

Application of risk management process during renewal or modernization of railway vehicles

Zastosowanie procesu zarządzania ryzykiem podczas odnowienia lub modernizacji pojazdów kolejowych

The article describes the risk management process as one of the aspects related to the renewal or modernization of railway vehicles.

The first part of the text indicates the difference between the renewal and modernization of vehicles. Normative documents, that required carrying out the presented process with a list of other documents necessary to obtain a permit. are referred to.

The main part is devoted to the risk management process, including risk acceptance methods (code of conduct, reference framework and open risk assessment). Additionally, the methods of open risk valuation applied in practice are presented.

Artykuł opisuje proces zarządzania ryzykiem jako jeden z aspektów związanych z odnowieniem lub modernizacją pojazdów kolejowych.

W pierwszej części tekstu wskazano różnicę między odnowieniem oraz modernizacją pojazdów. Przywołano dokumenty normatywne, wymagające przeprowadzenie przedstawionego procesu, wraz z zestawieniem pozostałych dokumentów koniecznych do uzyskania zezwolenia.

Główną część poświęcono procesowi zarządzania ryzykiem, w tym sposoby akceptacji ryzyka (kodeks postępowania, układ odniesienia oraz jawne szacowanie ryzyka).

Dodatkowo przedstawiono stosowane w praktyce metody jawnej wyceny ryzyka.

1. Introduction

Based on the data contained in the "Report on the functioning of the railway transport market in 2016." [1] published by the UTK (Office of Rail Transport), it is stated that the average age of the passenger wagon (including the electric multiple units) in Poland in 2016. was 24.8 years, but for the freight wagon is 30.2 years, which is a 2-year decrease compared to the list of 2015. Referring to this the statistics on the number of operated freight and passenger wagons (including the electric traction units) and locomotives (combustion and electric) amounting approx. 95000 and approx. 4200 respectively, the response is given to the non-increasing trend of modernization and renewal of the rail vehicles in Poland.

Taking into account the data referred to above, it is also reasonable to modernize the railway vehicles as part of the main repair (maintenance level P5), which usually is every 20-25 years based on the DSU of wagons and locomotives (taking into account the time criterion of maintenance cycles). Depending on the scope of modifications made on the vehicle, in accordance with art. 4 points 43 and 44 of the Act on railway transport, the following activities are distinguished:

1. Wstęp

Na podstawie danych zawartych w „Sprawozdaniu z funkcjonowania rynku transportu kolejowego w 2016 r.” opublikowanym przez UTK stwierdza się, że średni wiek wagonu pasażerskiego (w tym także elektrycznych zespołów trakcyjnych) w Polsce w 2016 r. wyniósł 24,8 lata natomiast wagonu towarowego 30,2 lata, co w porównaniu do zestawienia z 2015 r. stanowi spadek o 2 lata. Przywołując do tego statystykę o liczbie eksploatowanych wagonów towarowych i pasażerskich (w tym elektrycznych zespołów trakcyjnych) oraz lokomotyw (spalinowych i elektrycznych) wynoszących odpowiednio ok. 95 000 oraz ok. 4 200 dostaje się odpowiedź na niemalejącą tendencję modernizowania i odnawiania pojazdów kolejowych w Polsce.

Biorąc pod uwagę przywołane powyżej dane zasadna jest także praktyka modernizowania pojazdów kolejowych w ramach naprawy głównej (poziomu utrzymania P5), która w oparciu o DSU wagonów i lokomotyw przypada zazwyczaj co 20-25 lat (biorąc pod uwagę kryterium czasowe cykli utrzymaniowych). W zależności od zakresu dokonywanych na pojeździe modyfikacji, zgodnie z art. 4 pkt 43 i 44 ustawy o transporcie kolejowym, wyróżnia się następujące czynności:

- renewal – larger replacement works in the subsystem or parts of it that do not change the overall vehicle performance;
- modernization – larger modification works performed in the entire subsystem or its part, improving the overall performance, an example of which is shown in the below figure 1. presenting the modernization of the driver's cab in the EN57 electric traction unit.
- odnowienie – większe prace wymienne w podsystemie lub jego części nie zmieniające całkowitych osiągnięć pojazdu;
- modernizacja – większe prace modyfikacyjne wykonywane w całym podsystemie bądź jego części, poprawiające całkowite osiągnięcia, czego przykład został przedstawiony na poniższym rysunku 1. przedstawiającym modernizację kabiny maszynisty w elektrycznym zespole trakcyjnym EN57.



Fig. 1. Example of modernization of driver's cab in electric traction unit EN57 [source: H. Cegielski - FPS limited liability company]

Rys. 1. Przykład modernizacji kabiny maszynisty w elektrycznym zespole trakcyjnym EN57 [źródło: H. Cegielski - FPS Sp. z o.o.]

Depending on the classification of activities to one of the two groups distinguished above, the procedure, presented in Figure 2, for the necessity of issuing a new authorization for placing into service changes. On its basis, it is stated that the necessity of issuing a new authorization is only in the case of modernization of railway vehicles, what is confirmed in the provisions of art. 23i of the Rail Transport Act [1] and the recommendations of the EU Commission [2]. In the remaining 3 cases, the entity responsible for modification of the vehicle does not have to apply for a new authorization, however, it is necessary to: update the technical documentation of the vehicle (DTR- Operation and Maintenance Documentation, WTWiO – Technical Conditions of Performance and Acceptance, constructional documentation) and assess the need for a new EC declaration of verification. The necessity of updating of the EC declaration of verification or to preparing a new declaration is due to the fact that the currently applicable TSI should be used for the modified part.

