

## The concept of improving safety on D-grade railway level crossings

Ignacy Góra \* , Piotr Sieczkowski 

The Office of Rail Transport, Warsaw, Poland

**Abstract.** The article discusses the safety issue on railway level crossings, specifically emphasizing D-grade crossings, i.e., not equipped with any safety devices. Such crossings pose the most significant challenge to improving railway system safety. The lack of any warning or safety devices causes the safe passage through these crossings dependent only on the car driver – his concentration and observation of legal requirements (especially enforcing stopping before the “STOP” sign). Due to that, it is suggested to introduce devices allowing for automatic identification and registration of violations by drivers. Recorded material will be handed over to the relevant authorities (e.g., Police, General Inspectorate for Road Transport), which will undertake appropriate actions. The article also attempts to assess the influence of such a solution on the number of accidents on given level crossings and their outcome, among others, on improving railway safety.

**Keywords:** safety, risk in railway transport, railway level crossings, safety systems of railway level crossings.

### 1. Wstęp

Problematyka bezpieczeństwa przewozów kolejowych należy do zagadnień o rozległym charakterze i mimo że dotyczy tylko sfery transportu kolejowego to nie sposób przyporządkować ją tylko do tej sfery działalności gospodarczej państwa. Obszar dotyczący bezpieczeństwa zawiera zagadnienia mieszczące się w takich naukach jak prawo, socjologia, psychologia, technika czy logistyka. Ogólnie rzecz ujmując, pojęcie bezpieczeństwa jest interdyscyplinarne. Szczególnie jest to widoczne w przypadku przewozów kolejowych, gdzie o bezpieczeństwie decydują takie czynniki jak:

- stan techniki,
- rozwiązania prawne,
- rozwiązania organizacyjno-logistyczne,
- czynnik ludzki,

i trudno jest określić, który z tych czynników odgrywa dominującą rolę w przypadku oceny bezpieczeństwa przewozów.



---

#### Article citation information:

Góra, I., Sieczkowski, P. (2022). The concept of improving safety on D-grade railway level crossings, WUT Journal of Transportation Engineering, 135, 73-86, ISSN: 1230-9265, DOI: [10.5604/01.3001.0053.4081](https://doi.org/10.5604/01.3001.0053.4081)

\*Corresponding author

E-mail address: [ignacy.gora@utk.gov.pl](mailto:ignacy.gora@utk.gov.pl) (I. Góra), [sieczkowskipiotr@gmail.com](mailto:sieczkowskipiotr@gmail.com) (P.Sieczkowski)

ORCID:  [0000-0003-0963-9604](https://orcid.org/0000-0003-0963-9604) (I.Góra),  [0009-0002-4293-5325](https://orcid.org/0009-0002-4293-5325) (P.Sieczkowski)

Received 2 August 2022, Revised 12 November 2022, Accepted 29 November 2022, Available online 10 December 2022

Podstawowym aktem prawnym regulującym, między innymi, zagadnienie bezpieczeństwa transportu kolejowego w Polsce jest ustawa o transporcie kolejowym [1]. Można określić **bezpieczeństwo ruchu kolejowego** jako: *brak niedopuszczalnego ryzyka szkody w związku z realizacją procesów przewozowych po infrastrukturze kolejowej*, przy czym jest rzeczą oczywistą, że jednym z elementów tej infrastruktury są skrzyżowania dróg z liniami kolejowymi określane jako przejazdy kolejowe [2,3]. Uregulowania formalno-prawne dotyczące bezpieczeństwa systemu kolejowego, w tym bezpieczeństwa na przejazdach kolejowych, składają się z aktów prawa wspólnotowego i aktów prawa krajowego. Prawo wspólnotowe wyznacza kierunki prac i zmian w zakresie prawa krajowego, nie tylko w obszarze kolejnictwa. Wykazy aktów prawnych dotyczących bezpieczeństwa można znaleźć w różnych raportach czy na stronach internetowych [4,5] ale za podstawowe akty prawne UE w tym obszarze należy uznać:

- Dyrektywę 91/440/EWG z dnia 29 lipca 1991 r. w sprawie rozwoju kolei wspólnotowych,
- Dyrektywę 2004/49/We Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 29 kwietnia 2004 r. w sprawie bezpieczeństwa kolei wspólnotowych wraz z późniejszymi zmianami,
- Dyrektywę 2016/798 z 11 maja 2016r. Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) w sprawie bezpieczeństwa kolei.

Istotne są również państwowe dokumenty zawierające zapisy dotyczące strategii bezpieczeństwa w transporcie kolejowym. Do takich należy zaliczyć:

- Master Plan dla transportu kolejowego w Polsce do 2030 r. [6],
- Krajowy Program Kolejowy do 2023 roku. [7].

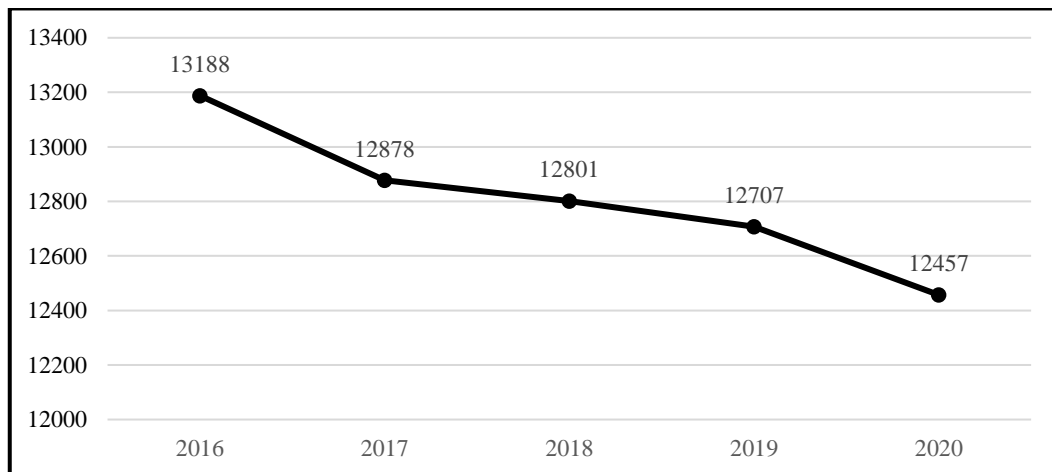
W każdym z tych dokumentów poruszana jest problematyka bezpieczeństwa sektora kolejowego w aspekcie bezpieczeństwa ruchu kolejowego, mając na uwadze wszystkie jego cechy techniczne i organizacyjno-prawne, w tym dotyczące przejazdów kolejowo-drogowych. Do tych dokumentów należy dołączyć liczne publikacje oraz prezentacje konferencyjne, w których autorzy poruszają zagadnienia dotyczące bezpieczeństwa kolejowego systemu transportowego czy też bezpośrednio problematyki bezpieczeństwa na przejazdach kolejowych mając na uwadze organizację ruchu na przejazdach, zachowanie się kierowców, skutki i koszty zdarzeń na przejazdach czy też podejmowane działania w zakresie poprawy bezpieczeństwa w przypadku krzyżowania się linii kolejowych z drogami.

