



Stowarzyszenie Elektryków Polskich - Oddział Warszawski Seminarium WEP



13.06.2018 r.

„CHARAKTERYSTYKA ROZWOJU I ZASAD OCHRONY ODGROMOWEJ”

Konrad Sobolewski

Konrad.Sobolewski@ee.pw.edu.pl

Zdobysław Flisowski

Zdobyslaw.Flisowski@ee.pw.edu.pl

Omawiana tematyka

1. Wprowadzenie
2. Rola ewolucji budowlanych
3. Początki i rozwój ochrony odgromowej
4. Wybrane postanowienia i zasady ochrony oraz ich modyfikacje
 - 4.1. Zasady i postanowienia dotyczące oceny ryzyka
 - 4.2. Zasady i postanowienia dotyczące LPS
 - 4.3. Zasady i postanowienia dotyczące SPD
5. Podsumowanie i wnioski

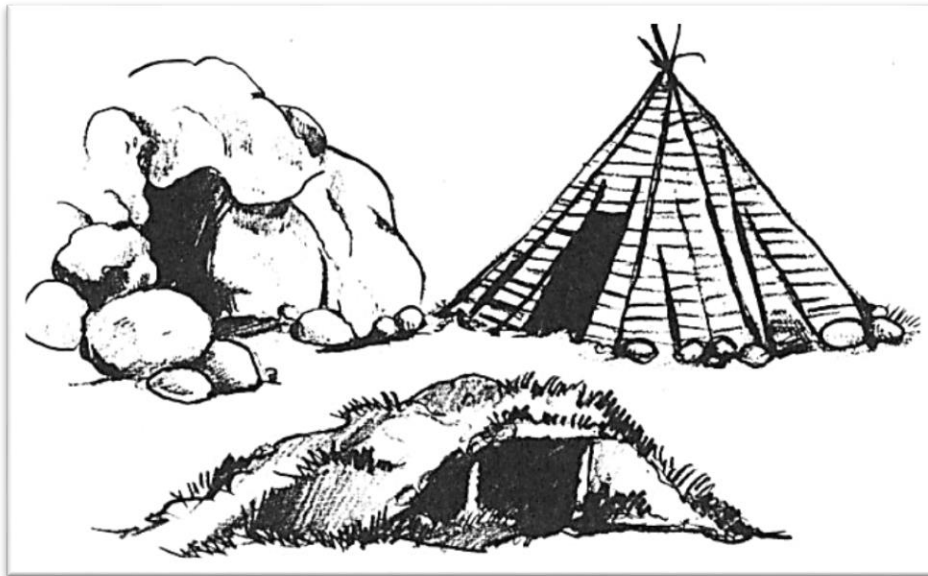
1. Wprowadzenie

- Zagrożenie piorunowe zależy nie tylko od jego parametrów, lecz również w dużym stopniu od właściwości zagrożonego obiektu i jego środowiska, a to wskazuje na potrzebę wiązania zasad ochrony obiektu z jego strukturą, wyposażeniem i środowiskiem.
- Nie da się więc omawiać rozwoju i zasad ochrony odgromowej w oderwaniu od rozwoju strukturalno-wyposażeniowego obiektów, ale nabrało to znaczenia dopiero w XVIII w. wraz zaistnieniem ochrony odgromowej.
- Oczywiście okres poprzedzający naszą erę nie pozostaje bez wpływu, dlatego warto o nim tu wspomnieć.
- Po zidentyfikowaniu zjawiska piorunowego, jako elektrycznego i po wprowadzeniu urządzenia piorunochronnego też niewiele się zmieniło.
- Dopiero XX w. wprowadził dynamikę, która sprawiła, że obiekt stał się mniej wrażliwy niż jego wyposażenie, a ochrona coraz bardziej skomplikowana.
- Warto się temu przyjrzeć.