In the cases of modernization of the structural subsystem, the railway carrier submits to the President of UTK the documentation describing the project together with the assessment of the significance of the change (carried out in accordance with the regulations of European Commission regarding the common safety assessment method within the risk valuation and assessment [3]). However, if the planned works are the

W zależności od zaklasyfikowania czynności do jednej z dwóch wyróżnionych powyżej grup zmienia się sposób postępowania co do konieczności wydania nowego zezwolenia na dopuszczenie do eksploatacji, przedstawiony na rysunku 2. Na jego podstawie stwierdza się, że konieczność wydania nowego zezwolenia istnieje jedynie w przypadku modernizacji pojazdów kolejowych co znajduje potwierdzenie w zapisach art. 23i ustawy o transporcie kolejowym oraz zaleceniach Komisji UE. W pozostałych 3 przypadkach podmiot odpowiedzialny za modyfikację pojazdu nie musi ubiegać się o nowe zezwolenie konieczne jest jednak: dokonanie aktualizacji dokumentacji technicznej pojazdu (DTR, WTWiO, dokumentacja konstrukcyjna), oraz ocena potrzeby sporządzenia nowej deklaracji weryfikacji WE. Konieczność aktualizacji deklaracji weryfikacji WE lub sporządzenia nowej deklaracji wynika z faktu, że w odniesieniu do części modyfikowanej należy stosować aktualnie obowiązujące TSI.

W przypadkach modernizacji podsystemu strukturalnego przewoźnik kolejowy, przekazuje Prezesowi UTK dokumentację opisującą projekt wraz z oceną znaczenia wprowadzanej zmiany (przeprowadzoną zgodnie z przepisami Komisji Europejskiej dotyczącymi wspólnej metody oceny bezpieczeństwa w zakresie wyceny i oceny ryzyka). Natomiast w sytuacji kiedy planowane prace stanowią odnowienie podsystemu strukturalnego przewoźnik kolejowy informuje Prezesa UTK o zakresie planowanych prac.

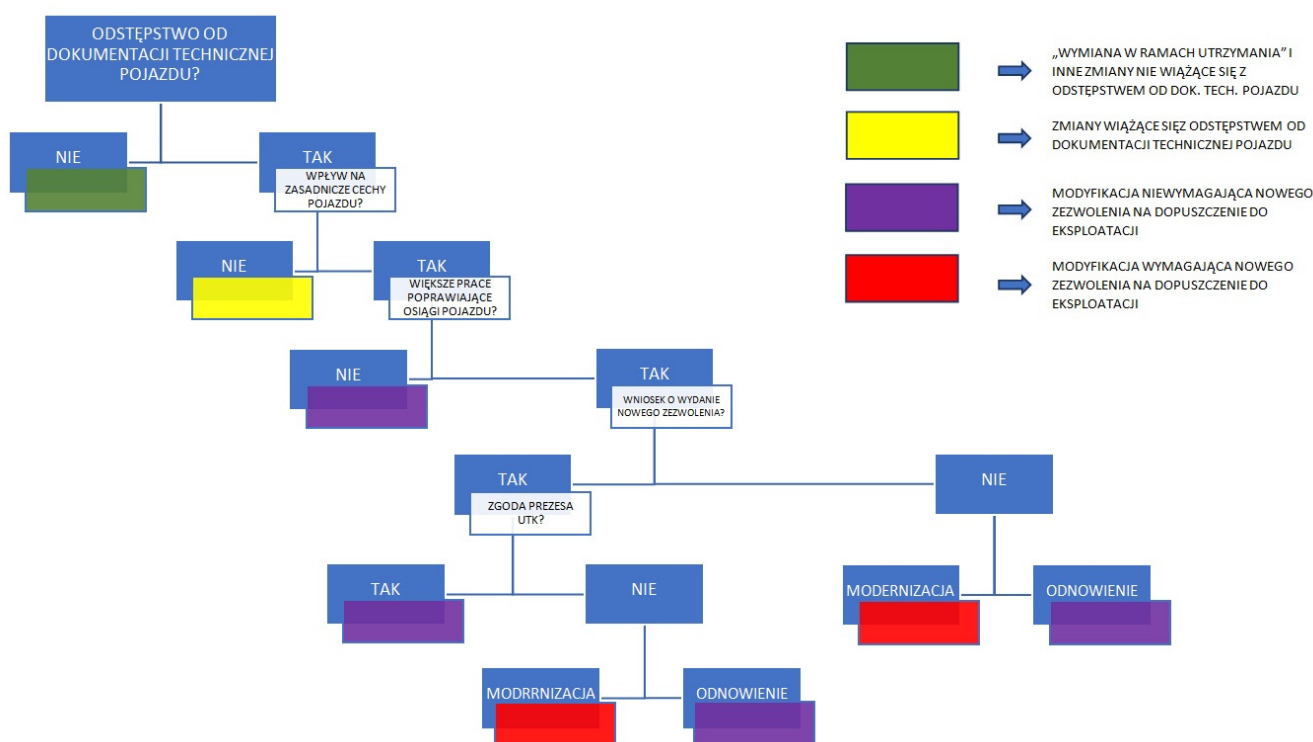
renewal of the structural subsystem, the railway carrier informs the President of UTK about the scope of the planned works.

In the case of modernization of the structural subsystem the President of UTK issues a decision stating whether it is necessary to obtain a new authorization for placing into service of the structural subsystem after modernization because of the planned scope of works, taking into account the documentation describing the project and assessment of the significance of the change, technical conditions, railway system safety criteria and implementation strategy of the relevant TSI.

The other technical documentation necessary to obtain the authorization includes, among others, Reports on the safety assessment performed based on Regulation 402/2013 [3], which will be devoted to the further part of the article.