W licznych pracach [8,9,10,11,12], autorzy zajęli się takimi zagadnieniami dotyczącymi bezpieczeństwa transportowego systemu kolejowego jak: cyberbezpieczeństwo układów srk i systemowe podejście do zagadnienia bezpieczeństwa systemu kolejowego czy też zachowanie się uczestników ruchu drogowego na przejazdach kolejowych. Zagadnieniu kosztów wypadków na przejazdach kolejowych poświęcono prace [13,14], zwracając uwagę nie tylko na koszty bezpośrednie ale również na koszty niewymierne, trudne do oszacowania. Na przejazdach kolejowych w Polsce ma miejsce ponad 160 zdarzeń niepożądanych rocznie, które powodują znaczne straty (osoby ranne, zabity, koszty społeczne i gospodarcze), natomiast w innych krajach Unii Europejskiej (Francja, Włochy, Portugalia, Holandia) liczba zdarzeń rocznie nie jest większa od 50 [15]. W związku z tym podejmowane są w Polsce liczne działania edukacyjne i kampanie społeczne [16] oraz działania dotyczące modernizacji organizacji ruchu w rejonie przejazdów kolejowych [17] a także działania dotyczące modernizacji technicznego wyposażenia przejazdów kolejowo-drogowych. Temu ostatniemu zagadnieniu jest poświęcona prezentowana praca.

## 2. Bezpieczeństwo na przejazdach kolejowo-drogowych w Polsce

Niezmienne od lat jednym z największych wyzwań dla bezpieczeństwa systemu kolejowego w Polsce jest ograniczenie liczby wypadków do jakich dochodzi na przejazdach kolejowo-drogowych i przejściach przez tory. W statystykach wypadkowości systemu kolejowego zdarzenia te stanowią coraz większy procent. W latach 2015-2018, udział wypadków na przejazdach kolejowo-drogowych wynosił od 31 do 36% ogólnej liczby wypadków. W 2019 r. było to 37,9%, a dane za 2020 r. wskazują już na 41,6% udziału tych zdarzeń w ogólnej liczbie wypadków [18]. Z tych danych można wysnuć wniosek, że podniesienie poziomu bezpieczeństwa polskiego systemu kolejowego nie jest możliwe bez rozwiązania kwestii wypadkowości na przejazdach kolejowo-drogowych.

Na poziom ryzyka wypadków na przejazdach kolejowo-drogowych wpływa kilka czynników, wśród których warto wymienić dwa najważniejsze: liczba przejazdów oraz ich sposób zabezpieczenia. Według danych, na dzień 31 grudnia 2020 r., na czynnych liniach sieci kolejowej w Polsce, która zarządzana jest przez 13 zarządców infrastruktury, funkcjonowało 12 457 przejazdów kolejowo-drogowych oraz przejść dla pieszych [18]. Na uwagę zasługuje fakt, że rok do roku liczba przejazdów jest mniejsza. W 2020 r. było ich w sumie o 250 mniej (-1,97%), niż rok wcześniej. To drugi największy spadek rok do roku w ciągu ostatnich 5 lat. Więcej przejazdów w ciągu 12 miesięcy ubyło tylko w 2017 r., kiedy spadek wyniósł 310 szt. (-2,35%). W sumie, w latach 2016-2020, w Polsce zostało zlikwidowanych 731 przejazdów kolejowo-drogowych i przejść dla pieszych. Najczęściej ulegają one zamknięciu na skutek weryfikacji potrzeb oraz zastępowania ich skrzyżowaniami bezkolizyjnymi – wiaduktami lub tunelami (Rys. 1).



Rys. 1. Liczba przejazdów na czynnych liniach kolejowych w latach 2016-2020 (źródło: opracowanie na podstawie: [18])

Obowiązujące wymagania w zakresie sposobu zabezpieczenia przejazdów kolejowo-drogowych określa Rozporządzenie Ministra Infrastruktury i Rozwoju z 20 października 2015 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać skrzyżowania linii kolejowych oraz bocznic kolejowych z drogami i ich usytuowanie (Dz. U. z 2015 r., poz. 1744, z późn. zm.). Dopuszcza ono stosowanie pięciu kategorii przejazdów kolejowo-

drogowych i jednej kategorii w przypadku przejść dla pieszych. Przejazdy i przejścia mogą być stosowane na liniach kolejowych o maksymalnej dopuszczalnej prędkości pociągów wynoszącej do 160 km/h. Powyżej tej prędkości możliwe jest wyłącznie stosowanie skrzyżowań dwupoziomowych – wiaduktów lub tuneli.

### 3. Kategorie przejazdów i przejść

Klasyfikacja przejazdów do poszczególnych kategorii następuje w zależności od sposobu kierowania ruchem na drodze oraz iloczynu ruchu i kategorii drogi. Rozporządzenie w sprawie przejazdów kolejowo-drogowych określa możliwe do zastosowania rodzaje zabezpieczeń czynnych i biernych, takie jak:

- urządzenia rogatekowe,
- światła sygnalizatorów drogowych,
- światła na drągach rogatekowych,
- sygnalizatory akustyczne.

