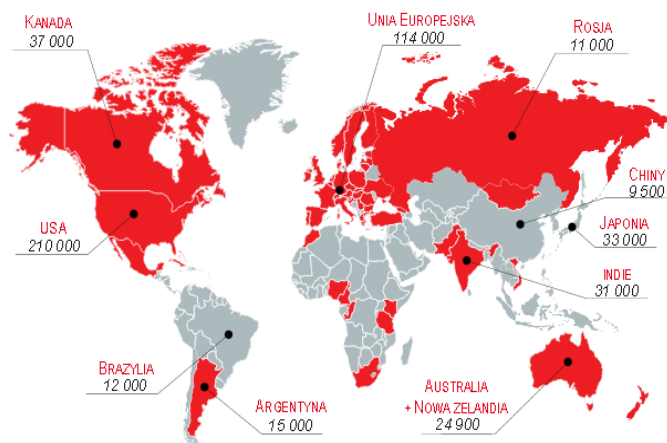


## PRZEGLĄD SYSTEMÓW BEZPIECZEŃSTWA NA PRZEJAZDACH KOLEJOWO-DROGOWYCH

W artykule przedstawiono przegląd rozwiązań stosowanych w ramach systemów bezpieczeństwa na przejazdach kolejowo-drogowych w Polsce i na świecie. Przegląd przeprowadzono z podziałem na tzw. aktywne i pasywne systemy bezpieczeństwa oraz te, które stosuje się na przejściach kolejowych. Systemy bezpieczeństwa potraktowano jako jeden ze sposobów postępowania wobec ryzyka zagrożeń. W związku z tym przedstawiono zestawienie modeli determinujących dobór elementów systemów bezpieczeństwa i kształtujących ich struktury. Na tej podstawie zaproponowano wprowadzenie nowych elementów systemów bezpieczeństwa na przejazdach kolejowo-drogowych w Polsce.

### WSTĘP

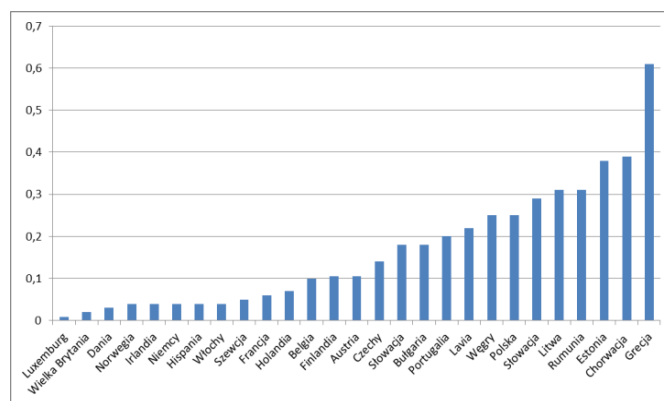
Przejazdy kolejowo-drogowe (zwane dalej przejazdami kolejowymi) są w polskim prawie definiowane jako skrzyżowania linii kolejowych z drogami publicznymi [10]. Na świecie jest ponad 600 tysięcy takich obiektów (stan na rok 2012). Liczby przejazdów kolejowych w wybranych krajach na świecie kształtują się tak jak to pokazano na rysunku 1. W państwach członkowskich Unii Europejskiej (UE) w 2012 roku długość linii kolejowych wynosiła około 230 tys. km, a na każde 10 km linii kolejowych przypadło ok. 5 przejazdów kolejowych, co dawało łącznie 114 tys. przejazdów kolejowych [2].



Rys. 1. Liczby przejazdów kolejowych w wybranych krajach na świecie (stan na rok 2012) [12]

Przejazdy kolejowo-drogowe można rozpatrywać jak miejsca, gdzie generowane są straty. Wyrazem takich strat mogą być liczby ofiar śmiertelnych i rannych. W UE w 2012 roku w wyniku zdarzeń niepożądanych na 114 tysiącach eksploatowanych przejazdów kolejowych odnotowano 369 zabitych oraz 339 rannych. W Niemczech – w tym samym roku – na ponad 18 tysięcy przejazdów kolejowych doszło do 193 zdarzeń niepożądanych, w których 44 osoby utraciły życie [8]. W Polsce w 2012 roku w zdarzeniach niepożądanych na przejazdach kolejowych odnotowano 62 ofiary śmiertelne i 36 osób ciężko rannych [8]. Na rysunku 2 przedstawiono liczby ofiar śmiertelnych w

krajach UE na przejazdach kolejowych w latach 2010-2012 w przeliczeniu na jeden milion pociągokilometrów.



