

WYZNACZANIE RYZYKA STRAT PIORUNOWYCH W OBIEKCIE RADIOKOMUNIKACYJNYM ZGODNIE Z PN-EN 62305-2

Renata MARKOWSKA

Politechnika Białostocka, Wydział Elektryczny, ul. Wiejska 45d, 15-351 Białystok
tel.: (85) 7469356 e-mail: remark@pb.edu.pl

Streszczenie: Artykuł przedstawia porównanie wyników analiz ryzyka strat piorunowych w obiekcie radiokomunikacyjnym prowadzonych zgodnie z zaleceniami różnych edycji normy PN-EN 62305-2: dotychczasowej edycji z 2008 roku oraz edycji wprowadzonej przez PKN w 2012 roku. Obliczenia wykonano za pomocą własnego arkusza kalkulacyjnego i programu DEHNsupport Toolbox. Wyniki analiz prowadzonych wg procedur zawartych w różnych edycjach normy PN-EN 62305-2 wskazały na praktyczne skutki istotnych różnic w podejściu do zagadnienia wyznaczania ryzyka strat piorunowych w tych edycjach. W szczególności pokazały, że metodyka analizy ryzyka zawarta w nowej edycji normy może prowadzić do wyboru mniej restrykcyjnych środków ochrony wymaganych do redukcji ryzyka utraty życia i zdrowia oraz ryzyka strat materialnych, oraz bardziej restrykcyjnych, w odniesieniu do ryzyka utraty usługi publicznej.

Słowa kluczowe: ochrona odgromowa, ryzyko strat piorunowych, wyznaczanie poziomu ochrony, obiekt radiokomunikacyjny.

1. WSTĘP

Zgodnie z wymaganiami norm serii PN-EN 62305, dotyczących ochrony odgromowej obiektów budowlanych, kluczowym zagadnieniem przy podejmowaniu decyzji w sprawie zastosowania urządzenia piorunochronnego (LPS) i wyboru poziomu ochrony jest analiza ryzyka strat powodowanych przez wyładowania piorunowe. Metodykę analizy ryzyka zawarto w części 2 normy: PN-EN 62305-2.

Normy serii PN-EN 62305 zostały wprowadzone przez Polski Komitet Normalizacyjny (PKN) w wersji polskojęzycznej w latach 2008-2009 [1-4]. Te datowane edycje norm zostały wymienione w *Rozporządzeniu Ministra Infrastruktury z dnia 10 grudnia 2010 r. zmieniającym rozporządzenie w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie* [5], które posiada status obowiązującego aktu prawnego na mocy ustawy *Prawo budowlane* [6]. W latach 2011-2012, edycje z lat 2008-2009 zostały przez PKN wycofane i zastąpione nowymi wydaniem [7-10]. Jednak *Rozporządzenie* z roku 2010 [5] nie zostało dotychczas w tej kwestii zmienione.

Tymczasem w zakresie metodyki analizy ryzyka strat piorunowych, w nowej edycji normy PN-EN 62305-2:2012 [8] wprowadzono szereg istotnych zmian w stosunku do edycji wcześniejszej PN-EN 62305-2:2008 [2]. Interesujące jest zatem, w jaki sposób wprowadzone zmiany mogą się przekładać na wyniki analizy i oceny ryzyka strat piorunowych

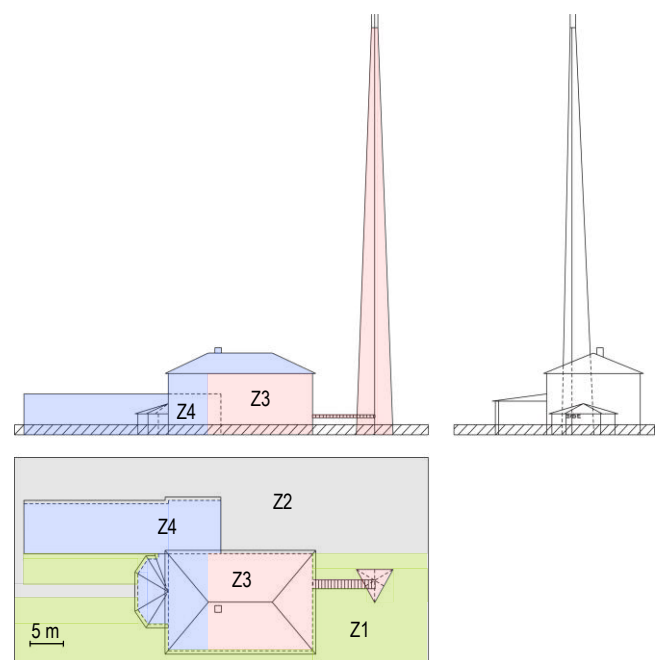
w konkretnych przypadkach obiektów budowlanych, a tym samym na wybór wymaganego poziomu i środków ochrony przed piorunowym impulsem elektromagnetycznym (LEMP).

