

Analiza ryzyka jako narzędzie zapewniania bezpieczeństwa w transporcie publicznym

Analiza ryzyka jest narzędziem służącym do zapewnienia bezpieczeństwa, które samo w sobie jest pojęciem względnym i definiowane jest często jako stan, w którym nie odczuwamy realnych zagrożeń. Zagrożenia oczywiście są nieodłącznym elementem naszego życia i występują zawsze, jednak człowiek nauczył się szacować ryzyko ich wystąpienia i przewidywać ewentualne konsekwencje, wprowadzając działania mające na celu zapobieganie zagrożeniom lub łagodzenie skutków ich wystąpienia.

Tekst **ADAM MAŃKA, ILONA MAŃKA**

Z perspektywy ewolucji umiejętność właściwej oceny zagrożeń przyczyniła się do przetrwania poszczególnych gatunków. Według szeroko akceptowanej hierarchii potrzeb zaproponowanej przez Abrahama Masłowa, poczucie bezpieczeństwa jest dla człowieka drugą co do ważności potrzebą, zaraz po potrzebach fizjologicznych. Wspomniane „poczucie” bezpieczeństwa jest wysoce subiektywne i zależy nie tylko od cech osobowych i światopoglądu człowieka, ale nawet od pory dnia czy od jego stanu emocjonalnego [2, 5, 7].

Potrzeba zapewnienia bezpieczeństwa wynika również z wymagań prawnych, nakładanych na jednostki świadczące usługi. W przypadku firm z sektora transportu publicznego odpowiedzialność za bezpieczeństwo została nałożona na ich zarząd. Niezbędne jest zatem okresowe przeprowadzanie analizy ryzyka, która wskaże kierunek działań potrzebnych do zapewnienia bezpieczeństwa pasażerów. Usystematyzowanie sposobu identyfikacji zagrożeń i oceny ryzyka jest ważne, aby móc unikać najistotniejszych zagrożeń oraz przygotowywać plany awaryjne na wypadek ich wystąpienia [1, 3, 5].

W ostatnim czasie poczucie bezpieczeństwa w transporcie zostało mocno nadszarpnięte, na skutek bardzo dużej liczby wypadków komunikacyjnych, między innymi będących wynikiem rosnącej fali aktów terrorystycznych. Istnieją jednak metody analizy ryzyka, które pozwalają na poprawę bezpieczeństwa przy jednoczesnym relatywnie niskim nakładzie finansowym.

Jak to jest możliwe, że pomimo iż zapewnienie bezpieczeństwa generuje koszty, to prawidłowo wykonana analiza ryzyka, a w zasadzie już zarządzanie bezpieczeństwem, pozwala znacznie zredukować koszty funkcjonowania? Redukcja kosztów wynika z możliwości identyfikacji tych zagrożeń, które mają istotne znaczenie dla naszego funkcjonowania, bez konieczności wprowadzania zmian frontalnie na wszystkich obszarach naszej działalności. Jednocześnie prowadząc działania zapobiegawcze, ograniczamy częstotliwość występowania wypadków, które generują znaczne koszty.

Z punktu widzenia jednostki odpowiedzialnej za zapewnienie bezpieczeństwa, stosowanie metody FMEA (*Failure Mode Effects Analysis*) ma jeszcze ważny aspekt dokumentacyjny, pozwalający na wykazanie działań i zastosowanie najlepszych praktyk na rzecz zwiększenia bezpieczeństwa. Należy nadmienić, że analiza ryzyka stanowi fundament systemów zarządzania bezpieczeństwem [4, 10, 11, 13]. Co więcej, jakość przeprowadzania analizy ryzyka przekłada się bezpośrednio na jakość i skuteczność całego systemu.

Cel realizacji analizy ryzyka

Metoda FMEA została opracowana na potrzeby armii USA i wprowadzona była już w 1949 roku jako norma MIL-P 1629. Poza wojskiem zalety stosowania analizy ryzyka dostrzegł jako pierwszy przemysł samochodowy, wprowadzając FMEA jako

► Streszczenie

W artykule przedstawiono metodę FMEA dostosowaną do prowadzenia analizy ryzyka w transporcie zbiorowym, popartą przykładem realizacji. Wskazano cel analizy oraz najbardziej istotne grupy zagrożeń z punktu widzenia pasażera oraz organizatora przewozu pasażerów. W artykule przedstawiono również dobre praktyki analizy ryzyka, bazując na wieloletnim doświadczeniu autorów w realizacji analizy ryzyka.

► **Słowa kluczowe:** analiza ryzyka, zagrożenia w transporcie, metoda FMEA

► Summary

Risk analysis as a tool for the safety ensuring in public transport
The article presents a method FMEA adapted to risk analysis in public transport. The article consist an example of implementation of risk analysis, it indicated the purpose of the analysis and the most important group of threats from the point of view of the passenger and the organizer of passengers. The paper also presents good practices of risk analysis based on the author's many years of experience in the implementation of risk analysis.

► **Keywords:** risk analysis, threats in transport, the FMEA method

standard analizy. W Europie norma ta funkcjonuje pod oznaczeniem EN 60812: „Techniki analizy nieuszkodzalności systemów – procedura analizy rodzajów i skutków uszkodzeń” [9]. Oprócz wspomnianej branży samochodowej, metoda FMEA stosowana jest również w branży kolejowej i lotniczej, gdzie jest znana przez całą kadrę zarządzającą i stosowana na co dzień, nie tylko z uwagi na konieczność wypełnienia wymagań prawnych, ale również jako narzędzie do analizy badanego problemu lub projektu.

Wprawdzie można stwierdzić, że branża lotnicza opracowała i wdrożyła narzędzia do zarządzania bezpieczeństwem i redukcją zagrożeń, jednak różnorodność stosowanych metod analizy ryzyka i brak jednolitego podejścia spowodował trudność w powszechnym wykorzystaniu tego narzędzia do identyfikacji zagrożeń zarówno technicznych i organizacyjnych, jak i biznesowych.