Ze względu na uwarunkowania ruchowe oraz rodzaje zastosowanych zabezpieczeń wyodrębnia się następujące kategorie przejazdów i przejść:

**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 (w przypadku nowszych lub przebudowywanych w ostatnim czasie przejazdów);

**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, albo
- wjazdu na przejazd i zjazdu z przejazdu;

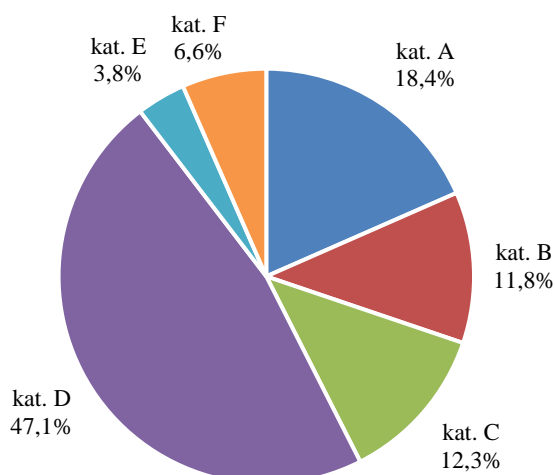
**kategoria C** – przejazdy kolejowo-drogowe, na których ruch drogowy jest kierowany przy pomocy samoczynnych systemów przejazdowych wyposażonych tylko w sygnalizatory świetlne i dźwiękowe;

**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 albo 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.

Najliczniejszą grupę przejazdów w 2020 r. stanowiły przejazdy kategorii D, których było 5 865, co odpowiada 47,1% wszystkich przejazdów. Drugą co do liczebności grupą były przejazdy kategorii A – 2 294 (18,4%), a trzecią przejazdy kategorii C – 1 537 (12,3%). Liczba przejazdów kategorii B wynosiła 1 467 (11,8 % wszystkich przejazdów), natomiast przejazdów kategorii F było 819 (6,6%). Przejścia dla pieszych kategorii E (475) stanowiły 3,8% ogółu przejazdów na czynnych liniach [18] (Rys. 2).



Rys. 2. Udział przejazdów kolejowo-drogowych i przejść poszczególnych kategorii na czynnych liniach kolejowych w 2020 r. (źródło: opracowanie na podstawie: [18])

Jak już wcześniej wspomniano, w ostatnich latach stopniowo spada liczba przejazdów kategorii D, które nie posiadają systemów zabezpieczających, a wzrasta liczba przejazdów kategorii B i C, które zapewniają wyższy poziom bezpieczeństwa i jednocześnie – w odróżnieniu od przejazdów kategorii A – nie wymagają obsługi przez personel. Widoczny jest także wyraźny wzrostowy trend wśród przejazdów kategorii F, które jako jedyne mogą być stosowane na drogach niepublicznych. W ujęciu liczbowym tylko w 2020 r. ubyło 489 przejazdów kategorii D oraz 64 przejazdy kategorii A. Wzrosła natomiast liczba przejazdów kategorii B o 115, kategorii C o 74 oraz kategorii F o 17. Na przestrzeni lat liczby te robią jeszcze większe wrażenie – przykładowo w latach 2016-2020 zlikwidowano lub zmodernizowano 1 182 przejazdów kolejowo-drogowych kategorii D [18].



Rys. 3. Liczba przejazdów kolejowo-drogowych i przejść na czynnych liniach kolejowych w podziale na kategorie w latach 2016-2020 (źródło: opracowanie na podstawie: [18])

#### 4. Przejazdy kolejowo-drogowe kategorii D wyzwaniem dla bezpieczeństwa

Mimo postępujących zmian w strukturze przejazdów kolejowo-drogowych nadal największy udział mają w niej przejazdy kategorii D, niewyposażone w żadne systemy zabezpieczające. Przejazdy tej kategorii stanowią największe wyzwanie dla bezpieczeństwa systemu kolejowego, gdyż pełna odpowiedzialność za ich bezpieczne przekroczenie leży po stronie kierujących pojazdami. Spośród 169 wypadków na przejazdach kolejowo-drogowych i przejściach w 2020 r. tylko w 7 przypadkach sformułowane zostały przyczyny odnoszące się także do systemu kolejowego, takie jak niezamknięcie lub zbyt wczesne otwarcie rogatek, brak podania sygnału Rpl „Bacność” przez maszynistę czy niezabezpieczenie przejazdu podczas wstawiania wagonów na bocznice [18].

Konkludując, na polskiej sieci kolejowej w 2020 r. eksploatowanych było 5 865 przejazdów kategorii D (dot. linii czynnych), co stanowiło 47,1% wszystkich przejazdów. Jednak doszło na nich do prawie 64% wszystkich wypadków, co prowadzi do wniosku, że przejazdy tej kategorii generują proporcjonalnie największe ryzyko wystąpienia wypadku.

Potwierdzają to również dane z lat wcześniejszych. W latach 2016-2020 udział wypadków na przejazdach kategorii D w danym roku wahał się w granicach od 61% do 69% ogólnej liczby wypadków na przejazdach (Tabela 1).

Tabela 1. Liczba wypadków na przejazdach kolejowo-drogowych według kategorii na liniach kolejowych w latach 2016-2020

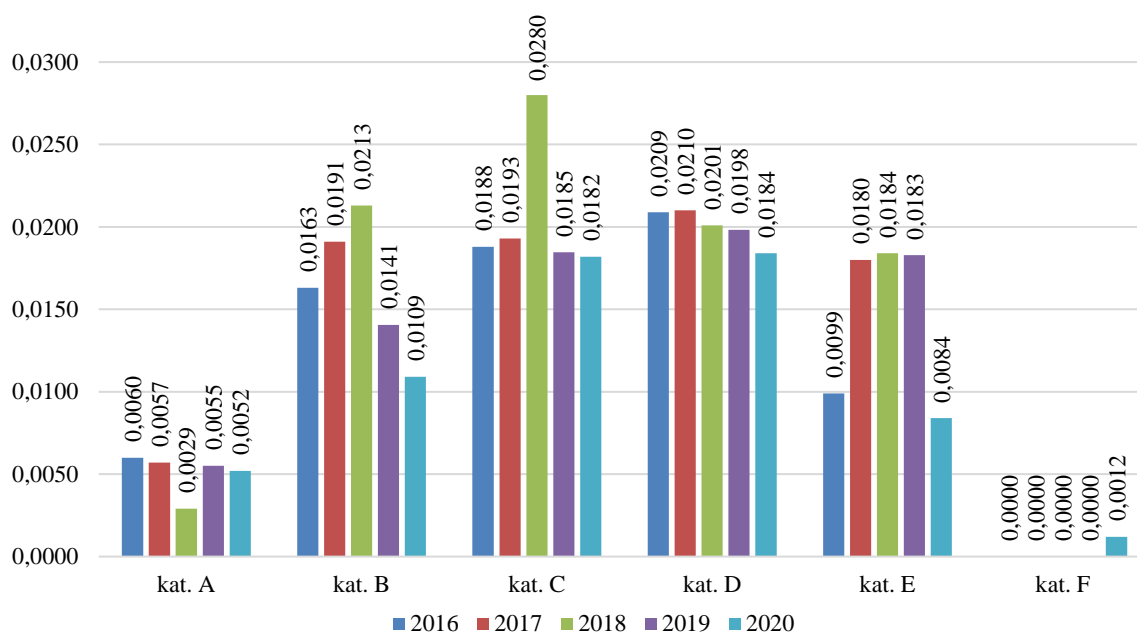
Lp.	Kategoria przejazdu lub przejścia	Liczba wypadków					łącznie
		2016	2017	2018	2019	2020	
1.	kategoria A	15	14	7	13	12	61
2.	kategoria B	19	23	27	19	16	104
3.	kategoria C	26	27	40	27	28	148
4.	<b>kategoria D</b>	<b>147</b>	<b>141</b>	<b>132</b>	<b>126</b>	<b>108</b>	<b>654</b>
5.	kategoria E	5	9	9	9	4	36
6.	kategoria F	0	0	0	0	1	1
7.	dojścia do peronu	0	0	0	5	0	5
8.	łącznie liczba	212	214	215	199	169	1 009

