

Identyfikacja potencjalnych zagrożeń w podsystemie „Infrastruktura” oraz metodologia wyceny ryzyka tych zagrożeń

Bogusław BARTOSIK¹

Streszczenie

W artykule opisano potencjalne zagrożenia bezpieczeństwa systemu kolejowego w obszarze infrastruktury kolejowej. Przedstawiono także metodologię oceny ryzyka tych zagrożeń, stosowaną przez podmioty kolejowe.

Słowa kluczowe: zagrożenie, identyfikacja zagrożeń, wycena ryzyka, ocena ryzyka, kodeks postępowania, system odniesienia, środki bezpieczeństwa, zasada akceptacji ryzyka

1. Wstęp

Jednym z priorytetowych zadań dotyczących transportu w Unii Europejskiej jest zapewnienie interoperacyjności europejskiej wspólnotowej sieci transportowej. Znalazło to odzwierciedlenie w przyjętej do realizacji przez kraje członkowskie Dyrektywie 2008/57/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 17 czerwca 2008 r., w której nakreślono zręby i zasady budowy tej integracji. Warunkiem koniecznym funkcjonowania zintegrowanego systemu kolejowego jest zapewnienie jego bezpieczeństwa, w związku z tym nakreślono ramy prawne, które miały posłużyć zapewnieniu bezpieczeństwa systemu kolei we Wspólnocie Europejskiej. Zostały one zawarte w dyrektywie 2004/49/WE [2], Rozporządzeniach Komisji [6, 7, 8, 9, 10, 11, 12] i Decyzji Komisji [1].

W ślad za prawem unijnym, dostosowano krajowe akty prawne określające wymagania, którym muszą poddać się podmioty funkcjonujące na rynku kolejowym w celu zapewnienia i utrzymania poziomu bezpieczeństwa systemu kolejowego wymaganego na obszarze Unii Europejskiej. Wymagania te są następujące:

- 1) obowiązek uzyskania autoryzacji bezpieczeństwa przez zarządców infrastruktury oraz certyfikacji bezpieczeństwa przez przewoźników kolejowych,
- 2) ustanowienie oraz utrzymanie przez zarządców infrastruktury oraz przewoźników systemów zarządzania bezpieczeństwem (SMS – ang. *Safety Management System*) i systemów zarządzania utrzymaniem pojazdów kolejowych (MMS – ang. *Maintenance Management System*) w celu zapewnienia, że system kolejowy:

- jest zdolny spełniać wspólne wymagania bezpieczeństwa (CST – ang. *Common Safety Target*),
 - jest zgodny z wymaganiami krajowych przepisów bezpieczeństwa i z wymaganiami dotyczącymi bezpieczeństwa ustanowionymi w TSI (ang. *Technical Specifications for Interoperability*), przy stosowaniu wspólnych metod oceny bezpieczeństwa (CSM – ang. *Common Safety Method*),
- 3) obowiązek przeprowadzania szacowania i wyceny ryzyka przez podmioty kolejowe² wprowadzające do systemu kolejowego zmiany znaczące dla bezpieczeństwa,
 - 4) certyfikacja taboru, zakładów utrzymania taboru oraz infrastruktury kolejowej.

Celem artykułu jest przybliżenie zagadnień dotyczących oceny i wyceny ryzyka w systemie kolejowym oraz wskazania obszarów potencjalnych zagrożeń, w ważnym dla bezpieczeństwa systemu kolejowego podsystemie „Infrastruktura”.

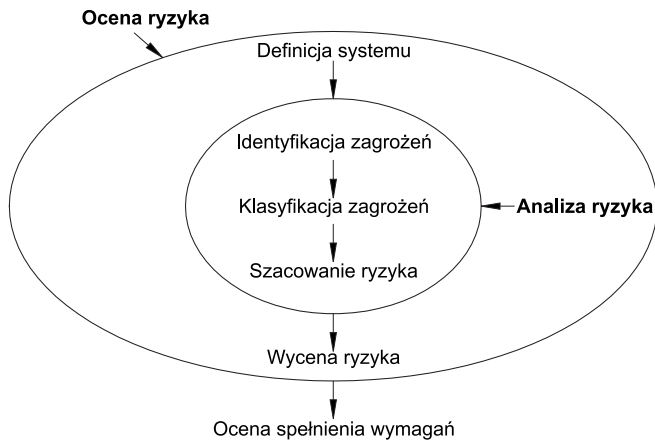
2. Metodologia oceny ryzyka oraz podstawowe terminy związane z zarządzaniem ryzykiem