Powszechnie stosowanie w firmie metody FMEA pozwala na identyfikację najbardziej istotnych zagrożeń i umożliwia wcześniejsze opracowanie środków zaradczych, tak aby wyeliminować dane zagrożenie lub przygotować przedsięwzięcie w taki sposób, żeby złagodzić ewentualne skutki jego wystąpienia, redukując w ten sposób koszty ewentualnych następstw. Oszczędności wynikające ze stosowania analizy ryzyka wynikają również z możliwości wyznaczenia przez interdyscyplinarną grupę tych zagrożeń, które wymagają rzeczywistej interwencji bez konieczności wykazywania działań na rzecz poprawy bezpieczeństwa w każdym aspekcie działalności firmy.

Cele i efekty analizy ryzyka to:

- poprawa bezpieczeństwa;
- ciągła identyfikacja zagrożeń;
- możliwość przeznaczenia odpowiednich środków na redukcję najbardziej istotnych zagrożeń;
- możliwość zarządzania ryzykiem na etapie planowania, projektowania i realizacji projektu;
- edukacja i podniesienie świadomości personelu dotyczącego zagrożeń;
- możliwość porównania aktualnego stanu zagrożeń do poprzednich okresów, w których prowadzono analizę ryzyka;
- możliwość porównania ryzyka w różnych jednostkach;
- dowód formalny brania pod uwagę różnych zagrożeń i realizacji faktycznych działań na rzecz zwiększenia bezpieczeństwa.

Inżynieria bezpieczeństwa jest aktualnie bardzo dynamicznie rozwijającą się gałęzią wiedzy. Dopracowała się ona wielu metod analizy ryzyka. Generalnie dzieli się je na metody jakościowe i ilościowe. Metody jakościowe posługują się opisem słownym zagrożenia, natomiast praktyka stosowania analizy ryzyka w transporcie wymusiła potrzebę podejmowania decyzji w oparciu o dane ilościowe. Z tego powodu bardzo chętnie wykorzystuje się metody ilościowe, które jako minimum biorą pod uwagę skutek – konsekwencje ewentualnego zdarzenia i prawdopodobieństwo jego wystąpienia lub częstotliwość zachodzących podobnych przypadków. Me-

toda FMEA wykorzystuje dodatkowo jeszcze jeden wskaźnik, tj. możliwość detekcji lub zapobiegania. Wskaźnik ten bardzo dobrze nawiązuje do faktu częstego stosowania metod wykrywania nieprawidłowości na przykład przez kontrolę wykonywaną przez człowieka lub wdrożenie systemów diagnostyki. Na podstawie wieloletniego doświadczenia w prowadzeniu analizy ryzyka celowe jest uwzględnienie w ramach wskaźnika Dt (detekcji) również elementów zapobiegania. Pozwala to na uzyskanie miarodajnych wyników dla zagrożeń, które są objęte działaniami korygującymi lub zapobiegawczymi lub też są opracowane plany awaryjne na wypadek ich wystąpienia.

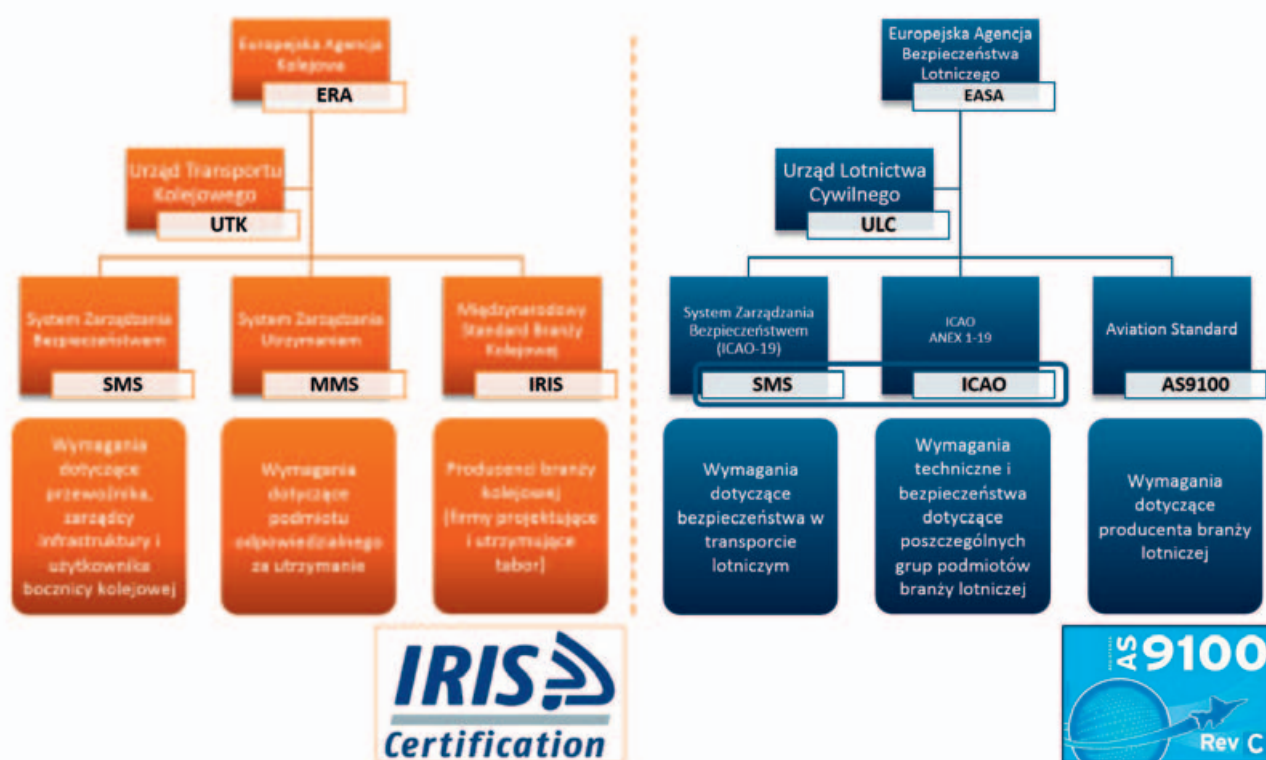
Opis metod stosowanych w ramach szeroko rozumianego transportu znacznie wykracza poza ramy tej publikacji, zaznaczyć należy jednak, że branża lotnicza i wojskowa były prekursorami analizy ryzyka i stosowania metod zarządzania bezpieczeństwem. Branża lotnicza stosuje niestety wiele różnych metod analizy ryzyka, co jednocześnie przyczynia się do braku standaryzacji i ma wpływ na ograniczony dostęp do materiałów dydaktycznych, w tym przykładów realizacji AR. W transporcie kolejowym rozpowszechniła się prawie wyłącznie metoda FMEA, co pozwala na wzajemną wymianę informacji, zagrożeń i ocenę stosowanych wartości w całej branży. Ważnym elementem zarządzania bezpieczeństwem, wywodzącym się z branży lotniczej, jest stosowanie podejścia proaktywnego i reaktywnego. Technicznie podczas identyfikacji zagrożeń fachowcy sięgają po wiedzę zdobytą dzięki dogłębnie prowadzonym analizom wypadków lotniczych – co stanowi podejście reaktywne, a jednocześnie stosują predykcję zdarzeń mogących zaistnieć w przyszłości.