Źródło: opracowanie na podstawie: [18]

Dokładniejszy obraz bezpieczeństwa na przejazdach i przejściach poszczególnych kategorii daje zestawienie liczby wypadków z liczbą przejazdów danej kategorii (Rys. 4). Obliczony w ten sposób miernik wypadkowości pozwala stwierdzić, na których przejazdach statystycznie najczęściej dochodzi do wypadków. Poza jednym przypadkiem – dot. roku 2018, w latach 2016-2020 największy miernik wypadkowości odnotowywano na przejazdach kategorii D.

W 2020 r. w wypadkach na przejazdach kolejowo-drogowych kategorii D na liniach kolejowych zginęły 23 osoby. To o 3 osoby więcej niż w roku 2019, mimo odnotowanego spadku liczby wypadków. Blisko połowa wszystkich ofiar śmiertelnych wypadków na przejazdach w 2020 r. zginęła na przejazdach kategorii D. Warto podkreślić, że liczba zmarłych w wyniku wypadku na przejazdach kategorii D odznacza się dużą zmiennością

w poszczególnych latach, wahając się w granicach od 33% do 54%. Analizując łączne dane za lata 2016-2020 ofiary śmiertelne wypadków na przejazdach kategorii D stanowią aż 42% w odniesieniu do wszystkich kategorii przejazdów (Tabela 2).



Rys. 4. Miernik wypadkowości na przejazdach kolejowo-drogowych i przejściach według kategorii w latach 2016–2020 (źródło: opracowanie na podstawie: [18])

Tabela 2. Liczba osób zmarłych w wypadkach na przejazdach kolejowo-drogowych i przejściach przez tory na liniach kolejowych w latach 2016-2020

Lp.	Kategoria przejazdu lub przejścia	Liczba osób zmarłych					łącznie
		2016	2017	2018	2019	2020	
1.	kategoria A	7	5	2	6	5	25
2.	kategoria B	4	12	12	9	6	43
3.	kategoria C	8	5	11	13	9	46
4.	<b>kategoria D</b>	<b>26</b>	<b>15</b>	<b>19</b>	<b>20</b>	<b>23</b>	<b>103</b>
5.	kategoria E	3	5	5	8	3	24
6.	kategoria F	0	0	0	0	1	1
7.	dojścia do peronu	0	0	0	4	0	4
8.	łącznie	48	42	49	60	47	246

Źródło: opracowanie na podstawie: [18]

Osoby ciężko ranne stanowiły w 2020 r. aż 45% poszkodowanych w odniesieniu do wszystkich wypadków zaistniałych na przejazdach kategorii D. Analizując jednak dane za poprzednie lata i łącznie dla okresu 2016-2020 można zauważyć, że statystycznie liczba ciężko rannych w danym roku, którzy ucierpieli w wypadkach na przejazdach kategorii D, zawiera się w przedziale od 59% do 67% wszystkich osób ciężko rannych (Tabela 3).

Podsumowując, na przejazdach kategorii D dochodzi średnio do większej liczby wypadków niż na innych kategoriach przejazdów, a znalezienie sposobu na ich zmniejszenie jest kluczowe dla poprawy poziomu bezpieczeństwa systemu kolejowego.

Tabela 3. Liczba osób ciężko rannych w wypadkach na przejazdach kolejowo-drogowych i przejściach przez tory na liniach kolejowych w latach 2016-2020

Lp.	Kategoria przejazdu lub przejścia	Liczba osób ciężko rannych					łącznie
		2016	2017	2018	2019	2020	
1.	kategoria A	3	3	2	0	2	10
2.	kategoria B	4	1	2	5	6	18
3.	kategoria C	5	5	4	3	3	20
4.	<b>kategoria D</b>	<b>25</b>	<b>18</b>	<b>22</b>	<b>13</b>	<b>9</b>	<b>87</b>
5.	kategoria E	2	2	3	0	0	7
6.	kategoria F	0	0	0	0	0	0
7.	dojścia do peronu	0	0	0	1	0	1
8.	łącznie	39	29	33	22	20	143

Źródło: opracowanie na podstawie: [18]

## 5. Koncepcja innowacyjnych systemów zabezpieczenia przejazdów kolejowo-drogowych kategorii D

Większość wypadków na przejazdach kolejowo-drogowych kategorii D to efekt niezachowania należytej ostrożności przez kierujących pojazdami drogowymi. Jak wspomniano wcześniej, to od ich zachowania na drodze zależy możliwość bezpiecznego przekroczenia przejazdu. Kierowca, dojeżdżając do przejazdu kolejowo-drogowego, musi wykonać sekwencję zależnych od siebie czynności: ustalić, czy nie nadjeżdża pociąg oraz podjąć decyzję o przejeździe. Na każdym z tych etapów kierowca może popełnić błąd. Jak pokazują badania z Australii, głównymi czynnikami sprzyjającymi wypadkowi na przejeździe kolejowo-drogowym zabezpieczonym jedynie oznakowaniem (bez dodatkowych urządzeń ostrzegawczych) są:

- rozproszenie,
- niedocenienie ryzyka pojawienia się pociągu na przejeździe,
- niedoszacowanie prędkości pociągu i tym samym możliwości bezpiecznego opuszczenia przejazdu,
- zjawisko określane jako „patrzył, ale nie widział” [12].