W przypadku modernizacji podsystemu strukturalnego Prezes UTK, biorąc pod uwagę dokumentację opisującą projekt i ocenę znaczenia zmiany, uwarunkowania techniczne, kryteria bezpieczeństwa systemu kolei oraz strategię wdrożenia stosownej TSI, wydaje decyzję stwierdzającą, czy w związku z planowanym zakresem prac niezbędne jest uzyskanie nowego zezwolenia na dopuszczenie do eksploatacji dla podsystemu strukturalnego po modernizacji.

W skład pozostałej dokumentacji technicznej niezbędnej do uzyskania zezwolenia wchodzi między innymi Raporty w sprawie oceny bezpieczeństwa wykonywane w oparciu o Rozporządzenie 402/2013, którym poświęcona będzie dalsza część artykułu.



Rys. 2. Opis postępowania z modyfikacjami w pojazdach kolejowych [opracowanie własne]/ Fig. 2. Description of modifications conduct in railway vehicles [own work]

2. Normative documents referring to the need to conduct a risk management process.

Guidelines on the common safety methods used for railway transport (CSM - Common Safety Methods) appeared for the first time in Directive 2004/49/EC [5] defining both CSM and common safety requirements (CST - Common Safety Targets). The need to conduct safety assessments in the field of risk valuation and assessment by producers and railway carriers was imposed with the entry into force of

2. Dokumenty normatywne przywołujące konieczność przeprowadzenia procesu zarządzania ryzykiem.

Wytyczne na temat wspólnych metod oceny bezpieczeństwa wykorzystywanych w transporcie kolejowym (ang. CSM – Common Safety Methods) po raz pierwszy pojawiły się w Dyrektywie 2004/49/WE w której zdefiniowano zarówno CSM jak i wspólne wymagania bezpieczeństwa (ang. CST – Common Safety Targets). Konieczność przeprowadzania oceny

Regulation 352/2009 [4], which replaced by the current Regulation 402/2013 [3], is invoked by national normative documents, including on modernized and renewed rail vehicles.

The scope of duties on the side of the producers of vehicles of the above mentioned types of modification is regulated by the Regulation of the Ministry of Infrastructure and Construction (O.J. of 2017, item 934) [6], in which the necessary documents for obtaining the authorization for placing into service of vehicles complying with or not complying with the TSI, are drawn up. Based on the provisions of the Regulation item 934. the works related to the efforts of entities applying for obtaining the approval for the possibility to limit the scope of parameters necessary to inspect the modernized railway vehicles are also performed.

Changes in the metro vehicles, vehicles running on the track < 1435 [mm], on sidings or sectioned lines are regulated by the Regulation O. J. 2014 item 720 [8].

Independently of the choice of the path of authorization of a vehicle subjected to modification, one of the necessary elements for preparation is a safety assessment report issued by the assessment body in the cases specified in European Union regulations regarding a common safety assessment method within the risk valuation and assessment.

3. Risk management process during renewal or modernization of vehicles.

It should be distinguished that according to the recommendations contained in [2], the decisions taken by the contracting entity or producer regarding the changes to the subsystem, which based on the four categories drawn up in Figure 2, must be completely independent of the decision regarding the significance of the change as regards common safety methods within assessment and valuation of risk for the railway system to be made by the railway undertaking introducing a modification in its part of the system.

3.1. Application of the risk management process during the renewal and modernization of vehicles

The need to carry out the safety assessment of modernized or renewed railway vehicles occurs in the following stages of authorization of the modernized and renewed vehicle for placing into service:

- a) at the stage of applying by the contracting entity or the producer for approval for the possibility of limiting the scope of parameters necessary to inspect the modernized railway vehicles. The authorized entity (PN-EN 17020 inspection body) assesses in the report prepared by itself, in accordance with Commission Regulation (EU) No 402/2013 [4], safety assessment related to modernization of passenger wagon of type 141A-10 in order

bezpieczeństwa w zakresie wyceny i oceny ryzyka przez producentów i przewoźników kolejowych została narzucona wraz z wejściem w życie rozporządzenie nr 352/2009, które zastąpione przez aktualne Rozporządzenie 402/2013, przywoływane jest przez krajowe dokumenty normatywne w tym także dotyczące modernizowanych i odnawianych pojazdów kolejowych.

Zakres obowiązków leżących po stronie producentów pojazdów wymienionych wyżej typów. modyfikacji regulowany jest przez Rozporządzenie MliB (Dz. U. z 2017 r. poz. 934), w którym zestawiono niezbędne dokumenty do uzyskania zezwolenia na dopuszczenie do eksploatacji pojazdów zgodnych bądź niezgodnych z TSI. W oparciu o zapisy Rozporządzenia poz. 934. wykonywane są także prace związane ze staraniem się przez podmioty ubiegające się o uzyskania zgody na możliwość ograniczenia zakresu parametrów koniecznych do skontrolowania modernizowanych pojazdów kolejowych.

Zmiany w pojazdach metra, pojazdach poruszających się po torze < 1435 [mm], bocznicach bądź liniach wydzielonych regulowane są przez Rozporządzenie Dz. U. 2014 poz. 720 .

Niezależnie od wyboru ścieżki dopuszczenia pojazdu poddanego modyfikacji jednym z elementów niezbędnych do przygotowania jest raport w sprawie oceny bezpieczeństwa wydany przez jednostkę oceniającą w przypadkach określonych w przepisach Unii Europejskiej dotyczących wspólnej metody oceny bezpieczeństwa w zakresie wyceny i oceny ryzyka.