Celem pracy było porównanie wyników obliczeń i oceny ryzyka strat piorunowych, wykonanych zgodnie z zaleceniami nowej [8] i dotychczasowej [2] edycji normy PN-EN 62305-2. Do rozważań wybrano obiekt radiokomunikacyjny składający się z budynku i wieży antenowej. Obliczenia prowadzono zgodnie z zaleceniami wymienionych edycji normy za pomocą:

- edycja 2008 – własnego arkusza kalkulacyjnego [11] oraz programu DEHNsupport Toolbox [12];
- edycja 2012 – programu DEHNsupport Toolbox [12].

2. OPIS OBIEKTU RADIOKOMUNIKACYJNEGO

Rozważany obiekt telekomunikacyjny (rys. 1) składa się z dużego budynku i wieży o wysokości 60 m (62 m łącznie ze zwodami pionowymi na szczycie) posadowionej na fundamencie w odległości 6,6 m od budynku.



Rys. 1. Obiekt radiokomunikacyjny: wieża i budynek [11]

Pełną procedurę wyznaczania ryzyka strat piorunowych zgodną z PN-EN 62305-2:2008 oraz szczegółowe założenia wstępne, odpowiadające im dane pośrednie i wyniki obliczeń dotyczące rozważanego obiektu przedstawiono w [11]. Poniżej podano jedynie najważniejsze założenia. Pierwotnie [11] założono podział obiektu na cztery strefy zagrożenia od Z1 do Z4 (rys. 1). W niniejszej pracy przyjęto, że obliczenia będą prowadzone bez podziału na strefy.

W analizie uwzględniono trzy rodzaje ryzyka: ryzyko utraty życia i zdrowia R_1 , ryzyko utraty usługi publicznej R_2 oraz ryzyko strat materialnych R_4 .

Założono, że rozważany obiekt radiokomunikacyjny położony jest na terenie o średniej rocznej gęstości wyładowań piorunowych równej $2,2 /\text{km}^2$.

Analizując cząstkowe równoważne powierzchnie zbierania wyładowań trafiających w elementy składowe obiektu stwierdzono [11], że jego całkowita równoważna powierzchnia zbierania wyładowań jest równa równoważnej powierzchni zbierania wyładowań przyporządkowanej samej wieży (równoważna powierzchnia zbierania wyładowań przez budynek jest w całości zawarta wewnątrz powierzchni zbierania przyporządkowanej wieży).

W celu wyznaczenia równoważnej powierzchni zbierania wyładowań trafiających w pobliżu rozważanego obiektu radiokomunikacyjnego założono, że w płaszczyźnie podstawy obiektu granicę obszaru podlegającego analizie stanowi jego ogrodzenie. Pozostałe założenia wstępne do obliczeń [11] przedstawiono w tablicy 1.

Tablica 1. Założenia do obliczeń ryzyka strat piorunowych dla rozważanego obiektu radiokomunikacyjnego