Czynniki te zostały określone przy założeniu, że na przejazdach zachowane są odpowiednie warunki widoczności. Jest to kluczowy warunek umożliwiający użytkownikom przejazdów bezpieczne ich przekroczenie, który musi być spełniony niezależnie od wyposażenia przejazdu w dodatkowe urządzenia. Jeżeli zapewnione są odpowiednie warunki widoczności to od uwagi i skupienia kierowcy zależy zatem możliwość bezpiecznego przejazdu.

Zwiększeniu uwagi kierowców na przejazdach kolejowo-drogowych ma służyć oznakowanie tych miejsc znakiem B-20 „Stop”, wymuszającym zatrzymanie przed przejazdem i w efekcie sprzyjającym rozejrzeniu się, czy nie nadjeżdża pociąg. Znak ten w Polsce jest stosowany głównie w warunkach ograniczonej widoczności na przejeździe, która jednak mieści się w granicach dopuszczalnych rozporządzeniem w sprawie przejazdów kolejowo-drogowych. Niestety, jak pokazują obserwacje terenowe przeprowadzone w Stanach Zjednoczonych Ameryki, Australii, a także Serbii, stopień faktycznego przestrzegania obowiązku zatrzymania się przed przejazdem przez kierowców waha się w granicach od 12% do 43% [11].



W Polsce nie przeprowadzono dotychczas analogicznych badań, jednak dane statystyczne dotyczące zdarzeń kolejowych i ich przyczyny pozwalają sądzić, że zachowanie kierowców w naszym kraju nie odbiega od stwierdzonych w badaniach australijskich naukowców. O niskim stopniu respektowania przepisów na przejazdach kolejowo-drogowych świadczą także wyniki działań nadzorczych prowadzonych przez inspektorów Urzędu Transportu Kolejowego na wybranych przejazdach strzeżonych w Warszawie w grudniu 2020 r. Ilekroć do przejazdu zbliżał się pociąg i urządzenia sygnalizacji rozpoczęły nadawanie czerwonego migającego światła, znajdowali się kierowcy, którzy ignorowali wyświetlane sygnały i wjeżdżali na przejazd. Niepokojące jest także, że na jednym z kontrolowanych przejazdów w ciągu sześciu miesięcy 2020 r. doszło do 15 zdarzeń, gdy pociąg zatrzymywał się przed przejazdem z powodu samochodu uwięzionego między rogatkami. Nie ma powodu sądzić, aby w przypadku przejazdów kategorii D poziom przestrzegania obowiązujących przepisów znacząco odbiegał od sytuacji obserwowanych na przejazdach strzeżonych.

W celu ograniczenia skali niewłaściwych zachowań, konieczne jest zwrócenie uwagi kierowców na moment zbliżania się do przejazdu kolejowo-drogowego, a także zwiększenie stopnia przestrzegania przepisów obowiązujących w obrębie przejazdu (np. zatrzymanie się przed znakiem „Stop”, czy zmniejszenia prędkości – w zależności od warunków i oznakowania w konkretnym miejscu). Oba te działania powinny sprzyjać uważniejszej obserwacji okolic przejazdu przez kierowcę i tym samym zwiększyć szanse zauważenia ewentualnego niebezpieczeństwa wynikającego ze zbliżającego się pociągu.

Jednak, aby efekt poprawy zachowania kierowców był trwały niezbędną jest jego skuteczna kontrola. Wymaga to automatyzacji procesu identyfikowania wykroczeń i dyscyplinowania kierowców w postaci nakładania kar. Stosowne urządzenia realizujące tego rodzaju funkcje zostały już opracowane i są obecnie w fazie testów. Podstawą działania innowacyjnych systemów zabezpieczenia przejazdów kolejowo-drogowych kategorii D są dwie funkcjonalności:

- ostrzeżenie kierowców o zbliżaniu się do przejazdu, oraz
- monitorowanie przestrzegania przez nich obowiązujących przepisów.

Zasada działania omawianych systemów polega na wykrywaniu pojazdów drogowych dojeżdżających do przejazdu i ostrzeganiu kierowców o niebezpieczeństwie związanym z przekraczaniem linii kolejowej. Funkcja ostrzegania może być realizowana na różne sposoby, np. poprzez podświetlenie odpowiednich znaków drogowych czy zamontowanie urządzenia wyświetlającego stosowne komunikaty. Tego typu informacje mogą być dodatkowo uzależnione np. od prędkości zbliżania się pojazdu (komunikat zachęcający do ograniczenia prędkości). Sposób zachowania się systemu może być modyfikowany np. poprzez losowy dobór wyświetlanych komunikatów.

Drugim elementem omawianych systemów jest wsparcie egzekwowania obowiązujących przepisów dzięki wyposażeniu przejazdu kolejowo-drogowego w kamerę i stosowne oprogramowanie analizujące otrzymany z niej obraz. Tego typu rozwiązanie umożliwia identyfikację przypadków nieprzestrzegania przepisów np. niezatrzymania się przed znakiem „Stop”, czy przekroczenia dozwolonej prędkości. W połączeniu z możliwością automatycznego odczytu numeru rejestracyjnego pojazdu, urządzenie może generować informacje dotyczące naruszeń przepisów i przekazywać je automatycznie do odpowiednich służb, których zadaniem będzie podjęcie właściwych działań egzekwujących przepisy.

## 6. Oszacowanie skutków wdrożenia

Przyczyną większości zdarzeń na przejazdach kolejowo-drogowych kategorii D są kierowcy, którzy nie dostosowują się do przepisów – ignorują znak „Stop” lub przekraczają dozwoloną prędkość. W celu zdyscyplinowania kierowców do przestrzegania przepisów, innowacyjne systemy przejazdowe będą rejestrować wykroczenia i przekazywać informacje w tym zakresie do odpowiednich służb. Innymi słowy, zasada działania tych urządzeń będzie analogiczna do działania fotoradarów instalowanych na drogach, z tym że inne będzie miejsce ich zabudowy – będą to przejazdy kolejowo-drogowe.

