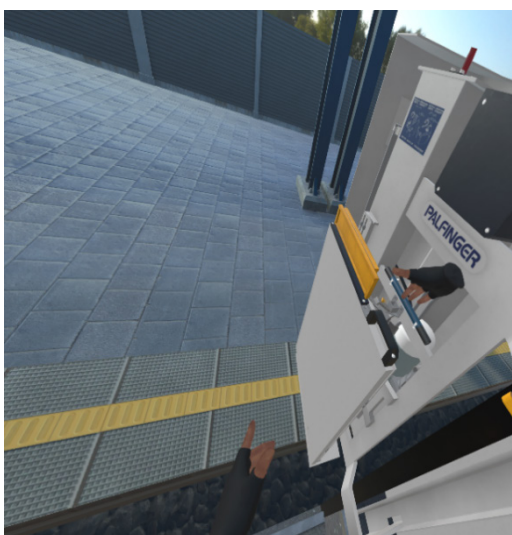




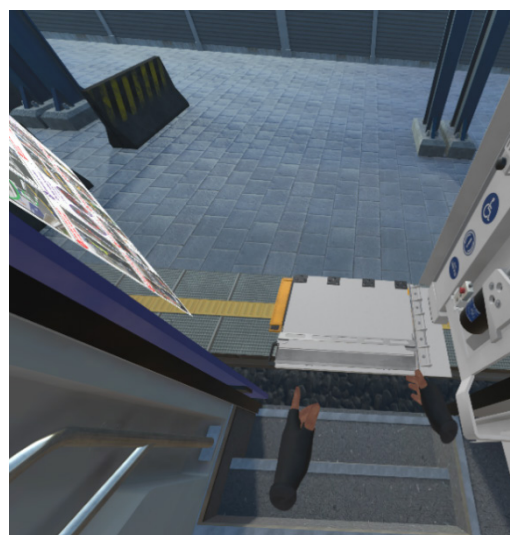
Rysunek 12. Winda otwarta częściowo



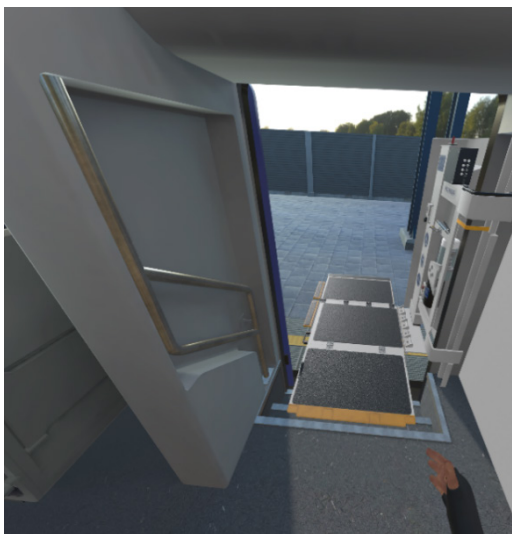
Rysunek 13. Winda otwarta



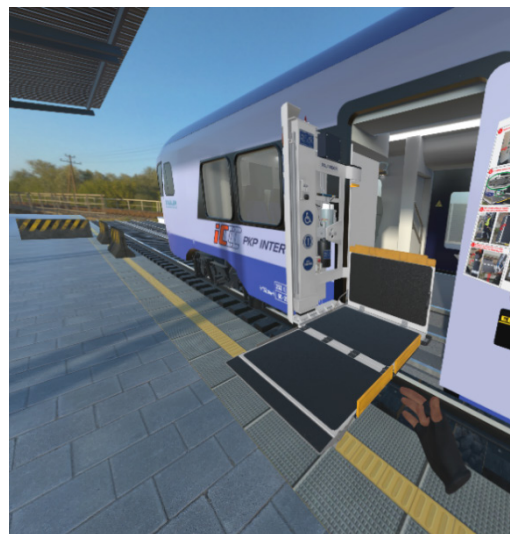
Rysunek 14. Odryglowanie platformy



Rysunek 15. Otwarcie platformy



Rysunek 16. Winda rozłożona, gotowa do wjazdu od strony wagonu



Rysunek 17. Winda gotowa do opuszczenia, zabezpieczona przed stoczeniem wózka



Rysunek 18. Opuszczanie windy



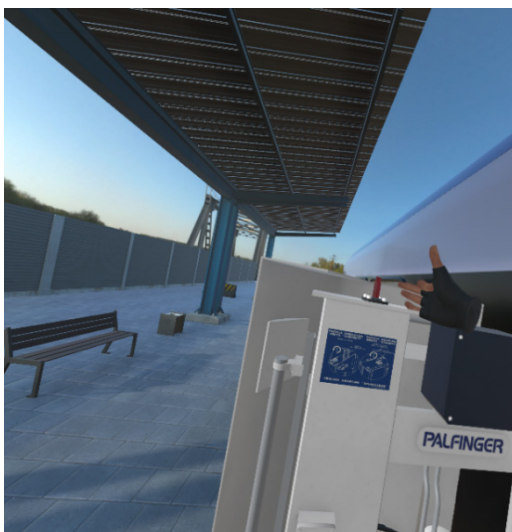
Rysunek 19. Winda opuszczona



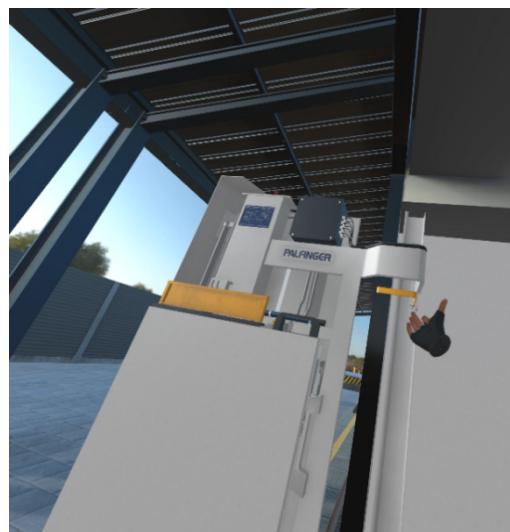
Rysunek 20. Podnoszenie windy z użyciem ręcznej pompy



Rysunek 21. Opuszczanie grawitacyjne - obsługa zaworu 1



Rysunek 22. Opuszczanie grawitacyjne - obsługa zaworu 2



Rysunek 23. Odryglowanie windy przed zamknięciem

W trakcie przeprowadzanych testów wirtualnego programu szkoleniowego zespół badawczy dokonywał szczegółowych pomiarów dotyczących czasu wykonania poszczególnych operacji przez każdego uczestnika szkolenia. Na tej podstawie obliczono podstawowe parametry statystyczne dotyczące zrealizowanego eksperymentu, w tym średnią i odchylenie standardowe, a na ich podstawie współczynnik zmienności.

Na podstawie przeprowadzonych analiz ilościowych możliwa była identyfikacja tych czynności treningowych, które charakteryzowały się wysokim współczynnikiem zmienności. Wysoka wartość tego parametru wskazuje na duże zróżnicowanie



poszczególnych wartości czasów z próby względem wartości średniej. Oznacza to, że wyniki są zróżnicowane i w próbie znajduje się istotna liczba wyników znacznie niższych niż średnia oraz istotna liczba wyników znacznie wyższych. To natomiast oznacza, że jest duże zróżnicowanie w czasie realizacji danej aktywności przez poszczególnych uczestników. w konsekwencji dany element wirtualnego świata może nie być dobrze wykonany z punktu widzenia ergonomii użytkownika.

W kolejnym etapie analizy wyników zespół badawczy zidentyfikował tę grupę czynności, dla której średnia wartość czasu wykonania jest wysoka, przy umiarkowanej albo niskiej zmienności. w takim przypadku dana czynność może być trudna w realizacji w środowisku wirtualnym lub rzeczywistym, niezależnie od predyspozycji uczestnika. Według powyższych kryteriów zidentyfikowano następujące czynności jako wymagające uwagi:

- Rozłożenie platformy i skrzydeł windy,
- Zamknięcie windy i wyjście z pociągu,
- Opuszczenie windy hydraulicznie z użyciem dwóch zaworów,
- Otworzenie pokrywy oraz dźwigni, schowanie klucza do zasobnika, otworzenie całej windy,
- Podniesienie windy przy pomocy ręcznej dźwigni.

Dla zidentyfikowanych czynności przeprowadzono dodatkowe wywiady z pracownikami przewoźnika oraz trenerami pracującymi z nowymi pracownikami w tradycyjnym systemie szkoleniowym. na tej podstawie opracowano rekomendacje dotyczące doskonalenia samego narzędzia szkoleniowego (środowiska wirtualnego) oraz modyfikacji w zakresie programu treningowego (czasu i dokładności wykonywanych operacji przez osobę szkoloną).

## 5. WNIOSKI KOŃCOWE

Wyniki badań przedstawione w artykule są efektem realizacji projektu pt. „Immersyjny system szkoleniowy dla personelu kolejowego wykorzystujący technologię wirtualnej rzeczywistości”, finansowanego przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju, który realizowany jest przez Politechnikę Wrocławską oraz przedsiębiorstwo Sim Factor sp. z o.o. Celem projektu jest opracowanie systemu szkoleń dla personelu kolejowego w oparciu o narzędzia wirtualnej rzeczywistości. w artykule przedstawiona została

metoda badawcza, która dotyczyła opracowania wirtualnego odwzorowania środowiska pracy dla wybranego personelu kolejowego.

W ramach przeprowadzonych badań i analiz, zespół projektowy opracował scenariusze szkoleniowe dla zadań operacyjnych, dla których szkolenia z wykorzystaniem technologii VR są bardziej efektywne niż tradycyjne modele treningowe. Eksperyment szkoleniowy przedstawiony w artykule potwierdził wyższą skuteczność i efektywność realizowanego treningu w technologii VR niż w systemach tradycyjnych. Uczestnicy szkolenia podkreślali przede wszystkim większy komfort szkoleniowy oraz niższy poziom stresu. Jednocześnie przeprowadzony eksperyment pozwolił zidentyfikować potrzebne modyfikacje i udoskonalenia w opracowanym treningu VR, zarówno w odniesieniu do stosowanego narzędzia, jak i programu szkoleniowego. Dalsze etapy badawcze zakładają opracowanie scenariuszy dotyczących możliwych zdarzeń niepożądanych, tak aby za pomocą technologii VR możliwe było zarówno doskonalenie wymaganych umiejętności, jak i radzenie sobie w sytuacjach awaryjnych, związanych z wysokim poziomem stresu.

#### BIBLIOGRAFIA:

- [1] ["https://bulldogjob.pl/for-employers/blog/zmora-rekrutacji-naszycz-asow-rotacja-pracownikow-jak-ja-pokonac,"](https://bulldogjob.pl/for-employers/blog/zmora-rekrutacji-naszycz-asow-rotacja-pracownikow-jak-ja-pokonac) Mar. 20, 2023.
- [2] A. Tubis, S. Haładyn, A. Kierzkowski, T. Kisiel, F. Restel, and Ł. Wolniewicz, "Analysis of human errors in the cargo logistics process in the airport zone," in 16th International Conference on Probabilistic Safety Assessment and Management, PSAM 2022, Honolulu, 2022.
- [3] M. C. Howard, M. B. Gutworth, and R. R. Jacobs, "A meta-analysis of virtual reality training programs," *Comput Human Behav*, vol. 121, p. 106808, Aug. 2021, doi: 10.1016/j.chb.2021.106808.
- [4] A. Alaraj et al., "Virtual reality training in neurosurgery: Review of current status and future applications," *Surg Neurol Int*, vol. 2, no. 1, p. 52, 2011, doi: 10.4103/2152-7806.80117.
- [5] M. A. Gigante, "Virtual Reality: Definitions, History and Applications," in *Virtual Reality Systems*, Elsevier, 1993, pp. 3–14. doi: 10.1016/B978-0-12-227748-1.50009-3.

- [6] A. Nikitin, N. Reshetnikova, I. Sitnikov, and O. Karelova, "VR Training for Railway Wagons Maintenance: architecture and implementation," *Procedia Comput Sci*, vol. 176, pp. 622–631, 2020, doi: 10.1016/j.procs.2020.08.064.
- [7] Z. Merchant, E. T. Goetz, W. Keeney-Kennicutt, L. Cifuentes, O. Kwok, and T. J. Davis, "Exploring 3-D virtual reality technology for spatial ability and chemistry achievement," *J Comput Assist Learn*, vol. 29, no. 6, pp. 579–590, Dec. 2013, doi: 10.1111/jcal.12018.
- [8] Y. Cheng and S.-H. Wang, "Applying a 3D virtual learning environment to facilitate student's application ability – The case of marketing," *Comput Human Behav*, vol. 27, no. 1, pp. 576–584, Jan. 2011, doi: 10.1016/j.chb.2010.10.008.
- [9] I. Masiello, R. Herault, M. Mansfeld, and M. Skogqvist, "Simulation-Based VR Training for the Nuclear Sector—A Pilot Study," *Sustainability*, vol. 14, no. 13, p. 7984, Jun. 2022, doi: 10.3390/su14137984.
- [10] A. I. Tergas, S. B. Sheth, I. C. Green, R. L. Giuntoli, A. D. Winder, and A. N. Fader, "A Pilot Study of Surgical Training Using a Virtual Robotic Surgery Simulator," *JSLs*, vol. 17, no. 2, pp. 219–226, 2013, doi: 10.4293/108680813X13654754535872.
- [11] C. Våpenstad et al., "Lack of transfer of skills after virtual reality simulator training with haptic feedback," *Minimally Invasive Therapy & Allied Technologies*, vol. 26, no. 6, pp. 346–354, Nov. 2017, doi: 10.1080/13645706.2017.1319866.
- [12] K. Jensen, C. Ringsted, H. J. Hansen, R. H. Petersen, and L. Konge, "Simulation-based training for thoracoscopic lobectomy: a randomized controlled trial," *Surg Endosc*, vol. 28, no. 6, pp. 1821–1829, Jun. 2014, doi: 10.1007/s00464-013-3392-7.

## TRANSPORT KOLEJOWY W OBLICZU WYBRANYCH KRYZYSÓW XXI WIEKU

**Marcin Robert Czubaszek**

*Politechnika Białostocka*

Transport kolejowy stanowi jeden z podstawowych sposobów przemieszczania dóbr i ludzi na znaczne odległości. Pozwala on dokonywać przerzutu znacznych ilości towarów, także wielkogabarytowych lub masowych, w stosunkowo krótkim czasie, wywierając równocześnie niższy w porównaniu z większością innych środków negatywny wpływ na środowisko naturalne. Równocześnie ostatnie dwadzieścia lat obfitowało w nagłe, dynamiczne zmiany, nieprzewidziane zjawiska oraz zdarzenia o charakterze niepożądanym, wpływające na cały świat, dotykające również kwestii związanych z koleją.

Celem pracy jest przedstawienie transportu kolejowego w ujęciu wybranych kryzysów występujących w pierwszych dwóch dekadach XXI wieku, starając się przy tym, by dotyczyły one różnych sfer oraz obszarów, od ekologii, przez kwestie gospodarczo ekonomiczne, aż po militarne oraz związane z bezpieczeństwem.

Jako pierwszy element poruszono kolej w kontekście kryzysu klimatycznego. Gałąź ta uznawana jest za stosunkowo „zieloną”, w szczególności pod kątem transportu towarowego. Unia Europejska silnie zachęca państwa członkowskie do inwestycji w nowoczesną infrastrukturę oraz tabor w ramach Europejskiego Zielonego Ładu.

Następnie opisano globalną wojnę z terroryzmem, która miała znaczący wpływ na zwiększenie poziomu zabezpieczeń związanych z infrastrukturą, w szczególności punktową w transporcie pasażerskim. Po serii zamachów o różnym poziomie skuteczności oraz potencjalnej łatwości i atrakcyjności ataków na cele związane z koleją, wprowadzono pewne elementy kontroli, rozszerzono monitoring oraz wdrożono plany i procedury na wypadek zamachu lub innych sytuacji niebezpiecznych, nie rozpatrywanych powszechnie wcześniej. Równocześnie dążono do osiągnięcia komfortu między bezpieczeństwem a komfortem pasażerów.

Poruszono temat związany z pandemią Covid-19, podczas której działania mające zastopować lub ograniczyć rozprzestrzenianie się wirusa doprowadziły do przerwania klasycznych, często opartych na statkach transportowych zatrzymywanych w portach, łańcuchów dostaw oraz przerzucenia części dotychczasowego przemieszczania towarów na kolej.

Zwrócono również uwagę na zdarzenia związane z kontenerowcem Ever Given, którego utknięcie i zablokowanie Kanału Sueskiego na pewien czas sparaliżowało transport morski. w konsekwencji pojawiły się głosy o konieczności tworzenia alternatywnych dróg, wykorzystujących odmienne środowisko. w tym kontekście jedną z realnie branych pod uwagę możliwości jest właśnie transport szynowy.

Ostatnim poruszonym kryzysem była eskalacja wojny na Ukrainie, rozpoczęta rosyjskim atakiem w 2022 roku. Ukraińskie koleje stały się szybko podstawą logistyki broniącego się kraju, zarówno w charakterze transportu wewnętrznego, jak i pozwalając państwom zaangażowanym w pomoc międzynarodową przesyłać duże ilości wsparcia. Zwrócono szczególną uwagę na wysoki poziom oraz gęstą sieć kolejową na terenie Ukrainy, skuteczne zarządzanie, a także szybkość napraw. Równocześnie poruszono kwestie związane z koleją agresora, dla którego również stanowi ona filar logistyki wojskowej. Opisano postawę Białoruskich kolejarzy utrudniających wysyłania wsparcia na rzecz Rosji oraz wykorzystanie przez ten kraj pociągów pancernych.

W końcowej części artykułu dokonano podsumowania powyższych informacji oraz opisano wnioski z nich płynące. Kolej stanowi bardzo ważną gałąź transportu, którą należy w dalszym ciągu rozwijać (także pod względem gęstości sieci), modernizować oraz w którą warto inwestować. Warto zwrócić uwagę, że takie działania pozwolą osiągnąć równocześnie cele polityczne, ekonomiczno--gospodarcze, ekologiczne oraz związane z bezpieczeństwem i obronnością kraju.