Cecha obiektu lub środowiska	Opis
Rozważany obiekt radiokomunikacyjny wieża - budynek	
Budynek główny	Wymiary 23 x 15 x 12 m
Przybudówka	Wymiary 30 x 8,3 x 6 m
Wieża	Wysokość 62 m, odległość od budynku 6,6 m
Ogrodzenie	Wymiary 62,9 x 30,5 x 1,4 m
Otoczenie	Drzewa i obiekty o tej samej wysokości lub niższe
Ochrona przed porażeniem	Ekwipotencjalizacja gruntu
Urządzenie piorunochronne	Sztuczny LPS klasy III
Ekranowanie przestrzenne	Na granicy stref 0/1: LPS klasy III (rozpiętość zwodów 15 m, promień kuli 45 m) Wewnątrz: brak
Sieć połączeń wyrównawczych wg PN-EN 62305-4	Tak
Wewnętrzne oprzewodowanie	Nieekranowane – trasowanie w celu uniknięcia pętli (0,5 m ²) Ekranowane – ekran ($1 < R_s \leq 5 \Omega/\text{km}$) połączony z szyną wyrównawczą
Najniższe udarowe napięcie wytrzymywane układów wewnętrznych	2,5 kV 1,5 kV
Skoordynowane SPD wg PN-EN 62305-4	Tak, poziom III (LPL III)
Powierzchnia gruntu	Rolnicza, beton
Powierzchnia podłogi	Linoleum
Środki ochrony przeciwpożarowej	Stałe, ręcznie obsługiwane instalacje gaszące, bezpieczne drogi ewakuacji
Niebezpieczeństwo pożarowe	Zwykle
Zagrożenia specjalne	Niski poziom paniki
Utrata życia i zdrowia	Możliwość przebywania osób wewnątrz i na zewnątrz obiektu Obiekt przemysłowy, usługowy Nie występuje utrata życia wskutek awarii układów wewnętrznych
Utrata usługi publicznej	Rodzaj usługi: telekomunikacja
Straty materialne	Brak zwierząt hodowlanych Obiekt przemysłowy, usługowy
Linia zasilająca dołączona do rozważanego obiektu	
Linia zasilająca	Kablowa o długości 600 m, rezystywność gruntu 500 Ωm
Otoczenie linii	Obiekty lub drzewa wyższe
Środowisko	Podmiejskie
Transformator	Brak
Ekranowanie linii	Nieekranowana
Wytrzymałość udarowa wyposażenia wewnętrznego dołączonego do linii	2,5 kV
SPD zainstalowane w linii	Tak, skoordynowane wg PN-EN 62305-4, poziom III (LPL III)
Obiekt sąsiedni dołączony do drugiego krańca linii	Stacja transformatorowo-rozdzielcza SN/nN, wymiary 4 x 3 x 3 m
Otoczenie obiektu sąsiedniego	Obiekty lub drzewa wyższe
Linia telekomunikacyjna dołączona do rozważanego obiektu	
Linia telekomunikacyjna	Kablowa o długości 1000 m, rezystywność gruntu 500 Ωm
Otoczenie linii	Obiekty lub drzewa wyższe
Środowisko	Podmiejskie
Transformator	Brak
Ekranowanie linii	Ekranowana – ekran ($1 < R_s \leq 5 \Omega/\text{km}$) połączony do tej samej szyny wyrównawczej co układ wewnętrzny
Wytrzymałość udarowa wyposażenia wewnętrznego dołączonego do linii	1,5 kV
SPD zainstalowane w linii	Tak, skoordynowane wg PN-EN 62305-4, poziom III (LPL III)
Obiekt sąsiedni dołączony do drugiego krańca linii	Węzeł rozdzielnicy (WR), wymiary 20 x 12 x 5 m
Otoczenie obiektu sąsiedniego	Obiekty lub drzewa wyższe

Zastosowane w obiekcie środki ochrony (ich rodzaj i właściwości) dobrano w taki sposób, aby otrzymane w wyniku analizy wartości ryzyk całkowitych odnoszących się do poszczególnych rodzajów strat piorunowych były nie większe niż odpowiadające im ryzyka tolerowane. Reprezentatywne wartości ryzyka tolerowanego, proponowane w normach PN-EN 62305-2 [2, 8] oraz ITU-T Recommendation K.39 [13] podano w tablicy 2. Do obliczeń ryzyka utraty usługi publicznej oraz ryzyka utraty wartości ekonomicznej przyjęto jako wiążące wartości ryzyka tolerowanego według zaleceń ITU-T Recommendation K.39.

Tablica 2. Reprezentatywne wartości ryzyka tolerowanego wg zaleceń norm PN-EN 62305-2 [2, 8] oraz ITU-T Rec. K.39 [13]

Rodzaj straty	PN-EN 62305-2 (rok ⁻¹)	ITU-T R. K.39 (rok ⁻¹)
Utrata życia lub zdrowia	10 ⁻⁵	-
Utrata usługi publicznej	10 ⁻³	10 ⁻⁴
Utrata wartości ekonomicznej	-	10 ⁻³

3. WYNIKI ANALIZY RYZYKA

Wyniki obliczeń odpowiednich ryzyk całkowitych i poszczególnych ich komponentów przedstawiono w tablicy 3.