W celu oszacowania korzyści dla bezpieczeństwa wynikających z zabudowy tych urządzeń zasadne jest zatem skorzystanie z doświadczeń płynących z oceny skuteczności fotoradarów montowanych przy drogach. Za obsługę fotoradarów odpowiada Centrum Automatycznego Nadzoru nad Ruchem Drogowym (CANARD) funkcjonujące w ramach Głównego Inspektoratu Transportu Drogowego. Według danych zebranych przez CANARD w lokalizacjach instalacji fotoradarów odnotowywanych jest średnio o 36,8% mniej wypadków drogowych, a te, do których dochodzi, są łagodniejsze w skutkach. Średnio ginie w nich o połowę mniej osób, a liczba ciężko rannych jest niższa o 42% [10].

Przekładając przedstawione dane na sytuację systemu kolejowego, można obliczyć skalę redukcji liczby wypadków, a także spadek liczby osób zabitych i ciężko rannych. Możliwe jest także przeliczenie tych liczb na kwoty pieniężne, przy wykorzystaniu analizy zrealizowanej na potrzeby ruchu drogowego na zlecenie Krajowej Rady Bezpieczeństwa Ruchu Drogowego (KRBRD) [14]. Uzyskane wyniki pozwalają na określenie w wymiarze finansowym korzyści zabudowy zbliżonych urządzeń na przejazdach kolejowo-drogowych.

Punktem wyjścia dla dalszych analiz było zestawienie danych dotyczących wypadków i poszkodowanych na przejazdach kategorii D za lata 2016-2020. Pozwoliło to na wyliczenie wskaźników dotyczących średniej liczby wypadków, ofiar śmiertelnych i osób ciężko rannych (Tabela 4).

Tabela 4. Zestawienie wskaźników przyjętych do analiz

Lp.	Nazwa wskaźnika	Wartość	Źródło
1.	liczba wypadków rocznie na przejazdach kategorii D	109	dane UTK za rok 2020
2.	zmiana liczby wypadków po instalacji innowacyjnych urządzeń zabezpieczenia przejazdów kategorii D	-37%	spadek liczby wypadków w miejscu instalacji fotoradarów wg CANARD
3.	zmiana liczby ofiar śmiertelnych	-50%	spadek liczby ofiar śmiertelnych w miejscu instalacji fotoradarów wg CANARD
4.	zmiana liczby osób ciężko rannych	-42%	spadek liczby osób ciężko rannych w miejscu instalacji fotoradarów wg CANARD
5.	koszt wypadku	1,4 mln zł	opracowanie KRBRD
6.	koszt ofiary śmiertelnej	2,4 mln zł	opracowanie KRBRD
7.	koszt osoby ciężko rannej	3,3 mln zł	opracowanie KRBRD

Źródło: opracowanie własne UTK

Wykorzystując założenia zebrane w tabeli 4, średnie wartości dotyczące wypadkowości na przejazdach oraz liczby osób poszkodowanych (ofiary śmiertelnych i ciężko rannych) zaprezentowane w tabeli 5, została przeprowadzona symulacja korzyści wynikających

z zabudowy innowacyjnych systemów zabezpieczenia przejazdów kolejowo-drogowych kategorii D. Symulacja obejmowała różne warianty dotyczące liczby zabudowywanych przejazdów. Jej wyniki przedstawione zostały w tabeli 6.

Analizując wyniki symulacji, można zauważyć, że wyposażenie 500 przejazdów kategorii D w innowacyjne systemy zabezpieczenia pozwoli w ciągu roku ocalić życie jednej osoby i uniknąć w przybliżeniu jednej osoby ciężko rannej. Przekłada się to na oszczędności w wysokości 10,42 mln zł rocznie, choć oczywiście nie wymiar finansowy jest w tym przypadku najważniejszy. Korzyści w proponowanym modelu rosną liniowo w zależności od liczby przejazdów. Przy założeniu wyposażenia wszystkich przejazdów w omawiane urządzenia rocznie udałoby się uniknąć 12 ofiar śmiertelnych i blisko 10 osób ciężko rannych, a oszczędność to ponad 122 mln zł.

Warto zauważyć, że w przedstawionej analizie nie brano pod uwagę wysokości wpływów do budżetu państwa wynikających z ewentualnych mandatów nakładanych na kierowców nieprzestrzegających przepisów. Ewentualne zyski z tego tytułu nie powinny być traktowane jako cel sam w sobie instalacji omawianych urządzeń na przejazdach kolejowo-drogowych. Z tego względu skupiono się wyłącznie na oszacowaniu korzyści płynących z poprawy poziomu bezpieczeństwa i przez ten pryzmat oceniane są omawiane systemy.

Dla porządku warto jeszcze wspomnieć o kosztach zabudowy urządzeń. Kształtują się one w przedziale 0,15-0,2 mln zł<sup>1</sup>, co w porównaniu do kosztów podniesienia kategorii przejazdu jest sumą niewielką. Podwyższenie kategorii przejazdu kolejowo-drogowego z D do C to koszt rzędu 1,1 mln zł, zaś w przypadku zmiany do kategorii B koszt jest niewiele większy i wzrasta do ok. 1,3 mln zł<sup>2</sup>.

Kilkukrotna różnica we wskazanych kosztach znajduje swoje uzasadnienie w uwarunkowaniach technicznych. Systemy zabezpieczenia przejazdów kategorii D omawiane w tym artykule składają się w dużej mierze z ogólnodostępnych komponentów, takich jak kamery czy wyświetlacze, a także stosownego oprogramowania. Nie wymagają one specjalistycznych urządzeń, takich jak np. liczniki osi wykrywające nadjeżdżający pociąg, a także kosztownego okablowania na długie odległości. Nie wymagają również dostępności zasilania elektrycznego, gdyż mogą być doposażone w panele solarne. Co również bardzo istotne, urządzenia te nie są także podłączane do systemu sterowania ruchem kolejowym, co eliminuje kosztowny proces ich certyfikacji. Nadzór nad pracą urządzeń i wszelka komunikacja odbywa się zdalnie – z wykorzystaniem łączności za pośrednictwem publicznie dostępnych sieci telefonii komórkowej. Wreszcie warto także wspomnieć, że awaria urządzeń nie wpływa na bezpieczeństwo systemu kolejowego, a więc nie muszą one spełniać kosztownych wymagań związanych z niezawodnością i dostępnością.

Wszystkie te czynniki sprawiają, że w podobnej cenie, zamiast podnoszenia kategorii jednego przejazdu kolejowo-drogowego kategorii D do kategorii C, można doposażyć w innowacyjne urządzenia zabezpieczające nawet 7 przejazdów kategorii D.