## **Wstęp**

Transport kolejowy stanowi ważną gałąź gospodarki, odpowiedzialną za przemieszczenie dóbr i ludzi. w obecnej formie powstał on w XVIII wieku wraz z wynalezieniem silnika parowego, by przejść wiele przemian, przez silnik diesla aż do elektryfikacji (Postlethwait 2016) oraz rozpoczęcia stopniowego wprowadzania szyn magnetycznych i prac rozwojowych nad urzeczywistnieniem Hyperloop (Preamsar i Kenworthy 2022).

Pozwala przewozić towary zarówno o znacznej masie, jak i objętości (Rabe 2019, s. 83), ustępując pod tymi względami jedynie transportowi drogą morską (Schnurr, Walker 2019, s. 1). Równocześnie nie jest on tak bardzo uzależniony od warunków geograficznych, natomiast po stworzeniu odpowiedniej infrastruktury pozwala dostarczać towary bezpośrednio do miejsc przeznaczenia lub przynajmniej punktów przeładunkowych w głębi lądu. Gęstość sieci kolejowej znacząco podnosi

jej niezawodność, co z kolei przekłada się na możliwość zaspokojenia potrzeb społeczności, przyczyniając się do ogólnego wzrostu dobrostanu (Rabe 2019, s. 82; Banaszyk i in. 2021, s. 36).

Nie należy przy tym pomijać faktu, że kolej pozostaje bardzo silnie zależna od stanu infrastruktury, zarówno liniowej jak i punktowej (Rabe 2019, s. 83-84), wymaga znacznych nakładów inwestycyjnych oraz często boryka się z problemami niskiego poziomu zabezpieczeń towarów przed kradzieżą, a w przypadku katastrofy dużą liczbę ofiar (Gago 2018, s. 11). Dochodzi do tego także niejednolity rozstaw szyn, różniący się w zależności od obszaru geograficznego (enkol.pl).

Celem artykułu jest analiza stopnia odporności kolei na wybrane kryzysy, dotyczące różnych dziedzin oraz w różnicowany sposób wpływających na działanie transportu i całokształt działań społeczeństwa.

### **Kryzys klimatyczny**

Zmiany klimatu spowodowane działalnością człowieka stanowią poważny, globalny, rokrocznie narastający problem (un.org). Skutki jego obserwowane są już obecnie, a w przyszłości prawdopodobnie ulegną nasileniu, negatywnie wpływając na dobrostan środowiska naturalnego oraz życia społeczeństwa. Dalsza, nadmierna eksploatacja nieodnawialnych źródeł energii i emisja gazów cieplarnianych przełoży się na kontynuację wzrostu średniej temperatury, co w konsekwencji uczyni niezdatnymi do życia ogromne rejony obecnie zamieszkiwane przez ludzi i zwierzęta, zarówno ze względu na pustynnienie, jak i zalanie spowodowane wzrostem poziomu oceanów. w dalszej perspektywie prowadzić będzie to do klęsk humanitarnych, a także ogromnych fal migracji, konfliktów o zasoby lub światopoglądowych. w roku 2015 podpisano porozumienie paryskie, którego jednym z najważniejszych punktów było nie dopuszczenie do wzrostu temperatury o 2 stopnie Celsjusza względem epoki przedprzemysłowej. Równocześnie szacuje się, że bez względu na podjęte działania, do roku 2100 dojdzie do zalania terenów stanowiących dom dla prawie pięćdziesięciu milionów osób (Nosarzewska 2021). Wydany w roku 2018 raport IPCC przedstawił z kolei wpływ wzrostu temperatury o 1,5 stopnia Celsjusza, ukazując także przewidywane długofalowe skutki takie jak susze, powodzie, oraz zmniejszenie zasięgu występowania 6% owadów, 8% roślin i 4% kręgowców spośród badanych 105 000 gatunków istot żyjących. Za szczególnie narażone uznać można obszary, na których występują organizmy o wysokim stopniu przystosowania, takich jak tundra (ipcc.ch). Skutki związane



z ograniczeniem ilości zwierząt morskich dotkną w znacznym stopniu przemysł rybny, a także ogół społeczeństwa ze względu na ograniczenie dostępności wartościowych składników odżywczych (Raszkiewicz 2019). w roku 2019 Parlament Unii Europejskiej, po konferencji ONZ w Madrycie, ogłosił deklarację kryzysu dotyczącego klimatu oraz środowiska naturalnego, dotyczącego całego świata (europarl.europa.eu).

Należy zwrócić uwagę, że transport kolejowy uznawany jest za najbardziej ekologiczny spośród środków transportu, generując znacznie mniejsze ilości CO<sub>2</sub> od innych gałęzi. w Europie jest to 0,4% całkowitej emisji przypadającej na działalność związaną z przepływem dóbr i ludzi. Jest to równocześnie trzykrotnie mniej zanieczyszczeń przypadających na pasażera względem samochodów oraz ośmiokrotnie względem samolotów. Kolejnym ważnym aspektem ukazującym pozytywne cechy kolei jest fakt, że jako jedyna forma od roku 1990 zmniejszyła ona ilość emitowanych spalin na skutek modernizacji lokomotyw, wagonów oraz innych elementów infrastruktury. Obecnie rozważa się dalsze działania mające na celu uczynienie transportu szynowego jeszcze bardziej przyjaznym dla środowiska poprzez wykorzystanie paliw alternatywnych, w tym między innymi wodorowych, zaś energia pochodzić ma do 2030 roku w 85% z odnawialnych źródeł energii, co szacunkowo obniżyłoby emisję gazów cieplarnianych o 9 milionów ton w skali roku (Heiming, za biznes.newseria.pl, 2023).

Również w Polsce kolej stanowi awangardę w kontekście prośrodowiskowych działań w transporcie. w szczególności dotyczy to spółki PKP Intercity, której 85% taboru jest zeroemisyjna. Ponadto nowe konstrukcje pociągów takie jak Pendolino, PesaDART i FLIRT3 opracowano zgodnie z zasadami zrównoważonego rozwoju poprzez zastosowanie w nich materiałów nadających się do recyklingu . Spółka dba również o edukację w zakresie działań prośrodowiskowych na każdym etapie podróży, przedstawiając szereg dobrych praktyk jak ograniczanie ogrzewania domu na czas wyjazdu, zmniejszanie objętości śmieci czy korzystanie z roweru, który można przewieźć pociągiem. Ponadto do konserwacji i naprawy pojazdów używa się środków zgodnych z surowymi normami, prowadzone są dalsze inwestycje w modernizowanie taboru, lokomotywy serii SM/SU42 wyposażono w silniki o zamkniętym układzie wentylacji oraz bezemisyjne silniki pomocnicze, natomiast w wagonach restauracyjnych WARS wprowadzono opakowania z trzciny cukrowej oraz zgniataki do śmieci (www.intercity.pl).

### **Światowy terroryzm**

Za symboliczny początek czasów światowego lub globalnego terroryzmu uznaje się datę zamachu na World Trade Centre dnia 11 września 2001 roku, kiedy to grupa zamachowców należących do ugrupowania Al-Ka'ida uprowadziła cztery samoloty pasażerskie, a następnie uderzyła nimi w trzy cele (czwarty samolot, dzięki bohaterkiej ofierze przebywających na pokładzie ludzi, rozbity został na polach Pensylwanii), w tym dwie wieże WTC oraz Pentagon (Kliś 2018, s. 211). Rząd Stanów Zjednoczonych zareagował na to wypowiadając tak zwaną światową wojnę z terroryzmem (georgewbushlibrary.gov).

W jej ramach dokonano szeregu interwencji zbrojnych w krajach podejrzewanych o wspieranie terrorystów (w tym Iraku, Afganistanie, Pakistanie) oraz bezpośredniego zwalczania ugrupowań terrorystycznych na terenach różnych państw (na przykład w Syrii i na Filipinach). Za największe, główne organizacje, przeciwko którym koncentrowano działania była odpowiedzialna za szereg zamachów Al-Ka'ida oraz tak zwane, samozwańcze Państwo Islamskie (używano wielu nazw, w tym IS, ISIS, ISIL) (Kryczka 2017; Dwyer 2007), które na pewien czas opanowało znaczne, choć często pozbawione strategicznego znaczenia, obszary Syrii (Wójtowicz 2016, s. 97-98).

Inną kwestią była także reakcja ugrupowań terrorystycznych na działania, często wieńczone sukcesami, sił koalicji antyterrorystycznej (Wójtowicz 2016, s. 97-98). Często ich skutkiem było zintensyfikowanie lub zwiększenie ilości zamachów na terytoriach państw zaangażowanych w walki, które miały doprowadzić do powstania atmosfery zagrożenia, obejmującego całe społeczeństwo, a w konsekwencji wycofanie się z dalszej interwencji (Wójtowicz 2016, s. 102-104). w niektórych przypadkach była to skuteczna metoda, jednak równocześnie zauważyć można, że ataki wymierzano jedynie w niektóre kraje (Kryczka 2017), podczas gdy wiele innych, stanowiących zapewne mniej atrakcyjne cele, ominęły jakiegokolwiek reperkusje (w tym zaangażowaną w wiele operacji wojskowych Polskę).

Panowało znaczne zróżnicowanie, zarówno pod względem charakterystyki zamachowców (zarówno terroryści celowo przerzucani na tereny państw koalicji, jak i wieloletni mieszkańcy oraz ich potomkowie, zwykle werbowani z użyciem internetu), jak i sposobu ich dokonywania (zamachy bombowe, w tym samobójcze (Karolczak 2022, s. 245-248 i 257)), skoordynowana akcje, podczas których brano zakładników, otwieranie ognia z broni automatycznej w miejscach publicznych, wjeżdżanie pojazdami w tłum przechodniów (Matzke 2016). Działania te przynosiły

jednak często odwrotny skutek, zwiększając poczucie solidarności oraz konieczności oporu wobec aktów terroru, z silnym akcentowaniem takich postaw (np. odznaczenie Legią Honorową turystów, którzy powstrzymali zamach we francuskim pociągu (HO, newsweek.pl 2015)). Eksperci zwracali uwagę na zmiany w charakterze przeprowadzania zamachów, które bardzo często wykluczały możliwość przeżycia osoby ich dokonującej (Dwyer 2007).

Jednym z ważnych skutków było znaczące zwiększenie liczby oraz poziomu zabezpieczeń antyterrorystycznych, w szczególności w budynkach publicznych oraz rządowych, a także na lotniskach, w portach i innych obiektach strategicznych lub o podwyższonym ryzyku. Zmiany te nie ominęły także kolei (Kryczka 2017).

Należy zauważyć, że transport kolejowy, w szczególności pasażerski, stanowi dogodny cel dla zamachowca (Kryczka 2017). Przede wszystkim charakteryzuje się próbą uczynienia go maksymalnie wygodnym oraz przyjemnym dla pasażera, co prowadzi do niemożności wprowadzenia dokładnych, drobiazgowych kontroli jak ma to miejsce w przypadku samolotów. Wszelkie działania uczyniłyby pociągi zdecydowanie mniej atrakcyjnymi poprzez wydłużenie czasu podróży (licząc go jako czas od dotarcia na dworzec a do opuszczenia dworca B) oraz wszelkie utrudnienia związane ze sprawdzaniem pasażerów i ich bagaży (Jenkins 2017). Równocześnie zwiększenie czujności, raportowanie osób podejrzanych dla służb, monitoring oraz inne, obecnie już powszechne środki ostrożności mają pozytywny wpływ na komfort podróżowania. Warto przy tym zauważyć, że kolej to zarówno infrastruktura liniowa, często trudna lub nawet niemożliwa do nadzorowania, jak i punktowa. w obydwu przypadkach możliwe jest dokonanie ataku, który w praktyce pociągnąłby za sobą wiele ofiar oraz doprowadził do poważnych przestojów, a przede wszystkim obniżył poziom zaufania do tej formy transportu oraz zwiększył społeczne poczucie zagrożenia.

Służby odpowiedzialne za bezpieczeństwo również zwróciły uwagę na infrastrukturę kolejową jako atrakcyjny oraz potencjalny cel ataków, szczególnie po przeanalizowaniu treści publikowanych przez ośrodki propagandowe grup terrorystycznych w internecie oraz rozmów prowadzonych przez nich na forach internetowych (Kryczka 2017). Warto też zauważyć, że przeprowadzono szereg inicjatyw, które zwiększyły bezpieczeństwo, w tym szkolenia dotyczące niebezpieczeństw oraz procedur postępowania w razie znalezienia pozostawionego bagażu (potencjalna bomba-pułapka). Dworce oraz inne obiekty zawsze chronione były stosunkowo dobrze poprzez stałą obserwację ich oraz

obecność służb, zarówno pracowników czysto cywilnych, jak i członków formacji paramilitarnych (policja, Straż Ochrony Kolei itp.) lub wojskowych (Gago 2018, s. 9). Eksperti podkreślają, że niezależnie od celu, jakkolwiek forma widocznej ochrony znacząco ogranicza ryzyko ataku na dany obiekt (Jenkins 2017; Karolczak 2022, s. 245).

W XXI wieku doszło do pewnej ilości zamachów terrorystycznych na rozmaite elementy infrastruktury kolejowej lub w samych pociągach, lecz, podobnie jak poruszony powyżej przykład z Francji, wiele z nich się nie udało lub ich skutki były mniej poważne niż zapewne planowano.

Na terenie Rosji doszło do w latach 2005 i 2007 do wykolejenia pociągów przy użyciu umieszczonych na torach ładunków wybuchowych, jednak obyło się bez ofiar śmiertelnych (rannych zostało w sumie ponad 100 osób). Jednak już w roku 2009 w wyniku detonacji bomby pod szyną doszło do wykolejenia jadącego z prędkością prawie 200 km/h składu, w którym zginęło prawie 40 osób, a kolejne 100 zostało rannych (Kryczka 2017).

Również we Francji, gdzie w roku 2017 wydano notę o ryzyku ataków terrorystycznych na kolej, doszło do nieudanej próby wysadzenia pociągu w roku 1995 (Kryczka 2017).

W Indiach, w Bombaju, w roku 2008 nastąpił zamach na dworzec kolejowy (Kliś 2018, s. 211).

Prawdopodobnie najtragiczniej ucierpiała w tym kontekście Hiszpania. o ile w kwietniu 2004 roku udało się zlokalizować i unieszkodliwić dwunastokilogramowy ładunek wybuchowy wymierzony w pociąg TGV oraz zapobiec kolejnemu atakowi, o tyle miesiąc wcześniej bomby umieszczone bezpośrednio w wagonach czterech podmiejskich pociągów uśmierciły 191 osób oraz zraniły, zależnie od źródeł, od 1800 do 2,5 tysiąca podróżujących (Wieczorek; Kliś 2019, s. 216). Skutkiem było wycofanie się kraju z udziału w wojnie w Iraku.

W roku 2005 na terenie Londynu również doszło do ataku na pojazdy transportu publicznego, w tym trzy pociągi metra oraz autobus. na skutek zdetonowania przez Al-Ka'idę bomb śmierć poniosło 56 osób, a ponad 700 kolejnych zostało rannych (Kliś 2018, s. 211).

Ataki polegać mogą również na rozpyleniu trujących gazów na pokładzie pociągu pasażerskiego (w roku 2002 taki atak udaremniła brytyjska policja) lub metra (zamach w tokijskim metrze przy użyciu sarinu z roku 1995) (Karolczak 2022, s. 250).

Wśród arsenału środków, po które sięgnąć mogą terroryści należą także działania wymierzone w systemy informatyczne zarządzające sterowaniem ruchu pociągów, co doprowadzić może do sparaliżowania ruchu lub zderzenia dwóch składów na skutek wyłączenia zabezpieczeń. Podobny efekt osiągnęliby także przejmując w bezpośredni sposób kontrolę nad pociągiem. Inną wymienianą możliwością jest atak na przejeździe kolejowym przy użyciu ciężkiego pojazdu (Kliś 2018, s. 211-217. Warto nadmienić, że wykorzystany może być do tego zarówno samochód wypełniony ładunkiem wybuchowym, jak i ciężarówka przewożąca ciężkie materiały (np. elementy betonowe, pręty zbrojeniowe).

W kontekście Polski, jako kraju przez który przechodzi znaczna ilość ruchu tranzytowego, bezpieczeństwo i działania proaktywne względem ewentualnych zamachów stanowią poważną kwestię. Równocześnie zauważa się, że służby posiadają wysoki poziom przeszkolenia oraz przygotowania do rozpoznania, zwalczania oraz zapobiegania zamachom. Składy charakteryzują się wysokim poziomem monitoringu, w roku 2016 podpisano „Deklarację w sprawie rozwoju kultury bezpieczeństwa transportu kolejowego” oraz istnieje szereg sukcesywnie wprowadzanych w życie aktów prawnych regulujących kwestie bezpieczeństwa (Kliś 2018, s. 222-223). Zwraca się równocześnie uwagę na konieczność współpracy służb oraz wszystkich osób korzystających z kolei w celu podniesienia poziomu bezpieczeństwa poprzez jak najszybsze rozpoznanie zagrożenia oraz skutecznego uniemożliwienia dokonania aktu terrorystycznego (Kliś 2018, s. 223).

### **Kanał Sueski**

Dnia 23 marca 2021 doszło do bezprecedensowego zdarzenia, jakim było zablokowanie Kanału Sueskiego przez zepchnięty na mieliznę w czasie burzy piaskowej czterystumetrowy frachtowiec „Ever Given” należący do tajwańskiego „Evergreen”. Spowodowało to wstrzymanie ruchu w obie strony, zmuszając do postoju ponad czterysta jednostek pływających, w tym frachtowców, tankowców i gazowców. Już następnego dnia odnotowano sześcioprocentowy wzrost cen ropy oraz gazu ziemnego. w początkowych przewidywaniach mówiono nawet o kilkutygodniowym okresie prac mających na celu przywrócić drożność kanału (Kuś 2021). Ostatecznie udało się to wykonać w okresie

krótszym, dnia 29 marca (businessinsider.com.pl, 2021). Zdarzenie to jednak, wraz z już i tak pogarszającą się sytuacją spowodowaną pandemią Covid-19, uświadomiło ryzyko związane z oparciem transportu na jednym sposobie, który może doprowadzić do nagłych, przypadkowych przestojów.