2. Rola ewolucji budowlanych

- Budownictwo :

- zostało zapoczątkowane p.n.e. wraz z osadniczym trybem życia człowieka bez żadnej profesji zawodowej,
- przyjmowało z czasem, ale tysiące lat p.n.e., różne formy materiałowo-budowlane:
 - * ziemianki, szałas (Rys. 2.1),
 - * dolmeny, budowle grobowe (Rys. 2.2),



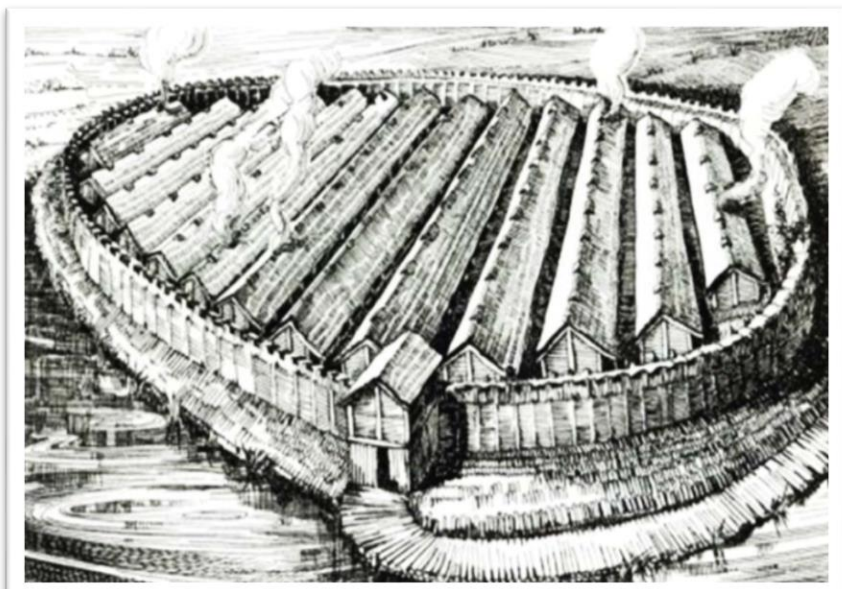
Rys. 2.1



Rys. 2.2

- * egipskie piramidy (Rys. 2.3);
- * drewniane budowle starosłowiańskie (Rys. 2.4a i b)

Rys. 2.3



Rys. 2.4a



Rys. 2.4b

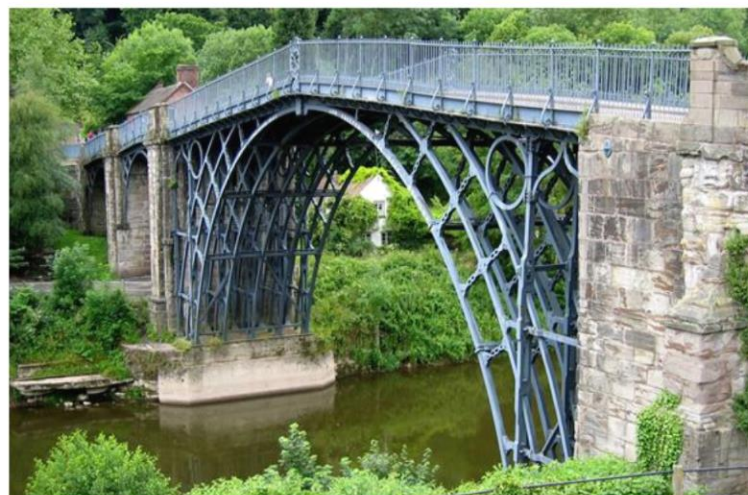
- już w naszej erze zmiany tych form nabierały tempa:
 - * w 80 r.n.e powstało Colosseum Rzymskie (Rys. 2.5)
 - * w 1573 r. most **drewniany** na Wiśle w W-wie (Rys. 2.6) i w 1779 r. pierwszy most **żeliwny** nad Severn w Anglii (Rys. 2.7);