Porównując wyniki obliczeń prowadzonych (wg PN-EN 62305-2:2008) za pomocą własnego arkusza kalkulacyjnego i programu DEHNSupport Toolbox można zauważyć, że otrzymane wartości, zarówno w zakresie ryzyk

całkowitych jak i poszczególnych ich komponentów, są generalnie bardzo zbliżone. Analizując bardziej szczegółowo, w przypadku obliczeń przy użyciu programu DEHNSupport Toolbox otrzymano generalnie wyższe wartości ryzyka w porównaniu do obliczeń prowadzonych za pomocą własnego arkusza kalkulacyjnego (wyjątkiem są komponenty R_M i R_Z). Największy przyrost wartości ryzyka (do ok. 29 %) odnotowano dla komponentów R_U , R_V i R_W . Obserwowane, relatywnie niewielkie rozbieżności są najprawdopodobniej wynikiem niedokładności i zaokrągleń matematycznych powstałych w związku ze sposobem uwzględnienia równoważnych powierzchni zbierania wyładowań trafiających w dołączone do obiektu urządzenia usługowe i w ich pobliżu oraz w obiekty sąsiednie znajdujące się na krańcach tych urządzeń usługowych.

Wyniki obliczeń prowadzonych za pomocą programu DEHNSupport Toolbox zgodnie z zaleceniami dwu rozważanych edycji normy PN-EN 62305-2 (dotychczasowej z 2008 roku i nowej z roku 2012) wskazują na praktyczne skutki istotnych różnic w podejściu do wyznaczania ryzyka strat piorunowych w tych edycjach.

Porównując otrzymane w tych przypadkach wartości ryzyka dla identycznych lub podobnych założeń wstępnych (LPS klasy III) należy zauważyć, że nastąpiło znaczne zmniejszenie się ryzyka utraty życia i zdrowia oraz ryzyka strat materialnych przy jednoczesnym znacznym wzroście ryzyka utraty usługi publicznej w przypadku obliczeń według nowej edycji normy (2012), w porównaniu do edycji wcześniejszej (2008).

Tablica 3. Wyniki obliczeń ryzyka strat piorunowych dla rozważanego obiektu radiokomunikacyjnego