Na skutek blokady Kanału Sueskiego o pięćdziesiąt procent wzrosła liczba przewozów między Chinami a Europą. Należy tu zwrócić uwagę na wspomnianą kwestię czasu podróży, który drogą szynową jest ponad dwukrotnie krótsza. Jednym z najbardziej widocznych, a przy tym znaczących dla polskiej gospodarki, przykładów jest kwestia Nowego Jedwabnego Szlaku, przechodzącego również przez Polskę. Pokonanie trasy z Chin do Europy zajmuje składowi towarowemu około dwóch tygodni lub krócej, natomiast w przypadku statku byłby to ponad miesiąc żeglugi. z perspektywy RP ważnym aspektem jest również Rejon Przetadunkowy Małaszewicze, gdzie przetadowywano 90% przewozów. z tego właśnie powodu planowane są znaczne inwestycje w tym regionie obejmujące kompleksową modernizację, rozbudowę oraz utworzenie na powierzchni około trzydziestu kilometrów kwadratowych Parku Logistycznego Małaszewicze, co ma w konsekwencji czterokrotnie zwiększyć przepustowość (cargotor.com).

### **Wojna na Ukrainie**

Ukraina przed rosyjską inwazją w roku 2022, która stanowi element oraz eskalację konfliktu rozpoczętego zajęciem Krymu przez siły FR w 2014, posiadała stosunkowo nowoczesną, zmodernizowaną sieć kolejową, zarówno pod względem infrastruktury, jak i taboru. Jest to w dużej mierze zasługa zainwestowania 700 milionów euro w tę gałąź transportu spowodowanego zbliżającymi się mistrzostwami Europy w piłce nożnej w roku 2012. Równocześnie należy zauważyć, że mimo dużej ilości dróg do transportu kołowego, tylko niewielką ich część stanowią drogi wielopasmowe oraz przystosowane do przewozu ciężkich ładunków. Sieć kolejowa liczyła około 22 tysiące kilometrów, zaś liczba pracowników przekraczała 230 tysięcy (Latschan 2022).

Już pierwsze tygodnie wojny pokazały znaczną odporność ukraińskich kolei na ataki oraz pozwalały przypuszczać, że odegra ona niebagatelną rolę w konflikcie. Kolejne miesiące jednoznacznie to potwierdziły, czyniąc z „Ukrzaliznycji”, państwowego przedsiębiorstwa kolejowego, główne ogniwo państwowej logistyki. do jej zadań należy transport żywności, broni, leków, pomocy humanitarnej oraz żołnierzy w kierunku obszarów objętych walkami oraz ewakuowanie osób cywilnych z rejonów zagrożonych atakami lub przejściem. Równocześnie, po blokadzie portu w Odessie, na kolej spadła



główna odpowiedzialność za eksport towarów ze spokojniejszych terytoriów (Latschan 2022). Nie należy pominąć również faktu, że to pociągami do Kijowa oraz innych miejsc spotkań jechali przedstawiciele władz zachodnich państw sympatyzujących z zaatakowanym przez Rosję krajem, w tym prezydent Stanów Zjednoczonych Ameryki Joe Biden (Ciechowski 2023), sekretarz stanu Antony Blinken, przewodnicząca Komisji Europejskiej Ursula von der Leyen oraz lider niemieckiej opozycji Friedrich Merz (Latschan 2022).

Jedną z głównych przyczyn odporności ukraińskich kolei jest gęstość ich sieci umożliwiająca w razie zniszczenia lub uszkodzenia fragmentów infrastruktury łatwe i szybkie wyznaczenie trasy zastępczej. Równocześnie, oczywiście przy koordynacji na szczeblu strategicznym, pozostawiono dużą decyzyjność kierownikom konkretnych odcinków, którzy mogą podejmować działania bez oczekiwania na zgodę zwierzchników (Latschan 2022).

Również system napraw został maksymalnie odbiurokratyzowany. w opinii Ołeksandra Pertsowskiego, szefa działu pociągów pasażerskich „Ukrzalizncji”, niektóre odcinki udaje się przywrócić do sprawności w czasie kilku godzin. Przedsiębiorstwo za działanie w okresie wojennym otrzymało także Europejską Nagrodę Kolejową roku 2023 (Ciechowski 2023).

Kolej stanowi też ważny element wsparcia międzynarodowego walczącej Ukrainy. Ze względu na możliwość przewozu dużej ilości towarów oraz wysoką sprawność działania pozwala na dostarczanie stałej pomocy humanitarnej i wojskowej. Utworzono między innymi korytarz pomocy humanitarnej pod nazwą „Koleje pomagają Ukrainie”, którym na teren broniącego się kraju trafia wsparcie z wielu krajów świata. Warto zauważyć, że do przewozu wykorzystuje się wagony kryte, które z jednej strony zapewniają większe bezpieczeństwo niż platformy lub wagony otwarte, a równocześnie umożliwiają szybszy rozładunek niż kontenery (wyładunek jednego wagonu trwa około dwóch godzin) (Zasiadko 2022), co jest szczególnie istotne w kontekście stałego zagrożenia nalotami, ostrzałem artyleryjskim i rakietowym.

Również sprzęt wojskowy przekazywany jest z reguły po torach. o ile w przypadku broni ręcznej oraz oporządzenia możliwe jest wykorzystanie normalnych wagonów lub kontenerów, o tyle ciężkie uzbrojenie wymaga zastosowania platform oraz innych zabezpieczeń. Pociągami transportowane są między innymi czołgi, wyrzutnie rakietowe oraz

armatohaubice, czyli pojazdy, których masa wyklucza jakąkolwiek inną formę masowego przetrzutu (Szulc 2022).

Armia rosyjska również w dużej mierze polega na kolei. Spowodowane jest to między innymi rozległością terytorialną całego państwa oraz częstym stosowaniem środków bojowych dostarczanych jedynie tą drogą w obszary frontowe. Pociągi zapewniają także możliwości stałego przetrzutu wojsk i sprzętu przez tereny, na których występują przede wszystkim nieutwardzone drogi gruntowe, gdzie na skutek deszczu grzęznąć mogą transporty kołowe. do tego dochodzą także zaniedbania w kontekście odpowiedniego zaplecza paliwowego dla ciężarówek. Już w pierwszym roku wojny pani Emily Ferris z Royal United Services Institute (RUSI) mówiła, że „Rosji nie udało się opanować na północy żadnego z ważnych węzłów kolejowych w Czernichowie ani w okolicach Kijowa, a błotniste warunki sprawiły, że wiele pojazdów wojskowych ugrzęzło w błocie”, co dodatkowo wpłynęło na zahamowanie ofensywy (Latschan 2022).

Równocześnie, rozumiejąc strategiczne znaczenie kolei dla Ukrainy, siły napastnika koncentrują ataki na infrastrukturze, zarówno liniowej, jak i punktowej. Podczas walk w miastach często koncentrowano się na przejmowaniu dworców lub magazynów, które stanowiły też ważne punkty oporu. Przy tym warto zauważyć, że niszczenie wspomnianych obiektów sprawiłoby trudności samemu atakującemu w razie zdobycia danego terenu, na którym konieczne byłoby dokonywanie napraw, co z kolei obniżyłoby sprawność działań armii i sił walczących na pierwszej linii frontu (Latschan 2022).

W kontekście militarnym wykorzystania kolei należy również zauważyć, że w konflikcie biorą także udział rosyjskie pociągi pancerne, z czego jeden został zniszczony w pierwszym roku wojny, natomiast na przełomie stycznia i lutego 2023 skierowano na front kolejny (Juraszek 2023). Strona rosyjska zakłada wykorzystanie go głównie do zwiadu technicznego, w szczególności na tyłach i w rejonach działalności partyzantów, rozminowywania torów oraz eskorty innych składów, typowo zaopatrzeniowych (rp.pl, 2023). Załoga, poza uzbrojeniem pokładowym obejmującym broń indywidualną oraz wielkokalibrowe działka, ma mieć do dyspozycji także drony oraz bezpośrednie wsparcie śmigłowców Ka-52 (Juraszek 2023). Idea korzystania z tego rodzaju narzędzia prowadzenia walki, mającego więcej wspólnego z mobilnym schronem ogniowym niż faktycznym pojazdem opancerzonym, w szczególności ze względu na konieczność korzystania z torów kolejowych, brak elastyczności odnośnie trasy oraz gabaryty powstała już w XIX wieku i wykorzystywana była do początkowej fazy drugiej

wojny światowej, przy czym już wówczas, pomimo pewnych sukcesów, uznawano ją za przestarzałą, szczególnie w kontekście coraz większego znaczenia manewrowości oraz mobilności, dominującego na polach bitew (Hollings 2021). Pociągi te narażone były zarówno na ataki lądowe przy użyciu ręcznej broni przeciwpancernej i artylerii, ale także oraz zaminowywanie lub niszczenie torów kolejowych (Smoliński 2020, s. 9), a przede wszystkim coraz skuteczniejsze formy nalotów, zarówno lotnictwa bombowego, szturmowego, jak i myśliwskiego, mogącego bronią pokładową poważnie uszkodzić skład oraz zadać straty załodze. Jedynymi formami obrony po wykryciu pociągu była artyleria pokładowa, a także, w mniejszym stopniu, prędkość, która jednak była zbyt niska, by tak duży cel uniknął bezpośrednich trafień.

Ze względu na opisywane wyżej problemy oraz bliskie stosunki z Białorusią, rosyjskie dowództwo planowało wykorzystanie ich sieci kolejowej do przerzucania sił oraz sprzętu na terytorium Ukrainy, co pozwoliłoby znacząco zwiększyć potencjał logistyczny agresora (Mokos). w tej sytuacji, wśród pracowników białoruskiej kolei, doszło do szeregu aktów sabotażu mającego na celu zablokowanie lub spowolnienie pociągów ze wsparciem dla armii rosyjskiej (Latschan 2022). Doszło także do ataków hakerskich na systemy zarządzania. w odpowiedzi dokonano aresztowań dziesiątków kolejarzy, którym postawiono zarzuty szpiegostwa lub działań o charakterze terrorystycznym, przy czym niektóre źródła informują, że osoby te zatrzymywane były często w sposób przypadkowy, niezależnie od ich rzeczywistego udziału w blokowaniu transportów, oraz zaangażowano jednostki Specnazu do ochrony linii kolejowych. Przynajmniej trzy osoby otrzymały wyroki ponad dwudziestu lat więzienia, grzywny oraz konfiskaty mienia (Makarewicz 2022).

### **Podsumowanie**

Na podstawie powyższych przykładów uznać można, że kolej charakteryzuje się wysoką odpornością na różne kryzysy, zarówno dotyczące ograniczonych obszarów geograficznych, jak i wpływających na społeczeństwo w skali globalnej.

Za najważniejsze aspekty podnoszące sprawność kolei w tym kontekście można uznać:

- nowoczesność taboru oraz infrastruktury kolejowej;
- poziom i zakres zabezpieczeń;
- gęstość sieci kolejowej;

-sprawność oraz sposób zarządzania koleją.

Szybki transport towarowy oraz pasażerski ma pozytywny wpływ na ograniczanie dalszej degradacji klimatu zarówno przez ograniczenie emisji spalin, jak i odciążenie innych, mniej ekologicznych gałęzi transportu. Równocześnie pozwala on zwiększyć odporność łańcuchów dostaw, co przekłada się na lepsze zabezpieczenie dobrobytu społeczeństwa, a także stabilizację ekonomiczną.

Wartym zauważenia aspektem jest fakt, że zwiększenie nakładów i koncentrowanie się na transporcie kolejowym na terenie Polski stanowiłoby bardzo korzystne rozwiązanie. Jest to rzadki przykład działania, który równocześnie pozwoliłby zrealizować cele ekologiczne (ograniczenie emisji zanieczyszczeń), ekonomiczno-gospodarcze (szybki transport towarowy w kraju tranzytowym; zwiększenie siły w kontekście partnerstwa gospodarczego), polityczne (wypełnienie zobowiązań dotyczących ograniczenia emisji zanieczyszczeń) i militarne (zwiększenie potencjału obronnego kraju oraz odporności na ewentualne ataki).

#### BIBLIOGRAFIA:

Wójtowicz T., JAK POKONAĆ ISIS? METODY WALKI z PAŃSTWEM ISLAMSKIM, Rocznik Bezpieczeństwa Międzynarodowego 2016, vol. 10, nr 2, 2016

georgewbushlibrary.gov, Global War on Terror, <https://www.georgewbushlibrary.gov/research/topic-guides/global-war-terror>

un.org, Climate change, <https://www.un.org/en/global-issues/climate-change>

Smoliński A., Zagon na Korosteń – październik 1920, Instytut Pamięi Narodowej Komisja Ścigania Zbrodni przeciwko Narodowi Polskiemu Oddział w Szczecinie, Szczecin 2020

Hollings A., Before tanks, battle trains were the world's heavy armor, sandoxx.us, 2021 <https://www.sandboxx.us/blog/battle-trains-the-armored-behemoths-lost-to-time/>

businessinsider.com.pl, 2021, <https://businessinsider.com.pl/finanse/handel/blokada-kanalu-sueskiego-moze-odbic-sie-na-dostawach-do-polski/g0zjj44>

enkol.pl, [https://enkol.pl/Rozstaw\\_szyn](https://enkol.pl/Rozstaw_szyn)

Gago S., Wybrane zagadnienia bezpieczeństwa w transporcie kolejowym, Prace Instytutu Kolejnictwa – Zeszyt 158, 2018

Premsagar S., Kenworthy J., a Critical Review of Hyperloop (Ultra-High Speed Rail) Technology: Urban and Transport Planning, Technical, Environmental, Economic, and

Human Considerations, Urban Transportation Systems and Mobility, Volume 4 - 2022, 2022

Postlethwait H., Trains: a history, Go! Magazine, Institute for Transportation, Iowa State University, 2016, <https://intrans.iastate.edu/news/trains-a-history/>

Nosarzewska E., Antropogeniczne zmiany klimatu [Megatrendy 2050], Polskie Towarzystwo Studiów nad Przyszłością, 2021, [https://ptsp.pl/antropogeniczne-zmiany-klimatu-megatrendy-2050/?gclid=Cj0KCCQjw27mhBhC9ARIsAIFsETHcxZ6Rhe4BXsIGk3V0mQZQAI-pD88ymv1fWF-Dz83tzEXyhEuzAFQaAoL4EALw\\_wcB](https://ptsp.pl/antropogeniczne-zmiany-klimatu-megatrendy-2050/?gclid=Cj0KCCQjw27mhBhC9ARIsAIFsETHcxZ6Rhe4BXsIGk3V0mQZQAI-pD88ymv1fWF-Dz83tzEXyhEuzAFQaAoL4EALw_wcB)

Raszkievicz B., Ryby - dlaczego warto je jeść, gemini.pl, 2019 <https://gemini.pl/poradnik/zdrowe-odzywianie/ryby-dlaczego-warto-je-jesc/>

Masson-Delmotte V., Zhai P., Pörtner H.-O., Roberts D., Skea J., Shukla P.R., Pirani A., Moufouma-Okia W., Péan C., Pidcock R., Connors S., Matthews J.B.R., Chen Y., Zhou X., Gomis M.I., Lonnoy E., Maycock T., Tignor M., Waterfield T., IPCC, 2018: Summary for Policymakers. In: Global Warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty, 2018, <https://www.ipcc.ch/sr15/chapter/spm/>

europarl.europa.eu, 2019, <https://www.europarl.europa.eu/news/pl/press-room/20191121IPR67110/parlament-europejski-oglasza-kryzys-klimatyczny>

Heimin M., biznes.newseria.pl, 2023, <https://biznes.newseria.pl/news/kolej-to-najbardziej,p1085489099>

Intercity.pl, <https://www.intercity.pl/pl/ekopodroz/>

Matzke M., Zamach w Berlinie. Wiadomo, kto zatrzymał ciężarówkę, dw.com, 2016, <https://www.dw.com/pl/zamach-w-berlinie-wiadomo-kto-zatrzyma%C5%82-ci%C4%99%C5%BCar%C3%B3wk%C4%99/a-36936509>

HO, Uratowali pociąg, teraz dostają order, newsweek.pl, 2015 <https://www.newsweek.pl/swiat/pociag-francja-atak/pmn55w4>

Banaszyk P., Kaut S., Szołtysek J., Logistyka jako czynnik dobrostanu, Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne, Warszawa, 2021

Jenkins B. M., The Challenge of Protecting Transit and Passenger Rail: Understanding How Security Works Against Terrorism, Mineta Transportation Institute, 2017  
<https://transweb.sjsu.edu/research/Challenge-Protecting-Transit-and-Passenger-Rail-Understanding-How-Security-Works-Against-Terrorism>

Kryczka K., Europa odpowiada na terror, Gazeta Policyjna, 2017,  
<https://gazeta.policja.pl/997/archiwum-1/2017/numer-151-102017/149667,Europa-odpowiada-na-terror.html>

Forum Nauczycieli Edukacji Obywatelskiej, <http://joannawieczorek.pl/wp-content/uploads/2015/10/Najkrwawsze-zamachy-terrorystyczne-na-%C5%9Bwiecie.pdf>

Kliś M., Zarządzanie systemem antyterrorystycznym w procesie realizacji przewozów kolejowych, ZN WSH Zarządzanie 2019 (2), 2019  
[https://www.humanitas.edu.pl/resources/upload/dokumenty/Wydawnictwo/Zarzadzanie\\_zeszyt/Zarz%202\\_2019/Ma%C5%82gorzata%20Klis.pdf](https://www.humanitas.edu.pl/resources/upload/dokumenty/Wydawnictwo/Zarzadzanie_zeszyt/Zarz%202_2019/Ma%C5%82gorzata%20Klis.pdf)

Dwyer A., Inherent vulnerability: the terrorist threat to the railways, rusi.org, 2007  
<https://rusi.org/publication/inherent-vulnerability-terrorist-threat-railways>

Karolczak K., Terrorism in the 21st century – selected aspects, Terroryzm - studia, analizy, prewencja, 2022, Numer 1, 2022

Schnurr E. J. R., Walker T. R., Marine Transportation and Energy Use, "Environmental Earth Sciences", Halifax, NS, Canada, 2019

Rabe M., Rozwój i konkurencyjność transportu towarów koleją w Polsce, Ekonomika i Organizacja Logistyki, 2019