Rys. 2.5



Rys.2.6



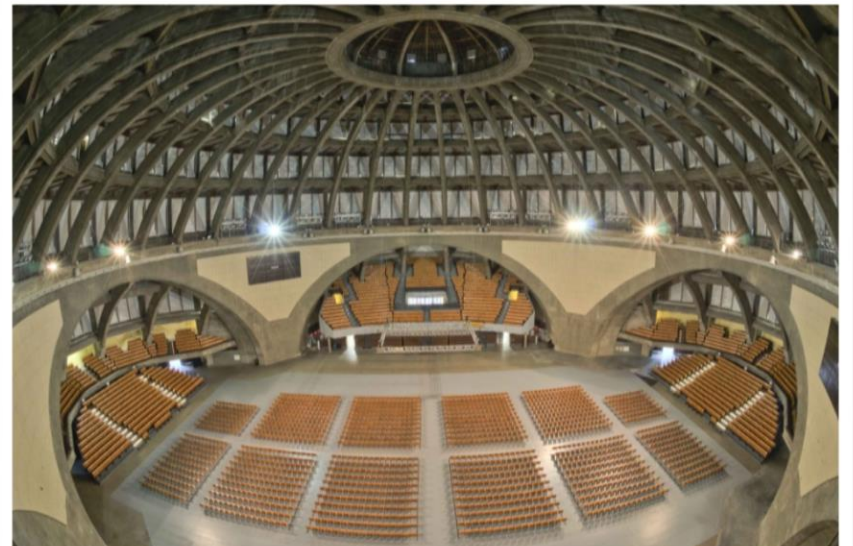
Rys.2.7

- * w 1889 r. pojawiła się w Paryżu 300 m konstrukcja stalowa, w postaci Wieży Eiffla (Rys. 2.8) **i zaczął się wiek XX;**
- * w 1913 r. pojawiła się we Wrocławiu konstrukcja żelbetowa w postaci „Hali Stulecia, obecnie „Hali Ludowej” (Rys. 2.9 a i b);



Rys. 2.8

Rys.2.9a



Rys.2.9b

- Konstrukcje stawały się coraz bardziej złożone, co pokazują:
 - * „Centrum Pompidou” w Paryżu z 1977 r. (Rys. 2.10)
 - * „Złote Tarasy” w Warszawie z 2007 r. (Rys. 2.11), wizja odbudowy i aktualny wygląd Warszawy (Rys. 2.12 a i b)



Rys. 2.10



Rys. 2.11



Rys. 2.12 a



Rys. 2.12 b

- * Siedziba producenta koszyków w USA (Rys. 2.13), a nawet
- * „Dom na głowie” w Szymbarku (Rys. 2.14)



Rys. 2.13



Rys. 2.14

- Zachodzące zmiany w budownictwie, od samego początku, miały wpływ na zagrożenie piorunowe obiektów, ale dopiero na przełomie XVII i XVIII w, dzięki hipotezie K. Newtona, J.A. Nolleta i J.H. Winklera, o elektrycznej naturze wyładowania piorunowego, zaistniała szansa na redukcję tego zagrożenia.

- Starsze obiekty były zagrożone pożarem bardziej niż nowsze, ale i te często płonęły (Rys. 4.15 i 4.16) .
- Sytuacja w tym zakresie zaczęła się trochę poprawiać od początków wieku XVIII, wraz z pojawieniem się konstrukcji żelbetowych (1779 r.) i stalowych (1889 r.), ale stosowanie nowych materiałów nie zawsze temu sprzyjało.