Ryzyko lub jego komponent	Wg PN-EN 62305-2:2008, za pomocą własnego arkusza kalkulacyjnego	Wg PN-EN 62305-2:2008, za pomocą programu DEHNSupport Toolbox	Wg PN-EN 62305-2:2012, za pomocą programu DEHNSupport Toolbox	
			LPS klasy III	LPS klasy IV
Ryzyko utraty życia lub zdrowia R_1				
R_A	$1,20 \cdot 10^{-7}$	$1,21 \cdot 10^{-7}$	$0,121 \cdot 10^{-7} *$	$0,241 \cdot 10^{-7} *$
R_B	$5,98 \cdot 10^{-6}$	$6,04 \cdot 10^{-6}$	$2,42 \cdot 10^{-6} *$	$4,84 \cdot 10^{-6} *$
R_C	0	0	0 *	0 *
R_M	0	0	0 *	0 *
R_U	$0,482 \cdot 10^{-12}$	$0,619 \cdot 10^{-12}$	$159,0 \cdot 10^{-12} *$	$159,0 \cdot 10^{-12} *$
R_V	$2,41 \cdot 10^{-7}$	$3,10 \cdot 10^{-7}$	$3,18 \cdot 10^{-7} *$	$3,18 \cdot 10^{-7} *$
R_W	0	0	0 *	0 *
R_Z	0	0	0 *	0 *
R_1	$6,34 \cdot 10^{-6}$	$6,48 \cdot 10^{-6}$	$2,75 \cdot 10^{-6} *$	$5,18 \cdot 10^{-6} *$
Ryzyko utraty usługi publicznej R_2				
R_B	$5,98 \cdot 10^{-7}$	$6,04 \cdot 10^{-7}$	$6,04 \cdot 10^{-7}$	$12,1 \cdot 10^{-7}$
R_C	$7,07 \cdot 10^{-6}$	$7,14 \cdot 10^{-6}$	$11,8 \cdot 10^{-6}$	$11,8 \cdot 10^{-6}$
R_M	$8,39 \cdot 10^{-8}$	$8,35 \cdot 10^{-8}$	$0,155 \cdot 10^{-8}$	$0,155 \cdot 10^{-8}$
R_V	$2,41 \cdot 10^{-8}$	$3,10 \cdot 10^{-8}$	$7,96 \cdot 10^{-8}$	$7,96 \cdot 10^{-8}$
R_W	$4,82 \cdot 10^{-7}$	$6,19 \cdot 10^{-7}$	$15,9 \cdot 10^{-7}$	$15,9 \cdot 10^{-7}$
R_Z	$2,91 \cdot 10^{-5}$	$2,89 \cdot 10^{-5}$	$7,48 \cdot 10^{-5}$	$7,48 \cdot 10^{-5}$
R_2	$3,73 \cdot 10^{-5}$	$3,74 \cdot 10^{-5}$	$8,89 \cdot 10^{-5}$	$8,95 \cdot 10^{-5}$
Ryzyko utraty wartości ekonomicznej R_4				
R_A	0	0	0	0
R_B	$5,98 \cdot 10^{-5}$	$6,04 \cdot 10^{-5}$	$3,02 \cdot 10^{-5} **$	$6,04 \cdot 10^{-5} **$
R_C	$7,07 \cdot 10^{-5}$	$7,14 \cdot 10^{-5}$	$1,77 \cdot 10^{-5} **$	$1,77 \cdot 10^{-5} **$
R_M	$83,9 \cdot 10^{-8}$	$83,5 \cdot 10^{-8}$	$0,232 \cdot 10^{-8} **$	$0,232 \cdot 10^{-8} **$
R_U	0	0	0 **	0 **
R_V	$2,41 \cdot 10^{-6}$	$3,10 \cdot 10^{-6}$	$3,98 \cdot 10^{-6} **$	$3,98 \cdot 10^{-6} **$
R_W	$4,82 \cdot 10^{-6}$	$6,19 \cdot 10^{-6}$	$2,39 \cdot 10^{-6} **$	$2,39 \cdot 10^{-6} **$
R_Z	$2,91 \cdot 10^{-4}$	$2,89 \cdot 10^{-4}$	$1,12 \cdot 10^{-4} **$	$1,12 \cdot 10^{-4} **$
R_4	$4,29 \cdot 10^{-4}$	$4,31 \cdot 10^{-4}$	$1,66 \cdot 10^{-4} **$	$1,97 \cdot 10^{-4} **$
* – przy założeniu nieprzerwanego przebywania osób w budynku (8760 godzin rocznie)				
** – przy założeniu 10 osób pracujących na stałe w budynku (wartość obiektu 2,25 miliona euro)				

Biorąc pod uwagę komponenty ryzyka, otrzymano zmniejszenie wartości komponentów R_A , R_B i R_M oraz zwiększenie R_U i R_V . Komponenty R_C , R_W i R_Z uległy zwiększeniu w przypadku ryzyka utraty usługi publicznej oraz zmniejszeniu w przypadku ryzyka strat materialnych.

Na zakończenie należy zwrócić uwagę na istotny praktyczny skutek zastosowania nowej edycji normy (2012) w miejsce dotychczasowej (2008). Mianowicie, według edycji z 2008 roku urządzenie piorunochronne klasy IV jest niewystarczające do redukcji ryzyka strat piorunowych do wartości tolerowanych, konieczne jest zastosowanie LPS klasy III. Natomiast według nowej edycji normy (2012) wystarczające okazało się zastosowanie urządzenia piorunochronnego klasy IV.

4. PODSUMOWANIE I WNIOSKI

W pracy przedstawiono porównanie wyników obliczeń ryzyka strat piorunowych w obiekcie radiokomunikacyjnym, prowadzonych zgodnie z zaleceniami różnych edycji normy PN-EN 62305-2: edycji z 2008 roku [2] oraz nowej edycji wprowadzonej przez PKN w 2012 roku [8]. Przeprowadzono szczegółowe porównania poszczególnych komponentów oraz całkowitych ryzyk utraty życia i zdrowia, utraty usługi publicznej oraz strat materialnych. Obliczenia prowadzono za pomocą własnego arkusza kalkulacyjnego oraz programu DEHNSupport Toolbox.

W przypadku obliczeń prowadzonych przy użyciu własnego arkusza kalkulacyjnego i programu DEHNSupport Toolbox otrzymano zbliżone wyniki, zarówno w zakresie ryzyk całkowitych jak i poszczególnych komponentów tych ryzyk.