Wspólne metody oceny bezpieczeństwa (CSM) zawarte w tzw. Dyrektywie Bezpieczeństwa [2] oraz w Rozporządzeniach WE [8, 9, 11, 12] opisują metodologię, którą powinny stosować podmioty kolejowe dokonujące oceny ryzyka, w przypadku wprowadzania znaczącej zmiany dla bezpieczeństwa systemu kolejowego. Kolejność poszczególnych czynności

¹ Mgr; Instytut Kolejnictwa, Zakład Dróg Kolejowych i Przewozów; e-mail: bbartosik@ikolej.pl.

² Przewoźnik kolejowy, zarządca infrastruktury, podmiot odpowiedzialny za utrzymanie pojazdu kolejowego (ECM – ang. *Entity in Charge of Maintenance*), producent albo jego upoważniony przedstawiciel, dysponent, importer, wykonawca modernizacji, inwestor oraz podmiot zamawiający.

wchodzących w skład oceny ryzyka przedstawia rysunek 1. Proces ten powinien składać się z następujących faz:



Rys. 1. Fazy procesu oceny ryzyka [opracowanie własne]

Zdefiniowanie systemu – jest podstawą i punktem wyjścia oceny ryzyka. Jego celem jest ukierunkowanie procesu oceny ryzyka na te elementy oraz na funkcjonalność systemu, których bezpośrednio dotyczy wprowadzana zmiana. Właściwe zdefiniowanie systemu pozwoli także określić jego granice oraz interfejsy z innymi systemami, z którymi on współdziała.

Identyfikacja zagrożeń – w tej fazie za pomocą różnych metod między innymi takich, jak analiza przyczyn źródłowych, diagramy Ishikawy, drzewa błędów, łańcuchy zdarzeń, studia przypadków, listy kontrolno-ostrzegawczej dokonuje się identyfikacji potencjalnych zagrożeń związanych z wprowadzaną zmianą do systemu kolejowego.

Szacowanie ryzyka, w wyniku którego dokonujemy pomiaru poziomu analizowanego ryzyka przez analizę częstotliwości jego występowania oraz analizę potencjalnych skutków, które może spowodować.

Klasyfikacja zagrożeń, w trakcie której dokonuje się uszeregowania zidentyfikowanego i oszacowanego ryzyka, według stopnia ważności dla bezpieczeństwa systemu kolejowego.

Wycena ryzyka – w tej fazie bada się poziom danego ryzyka w celu określenia czy jest ono dopuszczalne i na tyle niskie, że nie będzie trzeba podejmować żadnych działań w celu jego zredukowania.

Ocenę akceptowalności ryzyka przeprowadza się trzema następującymi metodami:

1. Zastosowanie kodeksów postępowania – w przypadku infrastruktury kolejowej, kodeksami postępowania będą np.:

- „Warunki techniczne utrzymania nawierzchni na liniach kolejowych Id-1”, „Warunki techniczne utrzymania podtorza kolejowego Id-3”, „Warunki techniczne dla kolejowych obiektów inżynierskich Id-2”, „Instrukcja o oględzinach, badaniach technicznych i utrzymaniu rozjazdów Id-4”,

- normy, Techniczne Specyfikacje Interoperacyjności, karty UIC (Międzynarodowy Związek Kolei, fr. *Union Internationale des Chemins de fer*), Regulamin dla międzynarodowego przewozu kolejami towarów niebezpiecznych RID (fr. *Reglement concernant le transport Internationale ferroviaire des marchandises dangereuses*).

Kodeksy muszą być:

- powszechnie uznane w branży kolejowej,
- istotne z punktu widzenia nadzoru nad rozważanymi zagrożeniami,
- publicznie dostępne dla wszystkich podmiotów, które chcą z nich korzystać.