Dobre praktyki zarządzania bezpieczeństwem w różnych gałęziach transportu

Transport lotniczy od początków swojego istnienia stanowił wyzwanie techniczne i psychologiczne dla człowieka. Znamienne jest jednak powszechnie używane powiedzenie „wszyscy wiemy, że latanie jest niebezpieczne; ale to właśnie dlatego jest ono tak bezpieczne”, które dobrze oddaje ideę zarządzania bezpieczeństwem¹. Środki i systemy bezpieczeństwa budowane na przestrzeni dziesięcioleci w transporcie lotniczym owocują dzisiaj najwyższym bezpieczeństwem tego środka transportu i dają możliwość wykorzystania doświadczeń w zakresie bezpieczeństwa w innych gałęziach transportu.

Transport szynowy, bazując między innymi na wcześniejszych rozwiązaniach w transporcie lotniczym, wdrożył obowiązek posiadania obligatoryjnego systemu zarządzania bezpieczeństwem (SMS). Europejska Agencja Kolejowa (ERA) – odpowiednik Europejskiej Agencji Bezpieczeństwa Lotniczego (EASA) – rys. nr 1, wprowadziła dodatkowo rozdzielenie wymagań przewoźników i podmiotów utrzymujących tabor kolejowy poprzez wymóg wdrożenia i stosowania systemu zarządzania bezpieczeństwem dla podmiotów odpowiedzialnych za utrzymanie (MMS).

Transport Kolejowy & Transport Lotniczy



Rys. 1. Zestawienie struktury wymagań prawnych i standardów zarządzania jakością oraz bezpieczeństwem w transporcie lotniczym i szynowym [10].

Struktura wymagań prawnych i standardów zarządzania bezpieczeństwem oraz jakością w transporcie lotniczym i szynowym (rys. nr 1) jest bardzo zbliżona i jest ona efektem kolejnych prac w zakresie ujednoczenia wymagań i metod w zakresie bezpieczeństwa w Europie, które w obrębie kraju realizowano już w ramach projektu ZEUS [11, 12].

Główne wytyczne dotyczące wymagań w zakresie bezpieczeństwa w transporcie szynowym zawarto w dyrektywie 49 z 2004 roku o bezpieczeństwie w ruchu kolejowym, którą znowelizowano dyrektywą 2008/110. Wymagania szczegółowe w zakresie systemu bezpieczeństwa dla przewoźników kolejowych zawarto między innymi w *Rozporządzeniu ministra transportu z 19 marca 2007 roku w sprawie systemu zarządzania bezpieczeństwem w transporcie kolejowym*, natomiast dla podmiotów odpowiedzialnych za utrzymanie (ECM) wdrażających system zarządzania utrzymaniem – MMS zawarto w *Rozporządzeniu Komisji UE nr 445/2011*. Najważniejsze wymagania w zakresie bezpieczeństwa w transporcie lotniczym zawarto w załączniku 19 do *Konwencji o Międzynarodowym Lotnictwie Cywilnym „Zarządzanie bezpieczeństwem” (ICAO-19)* oraz w dokumencie *Safety Management Manual (Doc. 9859)*.

Poddając analizie wymagania prawne w zakresie bezpieczeństwa i jakości w obu gałęziach transportu, stwierdzono stosowanie wielu podobnych rozwiązań w zakresie procedur i systemów bezpieczeństwa oraz systemów zarządzania jakością AS9100-IRIS, w których stosuje się podobne procedury i meto-

dy, takie jak analiza ryzyka i analiza niezawodności RAM-RAMS.