3. Proces zarządzania ryzykiem podczas odnowienia lub modernizacji pojazdów.

Należy rozgraniczyć, iż zgodnie zaleceniami zawartymi w decyzje podjęte przez podmiot zamawiający lub producenta, dotyczące zmian podsystemu, które oparte na czterech kategoriach zestawionych na rysunku 2, muszą być zupełnie niezależne od decyzji dotyczącej istotności danej zmiany, jeżeli chodzi o wspólne metody oceny bezpieczeństwa w zakresie wyceny i oceny ryzyka dla systemu kolejowego, która ma być dokonana przez przedsiębiorstwo kolejowe wprowadzające modyfikację w swojej części systemu.

3.1. Zastosowanie procesu zarządzania ryzykiem podczas odnowienia lub modernizacji pojazdów

Konieczność wykonywania oceny bezpieczeństwa modernizowanych lub odnawianych pojazdów kolejowych występuje w następujących etapach dopuszczenia modernizowanego lub odnawianego pojazdu do eksploatacji:

- a) na etapie ubiegania się przez podmiot zamawiający lub producenta zgody o możliwość ograniczenia zakresu parametrów koniecznych do skontrolowania modernizowanych pojazdów kolejowych. Jednostka uprawniona (jednostka inspekcyjna

to demonstrate the possibility of limiting the scope of parameters necessary to be checked in connection with authorization of the vehicle for placing into service.

- b) at the stage of creating the EC declaration of subsystem verification– safety assessment report in cases required by European Union legislation regarding a common safety assessment method within risk valuation and assessment. The authorized entity (PN-EN 17020 inspection body) assesses in the report prepared by itself, in accordance with the Commission Regulation (EU) No. 402/2013 [4], a safety assessment within the introduced changes to the railway system related to the introduction of a new type of vehicle (including the assessment of compliance with safety requirements - for vehicles complying with or not complying with the TSI) or assessing changes in the technical documentation of the modernized vehicle (e.g. Maintenance System Documentation).

The risk assessment process is a comprehensive, multi-stage process, the stages of which are described in chapter 3.2.

3.2. Stages of risk management

According to the definition contained in Regulation 402/2013 [4], the risk assessment is a comprehensive process including the following stages:

- a) defining the system to be assessed;
- b) risk analysis, including hazard identification;
- c) risk valuation.

According to Regulation 402/2013 (as amended) [4], the necessity of carrying out the risk management process is in the event of a significant change which is assessed in relation to five criteria : consequences of system failure, innovation used in the introduction of change, change complexity, monitoring, reversibility changes, additionality.

Creating a security assessment starts with defining the system being valued. In the case of carrying out the safety assessment for needs of applying by the contracting entity or the producer for approval to limit the range of parameters necessary to be checked, the changes between the modernized vehicles and the reference system in the form of a vehicle already authorized for placing into service are indicated. However, during carrying out the safety assessment being the annex to the EC declaration of verification of the subsystem, the change related to the introduction of a new type of vehicle to the railway system is defined. Regardless of the above mentioned reasons of carrying out the risk assessment, the system definition must take into account [4]:

- a) the purpose of the system (intended use);
- b) system functions and elements, if applicable (including the human, technical and opera-

PN-EN 17020) w sporządzonym przez siebie raporcie ocenia, zgodnie z Rozporządzeniem Komisji (UE) Nr 402/2013 ocenę bezpieczeństwa związaną przeprowadzeniem modernizacji wagonu pasażerskiego typu 141A-10 w celu wykazania możliwości ograniczenia zakresu parametrów koniecznych do skontrolowania w związku z dopuszczeniem pojazdu do eksploatacji.

- b) na etapie tworzenia deklaracji weryfikacji WE podsystemu – raport w sprawie oceny bezpieczeństwa, w przypadkach wymaganych przepisami Unii Europejskiej dotyczącymi wspólnej metody oceny bezpieczeństwa w zakresie wyceny i oceny ryzyka. Jednostka uprawniona (jednostka inspekcyjna PN-EN 17020) w sporządzonym przez siebie raporcie ocenia, zgodnie z Rozporządzeniem Komisji (UE) Nr 402/2013 ocenę bezpieczeństwa w zakresie wprowadzonych zmian do systemu kolejowego związanego z wprowadzeniem do niego nowego typu pojazdu (z uwzględnieniem oceny zgodności z wymogami bezpieczeństwa – dotyczy pojazdów zgodnych lub niezgodnych z TSI) bądź dokonuje oceny zmian w dokumentacji technicznej modernizowanego pojazdu (np. Dokumentacji Systemu Utrzymania).

Proces oceny ryzyka jest całościowym, wieloetapowym procesem , którego poszczególne etapy zostały opisane w rozdziale 3.2.

3.2. Etapy oceny ryzyka

Zgodnie z definicją zawartą w Rozporządzeniu 402/2013 ocena ryzyka jest całościowym procesem obejmującym następujące etapy:

- a) zdefiniowanie systemu podlegającego ocenie;
- b) analizę ryzyka, w tym identyfikację zagrożeń;
- c) wycenę ryzyka.

Zgodnie z Rozporządzeniem 402/2013 (z późn. zm.) konieczność przeprowadzenia procesu zarządzania ryzykiem zachodzi w przypadku zmiany znaczącej która jest oceniana w odniesieniu do pięciu kryteriów skutki awarii systemu, innowacja wykorzystana przy wprowadzeniu zmiany, złożoność zmiany, monitoring, odwracalność zmiany, dodatkowość.