Polskieradio.pl, 17 lat temu terroryści dokonali krwawych zamachów samobójczych w Londynie, 2022, <https://www.polskieradio.pl/39/156/arttykul/2546280,17-lat-temu-terrorysci-dokonali-krwawych-zamachow-samobojczych-w-londynie>

Cargotor, w pandemii ratuje nas kolej, ale dopiero blokada Kanału Sueskiego ukazuje prawdziwy potencjał transportu szynowego, 2021, <https://cargotor.com/w-pandemii-ratuje-nas-kolej-ale-dopiero-blokada-kanalu-sueskiego-ukazuje-prawdziwy-potencjal-transportu-szynowego/>



Kuś Ł., Blokada Kanału Sueskiego odbija się na światowym handlu, intermodalnews.pl, 2021 <https://intermodalnews.pl/2021/03/26/blokada-kanalu-sueskiego-odbija-sie-na-swiatowym-handlu/>

Ciechowski M., z Polski do Kijowa pociągiem. Joe Biden spotkał się z Wołodymyrem Zełeńskim, raportkolejowy.pl, 2023, <https://raportkolejowy.pl/z-polski-do-kijowa-pociagiem-joe-biden-spotkal-sie-z-wolodymyrem-zelenskim/>

Ciechowski M., Ukrzaliznytsia z Europejską Nagrodą Kolejową 2023, raportkolejowy.pl, 2023 <https://raportkolejowy.pl/ukrzaliznytsia-z-europejska-nagrada-kolejowa-2023/>

Ciechowski M., "Żelazna ewakuacja" – historia, której nikt nie wymaże [WYWIAD], raportkolejowy.pl, 2023, <https://raportkolejowy.pl/category/konflikt-w-ukrainie/>

Latschan T., Wojna w Ukrainie: decydująca rola kolei, dw.com, 2022 <https://www.dw.com/pl/wojna-w-ukrainie-decyduj%C4%85ca-rola-kolei/a-61705472>

Zasiadko M., Kolej pomaga Ukrainie: jak misja humanitarna jednoczy kraje europejskie, intermodalnews.pl, 2022 <https://intermodalnews.pl/2022/04/22/kolej-pomaga-ukrainie-jak-misja-humanitarna-jednoczy-kraje-europejskie/>

Szulc R., Tajemniczy pociąg z polskimi wagonami i bronią pod czarną folią. Słowenia przekazała Ukrainie czołgi, i.pl, 2022 <https://i.pl/tajemniczy-pociag-z-polskimi-wagonami-i-bronia-pod-czarna-fofia-slowenia-przekazala-ukrainie-czolgi/ar/c1-17002431>

rp.pl, Rosjanie skierowali na Ukrainę pociąg pancerny, rp.pl, 2023 <https://www.rp.pl/konflikty-zbrojne/art37871801-rosjanie-skierowali-na-ukraine-pociag-pancerny>

Juraszek P., Rosyjski pociąg pancerny. Relikt przeszłości "Wołga" jedzie do Ukrainy, wp.pl, 2023 <https://tech.wp.pl/rosyjski-pociag-pancerny-reликт-przeszlosci-wolga-jedzie-do-ukrainy,6861871854504544a>

Mokos T., Białoruscy kolejarze zatrzymują rosyjską armię, raportkolejowy.pl, 2022 <https://raportkolejowy.pl/bialoruscy-kolejarze-zatrzymuja-rosyjska-armie/>

Makarewicz N., Mieli pomóc Ukrainie. "Partyzanci kolejowi" skazani, rmf24.pl, 2022 [https://www.rmf24.pl/raporty/raport-wojna-z-rosja/news-mieli-pomoc-ukrainie-partyzanci-kolejowi-skazani,nld,6499795#crp\\_state=1](https://www.rmf24.pl/raporty/raport-wojna-z-rosja/news-mieli-pomoc-ukrainie-partyzanci-kolejowi-skazani,nld,6499795#crp_state=1)

# WYZNACZENIE ZAMKNIĘĆ TOROWYCH LINII OKOLICZNYCH NA POTRZEBY MODERNIZACJI LINII KOLEJOWEJ NR 104 CHABÓWKA – NOWY SĄCZ

inż. Lidia Górska

*Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki w Krakowie*

## Wprowadzenie

Konserwacje, remonty i modernizacje to stałe elementy wpisane w proces eksploatacji dróg kolejowych. w celu zapewnienia bezpiecznej jazdy jak i poprawy lub przywrócenia parametrów techniczno-eksploatacyjnych, wykonywane są różne prace budowlane wymagające zastosowania odpowiedniego reżimu technologicznego. Wiąże się to bezpośrednio z poruszaniem się po liniach kolejowych specjalistycznych maszyn torowych (m.in. podbijarek torowych, lokomotyw, wagonów, etc.). Przejazd taboru do miejsca docelowego wymaga czasowego wyłączenia normalnie eksploatowanych torów z użytkowania i podjęcia tak zwanego zamknięcia torowego [6]. Wiąże się to z dochowaniem wymogów, zawartych w krajowych oraz międzynarodowych przepisach prawnych, do których można zaliczyć m.in. instrukcje wydawane przez PKP Polskie Linie Kolejowe S.A [5]. Podejmowanie zamknięć torowych w głównie mierze dotyczy dużych przedsięwzięć infrastrukturalnych związanych z projektami realizowanymi w ramach krajowych programów kolejowych.

W artykule scharakteryzowano plan modernizacji i przebudowy linii nr 104 Chabówka – Nowy Sącz oraz przeanalizowano stan docelowy, jaki ma być osiągnięty po zakończeniu całej inwestycji. w ramach modernizacji linii kolejowej nr 104 wymagane będą liczne zamknięcia torowe na fragmentach okolicznych linii, m.in.: linii nr 96 Tarnów – Leluchów. Dlatego też postanowiono, aby dobrać odpowiednie zamknięcie, dla jednotorowego fragmentu tej linii na odcinku Tarnów – Stróże.

## 1. Analiza zamknięć torowych w ramach Sieciowego Harmonogramu Zamknięć Torowych

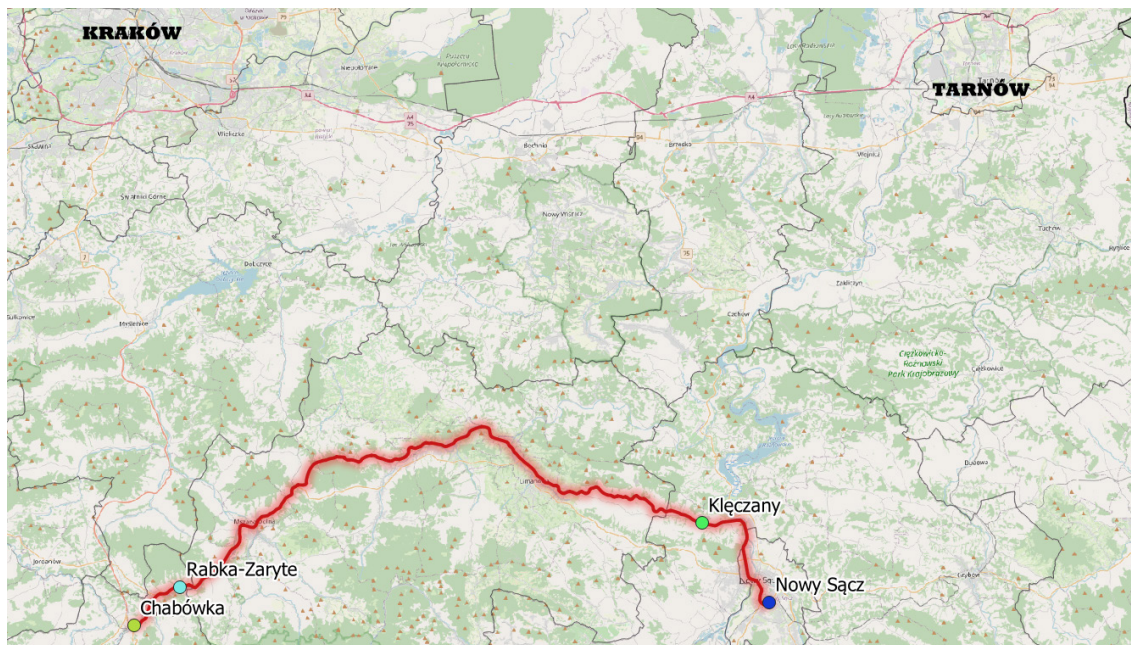
Zamknięcia torowe można ogólnie zdefiniować jako określony w czasie brak możliwości eksploatacji toru lub torów, na skutek zaplanowanego remontu/modernizacji lub nieprzewidzianych zdarzeń, mających wpływ na bezpieczeństwo przewozu osób lub rzeczy. Bezpośrednio z tym pojęciem związany jest termin harmonogramu zamknięć

torowych, który ma wpływ na konstruowanie rozkładów jazdy. na podstawie obowiązujących w Polsce przepisów, tj. ustawy o transporcie kolejowym [4], a także wydanych na ich podstawie przez zarządcę infrastruktury instrukcji [5], można wyróżnić trzy rodzaje harmonogramów. Jednym z nich jest Sieciowy Harmonogram Zamknięć Torowych. Tworzony jest w wyniku planowania długoterminowego oraz stanowi podstawę do konstruowania Roczego Rozkładu Jazdy. W ramach Sieciowego Harmonogramu Zamknięć Torowych planowanych do wykonania w rozkładzie jazdy 2022/2023 [3], zaplanowano zamknięcie linii nr 104 Chabówka – Nowy Sącz na czas jej modernizacji. w harmonogramie natomiast nie zostały ujęte zamknięcia jednotorowych linii okolicznych (np. linii nr 96), które mogą być kluczowe dla transportu materiałów budowlanych.

## **2. Modernizacja linii kolejowej nr 104 Chabówka – Nowy Sącz**

Linia kolejowa nr 104 Chabówka – Nowy Sącz jest linią jednotorową o łącznej długości ponad 75 km, której przebieg został pokazany na Rys. 1. Obecnie jest planowana jej modernizacja w ramach zadania pt.: „Budowa nowej linii kolejowej Podłęże – Szczyrzyc – Tymbark / Mszana Dolna oraz modernizacja istniejącej linii kolejowej nr 104 Chabówka – Nowy Sącz” [2]. Dzięki inwestycji będzie możliwe połączenie Ślądecczyny z Podhalem, co wpłynie m.in. na zwalczenie wykluczenia komunikacyjnego mieszkańców. z uwagi na walory turystyczne, jakimi charakteryzuje się południowa część małopolski, przywrócenie linii do regularnego ruchu pasażerskiego, będzie dobrą promocją dla regionu. w ramach zadania, najważniejszymi założeniami projektowymi m.in. są [2]:

- kompleksowa wymiana nawierzchni kolejowej ze wzmocnieniem podłoża na długości 74,5 km,
- budowa 1 estakady o długości 1,1 km,
- budowa 2 tuneli o łącznej długości 5,76 km.



Rys. 1 Przebieg linii nr 104 Chabówka – Nowy Sącz  
Źródło: opracowanie własne na podstawie openstreetmap.org

W pierwszej kolejności będą realizowane prace na odcinku Chabówka - Rabka Zaryte oraz Kłęczany - Nowy Sącz, na którym skupiono większą uwagę, na potrzeby niniejszego opracowania.

### 3. Wpływ modernizacji linii nr 104 na przepustowość linii okolicznych

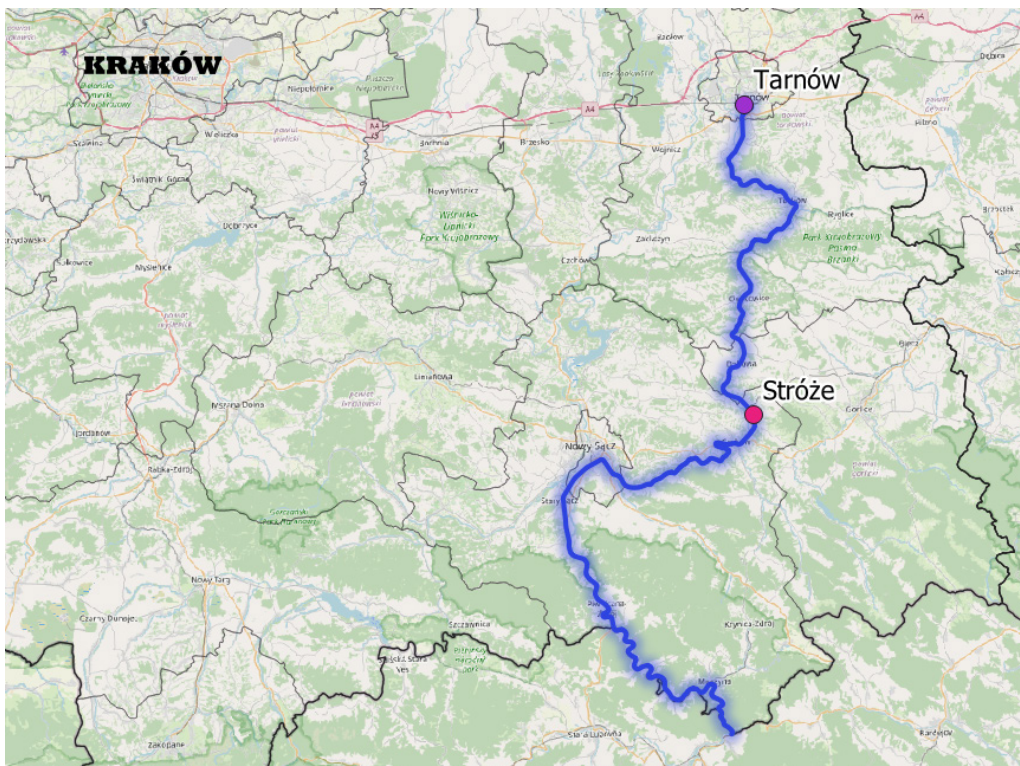
Według ustawy o transporcie kolejowym [4], modernizacja to „większe prace modyfikacyjne wykonywane w podsystemie lub jego części, poprawiające całkowite osiągi podsystemu” [4]. w rozdziale 2 zostały przytoczone przykładowe prace, jakie będą wykonane w ramach modernizacji linii nr 104. z racji tego, że będzie wykonana kompleksowa wymiana nawierzchni kolejowej, konieczny będzie zatem transport np. podkładów kolejowych. z reguły, pociąg transportujący podkłady jest zestawiony z kilkunastu wagonów typu platforma (Rys. 2), co daje łączną długość pociągu nawet do ok. 800 m.





Rys. 2 Transport podkładów  
Źródło: [1]

Na liniach dwutorowych, przejazd takiej maszyny nie będzie znacznie ograniczał przepustowości, gdyż będzie można prowadzić ruch pozostałych pociągów po torze czynnym. Problem będą stanowiły linie jednotorowe, a zwłaszcza stacje/mijanki, które nie będą miały możliwości przyjęcia tak długiego pociągu w celu skrzyżowania z innymi pociągami. do takich linii będzie należeć np. linia nr 96 Tarnów - Leluchów (Rys. 3), na fragmencie Tarnów - Stróże.

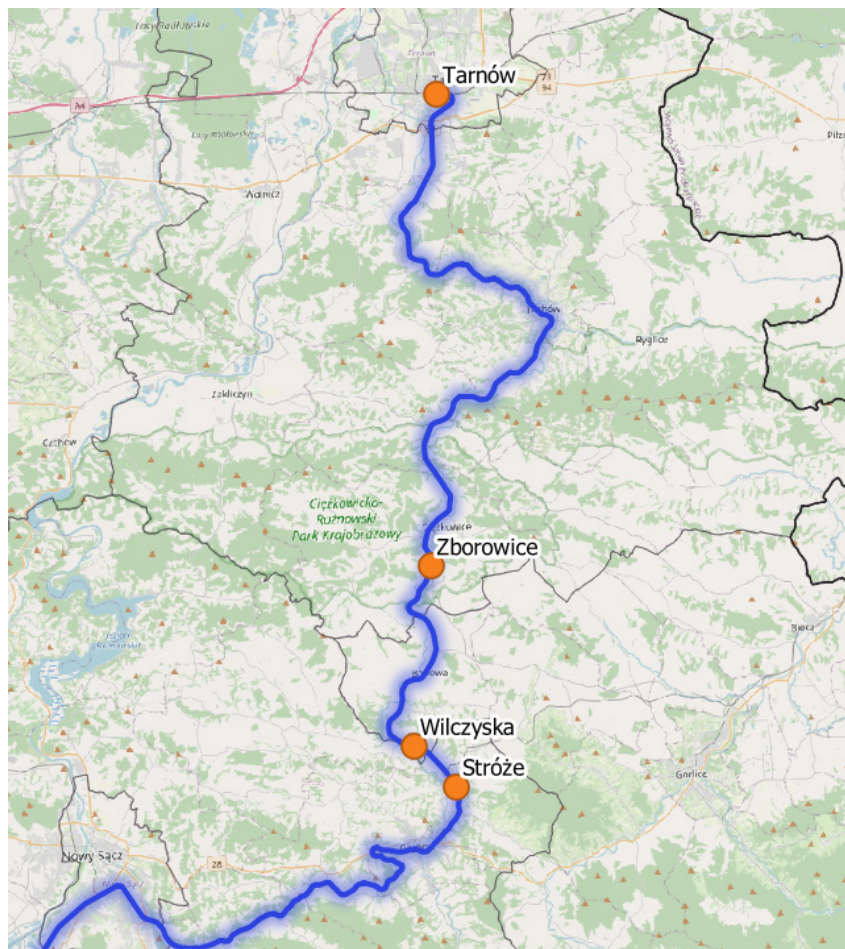


Rys. 3 Przebieg linii nr 96 Tarnów - Leluchów  
Źródło: opracowanie własne na podstawie openstreetmap.org

Linia może mieć kluczowe znaczenie dla transportu niezbędnych materiałów do modernizacji linii kolejowej na odcinku Klęczany – Nowy Sącz. Nie jest to wprawdzie jedyna możliwość dowozu materiałów, natomiast analiza drugiego wariantu nastąpi w dalszej części artykułu.

Biorąc pod uwagę długość pociągu do przewozu podkładów (ok. 800 m) oraz długości torów na stacjach i mijankach, okazuje się, że krzyżowanie jest możliwe tylko w Stróżach, Wilczyskach, Zborowicach oraz Tarnowie. Wynika to z długości torów w tych miejscowościach, które mogą obsłużyć takie pociągi. Należy zauważyć, że nie są to miejscowości położone w jednakowych odległościach od siebie, co zostało przedstawione na Rys. 4.