Analiza ryzyka bez wątpienia stanowi serce systemu zarządzania bezpieczeństwem zarówno w transporcie lotniczym, jak i szynowym. W transporcie lotniczym od wielu lat stosuje się i doskonalą metody analizy ryzyka, jednak ich liczebność (rys. nr 2) nie sprzyja ujednoczeniu i powszechnemu wykorzystaniu tego narzędzia. Część z przedstawionych na rys. nr 2 metod analizy ryzyka jest stosowanych nie tylko w transporcie lotniczym i kolejowym, ale również w branży wojskowej (FMEA), chemicznej i instalacjach elektrowni atomowych (FTA, ETA), na rzecz których metody te były opracowywane. W transporcie szynowym ryzyko dzieli się głównie na trzy kategorie: ryzyko operacyjne, techniczne i czynnik ludzki, przy czym do wszystkich rodzajów ryzyka stosuje się metodę FMEA – i to zarówno w przypadku producentów taboru, jak i przewoźników kolejowych i zarządców infrastruktury, zmieniając jedynie macierze opisu wartości czynników, tj. Zn – znaczenie (skutek), Pr – prawdopodobieństwo wystąpienia, oraz możliwość wcześniejszej detekcji – Dt. W transporcie lotniczym stosuje się natomiast wymóg uwzględnienia w trakcie identyfikacji zagrożeń nie tylko metod proaktywnych i przewidujących, ale również reaktywnych, bazujących na doświadczeniach i wynikach ekspertyz z wcześniejszych zdarzeń (wymaganie 2.1.2 w dodatku 2 do dokumentu ICAO – załącznik 19 [5]).

Podejście reaktywne było stosowane w branży kolejowej w Polsce przed zmianami struktury własno-



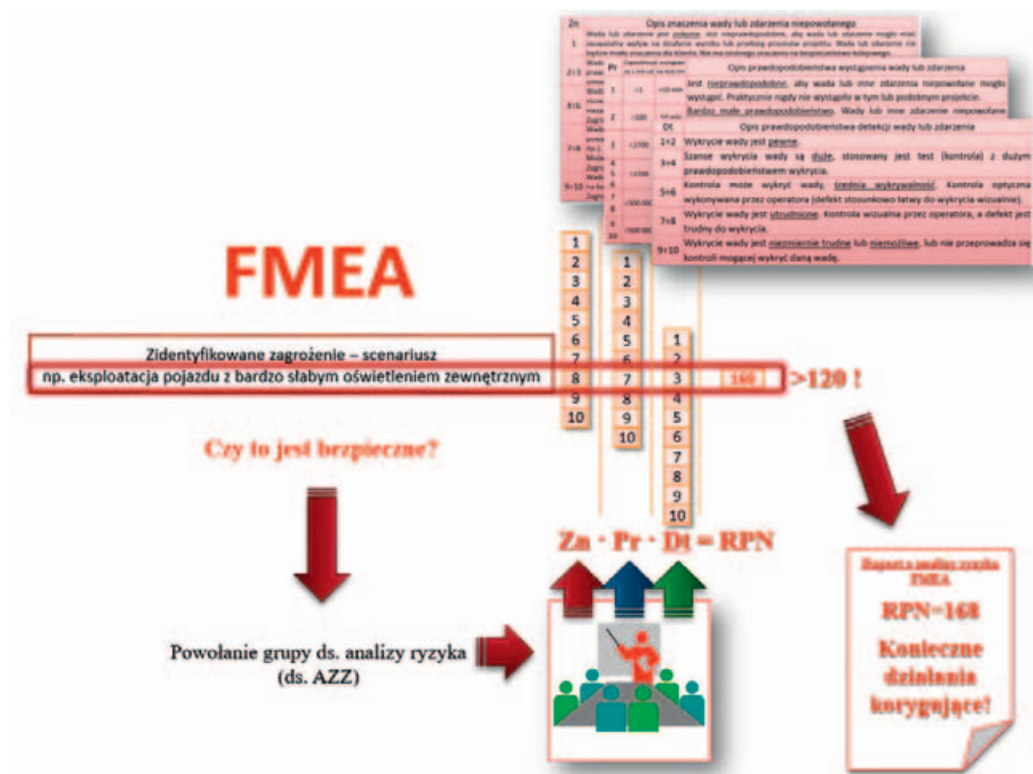
Rys. 2. Zestawienie najczęściej wykorzystywanych metod analizy ryzyka w transporcie kolejowym i lotniczym

ści PKP. Analizy wszystkich znaczących zdarzeń kolejowych, a w szczególności przyczyny wypadków kolejowych, były zawarte w biuletynach kolejowych i omawiane na cyklicznych szkoleniach. Aktualnie przekaz informacji w tym zakresie może być mniej szczegółowy, z uwagi na podział struktury kolejowej na blisko 100 podmiotów kolejowych. Jednocześnie funkcjonuje system przekazywania informacji o zagrożeniach, na przykład technicznych, stwierdzonych u pojedynczego przewoźnika kolejowego w Unii Europejskiej. Za pośrednictwem ERA docierają one do krajowych odpowiedników polskiego Urzędu Transportu Kolejowego (UTK), który przekazuje je do publicznej wiadomości jednostek kolejowych w Polsce. Na uwagę zasługuje jednak bardzo dobrze wykształcony w branży lotniczej mechanizm konieczności uzyskania informacji o rzeczywistej przyczynie zdarzenia i wyciągania konsekwencji służbowych jedynie w przypadku chęci zatajenia zdarzeń, które mogłyby mieć negatywne konsekwencje w zakresie bezpieczeństwa. Podejście to świadczy o wysokiej kulturze bezpieczeństwa i świadomości uzyskania znacznie większych korzyści z poznania mechanizmu wystąpienia nieprawidłowości i możliwości jego przeciwdziałania, aniżeli ze stosowania kar za wystąpienie ewentualnych nieprawidłowości w postępowaniu pracownika.