2. Porównanie do systemu odniesienia – system odniesienia powinien:

- być eksploatowany w podobnych warunkach eksploatacyjnych i środowiskowych, jak system oceniany,
- mieć podobne funkcje i interfejsy, jak system oceniany,
- sprawdzić się w praktyce jako system o dopuszczalnym poziomie bezpieczeństwa, który również spełniłby warunki wymagane do jego zatwierdzenia.

W przypadku podsystemu „Infrastruktura”, może to być odniesienie do danego rozwiązania technicznego, eksploatacyjnego, organizacyjnego funkcjonującego oraz sprawdzonego w praktyce u innego zarządcy infrastruktury, jako bezpieczny w użytkowaniu.

3. Szacowanie i wycena jawnego ryzyka

Metodę tę stosuje się w technicznie nowatorskich rozwiązaniach, do których nie można zastosować dwóch poprzednich metod. Wykorzystuje się w niej ilościowe i jakościowe szacowanie ryzyka dla zidentyfikowanych zagrożeń, z uwzględnieniem istniejących środków bezpieczeństwa.

W Polsce do wyceny ryzyka z zastosowaniem metody „Szacowanie i wycena jawnego ryzyka”, powszechnie stosowanym sposobem wyceny w sektorze kolejowym jest analiza rodzajów błędów oraz ich skutków FMEA (ang. *Failure Mode and Effect Analysis*). Polega on na przypisaniu do każdego zagrożenia ujętego w Rejestrze zagrożeń liczby ryzyka R , która jest iloczynem następujących czynników:

- prawdopodobieństwa wystąpienia danego zagrożenia P ,
- potencjalnych skutków wynikających z zaistnienia zagrożenia S .

Oba parametry dobiera się na podstawie kryteriów wyceny ryzyka, które są określane w sposób ilościowy i jakościowy. Kryteria ilościowe są stosowane w przypadku istnienia statystyk dotyczących częstotliwości występowania potencjalnych zagrożeń.

Parametry P i S kryteriów jakościowych dobiera się na podstawie doświadczenia i wiedzy osób wyceniających ryzyko, a także istniejących norm [4, 5] na podstawie opisowych kwantyfikacji, np. w przypadku:

- parametru S – wagi skutków wystąpienia zagrożenia określanego jako nieistotne, małe, średnie, duże, katastrofalne,
- parametru P – prawdopodobieństwa wystąpienia zagrożenia określanego jako bardzo rzadkie, rzadkie, możliwe, prawdopodobne, bardzo prawdopodobne.

Obliczony parametr R charakteryzujący poziom każdego poszczególnego zidentyfikowanego ryzyka, porównuje się z przyjętymi kryteriami dopuszczalności ryzyka i dokonuje jego wyceny. Fazą, niezaliczaną bezpośrednio do oceny ryzyka, lecz niezmiernie istotną w zarządzaniu ryzykiem, jest tzw. „Ocena spełnienia wymagań”. W tej ocenie podmiot wprowadzający zmianę do systemu kolejowego jest zobowiązany wykazać, że zmieniany system zaprojektowano, wykonano i zatwierdzono do stosowania/eksploatacji z uwzględnieniem środków bezpieczeństwa określonych w celu kontroli zagrożeń. Istotne jest także, przypisanie podmiotów odpowiedzialnych za wdrożenie zidentyfikowanych środków bezpieczeństwa w celu redukcji ryzyka.

3. Obszary występowania ryzyka w podsystemie „Infrastruktura”

Podsystem „Infrastruktura” jest istotnym dla bezpieczeństwa elementem systemu kolejowego, gdyż współpracuje i oddziałuje na prawidłowe funkcjonowanie wielu innych podsystemów. Nieprawidłowości w jego funkcjonowaniu stwarzają potencjalne zagrożenia dla całego systemu kolejowego. Wystąpienie tych zagrożeń niesie duże prawdopodobieństwo zaistnienia katastrofalnych skutków, ofiar śmiertelnych i dużych strat materialnych.

Zagrożenia infrastruktury kolejowej dotyczą jej poszczególnych składników, tj. podtorza, nawierzchni kolejowej, budowli inżynierskich, przejazdów i przejść kolejowych w poziomie szyn. W 2015 roku, z tytułu uszkodzenia lub złego utrzymania nawierzchni, mostów lub wiaduktów, wydarzyło się 49 wypadków, co stanowi 7,7% ogółu wypadków na kolei [3].