<sup>1</sup> Dane zostały pozyskane od producentów ww. urządzeń i obejmują koszty systemu wraz z zabudową (w tym zaprojektowaniem) w jednej lokalizacji.

<sup>2</sup> Dane pozyskane od PKP Polskich Linii Kolejowych S.A. Podane koszty obejmują wyłącznie roboty związane z zabudową urządzeń sygnalizacji przejazdowej, tj. w branżach sterowania ruchem kolejowym, telekomunikacji i energetyki. Wydatki na nawierzchnię kolejowo-drogową nie są wliczane.

Tabela 5. Zestawienie danych statystycznych dotyczących wypadków na przejazdach kolejowo-drogowych kategorii D w latach 2016-2020

Rok	Liczba osób zabitych	Liczba ciężko rannych	Liczba wypadków	Liczba przejazdów w kat. D	Średnia liczba osób zabitych w 1 wypadku	Średnia liczba osób ciężko rannych w 1 wypadku	Liczba wypadków do liczby przejazdów
2016	26	25	147	7047	0,18	0,17	0,02
2017	15	18	141	6711	0,11	0,13	0,02
2018	19	22	132	6580	0,14	0,17	0,02
2019	20	13	126	6354	0,16	0,10	0,02
2020	23	9	108	5 865	0,21	0,08	0,02
				<b>średnia</b>	<b>0,16</b>	<b>0,13</b>	<b>0,02</b>

Źródło: opracowanie na podstawie: [18]

Tabela 6. Podsumowanie korzyści zabudowy innowacyjnych systemów zabezpieczenia przejazdów kolejowo-drogowych kategorii D

Lp.	Określenie skutku	Jedn.	Liczba zmodernizowanych przejazdów kolejowo-drogowych kategorii D				
			500	1000	2000	4000	5865
<b>A.</b>	<b>WYPADKI</b>						
A1.	Średnia roczna liczba wypadków, których uniknięto dzięki instalacji innowacyjnych systemów	szt.	3,67	7,35	14,69	29,38	43,08
A2.	Roczna liczba wypadków po korekcie o poz. A1 i zaokrągleniu	szt.	105	102	94	80	66
A3.	Zysk wynikający z uniknięcia ww. wypadków	mln zł	5,14	10,28	20,57	41,13	60,31
<b>B.</b>	<b>OFIARY ŚMIERTELNE</b>						
B1.	Średnia roczna liczba unikniętych ofiar śmiertelnych w wyniku redukcji liczby wypadków z poz. A1	osoba	0,57	1,14	2,29	4,58	6,71
B2.	Średnia roczna liczba unikniętych ofiar śmiertelnych dzięki ograniczeniu śmiertelności pojedynczego wypadku	osoba	0,49	0,97	1,95	3,90	5,71
B3.	Średnia roczna liczba unikniętych ofiar śmiertelnych w sumie	osoba	1,06	2,12	4,24	8,47	12,42
B4.	Zysk wynikający z uniknięcia ofiar śmiertelnych	mln zł	2,54	5,08	10,16	20,33	29,81
<b>C.</b>	<b>OSOBY CIĘŻKO RANNE</b>						
C1.	Średnia roczna liczba unikniętych osób ciężko rannych w wyniku redukcji liczby wypadków z poz. A1	osoba	0,48	0,97	1,94	3,87	5,68
C2.	Średnia roczna liczba unikniętych osób ciężko rannych dzięki ograniczeniu skutków pojedynczego wypadku	Osoba	0,35	0,69	1,39	2,77	4,06
C3.	Średnia roczna liczba unikniętych ciężko rannych w sumie	osoba	0,83	1,66	3,32	6,64	9,74
C4.	Zysk wynikający z uniknięcia osoby ciężko rannej	mln zł	2,74	5,48	10,96	21,93	32,15
<b>D.</b>	<b>PODSUMOWANIE FINANSOWE</b>						
<b>D1.</b>	<b>Suma zysków rocznie</b>	<b>mln zł</b>	<b>10,42</b>	<b>20,85</b>	<b>41,69</b>	<b>83,39</b>	<b>122,27</b>

Źródło: opracowanie własne UTK

## 7. Podsumowanie

Poprawa bezpieczeństwa na przejazdach kolejowo-drogowych powinna być jednym z priorytetów systemu kolejowego. Przedstawiona w niniejszym artykule koncepcja pokazuje, że możliwe jest poszukiwanie innowacyjnych koncepcji w tym obszarze. Rozwój technologii i informatyki generuje nowe możliwości dla automatyzacji pewnych procesów, które mogą być wykorzystane z korzyścią dla bezpieczeństwa systemu kolejowego. Proponowane w niniejszym artykule innowacyjne systemy zabezpieczenia przejazdów kolejowo-drogowych pozwolą na skuteczną poprawę bezpieczeństwa na przejazdach kolejowo-drogowych kategorii D.

Przeanalizowano pięć wariantów wyposażenia przejazdów w omawiane urządzenia, różniących się liczbą lokalizacji objętych projektem, a także skalą oszczędności wynikających z ich zastosowania. W przypadku doposażenia 500 przejazdów rocznie możemy mówić o oszczędnościach w wysokości 10,42 mln zł rocznie. Przy 1 000 doposażonych przejazdów oszczędności sięgają niemal 21 mln zł. Doposażenie 2 000 przejazdów daje roczne oszczędności w wysokości 41,69 mln zł, zaś przy 4 000 przejazdów wyniosą one 83,39 mln zł. Zabudowa urządzeń na wszystkich przejazdach kolejowo-drogowych kategorii D dałaby oszczędności w wysokości 122,27 mln zł. Na prezentowane kwoty składają się oszczędności wynikające z mniejszej liczby wypadków na przejazdach z zabudowanym systemem, mniejszej liczby ofiar śmiertelnych, a także osób ciężko rannych. Warto podkreślić, że prezentowane kwoty odnoszą się do oszczędności w skali rocznej, a zatem będą ponawiane w miarę upływu kolejnych lat.