Analizując dane statystyczne, można stwierdzić, że w transporcie lotniczym zaledwie ok. 10-15 procent wszystkich zdarzeń spowodowanych jest awarią sprzętu, a w szynowym – 25 procent. Pozostałe zda-

żenia klasyfikowano jako błąd człowieka – tzw. czynnik ludzki. Nawet jeżeli weźmie się pod uwagę skłonność do nadużywania tej klasyfikacji podczas analizy wypadków, przy pomijaniu aspektów organizacyjnych i potrzeby stosowania systemów zabezpieczeń i nadzoru człowieka, to i tak należy stwierdzić, że udziały te są znaczące i świadczą o wysokim poziomie niezawodności stosowanych środków transportu. Dlatego też celowy jest rozwój metod identyfikacji zagrożeń i oceny ryzyka ukierunkowany na możliwość wyeliminowania zagrożeń, jakie stwarza człowiek jako integralny element systemu transportowego. Liczne przypadki rażącego ignorowania wskazań lub alarmów systemów diagnostycznych lub systemów bezpieczeństwa przez prowadzących pojazdy były przyczyną wypadków we wszystkich rodzajach transportu.

Należy w tym miejscu zdefiniować samo zagrożenie, gdyż często potocznie używa się zamiennie słowa zagrożenie i ryzyko. Według rozporządzenia nr 402/2013 [11], „zagrożenie” oznacza stan, który może prowadzić do wypadku, natomiast „ryzyko” oznacza częstotliwość wypadków i incydentów prowadzących do szkody (spowodowanej zagrożeniem) oraz stopień powagi tej szkody. Widać zatem, że ryzyko to iloczyn skutków i prawdopodobieństwa ich wystąpienia. Podczas szkoleń celowe jest przedstawienie następującego przykładu, który dobrze ilustruje zależność pomiędzy ryzykiem a zagrożeniem: zwisające z dachu sople lodu to zagrożenie, potencjał; jednak przechodzenie pod tym dachem to już ryzyko (ekspozycja na zagrożenie).



Rys. 3. Schemat postępowania podczas analizy ryzyka metodą FMEA

Kto, kiedy i jak powinien wykonać analizę ryzyka

Jednym z dobrych przykładów, w których analiza ryzyka wykorzystywana jest nie tylko do zapewnienia bezpieczeństwa życia i zdrowia człowieka, ale również do ograniczenia ryzyka biznesowego, jest prowadzenie AR w przypadku wprowadzania zmian w przedsiębiorstwie. W wielu branżach funkcjonują osobne procedury analizy znaczenia zmiany, jednak opierają się one na analizie ryzyka. W przypadku gdy firma stoi przed zadaniem realizacji usługi transportowej na nowym obszarze, konieczna jest analiza wymagań organizacyjnych, ekonomicznych, technicznych i prawnych, których niespełnienie może skutkować brakiem możliwości realizacji usługi, a w skrajnym przypadku nawet utratą płynności finansowej firmy. Celowo wybrano tu przykład, w którym pomimo iż nie zachodzi obawa o zdrowie lub życie człowieka, to właściwe jest przeprowadzenie analizy ryzyka, z uwagi na konieczność zapewnienia ciągłości funkcjonowania firmy i realizacji usługi transportowej.

W tego typu sytuacji identyfikacji możliwych zagrożeń nie wykonuje się jednoosobowo, z uwagi na występowanie aspektów z różnych zakresów i dotyczących wielu działów firmy. Osoba odpowiedzialna za dany projekt lub za bezpieczeństwo zwołuje grupę ds. analizy ryzyka, która jest przeszkolona i zdolna do samodzielnej realizacji takiej analizy. Jako dobre praktyki przyjęto wykonywanie analizy ryzyka przez grupę osób – specjalistów reprezentujących różne działy firmy. Spotkanie ma charakter zbliżony do burzy mózgów, podczas którego moderator dba o prawidłowy przebieg analizy i przedsta-

wia nowe zagrożenia, poddając je grupie do oceny. Zapewnia to uwzględnienie wielu aspektów wprowadzanych zmian. W rozważanym przypadku moderator lub osoba przez niego wskazana przedstawia możliwe zagrożenia, starając się, aby grupa ds. analizy ryzyka identyfikowała nowe zagrożenia i oceniała je w sposób zgodny z metodyką FMEA. Ważne jest, aby brać pod uwagę jako minimum:

- zagrożenia zdrowia i życia ludzkiego;
- zagrożenia dla mienia;
- zagrożenia środowiska naturalnego;
- zagrożenia realizacji procesu głównego, w tym funkcjonowania firmy.

Nie należy ograniczać się do jednej grupy źródeł zagrożeń i trzeba uwzględnić następujące źródła zagrożeń:

- techniczne;
- organizacyjne,
- legislacyjne;
- czynnik ludzki;
- akt terrorystyczny.

Reasumując, odpowiadając na pytanie, kto powinien realizować AR, należy wskazać, że będzie to osoba odpowiedzialna za bezpieczeństwo lub lider projektu czy też osoba odpowiedzialna za wprowadzenie zmiany o charakterze technicznym, eksploatacyjnym lub organizacyjnym, chcąc zidentyfikować zagrożenia i ograniczyć możliwość wystąpienia zdarzeń niepowodowanych do minimum.

Dla analizowanego przypadku moderator powinien wskazywać i pytać uczestników przykładowo o zagrożenia wynikające z konieczności zapewnienia utrzymania pojazdów na nowym terenie, zmian organizacyjnych dla firmy i kierowców (być może mniejsza kontrola stanu kierowców), zagrożenia techniczne

a)

Nr	Opis zagrożenia	Potencjalny skutek, konsekwencja wystąpienia zdarzenia	Dotychczasowe środki detekcji i zapobiegania	Znaczenie Zn (1-10) Sr	Prawdop. wystąpienia Pr (1-10) Oc	Detekcja Dt (1-10)	RPNzap	RPNkor
							Liczba priorytetowa ryzyka RPN	Test RPN < RPN dop
1	W tym miejscu opisuje się zagrożenie tj. najgorszy wiarygodny scenariusz. Często rozбивa się dane zdarzenie na 2 scenariusze	Konsekwencja dla człowieka, systemu kolejowego itd., w przypadku gdy jest zagrożenie życia Zn=10	Czy stosuje się środki czy istnieje prawdopodobieństwo wykrycia	10	3	5	150	155
2								

b)