Rys. 2. Liczby ofiar śmiertelnych w krajach UE na przejazdach kolejowych w latach 2010-2012 w przeliczeniu na jeden milion pociągokilometrów [12]

Kolejnym wyrazem strat generowanych na przejazdach kolejowych mogą być koszty ponoszone przez uczestników zdarzeń niepożądanych oraz koszty wynikające ze wznowień ruchu drogowego i kolejowego.

Stan bezpieczeństwa jest jednym z podstawowych kryteriów oceny funkcjonowania całego systemu transportowego. Funkcjonowanie systemu transportu kolejowego w Polsce i Europie wobec szeregu zdarzeń niepożądanych, które miały miejsce w ostatnich latach oraz nowych uregulowań prawnych kolejowych i drogowych, wymaga diametralnie innego spojrzenia i innych sposobów zapobiegania zdarzeniom niepożądanych w tych obszarach [6]. Zgodnie z obowiązującym prawem krajowym i europejskim, pełną odpowiedzialność za bezpieczne funkcjonowanie systemu kolejowego w danym państwie członkowskim ponoszą wszystkie podmioty funkcjonujące w ramach tego systemu. W transporcie kolejowym w UE zarządzanie bezpieczeństwem zostało zainicjowane zapisami dyrektywy 2004/49/WE Parlamentu Europejskiego i Rady w sprawie bezpieczeństwa kolei wspólnotowych [11]. Wymaga ona wdrożenia systemów zarządzania bezpieczeństwem u wszystkich zarządców infrastruktury i przewoźników kolejowych działających na zasadniczej sieci kolejowej UE.

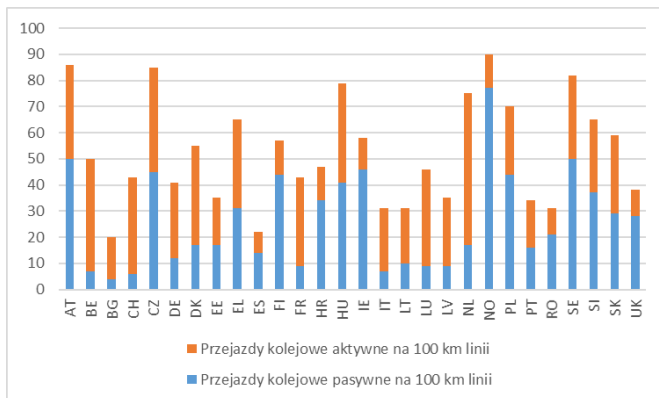
## 1. SYSTEMY BEZPIECZEŃSTWA NA PRZEJAZDACH KOLEJOWYCH NA ŚWIECIE

### 1.1. Uwagi wprowadzające

Stan bezpieczeństwa na przejazdach kolejowych uzależniony jest między innymi od zastosowanych na nich systemów bezpieczeństwa (rozumianych jak w pracach m.in. [4,5,7]). W niniejszym rozdziale przedstawiono systemy bezpieczeństwa stosowane na przejazdach kolejowych w wybranych krajach na świecie z zachowaniem ogólnego podziału na następujące typy przejazdów kolejowych:

- aktywne (zabezpieczone urządzeniami sterowania ruchem kolejowym),
- pasywne (wyposażone tylko w znaki ostrzegawcze),
- przeznaczone wyłącznie dla ruchu pieszych (zwane dalej przejściami kolejowymi).

W krajach UE przejazdy kolejowe pasywne stanowią około 47% wszystkich przejazdów kolejowych, w Polsce jest to około 60% [3]. Na rysunku 3 przedstawiono stosunek liczby przejazdów kolejowych aktywnych (zaznaczonych kolorem pomarańczowym) do pasywnych (zaznaczonych kolorem niebieskim), odniesiony do całkowitej liczby przejazdów na sto kilometrów linii kolejowych w UE.