Rys. 4 Potencjalne miejsce krzyżowań pociągów  
Źródło: opracowanie własne na podstawie openstreetmap.org

Zakładając, że maszyny torowe poruszają się z średnią prędkością ok. 50 km/h, to czas przejazdu pomiędzy tymi miejscowościami, kształtuje się następująco:

Tab. 1 Odległości i czasy przejazdów

<b>Stróże - Wilczyska</b>	3,5 km	4,2 min
<b>Wilczyska - Zborowice</b>	14,5 km	17,4 min
<b>Zborowice - Tarnów</b>	40,0 km	48,0 min

Źródło: opracowanie własne

W przypadku, kiedy pociąg do transportu podkładów, wyjedzie z Tarnowa, kolejny będzie mógł wyruszyć w tym samym kierunku dopiero po upływie ok. 50 min, kiedy ten dojedzie do mijanki w Zborowicach, nie uwzględniając innych obostrzeń wynikających z regularnego ruchu pociągów. Prowadzenie ruchu pociągów pasażerskich, towarowych i maszyn torowych potrzebnych do modernizacji w jednym czasie, sprawi,

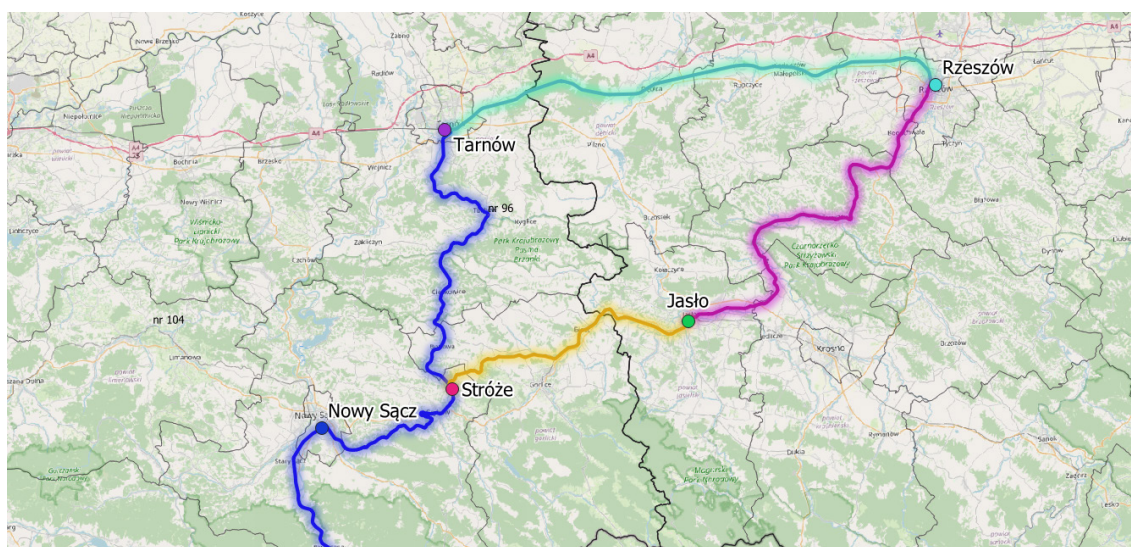
że przepustowość ulegnie znacznemu pogorszeniu. Dlatego też, lepszym rozwiązaniem, będzie wprowadzenie zamknięcia torowego dla linii nr 96.

#### 4. Dobór zamknięć torowych

Dokumentem regulującym procedury w zakresie planowania i udzielania zamknięć torowych jest Instrukcja Ir-19 „Zasady organizacji i udzielania zamknięć torowych” [5]. Dla transportu niezbędnych materiałów budowlanych, można założyć, że wystarczające będzie wprowadzenie 6-godzinnego zamknięcia na odcinku Tarnów – Stróże. w tym czasie będzie możliwy przejazd Tarnowa do Nowego Sącza, wyładunek materiałów oraz powrót pociągu.

#### 5. Alternatywny wariant przejazdu

Drugą możliwością dojazdu do Nowego Sącza jest wykorzystanie fragmentów linii nr 91 (Tarnów – Rzeszów), nr 106 (Rzeszów – Jasło) i nr 108 (Jasło - Stróże), które zostały przedstawione na Rys. 5.



Rys. 5 Porównanie wariantów

Źródło: opracowanie własne na podstawie openstreetmap.org

Wykorzystanie tych linii będzie jednak nieekonomiczne, czego podsumowaniem jest Tab. 2.

Tab. 2. Porównanie wariantów

Trasa: Tarnów – Nowy Sącz	Odległość	Czas przejazdu
Wykorzystanie linii nr 96	Ok. 88 km	1h 45 min

Wykorzystanie linii nr 91, 106, 108, 96	Ok. 234 km	4h 40 min
--	------------	-----------

Źródło: opracowanie własne

Z uwagi na czas przejazdu, do transportu materiałów budowlanych, lepszym wyborem będzie wykorzystanie tylko linii nr 96.

## 6. Podsumowanie

Przedstawione w niniejszej pracy zagadnienia są bardzo ważnym tematem w branży kolejowej. Modernizowanie i rozwijanie sieci kolejowej mogą w znaczący sposób wpływać na jej atrakcyjność, a tym samym zwiększać konkurencyjność kolei na rynku transportowym i pozwolić pozyskać nowych klientów. z tego względu zagadnienie zamknięć torowych i uwzględniających je harmonogramów, powinno być poddawane szerszej analizie i być obiektem licznych opracowań naukowych, których wspólnym celem będzie opracowanie możliwie najbardziej skutecznych rozwiązań. Istotne jest tworzenie harmonogramów zamknięć torowych w taki sposób, aby planowane zamknięcia nie były przesadnie uciążliwe dla dotychczasowych użytkowników transportu kolejowego. Należy również dążyć do tego, aby harmonogramy robót konstruować w taki sposób, żeby liczba nie zaplanowanych wcześniej zamknięć była jak najmniejsza. Obserwując aktualną sytuację, można dostrzec jak istotne są to działania, gdyż wiele obecnie prowadzonych inwestycji opóźnia się względem planowanych terminów, a tym samym występują liczne zamknięcia torowe, nie uwzględniane w długookresowym planowaniu.

Podjęcie zamknięć torowych na potrzeby prowadzonej inwestycji jest obligatoryjne i nie może zostać ominięte w żaden sposób. w pracy przedstawiono jeden z sposobów zarządzania zamknięciami w oparciu o dotychczasowe doświadczenia własne z uwzględnieniem zaproponowanej technologii, jaką jest transport podkładów na miejsce modernizacji.

## Bibliografia

[1] <https://kolzwer205.flog.pl/wpis/9655875/xua>

[2] <https://podleze-piekielko.pl/o-inwestycji/>

[3]

[https://www.plksa.pl/files/public/user\\_upload/pdf/Harmonogram\\_zamkniec\\_torowych/](https://www.plksa.pl/files/public/user_upload/pdf/Harmonogram_zamkniec_torowych/)

Rozklad\_jazdy\_2022\_2023/Sieciowy\_harmonogram\_zamkniec\_torowych\_planowanych\_  
do\_wykonania\_w\_rozkladzie\_jazdy\_2022-2023.pdf

[4] Ustawa z dnia 28 marca 2003 r. o transporcie kolejowym (Dz. U. 2003 Nr 86 poz. 789 z późn. zm.)

[5] PKP Polskie Linie Kolejowe S.A.: Zasady organizacji i udzielania zamknięć torowych Ir-19, Załącznik nr 1 do uchwały Nr 905/2018 Zarządu PKP Polskie Linie Kolejowe S.A. z dnia 13 listopada 2018 r.

[6] Kosicki, D. (2017). Zamknięcia torowe na sieci PKP PLK SA dla potrzeb wykonywania kolejowych robót budowlanych. Archiwum Instytutu Inżynierii Lądowej.



# DOBÓR I OPYMALIZACJA CECH UŻYTKOWYCH LOKOMOTYW MANEWROWYCH

Michał Snoch, dr inż. Adam Mańka

*Politechnika Śląska, Wydział Transportu i Inżynierii Lotniczej, Katedra Transportu Kolejowego*

## Streszczenie

Publikacja stanowi wprowadzenie do problematyki metodycznego doboru lokomotyw manewrowych adekwatnych do różnego typu zadań stawianych tej grupie pojazdów z uwzględnieniem docelowej charakterystyki eksploatacyjnej i najważniejszych parametrów opisujących tabor kolejowy. w tym celu autorzy opracowania proponują autorski podział lokomotyw manewrowych na 6 grup różniących się od siebie zasadniczo zarówno pod względem sposobu użytkowania jak i parametrów technicznych.

## 1. Wstęp

Lokomotywy manewrowe stanowią znaczną grupę pojazdów trakcyjnych, których cechy konstrukcyjne oraz parametry eksploatacyjne różnią się od siebie w sposób znaczny tj. od jednej z pierwszych spalinowych lokomotyw manewrowych typu Bo (0-4-0 wg zapisu Whyte'a) o mocy zaledwie 75 kW opracowanych w 1933 roku przez firmę Sir W.G. Armstrong-Whitworth and Co, której masa wynosiła zaledwie 15 ton, po manewrową lokomotywę spalinową z przekładnią elektryczną TEM18DM o masie 126 ton i prędkości maksymalnej 100km/h oraz mocy 882kW.

Najnowsze rozwiązania lokomotyw manewrowych stają się coraz precyzyjniej dopasowane do potrzeb użytkownika i ukierunkowane na energooszczędność i minimalizację negatywnego wpływu na środowisko naturalne. Przykładem tego jest trójosiowa akumulatorowo-spalinowa lokomotywa manewrowa (hybrydowa) Prima H3 firmy Alstom, która osiąga 100 km/h, czy z drugiej strony lokomotywa manewrowa a raczej dwudrogowy pojazd akumulatorowy Crab 1500E o masie 4 tony i prędkości przy obciążeniu 2 km/h oraz mocy 7,5 kW, która pozwala na przetaczanie pojazdów o masie 300 ton. z drugiej strony istnieją też lokomotywy manewrowe osiągające prędkość 120 km/h czego przykładem jest hybrydowy elektryczno-spalinowy pojazd trakcyjny NG Shunting firmy Stadler Rail we współpracy z firmą ABB (o oznaczeniu Eem 923 dla przewoźnika SBB) o masie zaledwie 45 ton. Lokomotywy manewrowe produkowane są nawet do osiągania prędkości 160 czy nawet 230 km/h w tym najnowsze wersje lokomotywy hybrydowej trakcyjno-akumulatorowej wyposażonej

w superkondensator (przejazd do 10km/h na „ostatniej mili”) o nazwie Bizon produkcji CRRC Zhuzhou Locomotive Co. Wersji tej serii lokomotyw jest wiele, ale producent wskazuje m.in. na zastosowanie jej do jazdy ze składami przy przekraczaniu granic (ang. cross-border operation) oraz prac manewrowych na krótkich dystansach.

Znaczną zmianę technologiczną również w zakresie lokomotyw manewrowych stanowi propozycja firmy PESA S.A. tj. elektryczna lokomotywa manewrowa zasilana wodorem o oznaczeniu producenta SM42-6Dn Hydrogen.

## **2. Analiza literatury przedmiotu**

Większość publikacji dotycząca lokomotyw manewrowych poświęcona jest optymalizacji samej pracy manewrowej [1÷4]. Nieliczne publikacje dotyczą analizy czy optymalizacji ruchu lokomotyw manewrowych [5, 6]. Artykuły te zakładają jeden model pracy eksploatacyjnej w tym przyjmują średnią drogę, prędkość i przyspieszenie oraz obciążenie lokomotywy lub niewielki zakres tych zmiennych [5, 6]. w świetle przedstawionej we wstępie znacznej różnorodności w zakresie pracy eksploatacyjnej lokomotyw zwanych manewrowymi widać zatem, że przyjmowanie tego typu założeń bez wstępnej definicji podgrupy lokomotyw manewrowych lub doprecyzowania charakterystyki pracy eksploatacyjnej powoduje, że uzyskiwane wyniki dotyczą w istocie wąskiej grupy pojazdów podczas, gdy w literaturze w dalszym ciągu używa się szerokiego znaczenia określenia lokomotywa manewrowa. Autorzy publikacji skupiają się na modelowaniu parametrów ruchu i optymalizacji zużycia paliwa lokomotyw spalinowych [6]. Należy jednak zauważyć, że lokomotywy tego typu wykorzystują nie tylko bezpośrednio trakcję spalinową lub jako przekładnia elektryczna, ale jak to wykazano we wstępie również trakcję elektryczną AC i DC o różnym napięciu zasilania i konfiguracji jako podstawowy system zasilania, system doładowania akumulatorów, system hybrydowy równoległy, system ładowania superkondensatorów czy nawet trakcję wodorową (pojazd elektryczny z akumulatorami i z ich doładowaniem z ogniw wodorowych PEM). Nieliczne publikacje [7÷10] podejmują złożoną i interdyscyplinarną tematykę dostosowania taboru do aktualnych wymagań rynku, wymagań normatywnych czy minimalizacji kosztów użytkowania oraz ochrony środowiska.

## **3. Klasyfikacja lokomotywy manewrowych z uwzględnieniem rodzaju wykonywanej pracy eksploatacyjnej**

Mając na uwadze wykazaną we wstępie znaczną różnorodność lokomotywy manewrowych zarówno ze względu na ich konstrukcję, parametry użytkowe jak i pracę



eksploatacyjną można zauważyć, że celowy dla dalszych badań, analiz, prób optymalizacji i doboru do zadań użytkowych jest podział tego typu pojazdów trakcyjnych na grupy wskazujące na rodzaj wykonywanej pracy eksploatacyjnej – rys. 1. Autorzy pracy wskazują na co najmniej 6 grup tych pojazdów, które w zasadniczy sposób określają różnorodność i odmienność pojazdów do nich przypisanych.

Pierwszą kategorią (rys. 1) stanowią ciężkie, najczęściej 6 osiowe lokomotywy o dużej mocy i prędkości eksploatacyjnej (100÷160 km/h) realizujące nie tylko prace na górkach rozrządowych, ale też często pracę pociągową na szlakach z pociągami towarowymi o znacznej masie brutto (ponad 1600 ton). do grupy pojazdów manewrowych nr II można zaliczyć pojazdy o mniejszej mocy i niższej prędkości maksymalnej (80÷100 km/h), realizujące prowadzenie pociągów zdawczych czy służące do przetaczania wagonów w obrębie stacji lub zestawiania czy rozwiązania składów pociągów towarowych.

Trzecią grupę stanowią lokomotywy o mocy ok. 400 kW i prędkości 60÷80 km/h) realizujące formowanie składów osobowych. Grupę czwartą stanowią lekkie lokomotywy o mocy 250÷400 kW i maksymalnej prędkości eksploatacyjnej do ok. 60 km/h realizujące lekkie prace manewrowe tj. zestawianie składów pasażerskich w obrębie jednej stacji (wagonów lekko bieżnych).

Kategoria	Kategoria I Ciężkie lokomotywy manewrowe	Kategoria II Średnie lokomotywy manewrowe (ruch towarowy)	Kategoria III Średnie lokomotywy manewrowe (ruch pasażerski)	Kategoria IV Lekkie lokomotywy manewrowe	Kategoria V Pojazdy manewrowe do pracy w zakładach naprawczych z obsługą maszynisty	Kategoria VI Pojazdy manewrowe do pracy w zakładach naprawczych zdalnie sterowane
Vmax [km/h]	100-160	70-100		Do 60	Do 25	Do 15
Siła pociągowa [kN]	300-400	200-280	100-230	50-100	70-150	15-55
Sposób zasilania napędu (rodzaj silnika)	Spalinowy/ Hybrydowy	Spalinowy/ Hybrydowy/ Wodór	Spalinowy/ Hybrydowy/ Wodór	Spalinowy/ Akumulatorowy/ Wodór	Spalinowy/ Akumulatorowy	Akumulatorowy
Moc [kW]	800-1000	550-800	400-600	250-400	30—Akumulatorowy 100-300—Spalinowy	7,5-12
Długość [m]	17-18	13-15	13-15	7-12	2-6	2-3
Masa pojazdu [t]	80-120	70-80	70-75	30-60	15-45	4-5
Rodzaj przekładni	Elektryczna/ Hydrauliczna	Elektryczna/ Hydrauliczna	Elektryczna/ Hydrauliczna	Elektryczna/ Hydrauliczna	Elektryczna	Elektryczna
Przykłady	SM31, S200, TEM2 (PL—SM48), CZ Loko Effishunter 1000	SM42, 6Dg, T448p, 6Dn, CZ Loko Effishunter 600	SM42, Effishunter 600	SM60 (CZ Loko effishunter 300), Vossloh G6, 401Da	Zephir Lok Line, Zephir Lok rail only line, Zephir Crab, LEW E16	Zephir Crab, Zephir Kubo Line
Układ Osi	Co'Co', Bo'Bo'	Bo'Bo'	Bo'Bo'	C, Bo	Bo	Bo
Rodzaj Wykonywanej pracy	Praca na szlakach rozrządowych Zestawianie ciężkich pociągów towarowych i prowadzenie pociągów towarowych w szlakach rozrządowych	Prowadzenie pociągów zdawczych Przetaczanie wagonów wewnątrz stacji	Formowanie składów pasażerskich Prowadzenie podryłów między stacjami postojowymi	Prowadzenie lekkich pociągów manewrowych Zestawianie składów pasażerskich		Praca wewnątrz zakładów naprawczych

Ostatnie dwie grupy podziału lokomotyw manewrowych tj. grupę V i VI stanowią pojazdy realizujące pracę wewnątrz zakładową, przy czym do grupy nr 6 zalicza się najłżejsze pojazdy zasilane akumulatorowo o mocy poniżej 30 kW, których bardzo

dobrym reprezentantem może być np. pojazd Zephir Crab. o ile podział lokomotyw manewrowych w grupach I÷IV ma charakter arbitralny i bierze pod uwagę głównie rodzaj wykonywanej pracy eksploatacyjnej to już rozdzielanie tych typów pojazdów z lekkimi pojazdami akumulatorowymi realizującymi zadania wewnątrz zakładowe jest oczywiste i konieczne dla dalszych prac związanych z tego typu pojazdami.