Tworzenie oceny bezpieczeństwa rozpoczyna się od zdefiniowania systemu podlegającego ocenie. W przypadku wykonywania oceny bezpieczeństwa na potrzeby ubiegania się przez podmiot zamawiający lub producenta zgody o możliwość ograniczenia zakresu parametrów koniecznych do skontrolowania wskazwane są zmiany pomiędzy modernizowanymi pojazdami a systemem odniesienia w postaci pojazdu już dopuszczonego do eksploatacji. Natomiast wykonując ocenę bezpieczeństwa stanowiącą załącznik do deklaracji weryfikacji WE podsystemu definiowana jest

tional elements);

- c) the system limit, taking into account other systems with which this system interacts for example infrastructure, energy, control, railway traffic, etc.;
- d) physical interfaces (systems with which this system interacts) and functional interfaces (outlays and effects concerning operations);
- e) system environment (e.g., energy flows and thermal flows, shocks, vibrations, electromagnetic interference, operation purpose, environmental conditions or entities responsible for maintenance);
- f) existing safety measures and a definition of safety requirements identified through the risk assessment process (on the next necessary stages);
- g) assumptions specifying the thresholds applicable to the risk assessment.

The next stage in the safety assessment is carrying out the risk analysis by the entity, including the hazards identification. All rationally predictable hazards related to the entire assessed system are identified. All newly identified hazards are entered into the hazard register, which should be updated after carried out each analysis.

After indicating all hazards by the professional judgment of a specialist competent team, it should be go to the next stage of risk valuation with using one of the three methods described in Table 1.- description of risk valuation methods carried out based on Regulation 402/2013 [4]. The risks resulting from the hazards classified as essentially permissible (the criterion is met, according to which the risk should be so low that introducing any additional safety measures is unreasonable) do not have to be analyzed further, but they should be placed in the hazard register.

The presented stages of risk assessment are collected and presented also in the form of a flow chart in addition to Regulation 402/2013 [4] "Risk management process and independent assessment".

The Rail Vehicles Institute "TABOR" practice shows that the most often used method of risk acceptance, concerning both the new systems as well as the renewed or modernized vehicles, is the assessment and valuation of open risk. The conditions necessary to meet the use of this method are described in Table 1. After selecting the method of open risk valuation, the contracting entity or the vehicle producer is faced with the selection of its specific method. Regulation 402/2013 [4] does not impose on the contracting entity or the producer of the modernized or renewed railway vehicle to select the open risk assessment and valuation methods. This method should be selected correctly for the assessed system and its parameters (including all modes of operation). Therefore, a few methods, that have or could be used or the valuation of a open risk, are described below.

zmiana związana z wprowadzeniem nowego typu pojazdu do systemu kolejowego. Niezależnie od ww. powodów wykonywania oceny ryzyka definicja systemu musi uwzględniać cel systemu (zamierzone przeznaczenie);

- a) cel systemu (zamierzone przeznaczenie);
- b) funkcje i elementy systemu, jeżeli ma to zastosowanie (w tym element ludzki, techniczny i operacyjny);
- c) granicę systemu, z uwzględnieniem innych systemów, z którymi system ten wzajemnie oddziałuje np. infrastruktura, energia, sterowanie, ruch kolejowy etc.;
- d) interfejsy fizyczne (systemy, z którymi system ten wzajemnie oddziałuje) i funkcjonalne (nakłady i efekty dotyczące działania);
- e) otoczenie systemu (np. przepływy energii i przepływy termiczne, wstrząsy, wibracje, zakłócenia elektromagnetyczne, przeznaczenie eksploatacyjne, warunki środowiskowe lub podmioty odpowiedzialne za utrzymanie);
- f) istniejące środki bezpieczeństwa oraz definicja wymogów bezpieczeństwa określonych w drodze procesu oceny ryzyka (na kolejnych koniecznych istotnych etapach);
- g) założenia określające progi mające zastosowanie do oceny ryzyka.

Kolejnym etapem oceny bezpieczeństwa jest przeprowadzenie przez podmiot analizy ryzyka, w tym identyfikacji zagrożeń. Identyfikowane są wszystkie racjonalnie przewidywalne zagrożenia dotyczące całego ocenianego systemu. Wszystkie nowo wskazane zagrożenia zostają wpisane do rejestru zagrożeń, który należy aktualizować po każdej przeprowadzonej analizie.

Po wskazaniu wszystkich zagrożeń przez fachowy osąd specjalistycznego kompetentnego zespołu należy przejść do kolejnego etapu polegającego na wycenie ryzyka, z wykorzystaniem jednej z 3 metod opisanych w tabeli 1. Opis metod wyceny ryzyka wykonanej w oparciu o rozporządzenie 402/2013 Ryzyka wynikające z zagrożeń zaklasyfikowane jako zasadniczo dopuszczalne (spełnione jest kryterium, zgodnie z którym ryzyko powinno być na tyle małe, że wprowadzenie jakichkolwiek dodatkowych środków bezpieczeństwa jest nieracjonalne) nie muszą być głębiej analizowane, należy je jednak umieścić w rejestrze zagrożeń.

Przedstawione etapy oceny ryzyka zebrane są i przedstawione także w postaci schematu blokowego w dodatku do rozporządzenia 402/2013 „Proces zarządzania ryzykiem i niezależna ocena”.

Z praktyki Instytutu Pojazdów Szynowych „TABOR” wynika iż najczęściej wykorzystywanym sposobem akceptacji ryzyka, dotyczącym zarówno nowych systemów jak i pojazdów odnawianych lub modernizowanych jest szacowanie i wycena jawnego

Tabele 1.