**Rys. 3.** Stosunek aktywnych przejazdów kolejowych do pasywnych przejazdów kolejowych na sto kilometrów linii kolejowej w państwach członkowskich Unii Europejskiej [3]

Rodzaj zastosowanych systemów bezpieczeństwa na przejazdach kolejowych zależy od przepisów prawnych obowiązujących w danym kraju oraz sposobu ich finansowania, a także jest wynikiem lokalnych uwarunkowań i tradycji.

### 1.2. Przejazdy kolejowe aktywne

Przejazdy kolejowe aktywne to przejazdy kolejowe wyposażone w urządzenia rogatkowe (zamykające całą lub pół szerokości jezdni) i/lub samoczynną sygnalizację świetlną, wspomaganą ewentualnie sygnalizacją dźwiękową. Na rysunkach 4-8 przedstawiono rozwiązania systemów zabezpieczeń w wybranych krajach.



**Rys. 4.** Polska – przejazd kolejowy wyposażony w półrogatki zamykające całą szerokość jezdni i samoczynną sygnalizację świetlną [opracowanie własne]



**Rys. 5.** Łotwa – przejazd obsługiwany przez dróżnika. Na fotografii przedstawiono zapasowe rogatki, zamykane ręcznie w przypadku awarii rogatek sterowanych elektrycznie [opracowanie własne]



**Rys. 6.** Estonia – przejazd z sygnalizacją samoczynną wyposażoną w światło białe wolno migające, oznaczające poprawne działanie sygnalizacji [opracowanie własne]



**Rys. 7.** Estonia – dodatkowy sygnalizator umieszczony nad jezdnią [opracowanie własne]



**Rys. 8.** Czechy – sygnalizator sygnalizacji przejazdowej uzupełniony o znak „uwaga pociąg” [opracowanie własne]

Aktywne sposoby zabezpieczeń nie gwarantują zerowej liczby zdarzeń niepożądanych na przejazdach kolejowych. Skuteczne po-

informowanie uczestników ruchu drogowego o zbliżającym się pociągu znacząco wpływa jednak na zmniejszenie ryzyka zagrożeń generowanych w przedmiotowej domenie analiz.

## 1.3. Przejazdy kolejowe pasywne

Przejazdy kolejowe pasywne to przejazdy wyposażone jedynie w znaki drogowe, najczęściej znak ostrzegawczy zwany w Polsce „krzyż świętego Andrzeja”. Na rysunkach 9-10 przedstawiono pasywne formy zabezpieczeń przejazdów kolejowych.



Rys. 9. Polska – krzyż św. Andrzeja oraz znak STOP bezpośrednio przed przejazdem kolejowym [opracowanie własne]



Rys. 10. Norwegia – krzyż św. Andrzeja w pewnym oddaleniu od przejazdu [1]

Oprócz znaków drogowych pionowych, na przejazdach kolejowych stosuje się także znaki poziome, w tym linie wygradzające oraz linii bezwarunkowego i warunkowego zatrzymania.

## 1.4. Przejścia kolejowe

Przejścia kolejowe najczęściej wyposażone są w metalowe konstrukcje (tzw. labirynty) wymuszające na pieszych rozejrzenie się w kierunkach możliwego przyjazdu pociągów. Na rysunkach 11-13 przedstawiono różne systemy bezpieczeństwa stosowane na przejściach kolejowych.



Rys. 11. Polska – przejście labiryntowe wyposażone w krzyż św. Andrzeja oraz sygnalizator drogowy [opracowanie własne]



Rys. 12. Łotwa – przejście przez tory bez oznaczenia krzyżem św. Andrzeja, wyposażone jedynie w znak informacyjny z napisem „Strzeż się pociągu” [opracowanie własne]



Rys. 13. Rosja – przejście tory wyposażone w sygnalizator świetlny oraz dodatkową informację o ruchu pociągów pospiesznych [opracowanie własne]