Potencjalne przyczyny - dlaczego?	Zakazane działania	Osoba odpowiedzialna	Termin realizacji	Przydzielone środki	Zn Sr	Pr Oc	Dt	RPN po zrealizowaniu	Test RPN < RPN dop	SrKPi	(RPN-RPNpo)/RPN
Należy przede wszystkim	Dotychczasowe korekcyjne lub zapobiegawcze tak aby RPN < dop	Imię Nazwisko lub funkcja	Termin musi zostać dotrzymany	Środki muszą być przewidziane w budżecie	10	2	4	80	155	47%	47%

Rys. 3. Przykład szablonu do analizy ryzyka metodą FMEA – a) pierwsza część formularza wypełniana zawsze, b) druga część formularza wypełniana, gdy RPN > RPN_{dopuszczalne}

- (większe obciążenia, dłuższy czas eksploatacji), czynnik ludzki (wydłużony czas obsługi kierującego pojazdem, monotonia), organizacyjne (możliwe zmiany organizacji ruchu, zmiany godzin pracy), zasilanie w energię elektryczną, stan trakcji, odległość od stacji paliw, ograniczenia prawne (zezwoleń na działalność w określonym terenie, czasie, wielkości pojazdu) itd. Dla każdego zidentyfikowanego zagrożenia – na przykład tak jak to pokazano na rys. nr 2 – dla eksploatacji pojazdu z bardzo słabym oświetleniem – grupa ds. AR określa poszczególne wartości czynników, których iloczyn RPN (liczba priorytetowa ryzyka) świadczy o ryzyku.

Metoda FMEA jest metodą ilościową o trzech czynnikach: Zn – znaczeniu zagrożenia (jego ewentualnych skutkach), Pr – prawdopodobieństwie wystąpienia zdarzenia i Dt – możliwości wcześniejszej detekcji przed wystąpieniem zdarzenia i jego zapobieganiu. Każdy ze składników przyjmuje wartości od 1 (nieistotne) do 10 (nadzwyczaj ważne). Iloczyn tych wartości – RPN – liczba priorytetowa ryzyka (ang. *Risc Priority Number*) stanowi ilościową ocenę ryzyka danego zagrożenia.

$$RPN = Zn \times Pr \times Dt \quad (1)$$

Czynnik Zn wskazuje na możliwe skutki. W przypadku eksploatacji pojazdu bez odpowiedniego oświetlenia można przyjąć za wiarygodny najgorszy scenariusz – przykładowo potrącenie pieszego lub zderzenie z przeszkodą stałą, co może doprowadzić do utraty życia. Jeżeli bierze się pod uwagę możliwość utraty życia, to czynnik Zn otrzymuje najwyższą wartość, tj. 10. Prawdopodobieństwo wystąpienia określa się, mając na uwadze wcześniejsze doświadczenia w tym zakresie, oświetlenie terenu wokół jezdni, obecność szkół, dyskotek i innych lokali. Zakładając, że grupa ds. analizy ryzyka określi poziom Pr na 7 oraz możliwość wcześniejszego wykrycia tego faktu lub jego zapobiegania Dt na poziomie 3, uzyskuje się wartość RPN 210 [-]. Oznacza to, że dla tego zagrożenia uzyskano ryzyko na poziomie niedopuszczalnym, tj. powyżej wartości 155, dlatego też przed przystąpieniem do użytkowania pojazdu należy usunąć zagrożenia.

Na podstawie analiz przeprowadzonych przez autorów [10], proponuje się przyjęcie wartości dopuszczalnej RPN na poziomie 120 [-]. Jak już wspomniano, dobre praktyki analizy ryzyka z wykorzystaniem metody FMEA stanowią, aby w przypadku oceny ryzyka i konieczności określenia „czy to jest bezpieczne?” powołać tzw. grupę osób ds. analizy ryzyka. Ważne jest, aby w skład tej grupy wchodziły osoby z różnych jednostek organizacyjnych przedsiębiorstwa, tak aby nie pominąć żadnego aspektu jego działalności (kwestie techniczne, organizacyjne, finansowe i inne).

Kluczowe jest jednak zapewnienie, aby osoby uczestniczące w analizie ryzyka posiadały niezbędną wiedzę i doświadczenie praktyczne w danej branży oraz wiedzę na temat podstaw analizy ryzyka. Analiza ryzyka wykonana przez jednostkę nie związaną z ocenianym procesem lub przez jedną osobę w jednostkach o rozbudowanej strukturze i dużej liczbie pracowników, może zostać uznana za błąd w sztuce. Należy zaznaczyć, że pełny proces okresowej analizy ryzyka dla znacznej liczby analizowanych zagrożeń zajmuje najczęściej nie więcej niż dwie godziny.

Metodyka efektywnego prowadzenia AR metodą FMEA wymaga zidentyfikowania pojedynczych zagrożeń, a następnie krótkiego przedstawienia przykładowego najgorszego, ale prawdopodobnego scenariusza dla danego zagrożenia, tak aby wszyscy uczestnicy analizowali to samo zagrożenie. Następnie uczestnicy określają kolejno czynniki: Zn, Pr i Dt. W pierwszych realizacjach AR celowe jest wykorzystanie tabel zawierających przykładowy opis słowny dla poszczególnych wartości czynników, tak aby ułatwić podjęcie decyzji i zminimalizować subiektywizm oceny danego zagrożenia. Zadaniem moderatora jest czuwanie nad zachowaniem metodyki analizy ryzyka z wykorzystaniem FMEA oraz ukierunkowywanie dyskusji na efektywną realizację kolejnych etapów analizy. Osoba posiadająca doświadczenie w realizacji AR oraz wiedzę na temat analizowanego procesu ma możliwość poddawania pod dyskusję różnych kategorii zagrożeń – technicznych, organizacyjnych, eksploatacyjnych, ekonomicznych i innych, mając na uwadze zagrożenia własne, wspólne, tj. na styku różnych podmiotów branży transportowej (prze-