	Methods of risk valuation		
	Code of conduct	Reference system	Estimation and valuation of explicit risk
1. Conditions of use	<ul style="list-style-type: none"> • they must be universally recognized in the railway industry. Otherwise, codes of conduct should be justified and they should be acceptable to the assessment body; • they must be essential from the point of view of supervision of the considered hazards occurring in the assessed system. Successful application of a code of conduct for similar cases in relation to the change management and the effective control of identified system hazards within the meaning of this Regulation is sufficient to recognize them as essential; • they must be available to the assessment bodies (inspection body) at their request for the purpose of their assessment or mutual recognition, where appropriate, of the risk management process and its results. 	<ul style="list-style-type: none"> • It has been already proven in practice as a system with an acceptable level of safety and therefore it would also now meet the conditions required for its approval in the member state where the change is to take place; • It has similar functions and interfaces as the system being assessed; • it is operated in similar operating conditions as the system being assessed; • is operated in similar environmental conditions as the system being assessed 	<ul style="list-style-type: none"> • used in the case of the inability to use a code of conduct or reference system • the methods used for open risk valuation are correctly matched to the system being assessed and its parameters (including all modes of operation); • the results are accurate enough to serve as a reliable justification of the decision. Small changes in the initial assumptions or pre-conditions do not cause the significantly different results regarding the requirements.
2. Procedure	<ul style="list-style-type: none"> • If the hazard or threats are controlled by codes of conduct that meet the above requirements, the risks associated with these hazards are considered as acceptable. This means that: <ul style="list-style-type: none"> a) there is no need for a deeper analysis of this risk; b) the use of codes of conduct is recorded in the hazard record as a safety requirement for the relevant hazards. • If the risk concerning the particular hazard cannot be reduced to an acceptable level by using the code of conduct, the additional safety measures should be defined using one of the other two risk acceptance rules. 	<ul style="list-style-type: none"> • If the reference system meets the requirements listed above, this means that for the system under valuation: <ul style="list-style-type: none"> a) the risk regarded to the hazards included in the reference system are considered as acceptable; b) the safety requirements regarding the hazards included in the reference system may be derived from analyzes concerning the safety or from the assessment of records concerning the safety of the reference system; c) safety requirements determined in this way • If there are differences between the assessed system and the reference system, the risk valuation should demonstrate using another reference system or one of the other two risk acceptance rules that the assessed system has at least the same level of safety as the reference system. In this case, the risk connected with the hazards included in the reference system is considered as acceptable. 	<ul style="list-style-type: none"> • In the case where the hazards are not covered by the code of conduct or the reference system, the acceptability of risk is proved by the open risk assessment and valuation. Risks resulting from these hazards should be assessed qualitatively or quantitatively (as described in section 3.3), taking into account the existing safety measures.

Tabela 1.

	Metody wyceny ryzyka		
	Kodeks postępowania	System odniesienia	Szacowanie i wycena jawnego ryzyka
1. Warunki stosowania	<ul style="list-style-type: none"> • muszą być powszechnie uznane w branży kolejowej. W przeciwnym wypadku kodeksy postępowania należy uzasadnić i powinny one być akceptowalne dla jednostki oceniającej; • muszą być istotne z punktu widzenia nadzoru nad rozważanymi zagrożeniami występującymi w ocenianym systemie. Udane zastosowanie kodeksu postępowania dla podobnych przypadków w odniesieniu do zarządzania zmianami i skutecznej kontroli zidentyfikowanych zagrożeń systemu w rozumieniu niniejszego rozporządzenia jest wystarczające do uznania ich za istotne; • muszą być dostępne dla organów oceny (jednostki inspekcyjnej) na ich żądanie w celu ich oceny lub, w stosownych przypadkach, wzajemnego uznania, odpowiedniego stosowania procesu zarządzania ryzykiem oraz jego rezultatów. 	<ul style="list-style-type: none"> • Sprawdził się już w praktyce jako system o dopuszczalnym poziomie bezpieczeństwa i dlatego również obecnie spełniłby warunki wymagane do jego zatwierdzenia w państwie członkowskim, w którym ma być wprowadzona zmiana; • ma podobne funkcje i interfejsy jak oceniany system; • jest eksploatowany w podobnych warunkach eksploatacji jak oceniany system; • jest eksploatowany w podobnych warunkach środowiskowych jak oceniany system.. 	<ul style="list-style-type: none"> • stosowane w przypadku braku możliwości zastosowania kodeksu postępowania bądź systemu odniesienia • metody stosowane do celów szacowania jawnego ryzyka są prawidłowo dobrane do ocenianego systemu i jego parametrów (w tym wszystkich trybów pracy); • wyniki są dostatecznie dokładne, aby mogły służyć jako wiarygodne uzasadnienie decyzji. Niewielkie zmiany w założeniach wejściowych lub warunkach wstępnych nie powodują znacząco odmiennych wyników dotyczących wymogów.
2. Postępowanie	<ul style="list-style-type: none"> • Jeżeli zagrożenie lub zagrożenia są kontrolowane za pomocą kodeksów postępowania spełniających powyższe wymogi ryzyko związane z tymi zagrożeniami uważa się za dopuszczalne. Oznacza to, że: <ul style="list-style-type: none"> a) nie istnieje potrzeba głębszego analizowania tego ryzyka; b) stosowanie kodeksów postępowania zostaje odnotowane w rejestrze zagrożeń jako wymóg bezpieczeństwa w odniesieniu do odpowiednich zagrożeń. • Jeżeli ryzyko dotyczące określonego zagrożenia nie może zostać zredukowane do dopuszczalnego poziomu przez zastosowanie kodeksu postępowania, należy określić dodatkowe środki bezpieczeństwa za pomocą jednej z dwóch pozostałych zasad akceptacji ryzyka. 	<ul style="list-style-type: none"> • Jeżeli system odniesienia spełnia wymogi wymienione powyżej, oznacza to, że w przypadku ocenianego systemu: <ul style="list-style-type: none"> a) ryzyko związane z zagrożeniami uwzględnionymi w systemie odniesienia uważa się za dopuszczalne; b) wymogi bezpieczeństwa dotyczące zagrożeń uwzględnionych w systemie odniesienia można wywieść z analiz dotyczących bezpieczeństwa lub z oceny zapisów dotyczących bezpieczeństwa systemu odniesienia; c) określone w ten sposób wymogi bezpieczeństwa • Jeżeli występują różnice pomiędzy ocenianym systemem a systemem odniesienia, wycena ryzyka powinna wykazać za pomocą innego systemu odniesienia lub jednej z dwóch pozostałych zasad akceptacji ryzyka, że oceniany system cechuje co najmniej taki sam poziom bezpieczeństwa jak system odniesienia. W takim przypadku ryzyko związane z zagrożeniami uwzględnionymi w systemie odniesienia uważa się za dopuszczalne. 	<ul style="list-style-type: none"> • W przypadku gdy zagrożenia nie są objęte kodeksem postępowania ani systemem odniesienia, dopuszczalność ryzyka jest udwadniania za pomocą szacowania i wyceny jawnego ryzyka. Ryzyko wynikające z tych zagrożeń powinny być szacowane jakościowo lub ilościowo (co zostało opisane w rozdziale 3.3.), z uwzględnieniem istniejących środków bezpieczeństwa.