4. Podtorze

Bezpośrednią lub pośrednią przyczyną wykolejeń mogą być wady podtorza, które powodują:

- utratę stateczności toru,
- pogorszenie układu geometrycznego toru,
- pęknięcia szyn,
- zwiększenie drgań toru i urządzeń współpracujących z torem podczas przejazdu pociągów.

Przyczyną występowania wad podtorza i związanych z nimi zagrożeń są:

- przyczyny naturalne (niekorzystne warunki geologiczne, opady, powodzie),
- działalność człowieka (niewłaściwa konstrukcja lub złe utrzymanie podtorza, jego nadmierne obciążenie, podcięcie stoku),
- oddziaływania eksploatacyjne (drgania, osiadania, awarie),
- starzenie się podtorza (utrata jego pierwotnie dobrych właściwości),
- niedostosowanie podtorza do obecnych warunków eksploatacji wynikające z faktu, że większość nasypów wybudowano przed pierwszą wojną światową w odmiennych technologiach, przez trzy różne państwa. Od tego czasu technologia budowy dróg kolejowych rozwinęła się znacząco.

Dla ruchu kolejowego najbardziej niebezpieczne są nieciągłe odcztałcenia podtorza, takie jak osuwiska i zapadliska, które często występują nagle, bez żadnych objawów wskazujących na zagrożenie i obejmują swoim zasięgiem tor. Na odcztałcenia osuwiskowe szczególnie narażone są tereny o niekorzystnych warunkach wodnych i geologicznych, gdzie pod wpływem siły ciężkości występuje ruch mas ziemnych.

Bardzo poważne zagrożenia dla podtorza powodują szkody górnicze. Występują one nagle i bez żadnych wcześniejszych objawów. Przykładem wypadku spowodowanego zapadliskiem podtorza było wykolejenie się w dniu 21 grudnia 1993 roku pociągu TGV relacji Valenciennes – Paris-Nord. Jadący z prędkością 296 km/h pociąg TGV wypadł z szyn na skutek obsunięcia się torów w rozpadlinę powstałą na skutek intensywnych opadów deszczu.

5. Nawierzchnia kolejowa

Nawierzchnia kolejowa składa się z szyn, podkładów, złązek, podsypki, rozjazdów i skrzyżowań torów. Zagrożenie wykolejenia lub kolizji z powodu złego stanu nawierzchni kolejowej może wynikać z następujących przyczyn:

- złego stanu geometrycznego toru lub rozjazdu (np. na skutek błędnie przeprowadzonego projektowania lub nieprawidłowego utrzymania),
- złego stanu technicznego części składowych nawierzchni kolejowej (wadliwe wykonanie, wady materiałowe, nieprawidłowe ułożenie oraz niewłaściwe utrzymanie).

6. Obiekty inżynierskie

Trwałość obiektów inżynierskich jest określana średnio na 100 lat. Ich bezpieczne użytkowanie jest jednak uwarunkowane właściwie prowadzonym procesem utrzymania. Starsze konstrukcje, zbudowane w innej technologii niż obecnie stosowana, wymagają specjalistycznej wiedzy, a niezbędne remonty pociągają za sobą duże koszty. Stwarza to ryzyko, że remonty nie będą przeprowadzane

w sposób planowy, lecz w trybie awaryjnym, już po wystąpieniu usterki.

Zagrożenia spowodowane złym stanem obiektów inżynierskich zdarzają się niezmiernie rzadko, lecz mogą pociągać za sobą katastrofalne następstwa prowadzące do wielu ofiar w ludziach i wysokich strat materialnych. Zagrożenie może także stwarzać jazda pociągu w długich tunelach (np. w wyniku pożaru, paniki, utrudnienia w ewakuacji, ograniczonego dostępu służb ratowniczych).

Najwięcej problemów związanych z bezpieczeństwem pojawia się w fazie realizacji inwestycji, tj. budowy bądź remontu obiektu inżynierskiego. Przyczyną ich mogą być: niedotrzymanie reżymów technologicznych, niewłaściwy nadzór nad prowadzonymi robotami, budowa wiaduktów drogowych nad torami istniejącej linii lub budowa mostów kolejowych na użytkowanej linii bez zamknięć dla ruchu pociągów.