## 2. DOBÓR SYSTEMÓW BEZPIECZEŃSTWA NA PRZEJAZDACH KOLEJOWYCH NA ŚWIECIE

Jednym ze sposobów postępowania wobec ryzyka zagrożeń jest redukcja ryzyka. Sposób ten polega na zmniejszaniu prawdopodobieństwa aktywizacji zagrożenia i/lub skutków tych aktywizacji [7,9]. Dla osiągnięcia takich efektów na przejazdach kolejowych stosowane są odpowiednie urządzenia – elementy systemów bezpieczeństwa. Kształtowanie systemów bezpieczeństwa w różnych krajach prowadzone jest na wiele sposobów, opisanych w postaci modeli. Korzystając z podziału zaproponowanego w opracowaniu [13], można wyróżnić trzy zasadnicze rodzaje takich modeli:

- modele parametryczne (P), modele wykorzystujące opis podstawowych własności przejazdu do wyboru elementów systemu bezpieczeństwa, takich jak natężenie ruchu drogowego i kolejowego, liczba torów, maksymalna prędkość dopuszczalna, itp. Tego typu modele stosowane są m.in. w Polsce i Estonii [14].
- modele jakościowe (J), bazujące na koncepcji ryzyka zagrożeń i uwzględniające różny wpływ poszczególnych składowych (związanych z prawdopodobieństwem i skutkami zdarzeń niepożądanych) na ostateczną wartość ryzyka. Wynikiem uzyskiwanym podczas stosowania takich modeli jest często „dobroć” przejazdu, tj. pojedyncza wartość określająca sposób doboru elementów systemu bezpieczeństwa.
- modele statystyczne (S), w których uwzględnia się wyniki statystycznej analizy danych z przeszłości.

W tabeli 1 zestawiono 25 modeli stosowanych w wybranych krajach świata i wskazano stopień ich złożoności według przedstawionej powyżej klasyfikacji.

**Tab. 1.** Zestawienie modeli stosowanych na przejazdach kolejowych na świecie w zależności od stopnia złożoności: P – model parametryczny, J – model jakościowy, S – model statystyczny

Kraj	Nazwa modelu	Stopień złożoności
Australia	Risk Based Scoring System (RBSS)	J
	Australian Level Crossing Assessment Model (ALCAM)	J
	Risk Assessment of Accidents and Incidents at Level Crossings (RAAILC)	S
Estonia	Rozporządzenie Ministra Gospodarki i Komunikacji	P
Hiszpania	Crossing categorizing criteria	P
Indie	Train Vehicle Unit	P
Irlandia Północna	Risk Assessment and Investment Appraisal	J
Irlandia	Network Risk Model	J
	Level Crossing Prioritization Tool	J
Japonia	Closed Road Traffic Indicator	P
	Level Crossings Danger Index	P
Kanada	Collision Prediction Model	S
	GradeX	S
Litwa	Risk Level of Railway Crossing	S
Nowa Zelandia	Product Assessment	J
	Accident Prediction Model	S
Polska	Rozporządzenie Ministra Infrastruktury i Rozwoju	P
Rosja	Rail and Road Intensity Matrix	P
Szwecja	Factors to determinate crossing protection	P
USA	Accident Prediction Formula (APF) and The Severity Prediction Formulae (SPF)	S
	GradeDEC.NET	S
Wielka Brytania	COBA Junction Model	S
	Automatic Level Crossings Model	J
	All Level Crossings Risk Model (ALCRM)	J
	Event Window Model	J

Źródło: opracowanie własne na podstawie [13]

## PODSUMOWANIE I WNIOSKI

W pracy przedstawiono wybrane systemy bezpieczeństwa stosowane na przejazdach kolejowych na świecie. Na tej podstawie można zaproponować rozważenie następujących zmian w systemach stosowanych w Polsce:

1. Wprowadzenie dodatkowych rogatek, stosowanych w przypadku awarii rogatek zasadniczych. Rogatki te w trakcie normalnej eksploatacji pełnią funkcję wygradzenia przejazdu kolejowego (patrz rys. 5).
2. Wprowadzenie białego światła wolno migającego, które informuje o sprawności urządzeń sygnalizacji przejazdowej, jednocześnie stanowiąc dodatkową, widoczną w nocy informację o zbliżaniu się do przejazdu kolejowego (patrz rys. 6).
3. Wprowadzenie dodatkowych informacji o ruchu pociągów, np. dopuszczalnej prędkości maksymalnej na linii – szczególnie na przejazdach przez linie kolejowe wykorzystywane przez pociągi klasy Pendolino (patrz rys. 13).