#### **4. Wnioski i kierunki dalszych prac**

Wykazana znaczna różnorodność pojazdów określanych jednym mianem lokomotyw manewrowych wskazuje na celowość wprowadzenia dodatkowej systematyki wewnętrznego podziału tej znacznej grupy pojazdów trakcyjnych m.in. według wykonywanej pracy eksploatacyjnej. Proponowany przez autorów publikacji podział na głównych 6 grup tych pojazdów pozwala w dalszym etapie prac na skupienie się na parametrach i właściwościach eksploatacyjnej poszczególnych grup pojazdów i daje możliwość ich optymalizacji również z uwzględnieniem minimalizacji kosztów eksploatacji i niekorzystnego wpływu na środowisko naturalne. Konieczność podziału lokomotyw manewrowych na węższe grupy wg ich zastosowania widoczne jest coraz częściej w specjalizacji różnych firm produkujących tabor oraz w proponowanych przez niektórych producentów lokomotyw rozwiązaniach modułowych [11].

Publikacja stanowi podstawę do dalszych prac ukierunkowanych na wyznaczenie zoptymalizowanych cech eksploatacyjnych wybranych grup lokomotyw manewrowych.

#### **Literatura**

- [1] Deleplanque, S., Hosteins, P., Pellegrini, P., Rodriguez, J.: Train management in freight shunting yards: Formalisation and literature review. IET Intell. Transp. Syst. 1–20 (2022). <https://doi.org/10.1049/itr2.12216>.
- [2] Caprara, A., Kroon, L., Toth, P.: Optimization problems in passenger railway systems. Wiley Encyclopedia of Operations Research and Management Science, pp. 3896–3905. Wiley, New York (2010)
- [3] Boysen, N., Fliedner, M., Jaehn, F., Pesch, E.: a survey on container processing in railway yards. Transp. Sci. 47(3), 312–329 (2013)
- [4] Bohlin, M., Gestrelus, S., Dahms, F., Mihalák, M., Flier, H.: Optimization methods for multistage freight train formation. Transp. Sci. 50(3), 823–840 (2016).
- [5] Kuznetsov, V., Lyubarskyi, B., Kardas-Cinal, E., Yeritsyan, B., Riabov, I., Rubanik, I., Archives of Transport, 56(4), 119-133, 2020.

- [6] A. Falendysh, A. Zinkivskiy, N. Bragin, Research of improved mathematical models at operational tests of diesel locomotives. TEKA. COMMISSION OF MOTORIZATION AND ENERGETICS IN AGRICULTURE - 2014, Vol. 14, No.1, 18-27
- [7] Maciej Szkoda, Artur Tułcecki „Analiza efektywności modernizacji lokomotywy manewrowej serii SM42” (2011), Prawo i finanse, Technika Transportu Szynowego, 1-2/2011.
- [8] Marek Czarnecki, Tadeusz Wolfram „Dobór nowoczesnego taboru do warunków kolei w Polsce”. Analizy, Technika Transportu Szynowego 7-8/2006.
- [9] Zygmunt Marciniak „Doposażenie, remotoryzacja oraz modernizacja liniowych i manewrowych lokomotyw spalinowych w PESA Bydgoszcz S.A.”, Technika Transportu Szynowego 4-5/2009.
- [10] Marek Babeł, Bartosz Szachniewicz „Modernizacja spalinowej lokomotywy manewrowej serii SM31” Technika Transportu Szynowego 4/2012.
- [11] Jarosław Czerwiński, Zygmunt Marciniak „Modułowe konstrukcje jedno- i dwukabinowych lokomotyw elektrycznych i spalinowych” (2014).

## URZĄDZENIA ASDEK JAKO SPOSÓB NA PODNIESIENIE BEZPIECZEŃSTWA JAZDY POCIĄGÓW

inż. Patrycja Giza

*Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki*

Bezpieczeństwo w transporcie kolejowym jest jednym z kluczowych elementów, który wpływa na ochronę życia oraz zdrowia podróżnych oraz personelu kolejowego. z tego powodu powstało wiele systemów oraz urządzeń, które mają za zadanie zapewnić maksymalne bezpieczeństwo na trasach kolejowych. Jednym z nich są urządzenia ASDEK, które są stosowane na polskich torach kolejowych. w tym artykule przedstawiona została funkcjonalność urządzeń ASDEK, praktyczna strona ich zastosowania, ewolucja tych urządzeń oraz propozycja potencjalnych kierunków rozwoju.

Podczas eksploatacji taboru wystąpić mogą różnego typu niesprawności, które negatywnie wpływają na infrastrukturę i bezpieczeństwo przewozów. Powszechnym urządzeniem detekcji stanów awarii taboru jest urządzenie ASDEK. Rozwój systemów automatycznie diagnozujących stany taboru rozpoczął się w latach 80. XX wieku. Pierwszy system, produkcji szwajcarskiej, służył do wykrywania płaskich miejsc na powierzchniach tocnych kół. Pierwsze urządzenia miały poważną wadę, wymagały cięcia toków szynowych, w których były lokalizowane, a także ich utrzymanie było wymagające i kosztowne z racji częstego szlifowania i wymian. Pierwszy ASDEK, tj. Automatyczny System Detekcji Kół, skonstruowany został na początku lat 90. XX wieku przez naukowców z Politechniki Gdańskiej. Ten system nie posiadał wad systemu szwajcarskiego, a jego testy wykonano na magistrali węglowej. Urządzenie również badało deformacje bieżni kół. Pomiar był automatyczny, a wyniki przesyłane do dyżurnych ruchu. Wydział, który opracował ASDEK przekształcił się w spółkę TENS, która opracowuje kolejne generacje urządzeń. Siedziba spółki znajduje się w Sopocie.

ASDEK jest to nowoczesne urządzenie, które pozwala na wczesne wykrycie niesprawności, co umożliwia bezpieczne przewozy oraz zmniejsza koszty związane z utrzymaniem infrastruktury, a co za tym idzie zwiększona zostaje żywotność elementów takich jak szyny. Urządzenia ASDEK składają się z:

- zespołu torowego, który obejmuje urządzenia pomiarowe i czujniki zainstalowane w torze;

- zespołu bazowego, którego zadaniem jest pomiar i analiza danych pochodzących z czujników przytorowych, ma postać układów elektronicznych umieszczonych w skrzynce w pobliżu toru;
- zespołu terminalowego, który przetwarza i archiwizuje dane pomiarowe i przedstawia wyniki z wykorzystaniem zestawu komputerowego i drukarki.



Rys. 2. Urządzenie ASDEK w warunkach terenowych. [6]

Rys. 1 przedstawia urządzenie ASDEK wykonujące pomiar stanu taboru pociągu towarowego znajdującego się w ruchu. Obok torów znajduje się „szafa” z układami elektronicznymi, analizująca dane z wykonywanego pomiaru. Zespół terminalowy znajduje się w Lokalnych Centrach Sterowania Ruchem i nastawniach, gdzie przetwarzane są wyniki z zestawów bazowych. Urządzenia ASDEK są projektowane w sposób umożliwiający integrację z istniejącymi systemami prowadzenia ruchu oraz łączone są siecią informatyczną.





Rys. 3 Część torowa ASDEK [5]

Na rys. 2 widoczny jest zespół torowy, który dokonuje pomiarów pod pociągiem. Pomiary wykonywane są bezkontaktowo.

Funkcją urządzeń ASDEK jest wykrywanie niesprawności układów biegowych taboru [1]:

1. zgrzanych łożysk osiowych (tzw. „gorące maźnice”) – GM;
2. zgrzanych hamulców (tzw. „gorące hamulce”) – GH;
3. deformacji bieżni kół pojazdów szynowych – PM;
4. obciążenia koła – OK.

Funkcja GM wykrywająca zgrzane łożyska osiowe w pomiarach wykorzystuje radiację termiczną. w urządzeniach ASDEK stosowane są głównie detektory wielowiązkowe, dla których powierzchnia pomiarowa jest w zakresie od 80 do 130 mm. Przez wrażliwość na promieniowanie słoneczne, które może zakłócić pomiar, czujniki zabezpiecza się wykorzystując filtracje zakłóceń lub zmianę pozycji czujnika w torze. Sam pomiar wykonywany jest dla prędkości od 3 do 250 km/h. Czujniki zgrzanych łożysk osiowych mocowane są do szyn lub podkładów lub mogą być umieszczone wewnątrz podkładów. Gorące maźnice są wykrywane w zakresie temperatur od -50 do 120°C, a dokładność pomiaru, różna w zależności od zakresu temperatury, wynosi średnio 5°C. Temperaturą odniesienia (bazową) podczas pomiaru jest temperatura otoczenia lub temperatura pudła wagonu.

Dla funkcji GM przewidziano w Standardach Technicznych [1] trzy progi przekroczenia temperatury, dla których podejmuje się różne kroki bezpieczeństwa:



- ostrzeżenie (OSTR) – w sytuacji, gdy temperatura łożyska przekroczy 60°C powyżej bazowej temperatury;
- alarm (STOP) – w sytuacji, gdy temperatura łożyska przekroczy 72°C powyżej bazowej temperatury;
- Alarm (STOP [L] [P]) – w sytuacji, gdy różnica temperatur między łożyskiem lewym a prawym przekroczy 48°C.

W przypadku stanu OSTR dyżurny ruchu zawiadamia prowadzącego pojazd kolejowy o rodzaju uszkodzenia i jego lokalizacji, by na najbliższej stacji wykonane zostały oględziny wskazanej przez dyżurnego osi. z kolei w przypadku stanu alarmowego STOP, prowadzący pojazd powinien zatrzymać uszkodzony pojazd i natychmiast dokonać szczegółowych oględzin wskazanej przez dyżurnego osi. w przypadku stwierdzenia usterki i konieczności wyłączenia pociągu, prowadzący pociąg decyduje, czy możliwe jest doprowadzenie pociągu do najbliższej stacji z zachowaniem procedur bezpieczeństwa ruchu zawartych w Ir-1.

Funkcja gorących hamulców GH, tak samo jak GM, wykorzystuje czujniki radiacji cieplnej z zastosowaniem detektorów wielowiązkowych. Zakres dopuszczalnych prędkości pociągu, dla którego wykonany będzie pomiar również wynosi od 3 do 250 km/h. Podczas pomiaru czujniki obserwują obrzeże kół wagonów z klockami hamulcowymi i tarcze hamulcowe. Wynik pomiaru wskazuje temperaturę i element którego dotyczy – obrzeża koła czy tarczy hamulcowej. Czujniki mogą być montowane zarówno po zewnętrznej, jak i po wewnętrznej stronie toków szynowych. Temperaturą odniesienia dla tej funkcji również będzie temperatura otoczenia lub pudła wagonu. Czujniki gorących hamulców wykrywają temperaturę od 100 do nawet 500°C.

Dla funkcji GH przewidziano dwa progi przekroczenia temperatury:

- ostrzeżenie (OSTR), gdy temperatura w miejscu pomiaru przekroczy 200°C;
- alarm (STOP), gdy temperatura w miejscu pomiaru przekroczy 300°C.

Postępowanie w przypadku wykrycia przekroczenia temperatury obrzeża kół lub tarczy hamulcowej, po którym, w zależności od wskazanej temperatury pojawił się stan ostrzegawczy lub alarmujący jest takie same jak w wyżej opisanej funkcji zgrzanych łożysk osiowych.

Deformacja bieżni kół oceniana jest przeważnie na podstawie długości płaskiego miejsca koła (PM) oraz na podstawie przeciążeń dynamicznych (PD). Proces pomiaru w urządzeniach ASDEK odbywa się na podstawie czasu oderwania koła od szyny,

prędkości pociągu i nacisku na oś. Pomiar może być dokonywany w zakresie prędkości od 20 do 250 km/h. Deformacja określana jest za pomocą przeciążenia dynamicznego wyrażonego w kN. Dokładność pomiaru przeciążenia wynosi 20 kN.

Dla pomiaru przeciążeń dynamicznych (PD) przewidziano dwa progi:

- próg pomiarowy OSTR – dla sytuacji, gdy przeciążenie dynamiczne przekroczy 200 kN;
- próg pomiarowy STOP – dla sytuacji gdy przeciążenia dynamiczne przekroczy 300 kN.

W przypadku wykrycia stanu ostrzegawczego OSTR przeciążenia dynamicznego, dyżurny ruchu powiadamia prowadzącego pociąg o rodzaju przekroczenia i jego lokalizacji. Natomiast w przypadku wystąpienia stanu granicznego, po otrzymaniu informacji od dyżurnego ruchu, dokonywane są oględziny techniczne na najbliższej stacji. Po stwierdzeniu usterki przekraczającej ustalone granice, konieczne jest wyłączenie pociągu z ruchu.

Funkcja OK (obciążenie koła) sprawdza naciski osi całego pojazdu znajdującego się w ruchu. Obciążenie może być mierzone jako nacisk osi (NO) lub obciążenie na metr bieżący toru (NL). Zakres pomiaru zależy od wykorzystywanej przez producenta technologii.

Progi pomiarowe dla funkcji OK:

- wykrywanie nacisków osiowych – stan graniczny (GRAN) – nacisk osiowy na tor przekracza 5% przyjętej wartości nacisku na danej klasie linii;
- wykrywanie nacisków liniowych – stan graniczny (GRAN) – nacisk liniowy na metr bieżący toru przekracza 5% przyjętej wartości nacisku na danej klasie linii.

Progi GRAN są aktualizowane i dostosowane do obowiązujących wartości.

W przypadku wystąpienia stanu GRAN (jednego z powyższych), dyżurny przekazuje informacje prowadzącemu pociąg o rodzaju przekroczenia oraz jego lokalizacji, a także zaleca kontynuowanie jazdy do wskazanego miejsca zatrzymania. Tam następuje przygotowanie pociągu do dalszej jazdy, tak aby nie przekraczał dopuszczalnych nacisków.

Urządzenia ASDEK lokalizowane są w zależności od typu linii i dopuszczalnej prędkości maksymalnej. w zależności od funkcji zalecane są różne odległości między urządzeniami, co przedstawione zostało w tab. [1].

Tab. 1 Rozmieszczenie urządzeń detekcji stanów awaryjnych taboru.  
Źródło: opracowanie własne na podstawie [1]

Prędkość na linii	Funkcja GM, GH	Funkcja PM (PD)	Funkcja OK
Powyżej 200 km/h	co 30 km	co 100 km	na początku i na końcu linii
120 – 200 km/h	co 40 km	co 130 km	na początku i na końcu linii
100 – 120 km/h	co 50 km	na początku, końcu i środku linii	na początku i na końcu linii
60 – 100 km/h	co 80 km	-	-
< 60 km/h	-	-	-

Z tab. 1 wynika, że najistotniejszą funkcją urządzeń ASDEK są funkcje wykrywające gorące łożyska zestawów kołowych oraz gorące hamulce. Dla linii dużych prędkości w Polsce (uznawanych od prędkości 200 km/h [3]), pomiary GM i GH zaleca się wykonywać co 30 km. Funkcji PM stosuje się dla prędkości powyżej 100 km/h. Funkcja sprawdzająca naciski na oś jest opcjonalna, wykorzystywana głównie na początkach i końcach linii. Dla kategorii linii charakteryzujących się niską prędkością, pomiary albo nie są wykonywane albo wykonuje się w zależności od potrzeb eksploatacyjnych, a także od natężenia ruchu. Dla rozmieszczenia urządzeń dopuszczalne są odchyłki odległości, wartości z tabeli nie są wartościami sztywnymi. Przyczyną odchyłek są uwarunkowania lokalne poszczególnych linii.

Właściwa lokalizacja urządzeń uniemożliwia wjazd niesprawnego taboru na linię, a także daje możliwość wyłączenia niesprawnego taboru ze szlaku w przypadku pojawienia się alarmu. Ponadto urządzenia są ułatwieniem w pracy rewidentów taboru, dzięki dokładnemu wskazaniu miejsca uszkodzenia, niesprawności.

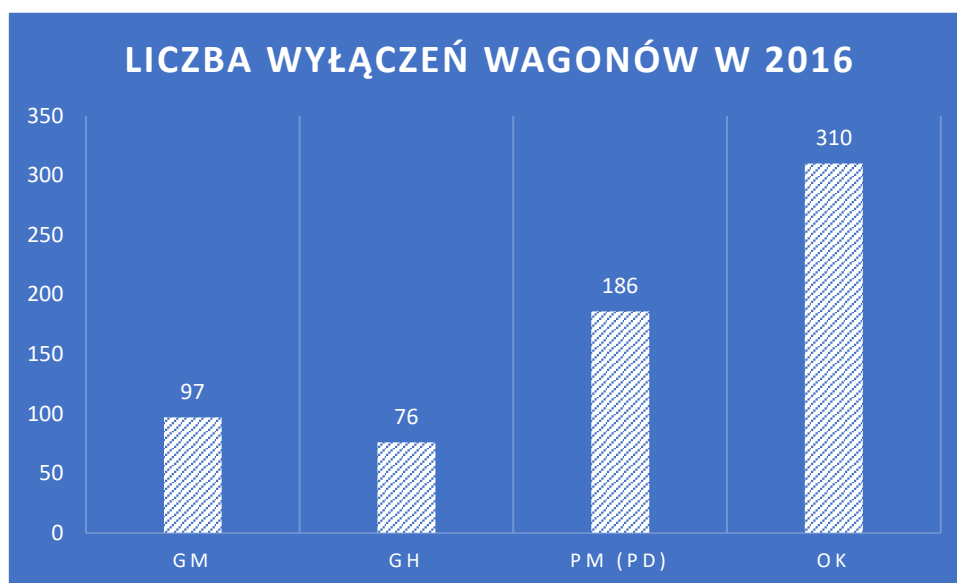
Urządzenia detekcji stanów awaryjnych taboru instalowane są na głównych liniach kolejowych w Polsce, np. na linii E30 Węgrzynie – Wrocław – Kraków – Medyka. System instalowany jest ok. 10-20 km przed ważnymi stacjami. Liczba urządzeń na polskich torach systematycznie rośnie. w 2018 roku było zamontowanych 213 urządzeń, które wykonały diagnozę dla ponad 200 tys. pociągów. w 2020 roku do eksploatacji oddano kolejne 15 urządzeń [6].