Wyniki obliczeń prowadzonych zgodnie z zaleceniami różnych edycji normy PN-EN 62305-2 (2008 i 2012) potwierdziły występowanie i wskazały na praktyczne skutki istotnych różnic w podejściu do zagadnienia wyznaczania ryzyka strat piorunowych w tych edycjach. W szczególności pokazały, że metodyka analizy ryzyka zawarta w nowej edycji normy (w porównaniu do edycji wcześniejszej) może prowadzić do wyboru mniej restrykcyjnych środków ochrony wymaganych do redukcji ryzyka utraty życia i zdrowia oraz ryzyka strat materialnych do wartości tolerowanych. Z drugiej strony, stosowanie nowej edycji normy może prowadzić do wyboru bardziej restrykcyjnych

środków ochrony w przypadku ryzyka utraty usługi publicznej.

Program DEHNSupport Toolbox stanowi użyteczne narzędzie do analizy ryzyka strat piorunowych w obiektach budowlanych, umożliwiając usprawnienie procesu obliczeń, szczególnie w zakresie wyboru właściwych środków ochrony. Ograniczenia jego funkcjonalności w stosunku do ogólnych procedur norm PN-EN 62305-2 są nieznaczne i nie powinny wpływać zasadniczo na wyniki analiz.

5. BIBLIOGRAFIA

1. PN-EN 62305-1:2008. Ochrona odgromowa. Część 1: Zasady ogólne.
2. PN-EN 62305-2:2008. Ochrona odgromowa. Część 2: Zarządzanie ryzykiem.
3. PN-EN 62305-3:2009. Ochrona odgromowa. Część 3: Uszkodzenia fizyczne obiektów i zagrożenie życia.
4. PN-EN 62305-4:2009. Ochrona odgromowa. Część 4: Urządzenia elektryczne i elektroniczne w obiektach.
5. Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 10 grudnia 2010 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie, Dz. U. nr 239, poz. 1597.
6. Ustawa z dnia 7 lipca 1994 r. Prawo budowlane, Dz. U. 1994 nr 89, poz. 414.
7. PN-EN 62305-1:2011. Ochrona odgromowa. Część 1: Zasady ogólne.
8. PN-EN 62305-2:2012. Ochrona odgromowa. Część 2: Zarządzanie ryzykiem.
9. PN-EN 62305-3:2011. Ochrona odgromowa. Część 3: Uszkodzenia fizyczne obiektów i zagrożenie życia.
10. PN-EN 62305-4:2011. Ochrona odgromowa. Część 4: Urządzenia elektryczne i elektroniczne w obiektach.
11. Markowska R., Sowa A. W.: Ochrona odgromowa obiektów radiokomunikacyjnych, Oficyna Wydawnicza Politechniki Białostockiej, Białystok 2013.
12. DEHNSupport Toolbox Pomoc dla projektanta, DS709/PL/0911, Materiały DEHN Polska 2011. Internet http://www.dehn.pl/docs/publikacje/software/ds709_dehnsupport_pl.pdf, 13.10.2014.
13. ITU-T Recommendation K.39.(10/1996), Series K: Risk assessment of damages to telecommunication sites due to lightning discharge.

CALCULATION OF RISK OF LIGHTNING LOSSES IN RADIOCOMMUNICATION OBJECT ACCORDING TO PN-EN 62305-2

The paper presents comparison of results of analysis of risk of lightning losses in large radiocommunication object, performed according to the recommendations of different editions of standard PN-EN 62305-2: edition of year 2008 and new edition introduced by PKN (Polish Standardization Committee) in 2012. The work compares also the results of risk calculation performed with using author's own calculation sheet and DEHNSupport Toolbox software, for which very good agreement is observed. The results of the analyses performed according to the different editions of standard PN-EN 62305-2 (2008 and 2012) indicate on some practical effects of substantial differences in the approaches to the problem of calculation of risk of lightning losses in the two editions. In particular, the results show that the risk calculation procedure introduced in the new edition of the standard may lead to selection of considerably less restrictive protection measures for reduction of the loss of life and of the economic loss (according to 2008 edition LPS of class III is required, while according to 2012 edition LPS of class IV is sufficient). On the other hand, the application of the new edition might lead to selection of generally more restrictive protection measures for reduction of the risk of loss of service to the public. The software DEHNSupport Toolbox is useful tool for analysis of risk of lightning losses in building objects. Limitations in its functionality with respect to the overall procedures of standards PN-EN 62305-2 are slight and should not influence significantly the results of risk analysis.

Keywords: lightning protection, risk of lightning losses, calculation of lightning protection level, radiocommunication object.