Table method is a matrix method based on two risk parameters: the severity of the consequences (effects) occurring at the workplace of hazards and the likelihood with which these consequences may occur. The estimation of both the severity of consequences and the severity of their occurrence is determined by the subjectively selected levels by the entity performing the analysis. In practice, the levels of hazards are accepted, which are specified in PN-EN 50126: 2002 [10]

The method similar to the one described above, though less frequently used, is **PHA** (initial hazard analysis) - a characteristic method for the conceptual phase of the system, used to learn the new hazards and introduce the corrections in already existing systems. It is a matrix method in which, unlike the table method, the level of probability of damages (P) and the level of damages (S) are given the numerical values ($1 \div 10$), similarly to the FMEA method described below.

FMEA method (Failure Mode and Effect Analysis) is an inductive method (assumes damage of the system element, and he later analysis identifies events that may have been caused by this failure, the main purpose of which is to estimate the frequency and effects of component element damages) . For each identified hazard, the numeric values are assigned for the following factors:

- **W** - the probability of hazard occurring
- **Z** - the probability of detecting the hazard,
- **S** - effect of hazard.

Then, for each hazard, the number of risk **R** is calculated, which is the product of $R = W \times Z \times S$. Separately, the cases, in which the hazard for one of the criteria takes the critical values of 9 or 10, should be analyzed (even when the risk quotient with them is defined $R < 120$). Then, it is also recommended to apply the risk reduction measures and to repeat the valuation process after their implementation.

Similarly as in the described above FMEA analysis, also in the **Risk score** method the risk level is determined using three parameters:

- **S** - the possible consequences (results) of the hazard,
- **E** - exposure to the hazard,
- **P** - probability of the event occurring.

Then, in analogy to the FMEA analysis, the risk number **R**, which is the product of $R = S \times E \times P$ is determined.

Other methods of risk assessment, that can potentially be used in the open valuation, can be among

others **HAZOP** (Hazard and Operability Study), **SWIFT** („What – If?” – or quantitative methods: **FTA** (Fault Tree Analysis –) and **ETA** (Event Tree).

ryzyka. Warunki konieczne do spełnienia stosowania wspomnianej metody zostały opisane w tabeli 1. Po wytypowaniu sposobu wyceny jawnego ryzyka podmiot zamawiający lub producent pojazdu stoi przez wyzwaniem doboru konkretnej jego metody. Rozporządzenie 402/2013 nie narzuca podmiotowi zamawiającemu lub producentowi modernizowanego lub odnawianego pojazdu kolejowego wyboru metody szacowania i wyceny jawnego ryzyka. Ma to być metoda prawidłowo dobrana do ocenianego systemu i jego parametrów (w tym wszystkich trybów pracy). W związku z tym poniżej zestawiono kilka metod mających lub mogących mieć zastosowanie przy wycenie jawnego ryzyka.

Metoda tablic jest metodą matrycową opierającą się na dwóch parametrach ryzyka: ciężkości następstw (skutków) występujących na stanowisku pracy zagrożeń oraz prawdopodobieństwa z jakim następstwa te mogą wystąpić. Szacowanie zarówno ciężkości następstw jak i ciężkości ich wystąpienia określa na subiektywnie wybranych przez podmiot wykonujący analizę poziomach. W praktyce przyjmowane są poziomy zagrożenia, które określono w normie PN-EN 50126:2002 **Błąd! Nie można odnaleźć źródła odсылacza.**

Metodą zbliżoną do opisaną powyżej, choć rzadziej stosowaną, jest **PHA** (wstępna analiza zagrożeń) – metoda charakterystyczna dla fazy koncepcyjnej systemu, wykorzystywana w celu poznania nowych zagrożeń i wprowadzenia korekt w już istniejących systemach. Jest to metoda matrycowa w której w przeciwieństwie do metody tabel poziomowi prawdopodobieństwa szkód (P) i poziomowi stopnia szkód (S) przypisywane są wartości liczbowe ($1 \div 10$), analogicznie jak opisaną poniżej metodzie FMEA.

Metoda FMEA (ang. Failure Mode and Effect Analysis – analiza przyczyn i skutków) jest metodą indukcyjną (zakłada uszkodzenie elementu systemu, a późniejsza analiza identyfikuje zdarzenia, które mogły być spowodowane tą awarią, której głównym celem jest oszacowanie częstości i skutków uszkodzeń elementu składowego). Dla każdego zidentyfikowanego zagrożenia przypisywane są wartości liczbowe dla następujących czynników:

- **W** - prawdopodobieństwo wystąpienia zagrożenia
- **Z** - prawdopodobieństwo wykrycia zagrożenia,
- **S** - skutek zagrożenia.