Z powodu braku dostępu do aktualnych danych z pomiarów, w tab. 2 przedstawione zostały wskazania przekroczeń stanów, które wykryły urządzenia w 2016 roku, a także ilość wagonów, które w rezultacie zostały wyłączone.

Tab. 2 Wskazania i wyłączenia wagonów w 2016 r.  
Źródło: opracowanie własne na podstawie [4]

Funkcja	Liczba wskazań	Ilość wyłączonych wagonów
GM	205	97
GH	849	76
PM (PD)	1666	186
OK	385	310

Z tab. 2 wynika, że najczęstszym stanem awaryjnym taboru jest wystąpienie płaskich miejsc zestawów kołowych oraz przeciążeń dynamicznych. Jednak z tego powodu wyłączonych zostaje tylko 11% spośród wskazanych wagonów. Najbardziej wskazywanym stanem awaryjnym taboru są gorące osie ale jest to awaria z powodu której wyłącza się niemal 50% wagonów. Dużym stosunkiem wyłączeń do wskazań charakteryzuje się wykrycie przeciążeń nacisków osi. w tym przypadku wyłączanych było 80% wagonów.



Rys. 4 Wyłączenia wagonów w zależności od funkcji. [4]

Wykres na rys. [3] jest porównaniem liczby wyłączeń wagonów ze względu na funkcję urządzeń ASDEK. Mimo, że pomiary nacisków na oś wykonuje się głównie na początkach i końcach linii, to jest to awaria, w wyniku której wyłączone zostało najwięcej jednostek

taboru. Częstym powodem wyłączeń są płaskie miejsca, z kolei najmniej wyłączeń następuje z powodu gorących hamulców, mimo, że liczba ich wskazań jest ponad 2 razy większa niż nacisków na oś.

Proponowanym kierunkiem rozwoju w aspekcie urządzeń detekcji stanów awaryjnych taboru jest zwiększanie ich liczby na polskich torach. Te urządzenia są coraz bardziej potrzebne w związku z redukcją posterunków ruchu, drózników przejazdowych i posterunków rewidentckich. Także istotnym powodem jest rosnąca prędkość pociągów na liniach, co oznacza, że niebezpieczeństwo pojawienia się awarii taboru może nieść za sobą poważniejsze skutki. Proponowaną szansą dla zwiększenia efektywności pracy urządzeń ASDEK może być zastosowanie sztucznej inteligencji (AI) i uczenia maszynowego w wykrywaniu i diagnozowaniu problemów taboru kolejowego. Systemy wykorzystujące AI mogą analizować duże ilości danych z czujników i innych źródeł, aby wykryć wzorce i zidentyfikować potencjalne problemy.

Podsumowując, aby zwiększać bezpieczeństwo przewozów w transporcie kolejowym konieczne jest wykorzystywanie urządzeń diagnozujących tabor i wykrywających usterki i awarie. Kluczowa jest także odpowiednio szybka reakcja na pojawiające się awarie. Urządzenia ASDEK posiadają funkcje wykrywania takich stanów awaryjnych jak zgrzane łożyska osiowe, zgrzane hamulce, deformacje kół oraz przeciążone naciski osiowe lub liniowe. Liczba urządzeń ASDEK systematycznie wzrasta na polskich torach. Rocznie z powodu wykryć wymienionych stanów awaryjnych wiele wagonów zostaje wyłączonych, co prawdopodobnie zapobiega wystąpieniu zdarzeń kolejowych, a także wpływa na mniejsze zużycie infrastruktury liniowej.

#### **Literatura:**

- [1] Standardy Techniczne - szczegółowe warunki techniczne dla modernizacji lub budowy linii kolejowych do prędkości  $V_{max} \leq 250$  km/h - Tom VIII, Detekcja Stanów Awaryjnych Taboru
- [2] Ie-3, Wytyczne techniczno-eksploatacyjne urządzeń do wykrywania stanów awaryjnych taboru, Warszawa 2005
- [3] Dyrektywa Rady 96/48/WE z dnia 23 lipca 1996 r. w sprawie interoperacyjności transeuropejskiego systemu kolei dużych prędkości
- [4] Mielczarek D. „Detekcja stanów awaryjnych taboru dSAT wsparciem w pracy eksploatacyjnej rewidentów taboru kolejowego, Zeszyty Naukowe Politechniki Łódzkiej, nr 1220, 2017

- [5] <http://tens.pl/articles/173/n/5> [data odczytu: 15.04.2023]
- [6] <https://www.rynek-kolejowy.pl/mobile/systemy-detekcji-stanow-awaryjnych-taboru-z-rodziny-asdek-na-polskich-torach-101852.html> [data odczytu: 12.04.2023]




# PLAKATY


# UKŁAD HAMULCOWY W WSPÓŁCZESNYCH POJAZDACH SZYNOWYCH

inż. Krzysztof Borowczyk

Studenckie Koło Naukowe Transport, Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki




Politechnika Krakowska  
Wydział Mechaniczny



KPSiT  
Katedra Pojazdów Szynowych  
i Transportu

## UKŁAD HAMULCOWY W WSPÓŁCZESNYCH POJAZDACH SZYNOWYCH

inż. Krzysztof Borowczyk  
Studenckie Koło Naukowe Transport,  
Politechnika Krakowska

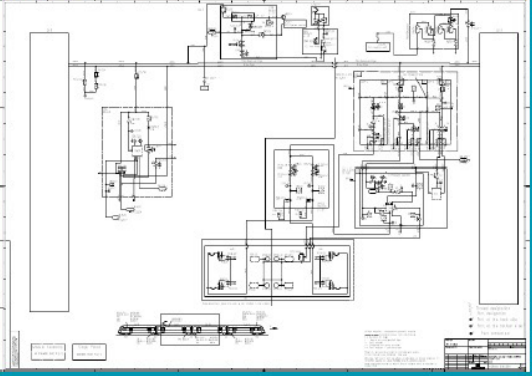


Koło Naukowe "TRANSPORT"  
Katedra Pojazdów Szynowych i Transportu  
Politechniki Krakowskiej

**UKŁAD hamulcowy w współczesnych pojazdach szynowych to jeden z najważniejszych systemów odpowiedzialnych za bezpieczeństwo podczas jazdy pojazdu. Odpowiada za bezpieczne zatrzymanie pojazdu podczas normalnej jazdy oraz w sytuacjach awaryjnych. Takie sytuacje wymagają od systemów hamulcowych niezawodności i bezawaryjności [1].**


**UKŁADY hamulcowe stosowane w nowoczesnych pojazdach szynowych:**

- Hamulec pneumatyczny,
- Hamulec elektrodynamiczny,
- Hamulec elektropneumatyczny.




Rysunek 1 - schemat układu pneumatycznego elektrycznego pojazdu trakcyjnego


**Najważniejszymi elementami układu hamulcowego w współczesnych pojazdach szynowych są; Przewód Zasilający, Przewód Główny, Sprężarki powietrza, Zbiorniki Powietrza, Elementy Hamulca Ciernego Tarczowego, Sprężyna Pneumatyczna w pojazdach EZT, Piasecznica, Wskaźniki Stanu Zahamowania Pojazdu Szynowego, Hamulec Szynowy, Hamulec elektrodynamiczny, Elementy Układu sterowania Hamulcem elektropneumatycznym.**



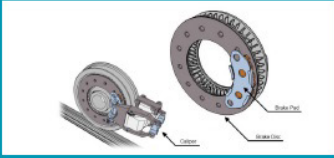
Rysunek 2 - Tablica hamulcowa Siemens Vectron - fotografia własna



Rysunek 3 - Wskaźniki zahamowania. - fotografia własna



Rysunek 4 - Piasecznica - fotografia własna



Rysunek 5 - schemat układu hamulcowego tarczowego

**Akty normatywne dotyczące układów hamulcowych regulują budowę i zadania jakie układ hamulcowy w współczesnych pojazdach musi spełniać. Układ hamulcowe są regulowane następującymi normami:**

- Karta UIC
- Normy TSI

**Literatura:**

Krajki:

[1] T. Pechowicki, Hamulce Pojazdów Szynowych, Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej, Poznań 2012.  
Źródło Internetowe:  
[2] <https://www.transportszynowy.pl/Kolej/kolhamulceed>  
Normy:  
[3] Norma ISO 1219-1,  
[4] Norma DIN 2559,  
[5] Karta UIC 541-5: Hamulce, Elektropneumatyczne hamulce (ep-hamulce), Elektropneumatyczne mocowanie hamulca bezpieczeństwa.  
[6] Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2008/57/WE z 17 czerwca 2008 roku w sprawie Interoperacyjności systemu kolei we Wspólnocie



# TRANSPORT KOLEJOWY W OBLICZU WYBRANYCH KRYZYSÓW XXI WIEKU

**Marcin Robert Czubaszek**  
Politechnika Białostocka

## Transport kolejowy w obliczu wybranych kryzysów XXI wieku

**Marcin Robert Czubaszek**  
Politechnika Białostocka

Cel: analiza stopnia odporności kolei na wybrane kryzysy, dotyczące różnych dziedzin oraz w zróżnicowany sposób wpływających na działanie transportu i całokształt działań społeczeństwa

### Kryzys klimatyczny

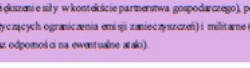
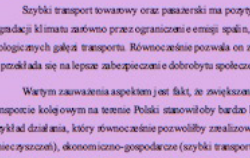
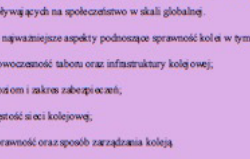
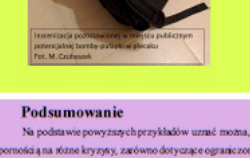
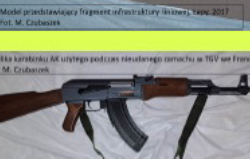
Zmiany klimatu spowodowane działalnością człowieka stanowią poważny, globalny, rosnący i narastający problem (un.org).

Wydany w roku 2018 raport IPCC przedstawia z kolei wpływ wzrostu temperatury o 1,5 stopnia Celsjusa, skutkuje także przewidywanymi długofalowymi skutkami takimi jak susze, powodnie, oraz zmniejszenie zasobu występowania 6% owadów, 8% roślin i 4% kręgowców pod koniec lat 2030, a w niektórych regionach w skrajnych przypadkach 10% gatunków zwierząt. Za szczególnie narażone uznaje się obszary, na których występują organizmy o wysokim stopniu przystosowania, takich jak tundra (ipcc.ch).

W roku 2019 Parlament Unii Europejskiej, po konferencji ONZ w Madrycie, ogłosił deklarację kryzysu dotyczącego klimatu oraz środowiska naturalnego, dotyczącego całego świata (europarl.europa.eu).

Transport kolejowy uznawany jest za najbardziej ekologiczny spośród środków transportu, generując znacznie mniejsze ilości CO<sub>2</sub> i od innych gałęzi. W Europie jest to 0,4% całkowitej emisji przypadającej na działalność związaną z przepływem dóbr i ludzi. Jest to równocześnie trzykrotnie mniej i znacząco mniej przypadających na pasażera w porównaniu z samolotami oraz ośmiokrotnie mniej w porównaniu z samochodami. Kolejnym ważnym aspektem ukazującym pozytywny wpływ kolei jest fakt, że jako jedna forma od roku 1990 zmniejszyła ona ilość emisji węgla i spalin. W skrócie: modernizacja kolei, w tym budowa nowych linii kolejowych i modernizacja infrastruktury. Obecnie rosnąca się duża skala małych i dużych zmian, takich jak: modernizacja i rozbudowa infrastruktury kolejowej, nowe technologie, zwiększenie efektywności i kosztów. W tym celu wykorzystuje się także nowe technologie, takie jak: sztuczna inteligencja, big data, sztuczna inteligencja i sztuczna inteligencja, które umożliwiają lepsze zarządzanie siecią kolejową i zwiększenie jej odporności na zmiany klimatu.

Również w Polsce kolej stanowi awangardę w kontekście prośrodowiskowych działań w transporcie. W szczególności dotyczy to spółki PKP Intercity, której 85% taboru jest zelektryfikowany. Ponadto nowe konstrukcje pociągów takie jak Pendolino, Pendolino, Pendolino i FlixBus opracowane zgodnie z zasadami zrównowagowanego rozwoju poprzez zastosowanie w nich materiałów nadających się do recyklingu. Spółka dba również o edukację w zakresie działań prośrodowiskowych na każdym etapie podróży, przedstawiając za przykład dobre praktyki jak ograniczenie ogrzewania domu na czas wyjazdu, zmniejszenie objętości śmieci czy korzystanie z rowerów, który można przewozić pod nogami. Ponadto do konserwacji i naprawy pojazdów używa się środków zgodnych z surowymi normami, prowadzone są także inwestycje w modernizację taboru, lokomotyw serii SMSU42 wyposażone w silniki o zamkniętej budowie i wentylacji oraz bezemisyjne silniki pomocnicze, natomiast w wagonach restauracyjnych WARS wprowadzono opakowania z tworzywa sztucznego o zamkniętej budowie (www.intercity.pl).



### Kanal Sueski

Dnia 23 marca 2021 doszło do nieprawdopodobnego zdarzenia, jakim było zablokowanie Kanalu Sueskiego przez zepchnięcie do ściany w czasie burzy pasażerki cztery szesnastometrowe frachtowce „Ever Given” należącej do największego „Evergreen”. Spowodowało to wstrzymanie ruchu w obie strony, zmuszając do postoju ponad czterysta jednostek pływających, w tym frachtowców, tankowców i górników. Następnego dnia odnotowano sześcioprocentowy wzrost cen ropy oraz gazu ziemnego. W początkowych przewidywaniach mówiono nawet o kilkunastotygodniowym okresie pracujących na oleju przyzwyczajonym do Kanalu (Kul 2021). Ostatecznie udało się to wykonać w okresie krótszym, dnia 29 marca (businessinsider.com.pl, 2021). Zdarzenia te jednak, wraz z innymi takimi jak pogotawiają się sytuacja spowodowana pandemią Covid-19, świadczą o ryzyku związanym z opóźnieniem transportu w jednym sposobie, który może doprowadzić do negatywnych, przypadkowych przestępstw.

Na skutek blokady Kanalu Sueskiego o pięćdziesiąt procent wzrosła liczba przewoźników między Chinami a Europą. Należy tu zwrócić uwagę na wspomnianą kwestię czasu podróży, który drogą śródlądową jest ponad dwukrotnie krótszy. Jednym z najbardziej wyczekiwanych, a przy tym znaczących dla polskiej gospodarki, przykładów jest kwatera Nowego Jedwabnego Szlaku, przechodzącego również przez Polskę. Pokonanie trasy z Chin do Europy zajmie w składowym towarowym około dwóch tygodni lub krócej, natomiast w przypadku statku byłoby to ponad miesiąc żeglugi. Z perspektywy RP ważnym aspektem jest również Ręgon. Przelądankowy Małachowice, gdzie przewidziano 90% przewozów. Z tego właśnie powodu planowane są znaczne inwestycje w tym regionie obejmujące kompleksową modernizację, rozbudowę oraz utworzenie na powierzchni około trzystu hektarów kilometrów kwadratowych Parku Logistycznego Małachowice, co ma w konsekwencji czterokrotnie zwiększyć przepustowość (cargozone.com).

### Wojna na Ukrainie

Ukraińska przegrana w wojnie z Rosją w roku 2022, która stanowi element oraz eskalację konfliktu rozpoznającego się w Krynin, sprzeciwił się w 2014, posiadał a stosunkowo nowoczesną, zmniejszając liczbę kolejową, zarówno pod względem infrastruktury, jak i taboru. Jest to w dużej mierze zaletą za wojnę trwającą 700 milionów euro w w galaz transportu spowodowanego braku transportu w Europie w górze notują w roku 2012. Równocześnie należy zauważyć, że mimo dużego poziomu transportu kolejowego, tylko niewielka część stanowiła drogę w stosunku do transportu samochodowego oraz przystosowane do przewozu ciężkich ładunków. Siła kolejowa liczyła około 22 tysięcy kilometrów, zaś liczba pasażerów przekraczała 210 tysięcy (Lanchan 2022).

Już pierwsze tygodnie wojny pokazały znaczną odporność ukraińskiej kolei na ataki oraz pozwoliły przypuszczać, że odgrasa ona niebezpieczeństwo w konflikcie. Kolejne miesiące jednoznacznie to potwierdziły, czyniąc z „Ukrainy” przykładem przebiegłości kolejącej, głównie ogólnopolskiej wojny logistyki. Do jej zadani należy transport żywności, leków, pomocy humanitarnej oraz żołnierzy w kierunku obszarów objętych walkami oraz ewakuowanie osób cywilnych z gór obozów zagrożonych atakami lub porażkami. Równocześnie o blokadzie portu w Odessie, na kolej spadła główna odpowiedzialność za dysparki towarowe ze spółek sąsiadujących z tym portem (Lanchan 2022). Nie należy pomijać również faktów, że w porównaniu do Kijowa oraz innych miast spotykał jącha przedmiotami do władzy rządzących państw w tym samym czasie z zastraszonymi przez Rosję krajami, w tym przywódca Stanów Zjednoczonych Ameryki Joe Biden (Cichowicz 2023), sekretarz stanu Antony Blinken, przewodnicząca Komisji Europejskiej Ursula von der Leyen oraz lider niemieckiej opozycji Friedrich Merz (Lanchan 2022).

Jedną z głównych przyczyn odporności ukraińskiej kolei jest gestybić wypracowany w wojnie zniszczenia lub uszkodzenia fragmentów infrastruktury i taboru i eksploatację tras zastępczą. Równocześnie, oczywiście przy koordynacji, na stabilność i niezawisłość, pomiarowo dużą decyzję kierownictwa konkretnych odcinków, którzy mogą podejmować działania bez oczekiwanego na zgodę rządu (Lanchan 2022).

Również system naprawy został maksymalnie odrobnowiany. W opowie Aleksandra Petrowa, który zniżył liczbę pociągów pasażerskich „Ukrainy”, niektóre odcinki są już przywrócić do sprawności w czasie kilku godzin. Przewidywano, że działania w kierunku wojennym otrzymała także Europa dzięki Nagrodzie Kolejowej roku 2021 (Cisowski 2023).