Jednocześnie warto wskazać na potencjał rozwoju stosowanego w Polsce modelu wyboru stosowanego na przejeździe kolejowym systemie bezpieczeństwa i możliwość jego uzupełnienia o składowe ryzyka zagrożeń oraz statystycznie analizowane informacje o zdarzeniach niepożądanych, które wystąpiły w przeszłości.

## BIBLIOGRAFIA

1. Bahnbilder. Bahnbilder [Internet]. [cytowane 2017 paź 12]. Pobrano

- z: <http://www.bahnbilder.de>
2. European Union Agency for Railways. European Railway Accident Information Links [Internet]. 2017 [cytowane 2017 wrz 25]. Pobrano z: [era.europa.eu](http://era.europa.eu)
3. European Union Agency for Railways. Railway Safety Performance in the European Union. 2016. doi:10.2821/129870
4. Gill A. The method of Analysis of Safety Systems dedicated to the Systems in Rail Vehicle. Logist. Transp. 2013;18(2):67–76.
5. Gill A, Smoczyński P. Layered safety system models - evolution of the concept. Proc. 21. Int. Sci. Conf. Transp. Means. 2017;
6. Jabłoński M, Jabłoński A. Zarządzanie bezpieczeństwem w transporcie kolejowym - kluczowe aspekty. Bezpieczeństwo Teor. i Prakt. 2014;16(3):57–68.
7. Kadziński A. Studium wybranych aspektów niezawodności systemów oraz obiektów pojazdów szynowych. Poznań: Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej; 2013.
8. Kobaszyńska-Twardowska A. Zarządzanie ryzykiem zagrożeń na przejazdach kolejowych. Politechnika Poznańska; 2017.
9. Kobaszyńska-Twardowska A, Gill A. Zastosowanie analizy Bow-Tie do identyfikacji warstw ochronnych w systemach bezpieczeństwa. TTS Tech. Transp. Szyn. 2013;10:2287–2294.
10. Minister Infrastruktury i Rozwoju. Rozporządzenie 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. 2015.
11. Parlament Europejski i Rada. Dyrektywa 2004/49/WE 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. 2004.
12. PKP Polskie Linie Kolejowe S.A. Bezpieczny Przejazd [Internet]. Pobrano z: <http://www.bezpieczny-przejazd.pl/>
13. Rail Safety & Standards Board. Use of Risk Models and Risk Assessments for Level Crossings by Other Railways [Internet]. 2007. Pobrano z: [http://s3.amazonaws.com/zanran\\_storage/www.rssb.co.uk/Content/Pages/760535926.pdf](http://s3.amazonaws.com/zanran_storage/www.rssb.co.uk/Content/Pages/760535926.pdf)
14. Smoczyński P, Kadziński A. Przejazdy i przejścia kolejowe w Estonii – klasyfikacja oraz wymagania dotyczące systemów bezpieczeństwa. TTS Tech. Transp. Szyn. 2015;12:2869–73.

## Overview of safety systems on level crossings

*The article presents an overview of solutions used in safety systems at level crossings in Poland and in the world. The review was conducted dividing the level crossings into the so-called active and passive, according to the safety systems used at them, treating separately crossings intended for pedestrians only. Safety systems have been treated as one of the ways to deal with risk. As a result, an overview of models used for determining the selection of elements of safety systems and shaping their structures has been presented. On this basis, we have proposed ideas for improvement of safety systems used at level crossings in Poland.*

Autorzy:

dr inż. **Anna Kobaszyńska-Twardowska** – Politechnika Poznańska,

e-mail: [anna.kobaszynska-twardowska@put.poznan.pl](mailto:anna.kobaszynska-twardowska@put.poznan.pl)

mgr inż. **Piotr Smoczyński** – Politechnika Poznańska,

e-mail: [piotr.smoczynski@put.poznan.pl](mailto:piotr.smoczynski@put.poznan.pl)

dr hab. inż. **Adam Kadziński** – Politechnika Poznańska,

e-mail: [adam.kadziński@put.poznan.pl](mailto:adam.kadziński@put.poznan.pl)

dr inż. **Adrian Gill** – Politechnika Poznańska,

e-mail: [adrian.gill@put.poznan.pl](mailto:adrian.gill@put.poznan.pl)