Następnie dla każdego zagrożenia wyznaczana jest liczba ryzyka **R**, będącą iloczynem $R = W \times Z \times S$. Osobno należy analizować przypadki w których zagrożenie dla jednego z kryteriów przyjmuje krytyczne wartości 9 lub 10 (nawet gdy wyznaczony wraz z nimi iloraz ryzyka $R < 120$) . Wówczas także zaleca się stosowanie środków redukujących ryzyko i powtórzenie procesu wyceny po ich wdrożeniu.

4. Conclusions

The above article is devoted to the risk management process as one of the aspects related to the renewal or modernization of railway vehicles. The implementation of the risk assessment presented in this article is only a part of the necessary activities to obtain the approval for limiting the scope of parameters necessary to inspect the modernized railway vehicles or to authorize for placing into service the vehicles being subject to refurbishment or modernization, which are completely indicated in the Regulation [7]

From the point of view of the authorization path of the modernized railway vehicle for placing into service, it is essential to classify the activities performed to one of the four groups listed in Figure 2.

The article also presents the scope of risk assessments to which the modified vehicles are subject with the methods used to assess them. Regulation 402/2013 [4] indicates that it is to be a method correctly selected for the system being assessed and its parameters, thus not forcing the choice of a specific method of open risk assessment and valuation on the contracting entity or producer of the modernized or renewed railway vehicle.

Bibliography/ Literatura

- [1] „Sprawozdanie z funkcjonowania rynku transportu kolejowego w 2016 r.” *Urząd Transportu Kolejowego*, 19.09.2017 r.
- [2] *Zalecenie komisji z dnia 5 grudnia 2014 r. w sprawie kwestii związanych z dopuszczaniem do eksploatacji i użytkowaniem podsystemów strukturalnych i pojazdów na podstawie dyrektyw Parlamentu Europejskiego i Rady 2008/57/WE i 2004/49/WE*
- [3] *Dz.U.2017.0.2117 - Ustawa z dnia 28 marca 2003 r. o transporcie kolejowym*
- [4] *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*
- [5] *Rozporządzenie komisji (we) nr 352/2009 z dnia 24 kwietnia 2009 r. w sprawie przyjęcia wspólnej metody oceny bezpieczeństwa w zakresie wyceny i oceny ryzyka*
- [6] *Dyrektywa 2004/49/WE parlamentu europejskiego i rady z dnia 29 kwietnia 2004 r. w sprawie bezpieczeństwa kolei wspólnotowych ora 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*
- [7] *Rozporządzenie Ministra Infrastruktury i Budownictwa z dnia 21 kwietnia 2017 r. w sprawie interoperacyjności systemu kolei (Dz. U. z 2017 r. poz. 934)*
- [8] *Rozporządzenie Ministra Infrastruktury i Rozwoju z dnia 13 maja 2014 r. w sprawie dopuszczania do eksploatacji określonych rodzajów budowli, urządzeń i pojazdów kolejowych (Dz.U. 2014 poz. 720)*

Podobnie jak w opisaney powyżej analizie FMEA także i w metodzie **Risk score** poziom ryzyka określa się za pomocą trzech parametrów:

- S-możliwych skutków (następstw) zagrożenia,
- E - ekspozycji (narażenia) na zagrożenie,
- P-prawdopodobieństwa wystąpienia zdarzenia.

Następnie analogicznie do analizy FMEA wyznaczana jest liczba ryzyka **R**, będącą iloczynem $R = S \times E \times P$.

Do pozostałych metod oceny ryzyka, które można potencjalnie wykorzystać przy wycenie jawnego można zaliczyć między innymi **HAZOP** (ang. Hazard and Operability Study – Analiza zagrożeń i zdolności operacyjnych), **SWIFT** (ang. „What – If?” – Co – gdyby?”) bądź metody ilościowe: **FTA** (ang. Fault Tree Analysis – Analiza drzewa błędów) oraz **ETA** (ang. Event Tree Analysis – Analiza drzewa zdarzeń).

4. Podsumowanie

Powyższy artykuł został poświęcony procesowi zarządzania ryzykiem jako jednemu z aspektów związanych z odnowieniem lub modernizacją pojazdów kolejowych. Wykonanie zaprezentowanej w artykule oceny ryzyka stanowi jedynie część niezbędnych czynności koniecznych do uzyskania zgody na ograniczenia zakresu parametrów niezbędnych do skontrolowania modernizowanych pojazdów kolejowych lub dopuszczenia do eksploatacji pojazdów podlegających odnowieniu lub modernizacji, które zostały kompletnie wskazane w rozporządzeniu Z punktu widzenia wyboru ścieżki dopuszczenia modernizowanego pojazdu kolejowego do eksploatacji kluczowe jest zaklasyfikowanie wykonywanych czynności do jednej z czterech grup wymienionych na rysunku 2.

W artykule przedstawiony został także zakres ocen ryzyka jakiemu podlegają modyfikowane pojazdy wraz z metodami wykorzystywanymi do ich oceny. Rozporządzenie 402/2013 wskazuje że ma to być metoda prawidłowo dobrana do ocenianego systemu i jego parametrów, nie narzucając tym samym podmiotowi zamawiającemu lub producentowi modernizowanego lub odnawianego pojazdu kolejowego wyboru konkretnej metody szacowania i wyceny jawnego ryzyka.

-
- [9] *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.*
 - [10] *PN-EN 50126:2002 Zastosowania kolejowe – Specyfikacja niezawodności, dostępności, podatności utrzymaniowej i bezpieczeństwa. 15.09.2002*