Przykładem obrazującym zagrożenie tego typu jest katastrofa kolejowa w dniu 8 sierpnia 2008 roku w Czechach, w miejscowości Studenka koło Ostrawy. Na pierwsze wagony pociągu Euro City relacji Kraków Główny – Praga Główna zawalił się wiadukt będący w trakcie remontu. W pociągu podróżowało około 400 osób, w katastrofie zginęło 7 osób, 67 osób zostało rannych, w tym 15 ciężko.

7. Przejazdy kolejowe i przejścia dla pieszych w poziomie szyn

Liczba wypadków na przejazdach kolejowych w 2015 r. wynosiła 208 [3] i stanowiła 33% wszystkich wypadków kolejowych. Najwięcej wypadków wydarzyło się na przejazdach kategorii D (123 wypadki) i C (36 wypadków). Wydarzyły się 33 wypadki najechania pojazdów kolejowych na osoby przechodzące przez tory na przejazdach lub przejściach strzeżonych (5,3% ogólnej liczby wypadków kolejowych).

Bardzo duży problem dla bezpieczeństwa systemu kolejowego stwarzają wypadki najechania pojazdu kolejowego na osoby przechodzące przez tory poza przejazdami na stacjach i szlakach. Liczba takich wypadków w 2015 roku wynosiła 235, co stanowiło 36,8% ogółu wypadków. Wypadki z pojazdami drogowymi oraz potrącenia osób na przejazdach i przejściach dla pieszych oraz poza nimi były przyczyną łącznie 70,5% wypadków na sieci kolejowej.

Do mniej niż 1,5%–2% wypadków dochodzi z winy kolei. Są to przypadki, gdy nie zamknięto rogatki na przejeździe strzeżonym (kategorii A) lub wystąpiły usterki techniczne urządzeń samoczynnej sygnalizacji przejazdowej.

Sprawcami ponad 98% przypadków kolizji pojazdów drogowych i szynowych są uczestnicy ruchu drogowego.

8. Środki bezpieczeństwa mogące zminimalizować ryzyko w infrastrukturze kolejowej

Dane statystyczne wskazują, że w 2015 r. liczba zdarzeń spowodowanych złym stanem lub uszkodzeniem infrastruktury kolejowej spadła o 20% w stosunku do roku poprzedniego. Jest to jednak nadal znaczny odsetek wszystkich wypadków i jest główną przyczyną zdarzeń wewnątrz systemu kolejowego (25,8%)³. Środki, które mogą zminimalizować liczbę zdarzeń kolejowych zaistniałych z przyczyn infrastruktury kolejowej są następujące:

- procedura odbioru, która minimalizuje możliwość oddania do użytku obiektu, który może stwarzać zagrożenie,
- regularne prowadzenie badań i pomiarów nawierzchni i podtorza oraz ocena ich stanu technicznego,
- przeglądy bieżące, podstawowe i szczegółowe obiektów inżynierskich oraz ocena i interpretacja wyników przeprowadzonych przeglądów,
- określenie warunków eksploatacji obiektów inżynierskich i przestrzeganie ich przez zarządców infrastruktury.

Znaczący udział wypadków na przejazdach, przejściach kolejowych oraz poza przejazdami i przejściami na stacjach i szlakach wymaga zastosowania następujących środków bezpieczeństwa, które mogą zminimalizować ryzyko:

- inwestowania w infrastrukturę – podnoszenie kategorii przejazdów,
- instalowania nowoczesnych urządzeń i monitoringu,
- wygrodzenia torów kolejowych w miejscach szczególnie niebezpiecznych,
- prowadzenia kampanii społecznych mających na celu zmniejszenie wypadkowości na przejazdach i przejściach,
- wzmocnienia kontroli przez Policję oraz SOK,
- modyfikacji programów szkoleniowych na kursach na prawo jazdy oraz udostępnianie „szkołom jazdy” filmów z monitoringu przejazdów, ukazujących niewłaściwe zachowanie kierowców.

9. Podsumowanie

Procesy oceny ryzyka, jego wyceny i zarządzania nim, pierwotnie wprowadzono w energetyce jądrowej oraz lotnictwie, a więc w obszarach, w których poziom potencjalnych zagrożeń oraz ich waga jest bardzo znaczna.