Prawdopodobieństwo	Opis prawdopodobieństwa	Wartość	
		SMM	PN-EN 80612*2
Częste	Prawdopodobnie wystąpi (występowało) często	5	9-10
Sporadyczne	Prawdopodobnie wystąpi (występowało) sporadycznie	4	7-8
Niewielkie	Prawdopodobnie nie wystąpi, ale jest to możliwe (występowało rzadko)	3	5-6
Nieprawdopodobne	Bardzo mało prawdopodobne, że wystąpi (nie znany jest przypadek, by wystąpiło)	2	3-4
Skrajnie nieprawdopodobne	Prawie niewyobrażalne, że kiedykolwiek może wystąpić	1	1-2

Dotkliwość zdarzenia (Skutki – znaczenie)	Opis znaczenia zdarzenia	Wartość	
		SMM	PN-EN 80612*2
Katastrofalna	- Wiele ofiar; - Zniszczenie sprzętu;	A	9-10
Niebezpieczna	- Duże obniżenie marginesu bezpieczeństwa, niemożność polegania na operatorach, by wykonywali obowiązki dokładnie i kompletnie ze względu na fizyczne obrażenia lub natłok pracy; - Poważne obrażenia ciała; - Duże straty w sprzęcie;	B	7-8
Poważna	- Znaczne obniżenie marginesu bezpieczeństwa, natłok pracy lub warunki osłabiające wydajność operatorów, skutkujące ograniczeniem ich zdolności do radzenia sobie w niekorzystnych sytuacjach/warunkach; - Poważny incydent; - Obrażenia ciała;	C	5-6
Niewielka	- Uciążliwość; - Ograniczenia operacyjne; - Użycie procedur awaryjnych; - Incydenty;	D	3-4
Nieistotna	- Małe konsekwencje.	E	1-2

Detekcja / zapobieganie Dt	Opis prawdopodobieństwa wykrycia zdarzenia
1÷2	Wykrycie wady jest pewne.
3÷4	Szansa wykrycia wady są duże, stosowany jest test (kontrola) z dużym prawdopodobieństwem wykrycia.
5÷6	Kontrola może wykryć wady, średnia wykrywalność. Kontrola optyczna wykonywana przez operatora (defekt stosunkowo łatwy do wykrycia wizualnie).
7÷8	Wykrycie wady jest utrudnione. Kontrola wizualna przez operatora, a defekt jest trudny do wykrycia.
9÷10	Wykrycie wady jest niezmiernie trudne lub niemożliwe, lub nie przeprowadza się kontroli mogącej wykryć daną wadę.

Rys. 5. Propozycja wartościowania prawdopodobieństwa i znaczenia zdarzenia oraz detekcji [2]

woźnicy, infrastruktura, służby ochrony itd.) i osób trzecich, niezwiązanych bezpośrednio z transportem.

Gdy uczestnicy podają skrajnie różne wartości czynników, oznacza to, że dane zagrożenie zostało mało precyzyjnie zdefiniowane i uczestnicy generują różne scenariusze wydarzeń. Należy w tym przypadku rozbić dane zagrożenie na dwa wiersze, a tym samym na dwa dobrze zdefiniowane scenariusze, i przeprowadzić ocenę zagrożenia każdego z osobna. Często zdarzają się również zagrożenia, których skutek jest zazwyczaj mało istotny z punktu widzenia bezpieczeństwa. Możliwe i prawdopodobne jest jednak inne zakończenie scenariusza, o znacznie gorszym skutku, lecz jego wystąpienie jest znacznie mniej prawdopodobne. W takim przypadku również niezbędne jest rozbić zagrożenie na dwa wiersze o różnych scenariuszach i ich niezależna ocena. Skuteczne z punktu widzenia podstaw zarządzania jest również wykorzy-

stanie dwóch progów dopuszczalnych wartości RPN, tj. zapobiegawczego – o wartości 120 i korygującego – 155. Taki rozdział wartości progowych wymusza podjęcie działań zapobiegawczych już powyżej wartości RPN=120, jednak przekroczenie wartości 155 wymaga podjęcia natychmiastowych działań korygujących, których poprawne wykonanie jest niezbędne dla umożliwienia kontynuacji prowadzonego procesu. Zgodnie z formularzem przedstawionym na rysunku nr 3, do prawej części formularza należy przejść każdorazowo po przekroczeniu wartości dopuszczalnej RPN w celu określenia rzeczywistych przyczyn zdarzenia oraz zdefiniowania działań zapobiegawczych lub korygujących.

Ważne jest również, aby po zaproponowanych i wykonanych działaniach zapobiegawczych lub korygujących wykonać powtórnie wartościowanie ryzyka dla oceny skuteczności podjętych działań. Należy jednak

mieć na uwadze, że podjęte działania mogą zmniejszyć prawdopodobieństwo wystąpienia zagrożenia lub poprawić jego wcześniejszą wykrywalność, jednak nie ma uzasadnienia dla zmiany wartości znaczenia (skutku) zagrożenia. Wartość ta powinna zostać zgodna z wartością sprzed podjętych działań korygujących wg schematu pokazanego na rys. nr 3. Przyjmuje się również, że skuteczne z uwagi na proces zarządzania jest określanie nie tylko działań zalecanych do wykonania, ale również osoby odpowiedzialnej za ten proces oraz terminu jego realizacji i przydzielane środki.

Dobór wartości RPN oparto o doświadczenia i dobre praktyki realizacji analizy ryzyka w branży kolejowej i lotniczej.