Rys. 4.15

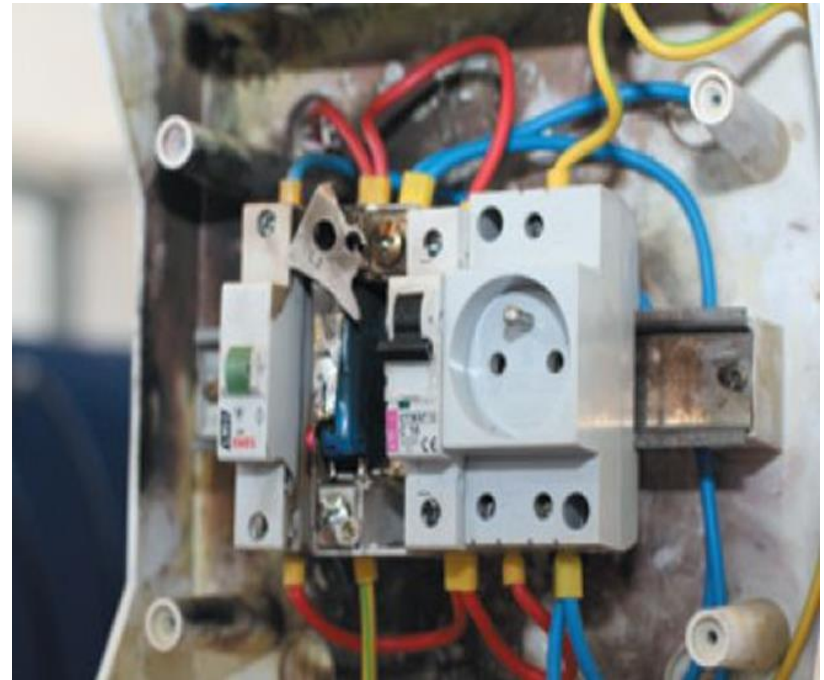


Rys. 4.16

- Dodatkowo na początku XX w. pojawił się problem zagrożenia wyposażenia elektrycznego i elektronicznego obiektów (Rys. 4.17 i 4.18).
- Wprawdzie od połowy XX w. maleje problem ochrony samego budynku, ale narasta problem ochrony jego wyposażenia we wrażliwe urządzenia i niebezpieczne materiały.
- Obecnie nie chodzi już tylko o piorunowe uszkodzenie wyposażenia, ale o piorunowe zakłócanie jego pracy.
- Problem ochrony staje się coraz bardziej złożony.



Rys. 4.17



Rys. 4.18

3. Początki i rozwój ochrony odgromowej

- Wyładowania piorunowe od zarania uznawano za dzieło Boga (Rys. 3.1a, b, c), ale – jak już wspomniano - dopiero pod koniec XVII w. odkryto ich elektryczną naturę.