Uzupełniając powyższy obraz należy także zwrócić uwagę, że zaprezentowane oszczędności to jedynie część wszystkich kosztów, jakie są skutkiem wypadków na przejazdach kolejowo-drogowych. Nie uwzględniają one chociażby kosztów naprawy pojazdów kolejowych po zdarzeniu, które mogą być bardzo wysokie. Po wypadku w Ozimku w 2017 r. koszt naprawy uszkodzonego pojazdu Pendolino oszacowano na 36,6 mln zł (8,5 mln euro), przy czym polisa OC sprawcy wypadku pokryła jedynie niewielką część tej kwoty (4 mln zł) [13]. Nie zapominajmy także o innego rodzaju kosztach, takich jak koszty leczenia, dochodzenia do zdrowia i utraty zdrowia czy też kosztach związanych z opóźnieniami pociągów, długotrwałym odstawieniem taboru i koniecznością organizacji składów zastępczych, odszkodowaniami dla pasażerów itp. Nie ulega zatem wątpliwości, że poprawa bezpieczeństwa na przejazdach kolejowo-drogowych powinna stanowić działanie priorytetowe, a instalacja proponowanych urządzeń istotnie przybliży nas do tego celu.

### Bibliografia

1. Ustawa z dnia 28 marca 2003 r. o transporcie kolejowym.
2. Towpik, K. (2009). Infrastruktura transportu kolejowego. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa.
3. Jacyna, M., Gołębiowski, P., Krześniak, M., Szkopiński, J. (2019). Organizacja ruchu kolejowego, PWN Warszawa.
4. RBF Railway Business Forum. (2019). Biała Księga. Bezpieczeństwo kolejowe – podejście systemowe 2016-2019, Warszawa.
5. Urząd Transportu Kolejowego. (2020). System zarządzania bezpieczeństwem, <https://www.utk.gov.pl/pl/bezpieczenstwo-systemy/zarządzanie-bezpieczen/system-zarządzania-bezpieczen/16444,system-zarządzania-bezpieczenstwem.html> [dostęp: styczeń 2023 r.].

6. Ministerstwo Infrastruktury. (2008). Master Plan dla transportu kolejowego w Polsce do 2030 r., Warszawa.
7. Ministerstwo Infrastruktury i Budownictwa. (2016). Krajowy Program Kolejowy do 2023 roku. Załącznik do uchwały Rady Ministrów nr 144/2016 z dnia 23 listopada 2016 r., Warszawa.
8. Kochan, A. (2021). Cyberbezpieczeństwo systemów sterowania ruchem kolejowym. Inżynier Budownictwa 2021/1, 71-75, Warszawa.
9. Białoń, A., Pawlik, M. (2014). Bezpieczeństwo i ryzyko na przykładzie urządzeń sterowania ruchem kolejowym. Problemy kolejnictwa Zeszyt 163, Warszawa.
10. Główny Inspektorat Transportu Drogowego. Doświadczenia i efekty działania Centrum Automatycznego Nadzoru nad Ruchem Drogowym, materiał konferencyjny, <https://www.canard.gitd.gov.pl/cms/web/portal/dla-mediow/materialy-do-pobrania> [dostęp: lipiec 2021 r.].
11. Beanland, V., i in., (2016). To stop or not to stop: Contrasting compliant and non-compliant driver behaviour at rural rail level crossings. Accident Analysis and Prevention nr 108C.
12. Larue, G. i in., (2019). Getting the attention of drivers back on passive railway level crossings: Evaluation of advanced flashing lights. Transportation Research Record, 2673(2), 789-798.
13. Majdras, J. (2018). Jest umowa na naprawę powypadkową Pendolino. Za pół ceny nowego składu. Rynek Kolejowy, <https://www.rynek-kolejowy.pl/mobile/jest-umowa-na-naprawe-powypadkowa-pendolino-koszt-bedzie-ogromny-89638.html> [dostęp: sierpień 2021 r.].
14. Jażdżik-Osmólska, A., Korneć, R. (2019). Wycena kosztów wypadków i kolizji drogowych na sieci dróg w Polsce na koniec roku 2018, z wyodrębnieniem średnich kosztów społeczno-ekonomicznych wypadków na transeuropejskiej sieci transportowej, Uniwersytet Przyrodniczo-Humanistyczny w Siedlcach, Krajowa Rada Bezpieczeństwa Ruchu Drogowego, Warszawa.
15. Olpiński W. (2013). Działania konieczne dla poprawy bezpieczeństwa na przejazdach drogowo-kolejowych w Polsce. Przegląd Komunikacyjny, nr 6, 8-17.
16. Urząd Transportu Kolejowego. Kampania Kolejowe ABC. <https://kolejoweabc.pl/ABC2/o-kampanii-kolejowe-abc-ii/> [dostęp: styczeń 2023 r.].
17. Szymajda, M. (2021). PKP PLK zmodernizuje 19 przejazdów kolejowo-drogowych w kujawsko-pomorskim, Rynek Kolejowy, <https://www.rynek-kolejowy.pl/mobile/pkp-plk-zmodernizuje-19-przejazdow-kolejowodrogowych-w-kujawskopomorskim-104916.html> [dostęp: styczeń 2023 r.].
18. Urząd Transportu Kolejowego. (2021). Sprawozdanie ze stanu bezpieczeństwa ruchu kolejowego 2020, Warszawa.

## Koncepcja poprawy bezpieczeństwa na przejazdach kolejowo-drogowych kategorii D

**Abstrakt.** W artykule omówiono kwestię bezpieczeństwa na przejazdach kolejowo-drogowych, ze szczególnym naciskiem na przejazdy kategorii D, tj. niewyposażone w żadne urządzenia zabezpieczające. Stanowią one największe wyzwanie dla poprawy bezpieczeństwa systemu kolejowego. Brak wyposażenia w jakiegokolwiek urządzenia ostrzegawcze czy zabezpieczające sprawia, że bezpieczne pokonanie tych przejazdów zależy wyłącznie od kierującego pojazdem – jego skupienia i przestrzegania obowiązujących przepisów (w szczególności zatrzymania przed znakiem „Stop”). Z tego względu proponuje się wprowadzenie urządzeń identyfikujących i rejestrujących wykroczenia kierowców w sposób automatyczny. Nagrany materiał przekazany zostanie do odpowiednich służb (np. GITD, Policja), które mogą podejmować odpowiednie sankcje. W artykule podjęto próbę oszacowania wpływu wdrożenia tego rodzaju rozwiązania na liczbę wypadków na przejazdach oraz ich skutki, w tym wpływ na poprawę bezpieczeństwa.

**Słowa kluczowe:** bezpieczeństwo, ryzyko w transporcie kolejowym, przejazdy kolejowo-drogowe, systemy zabezpieczenia przejazdów kolejowo-drogowych.