Analiza ryzyka dla transportu publicznego powinna być realizowana również z punktu widzenia zagrożeń dla pasażerów. Wynikiem analizy ryzyka metodą FMEA może być również mapa terenu z naniesionymi izokrzywami ryzyka (mapy zagrożeń), co pozwoli na identyfikację najbardziej istotnych zagrożeń i podejmowanie systematycznych działań na rzecz zwiększenia bezpieczeństwa.

Podsumowanie

Analiza ryzyka w transporcie publicznym, podobnie jak w dowolnej gałęzi przemysłu, pozwala na zapewnienie bezpieczeństwa przy jednoczesnej redukcji kosztów przeznaczanych na cele bezpieczeństwa oraz kosztów ewentualnych zdarzeń niepowołanych. Metoda FMEA pozwala na uwzględnienie wielu grup zagrożeń, włącznie z zagrożeniami dla funkcjonowania procesu głównego w firmie oraz zagrożeń dla pasażera. Analiza ta może być stosowana z wykorzystaniem podejścia proaktywnego i reaktywnego, uwzględniając doświadczenie pracowników danej firmy. Systematyczne wykonywanie analizy ryzyka pozwala na zapewnienie bezpieczeństwa pasażerów i pracowników firmy, ale również bezpieczeństwa biznesowego, w tym funkcjonowania jej procesu głównego, wspierając procesy zarządcze firmy. Jak sama nazwa wskazuje, analiza ryzyka pozwala na „rozbić” zagrożenia na czynniki pierwsze, co znacznie ułatwia ich ocenę z uwagi na możliwy skutek i prawdopodobieństwo wystąpienia, pozwalając tym samym na podejmowanie precyzyjnych działań zapobiegawczych i korygujących. Uświadamianie pracownikom i zarządowi firmy istniejących zagrożeń daje możliwość podjęcia wcześniejszych działań zarządczych oraz pozwala na przygotowanie planów awaryjnych, które pozwolą na złagodzenie skutków wystąpienia najbardziej istotnych dla firmy zagrożeń.

Bazując na metodzie FMEA, możliwe jest również wykonanie izokrzywych ryzyka naniesionych na mapę terenu, co pozwala na planowanie usytuowania elementów infrastruktury, w tym przystanków, dworców, węzłów komunikacyjnych w takich miejscach, gdzie zagrożenia dla pasażerów oraz pracowników będą jak najniższe.

Należy mieć na uwadze, że w niedalekiej przyszłości w ślad za transportem kolejowym i lotniczym transport publiczny również zostanie objęty obligatoryjnymi systemami zarządzania bezpieczeństwem. Wprowadzenie do swojej działalności anali-

zy ryzyka pozwala przygotować firmę na te wymagania, tym bardziej, że metoda ta wykorzystywana jest nie tylko do spełnienia wymagań systemu, ale w sytuacji zaistnienia każdej zmiany o charakterze technicznym, organizacyjnym lub mającym związek z eksploatacją taboru. ■



dr inż. Adam Mańka | Katedra Technologii Lotniczych, Wydział Transportu, Politechnika Śląska



dr inż. Ilona Mańka | Katedra Transportu Szynowego, Wyższa Szkoła Biznesu w Dąbrowie Górniczej

¹ R. Krystek i inni, *Zintegrowany System Bezpieczeństwa Transportu*, tom 1: *Diagnoza bezpieczeństwa transportu w Polsce*, Wydawnictwo Komunikacji i Łączności 2009, s. 165-196.

Literatura

1. Krystek R. i inni: *Zintegrowany System Bezpieczeństwa Transportu*, tom 1: *Diagnoza bezpieczeństwa transportu w Polsce*, Warszawa 2009.
2. Fellner A., Mańka A.: *Dostosowanie metody FMEA do wymagań branży lotniczej*, „Scientific Journal of Silesian University of Technology. Series Transport”, zeszyt 88, Katowice 2015.
3. Romanowska-Słomka I., Słomka A.: *Ryzyko zawodowe*, Kraków – Tarnobrzeg, 2008.
4. Borysiewicz M., Furtek A., Potemski S.: *Poradnik metod ocen ryzyka związanego z niebezpiecznymi instalacjami procesowymi*. Instytut Energii Atomowej, Otwock-Świerk 2000.
5. Mańka A.: *Analiza ryzyka w transporcie szynowym – metoda FMEA i dobre praktyki jej stosowania*, „Logistyka”, 6/2014.
6. Wachnik R., Mańka A.: *Zintegrowany system zarządzania bezpieczeństwem w transporcie kolejowym*. Część 9: *Ocena ryzyka operacyjnego w aspekcie ryzyka technicznego*. „Technika Transportu Szynowego” 11/2011.
7. Huber Z., *Kawa na lawę. Analiza FMEA procesu*, wydanie II, Gliwice 2007.
8. Norma *PN-EN 18002:2000: System zarządzania bezpieczeństwem i higiena pracy. Ogólne wytyczne do oceny ryzyka zawodowego*, Warszawa 2000.
9. *PN-EN 60812:2009: Techniki analizy niezuszkodzalności systemów – procedura analizy rodzajów i skutków uszkodzeń*, Warszawa 2009.
10. ICAO-annex 19, International Civil Aviation Organization, Montréal 2013.
11. *DOC 9859: Podręcznik zarządzania bezpieczeństwem (Safety Management Manual)*, Warszawa 2013.
12. *Rozporządzenie Wykonawcze Komisji UE nr 402/2013 z dnia 30 kwietnia 2013 roku w sprawie wspólnej metody oceny bezpieczeństwa w zakresie wyceny i oceny ryzyka*, Warszawa 2013.
13. *Rozporządzenie Ministra Pracy i Polityki Socjalnej z dnia 26 września 1997 roku w sprawie ogólnych przepisów bezpieczeństwa i higieny pracy (Dz.U. z 1997 r., nr 129, poz. 844 z późn. zm.)*, Warszawa 1997.