### Światowy terroryzm

Za symboliczny początek ataków w światowego lub globalnego terroryzmu uznaje się datę zamachu na World Trade Centre dnia 11 września 2001 roku (Kul 2018, s. 211). Rząd Stanów Zjednoczonych zareagował na to zdarzenie wypowiedzią tak zwaną światową wojnę z terroryzmem (georgewebshillary.gov).

Należy zauważyć, że transport kolejowy, w szczególności pasażerski, stanowi dogodny cel dla zamachowców (Kryczka 2017). Przed wszystkim charakteryzuje się dużą gęstością, maksymalnym wygodnym oraz przyjemnym dla pasażera, co prowadzi do niemożności wprowadzenia dodatkowych, drobiazgowych kontroli jak ma to miejsce w przypadku samolotów. Wzrost liczby ataków w tym celu pociągów zdecydowanie mniejszy niż w przypadku samolotów. Wzrost liczby ataków w tym celu pociągów zdecydowanie mniejszy niż w przypadku samolotów. Wzrost liczby ataków w tym celu pociągów zdecydowanie mniejszy niż w przypadku samolotów.

Ważnym jest również zauważyć, że kolej to zarówno infrastruktura liniowa, czego trudniej lub nawet niemożliwość do nadzorowania, jak i punktową. W obu tych przypadkach możliwe jest dokonanie ataku, który w praktyce pociągowej by sobą wiele ofiar oraz doprowadził do poważnych przestępstw, a przede wszystkim o bieżący poziom zaufania do tej formy transportu oraz zwiększył społeczne poczucie zagrożenia.

Wśród aspektów środków, po które sięgnąć mogą terroryści należą także działania i wyznaczenie systemu informacyjnego zarządzające stanami i ruchem pociągów, co doprowadzić może do sparaliżowania ruchu lub zniszczenia dwóch składów na skutek wyłączenia zabezpieczeń. Podobny efekt osiągnęły także przetrzymujące w bezpośredni sposób kontrole nad pociągami. Inną wyznaczoną możliwością jest atak na przebieganie kolejowym przy użyciu ciężkiego pojazdu (Kul 2018, s. 211-217). Warto nadmienić, że wykorzystany może być do tego zarówno samochód wypełniony ładunkiem wybuchowym, jak i ciężarówka przewożąca ciężkie materiały (np. elementy betonowe, przęty zbrojenia).

### Podsumowanie

Na podstawie powyższych przykładów można, że kolej charakteryzuje się wysoką odpornością na ataki kryzysy, zarówno dotyczące ograniczonej obszarów geograficznych, jak i wpływających na społeczeństwo w skali globalnej.

- Najważniejsze aspekty odnoszące sprawność kolei w tym kontekście można uznać:
  - nowoczesność taboru oraz infrastruktury kolejowej;
  - pomoc i zakres zabezpieczeń;
  - gotowość sieci kolejowej;
  - sprawność oraz sposób zarządzania koleją.

Szybki transport towarowy oraz pasażerski ma pozytywny wpływ na ograniczenie dalszej degradacji klimatu zarówno przez ograniczenie emisji spalin, jak i odciepnie innych, mniej ekologicznych gałęzi transportu. Równocześnie pozwala na zwiększenie odporności i latocudów dostaw, co przekłada się na lepsze zabezpieczenie i dobrobyt społeczeństwa, a także stabilizację i ekonomizację.

W tym samym aspekcie jest fakt, że zwiększenie nakładów i koncentrowanie się na transportie kolejowym w terenie Polski stanowiłoby bardzo korzystne rozwiązanie. Jest to młody przykład działań, który równocześnie pozwoliłby zmniejszyć odciążenie ekologiczne (ograniczenie emisji zanieczyszczeń), ekonomiczno-gospodarcze (szybki transport towarowy w kraju tranzytowym, zwiększenie siły w kontekście partnerstwa gospodarczego), polityczne (wypełnienie zobowiązań dotyczących ograniczenia emisji zanieczyszczeń) i militarne (zwiększenie potencjału obronnego kraju oraz odporności na ewentualne ataki).

Biernacki, M., 2019. Wyższe wydziałowe im. Komisji Edukacji i Nauki. [online]. Dostępne w: <https://www.wydzialy.pl/>

Burda, J., 2020. Wyższe wydziałowe im. Komisji Edukacji i Nauki. [online]. Dostępne w: <https://www.wydzialy.pl/>

Cisowski, S., 2023. Wyższe wydziałowe im. Komisji Edukacji i Nauki. [online]. Dostępne w: <https://www.wydzialy.pl/>

Cichowicz, J., 2023. Wyższe wydziałowe im. Komisji Edukacji i Nauki. [online]. Dostępne w: <https://www.wydzialy.pl/>

Kul, M., 2018. Wyższe wydziałowe im. Komisji Edukacji i Nauki. [online]. Dostępne w: <https://www.wydzialy.pl/>

Lanchan, J., 2022. Wyższe wydziałowe im. Komisji Edukacji i Nauki. [online]. Dostępne w: <https://www.wydzialy.pl/>

Murphy, J., 2021. Wyższe wydziałowe im. Komisji Edukacji i Nauki. [online]. Dostępne w: <https://www.wydzialy.pl/>

Petrow, A., 2023. Wyższe wydziałowe im. Komisji Edukacji i Nauki. [online]. Dostępne w: <https://www.wydzialy.pl/>

Wojcik, P., 2023. Wyższe wydziałowe im. Komisji Edukacji i Nauki. [online]. Dostępne w: <https://www.wydzialy.pl/>

Zabala, M., 2023. Wyższe wydziałowe im. Komisji Edukacji i Nauki. [online]. Dostępne w: <https://www.wydzialy.pl/>

autor: Marcin Robert Czubaszek  
Politechnika Białostocka  
Wydział Inżynierii Zarządczej  
marcin.czubaszek@onet.pl



# WYZNACZENIE ZAMKNIĘĆ TOROWYCH LINII OKOLICZNYCH NA POTRZEBY MODERNIZACJI LINII KOLEJOWEJ NR 104 CHABÓWKA – NOWY SĄCZ

inż. Lidia Górska

Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki w Krakowie

URZĄD  
TRANSPORTU  
KOLEJOWEGO



VI Ogólnopolska Konferencja Naukowo–Techniczna „Transport Kolejowy 2023: Przeszłość – Teraźniejszość – Przyszłość”

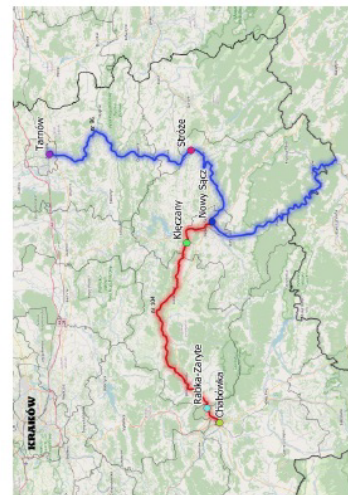
## WYZNACZENIE ZAMKNIĘĆ TOROWYCH LINII OKOLICZNYCH NA POTRZEBY MODERNIZACJI LINII KOLEJOWEJ NR 104 CHABÓWKA – NOWY SĄCZ

### Wprowadzenie

Konserwacje, remonty i modernizacje to stałe elementy wpisane w proces eksploatacji dróg kolejowych, z czym związane są różne prace budowlane, do których konieczne jest wykorzystanie specjalistycznych maszyn torowych, których przejazd do miejsca docelowego, wymaga czasowego wyłączenia normalnie eksploatowanych torów z użytkowania i podjęcia tak zwanego zamknięcia torowego. Tematem posteru jest dobór odpowiedniego zamknięcia dla jednotorowego fragmentu linii nr 96 na odcinku Tamów – Stróże. W ramach opracowania wykonano analizę planu modernizacji linii nr 104 Chabówka – Nowy Sącz, dobrano odpowiednie zamknięcie dla wymuszonego odcinka, wykluczając przy tym alternatywny wariant dowozu materiałów do miejsca docelowego.

Modernizacja linii kolejowej nr 104 Chabówka – Nowy Sącz i jej wpływ na linie obokicne

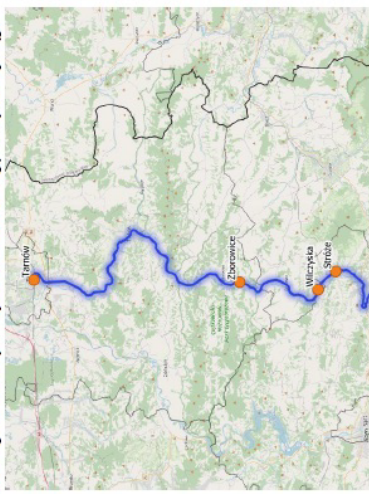
Linia kolejowa nr 104 Chabówka – Nowy Sącz (Rys. 1) jest linią jednotorową o łącznej długości ponad 75 km. Obecnie jest planowana jej modernizacja w ramach zadania pt.: „Budowa nowej linii kolejowej Podgórze – Szczepczyce – Tymbark i Maszana Dolna oraz modernizacja istniejącej linii kolejowej nr 104 Chabówka – Nowy Sącz”.



Rys. 1. Przebieg linii kolejowej

W wyniku prac modernizacyjnych zaplanowano min. kompleksową wymianę nawierzchni kolejowej ze wzmożeniem podłoża. W związku z tym konieczny będzie zatem transport np. podkładów kolejowych, które z reguły są

przeznaczone pociągami zestawionymi z kilkumasztu wagonów typu platforma, co daje łączną długość pociągu nawet do ok. 800 m. Na liniach dwutorowych, przejazd takiej maszyny nie będzie znacznie ograniczał przepustowości, gdyż będzie można prowadzić nach pozostałych pociągów po torze czynnym. Problem będą stanowiły linie jednotorowe, a zwłaszcza stacje/mijanki, które nie będą miały możliwości przyjęcia tak długiego pociągu w celu skrzyżowania z innymi pociągami. Do takich linii będzie należał np. linia nr 96 Tamów – Lehelców (Rys. 1), na fragmencie Tamów – Stróże. Linia może mieć kluczowe znaczenie dla transportu niezbędnych materiałów do modernizacji linii na odcinku Kłęczany – Nowy Sącz. Biorąc pod uwagę długość pociągu do przewozu podkładów oraz długości torów na stacjach i mijankach, okazuje się, że krzyżowanie jest możliwe tylko w Stróżach, Wilczykach, Zborowicach oraz Tamowie (Rys. 2). Wynika to z długości torów w tych miejscowościach, które mogą obsłużyć takie pociągi.



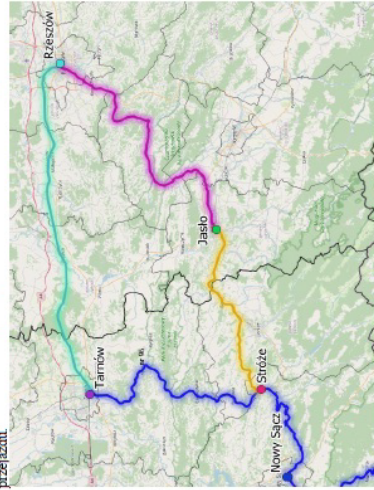
Rys. 2. Powstałe miejsca krzyżowania pociągów

Zakładając, że maszyny torowe poruszają się z średnią prędkością ok. 30 km/h, to czas przejazdów pomiędzy tymi miejscowościami, kształtuje się następująco:

Stróże - Wilczyki	3,5 km	4,2 min
Wilczyki - Zborowice	11,5 km	17,4 min
Zborowice - Tamów	40,0 km	48,0 min

W przypadku, kiedy pociąg do transportu podkładów, wyjedzie z Tamowa, kolejny będzie mógł wyruszyć w tym samym kierunku dopiero po upływie ok. 50 min, kiedy ten dojedzie do mijanki w Zborowicach.

Dobór zamknięcia oraz wyłączenie alternatywnego wariantu dla transportu niezbędnych materiałów budowlanych, można założyć, że wystarczające będzie wprowadzenie 6-godzinnego zamknięcia na odcinku Tamów – Stróże. W tym czasie będzie możliwy przejazd z Tamowa do Nowego Sącza, wyładunek materiałów oraz powrót pociągu. Drugą możliwością dojazdu do Nowego Sącza jest wykorzystanie fragmentów linii przedstawiemych na Rys. 3. Wybór tego wariantu będzie jednak nieekonomiczny, ze względu na czas przejazdu.



Rys. 3. Formanty wariantów

Trasa Transport - Nowy Sącz	Odcinek	Czas przejazdu
Wykorzystanie linii nr 96	Ok. 83 km	1h 15 min
np. P1, 10K, 10K, 9b	Ok. 214 km	0h 40 min

### Podsumowanie

Modernizowanie i rozwijanie sieci kolejowej może w znaczący sposób wpływać na atrakcyjność i konkurencyjność kolei. Z tego względu, zagadnienia dotyczące zamknięć torowych i uwzględniających je harmonogramów, powinno być poddawane szerszej analizie i być obiektem opracowań naukowych, których wspólnym celem będzie opracowanie najskuteczniejszych rozwiązań. Podjęcie zamknięć torowych na potrzeby prowadzonej inwestycji jest obligatoryjne i nie może zostać ominięte w żaden sposób.

Lidia Górska  
Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki  
Wydział Inżynierii Lądowej, KAT TRANSIT



## DZIAŁANIA PODEJMOWANE NA RZECZ ZWIĘKSZENIA BEZPIECZEŃSTWA W TRANSPORCIE KOLEJOWYM WŚRÓD DZIECI I MŁODZIEŻY SZKOLNEJ

Anna Kwarciana

Katolicki Uniwersytet Lubelski Jana Pawła II

VI OGÓLNOPOLSKA KONFERENCJA NAUKOWO - TECHNICZNA  
TRANSPORT KOLEJOWY 2023  
PRZESZŁOŚĆ - TERAŹNIEJSZOŚĆ - PRZYSZŁOŚĆ

"DZIAŁANIA  
PODEJMOWANE NA  
RZECZ ZWIĘKSZENIA  
BEZPIECZEŃSTWA W  
TRANSPORCIE  
KOLEJOWYM WŚRÓD  
DZIECI I MŁODZIEŻY  
SZKOLNEJ"

Anna Kwarciana

*Mówiąc, o pedagogizacji uczestników ruchu drogowego, którymi są dzieci i młodzież, nie można pominąć kwestii przygotowania nauczycieli do podejmowania tematu bezpieczeństwa w transporcie kolejowym. W związku z tym, proponuję stworzenie "kompendium wiedzy" dla nauczycieli, dzięki któremu zaistnieje możliwość poruszenia z dziećmi tematyki bezpieczeństwa oraz poszerzenia wiedzy ogólnokolejowej. Stanowić to może uzupełnienie kampanii "Kolejowe ABC" realizowaną przez Urząd Transportu Kolejowego.*





# URZĄDZENIA ASDEK JAKO SPOSÓB NA PODNIESIENIE BEZPIECZEŃSTWA JAZDY POCIĄGÓW

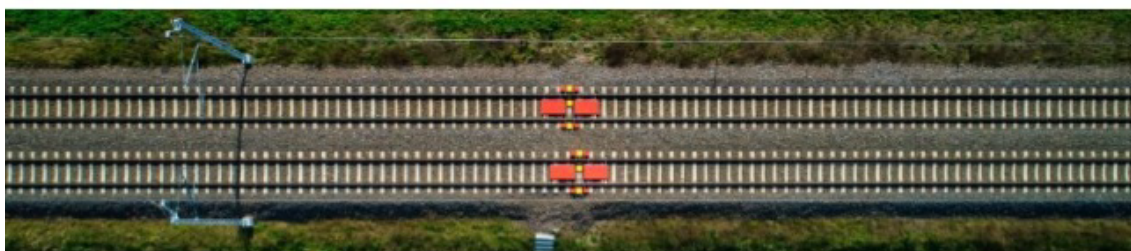
inż. Patrycja Giza

Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki

18 MAJA 2023 R

## URZĄDZENIA ASDEK JAKO SPOSÓB NA PODNIESIENIE BEZPIECZEŃSTWA JAZDY POCIĄGÓW

VI OGÓLNOPOLSKA KONFERENCJA NAUKOWO–TECHNICZNA  
TRANSPORT KOLEJOWY 2023



inż. Patrycja Giza  
Politechnika Krakowska

Podczas eksploatacji taboru wystąpić mogą różnego typu niesprawności, które negatywnie wpływają na infrastrukturę i bezpieczeństwo przewozów. Powszechnym urządzeniem detekcji stanów awarii taboru jest urządzenie ASDEK.

Niesprawności układów biegowych taboru wykrywane przez ASDEK:

- 1) zgrzane łożyska osiowe (tzw. „gorące maźnice”) - GM
- 2) zgrzane, zablokowane hamulce (tzw. „gorące hamulce”) - GH
- 3) deformacja bieżni kół pojazdów szynowych - PM
- 4) obciążenia koła (ocena nacisku na tor pojazdów szynowych) - OK

W urządzeniach ASDEK stosowane są czujniki pracujące w paśmie podczerwieni i czujniki światłowodowe. Zebrane podczas pomiaru informacje są automatycznie przetwarzane i rozdzielane między odbiorców. Wykrycie przekroczenia granicznych wartości wywołuje alarm, pociąg zostaje zatrzymany, wykonuje się oględziny. Po stwierdzeniu usterki, niesprawny tabor jest wyłączany z ruchu.



Każdego roku wyłączonych zostaje wiele jednostek taboru kolejowego. Najczęściej przyczyną jest przekroczenie nacisków osiowych na tor lub nacisków liniowych na metr bieżący. Jednak najczęściej wskazywanym stanem awarii taboru są płaskie miejsca kół.

Urządzenia detekcji stanów awaryjnych taboru instalowane są na głównych liniach kolejowych w odległości ok. 10- 20 km przed ważnymi stacjami. Liczba urządzeń na polskich torach systematycznie rośnie. W 2018 roku było zamontowanych 213 urządzeń, które wykonały diagnozę dla ponad 200 tys. pociągów.

Urządzenia ASDEK nie tylko podnoszą bezpieczeństwo przewozów kolejowych, ale także wpływają na mniejsze zużycie infrastruktury liniowej.





Urząd Transportu Kolejowego  
Al Jerozolimskie 134  
02-305 Warszawa  
[www.utk.gov.pl](http://www.utk.gov.pl)