W kolejnictwie, prekursorem w tym zakresie była kolej brytyjska. Obecne prawodawstwo unijne wymaga stosowania procedur oceny i wyceny ryzyka we wspólnotowym systemie kolejowym w celu podniesienia lub co najmniej utrzymania poziomu bezpieczeństwa na dotychczasowym poziomie. Zobowiązane do ich stosowania są przedsiębiorstwa

³ Po wyeliminowaniu wypadków i incydentów z udziałem pojazdów drogowych oraz osób nieuprawnionych do przebywania na obszarze kolejowym.

kolejowe wprowadzające istotne dla bezpieczeństwa zmiany techniczne, eksploatacyjne i organizacyjne do systemu kolejowego.

Instytut Kolejnictwa wielokrotnie wykonywał na zlecenie podmiotów kolejowych ocenę ryzyka dla zmian wprowadzanych w podsystemach: „Infrastruktura”, „Energetyka”, „Sterowanie” oraz „Tabor”. Specjaliści Instytutu biorą też udział w wielu konferencjach i seminariach oraz prowadzą szkolenia z tej tematyki.

Bibliografia

1. Decyzja Komisji 2012/226/UE z dnia 23 kwietnia 2012 r. w sprawie drugiego pakietu wspólnych wymagań bezpieczeństwa dotyczących systemu kolejowego, Dz.U. L115 z 27.4.2012.
2. Dyrektywa 2004/49/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 29 kwietnia 2004 r. w sprawie bezpieczeństwa kolei wspólnotowych, Dz.U. L164 30.4.2004.
3. Ocena funkcjonowania rynku transportu kolejowego i stanu bezpieczeństwa ruchu kolejowego w 2015 r. UTK.
4. PN EN: 2002/AC: Zastosowania kolejowe – Specyfikacja niezawodności, dostępności, podatności utrzymaniowej i bezpieczeństwa.
5. PN EN:50129:2007: Zastosowania kolejowe – Systemy łączności, przetwarzania danych i sterowania ruchem – Elektroniczne systemy sterowania ruchem związane z bezpieczeństwem.
6. Rozporządzenie Komisji (UE) NR 1077/2012 z dnia 16 listopada 2012 r. w sprawie wspólnej metody oceny bezpieczeństwa w odniesieniu do nadzoru sprawowanego przez krajowe organy ds. bezpieczeństwa po wydaniu certyfikatu bezpieczeństwa lub autoryzacji bezpieczeństwa. Dz.U. L320 z 17.11.2012.
7. Rozporządzenie Komisji (UE) NR 1078/2012 z dnia 16 listopada 2012 r. w sprawie wspólnej metody oceny bezpieczeństwa w odniesieniu do monitorowania, która ma być stosowana przez przedsiębiorstwa kolejowe i zarządców infrastruktury po otrzymaniu certyfikatu bezpieczeństwa lub autoryzacji bezpieczeństwa oraz przez podmioty odpowiedzialne za utrzymanie. Dz.U. L320 z 17.11.2012.
8. Rozporządzenie Komisji (UE) Nr 1158/2010 z dnia 9 grudnia 2010 r. w sprawie wspólnej metody oceny bezpieczeństwa w odniesieniu do zgodności z wymogami dotyczącymi uzyskania kolejowych certyfikatów bezpieczeństwa. Dz.U. L326 z 10.12.2010.2.
9. Rozporządzenie Komisji (UE) NR 1169/2010 z dnia 10 grudnia 2010 r. w sprawie wspólnej metody oceny bezpieczeństwa w odniesieniu do zgodności z wymogami dotyczącymi uzyskania kolejowych autoryzacji w zakresie bezpieczeństwa. Dz.U. L327 z 11.12.2010.
10. Rozporządzenie Komisji (UE) NR 445/2011 z dnia 10 maja 2011 r. w sprawie systemu certyfikacji podmiotów odpowiedzialnych za utrzymanie w zakresie obejmującym wagony towarowe oraz zmieniające rozporządzenie (WE) nr 653/2007, Dz.U. L122 z 11.5.2011.
11. 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. Dz.U. L108 z 29.4.2009.
12. 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. Dz.U. L121 z 3.5.2013.