Rys. 3.1a

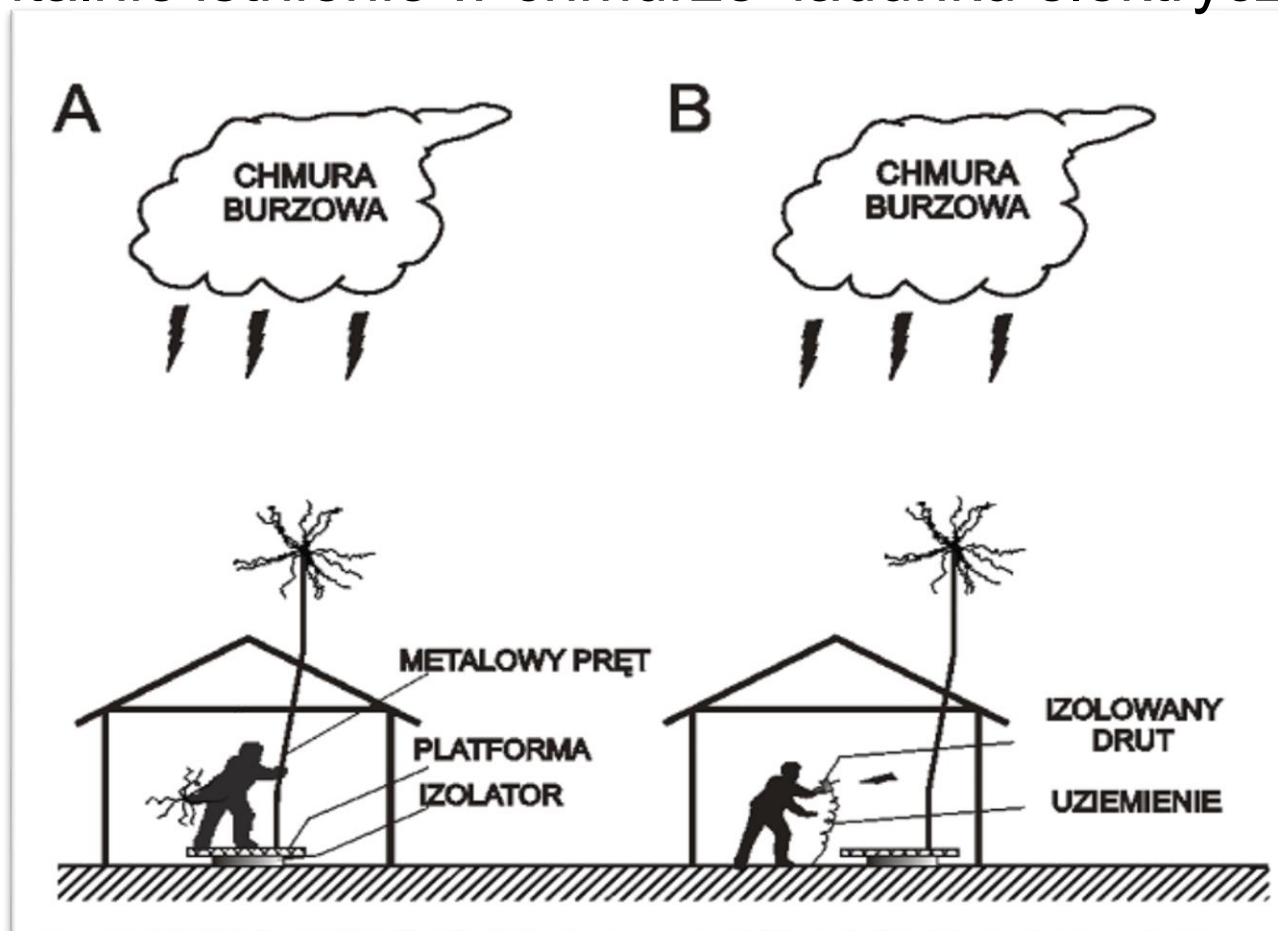


Rys. 3.1b



Rys. 3.1c

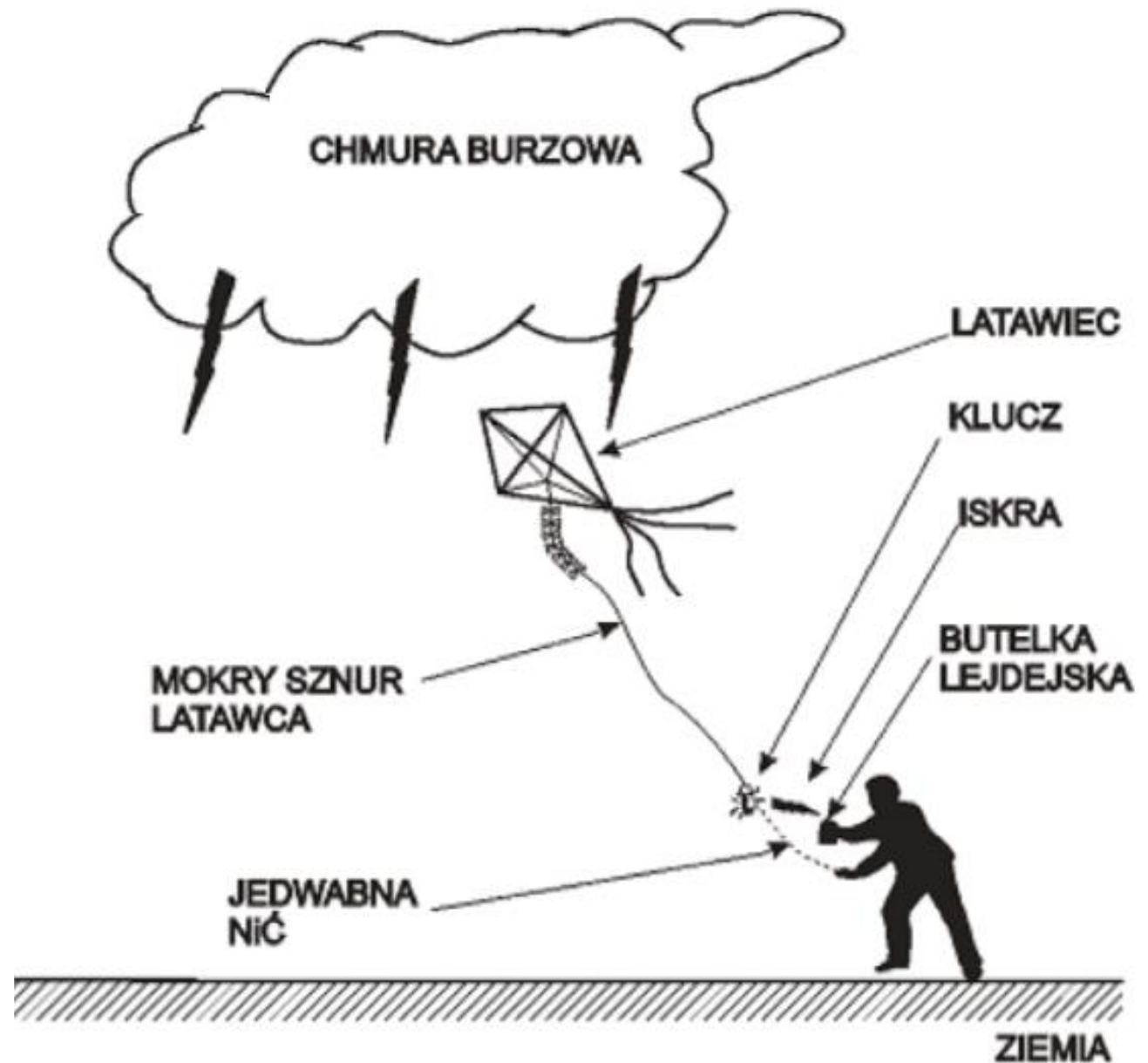
- Od lat wiadano, że natura ta staje się coraz bardziej niebezpieczna dla obiektów budowlanych, np. w kwietniu 1718 r. tylko podczas jednej burzy, na wybrzeżu Bretanii (Francja) uległy zniszczeniu aż 24 wieże kościelne.
- Prowadzono badania, ale przełom nastąpił dopiero w 1752 r., kiedy to w USA, B. Franklin (1707 – 1790) dowiódł eksperymentalnie istnienie w chmurze ładunku elektrycznego (Rys. 3.2)



Rys. 3.2.

Dwie wersje
eksperymentu
A i B

- Jednak za najbardziej przekonującą uznano wersję z latawcem, dokonaną w 1752 r. (Rys. 3.3)



Rys. 3.3

- W tym okresie próbowano zgłębić tajemnice piorunów również w innych krajach, np.:
 - na Morawach - Prokop Divis (Dievisch)
 - we Francji - Louis Le Bonnier
 - w Polsce - Ks. Józef Osiński, zwany 1 polskim elektrykiem, który prowadził różne badania naukowe (fizyka, chemia, biologia itp.), był autorem różnych publikacji i pierwszej publikacji z zakresu elektrotechniki i ochrony odgromowej,

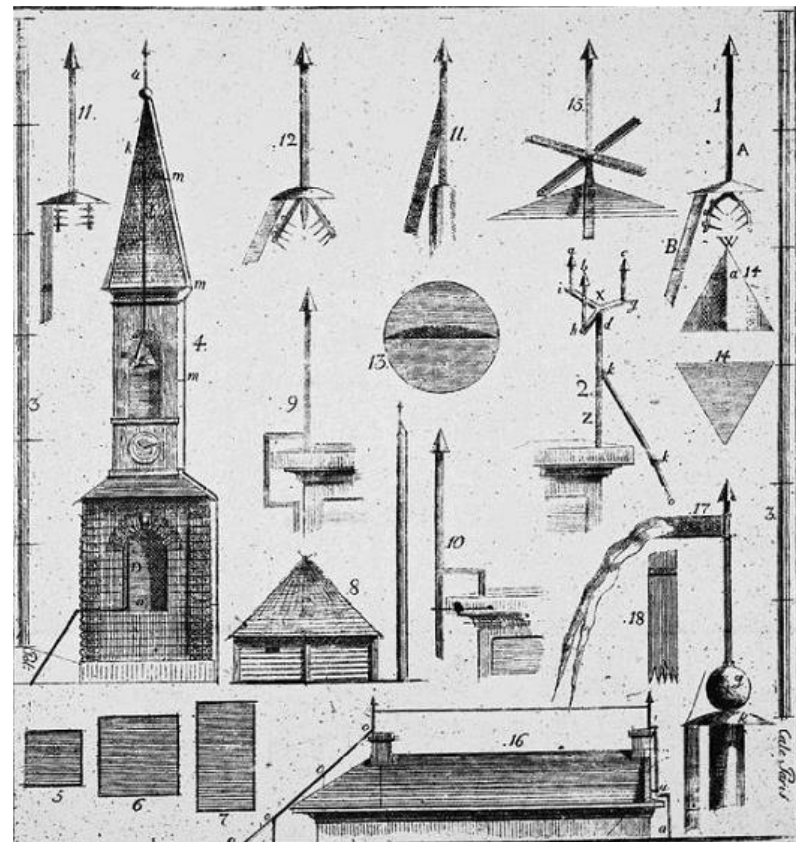
pt.: „**Sposób
ubezpieczający
życie i majątek
od piorunów**”

Rys.3.4a ib.

Rys. 3.4a
Strona tytułowa



Rys. 3.4b
Ilustracja
piorunochronów



- W Polsce pierwszy piorunochron, nazwany „konduktorem”, zainstalowano w 1783 r. na Ratuszu w Rawiczu, a w 1784 r. na Pałacu Mniszchów w Dęblinie i na Zamku królewskim w Warszawie.
- W obserwacje piorunów i w środki redukujące ich skutki zaangażowani byli m.in.:
 - [S. Staszic](#), który w 1815 r. wykrył istnienie (potwierdzone w 1940 r. Mc Eachrona) wyładowań oddolnych,
 - [J.I. Mościcki](#), który w 1906 r. skonstruował „Wentyle Gilesa” służące ograniczaniu przepięć;
 - [K. Szpotański](#), który w 1930 r. wprowadził warystory SiC do iskiernikowych urządzeń ograniczających przepięcia.
 - [S. Szpor](#), który pod koniec lat 30-ych zainteresował się trafieniami piorunowymi w drzewa;
 - [J.L. Jakubowski](#), który
 - * uznał piorun za „ujarzmiony” i rozprawił się z przepięciami;
 - * zapoczątkował w 1951 r. na konferencji w Bad Reichenhall (RFN) współpracę międzynarodową w MKOO, wówczas Internationale Blitzschutz Konferenz, a obecnie ICLP;
 - * został w 1956 r. dokooptowany do Komitetu Zarządzającego MKOO.

* Uznał za niezbędne nadanie oficjalnej rangi dla tej współpracy i wystąpił z wnioskiem do SEP-u o utworzenie PKOO, co nastąpiło w marcu 1958 r.

- Udział w pracach ICLP umożliwiał szybki dostęp do wyników badań (i urządzeń badawczych) dokonywanych za pomocą:
 - szybkich kamer cyfrowych i rakiet (Rys. 3.5 a,b,c),
 - systemów detekcji i lokalizacji wyładowań piorunowych,
 - mierników natężenia pola elektrycznego i magnetycznego,
 - symulacji komputerowych



Rys. 3.5a



Rys. 3.5b

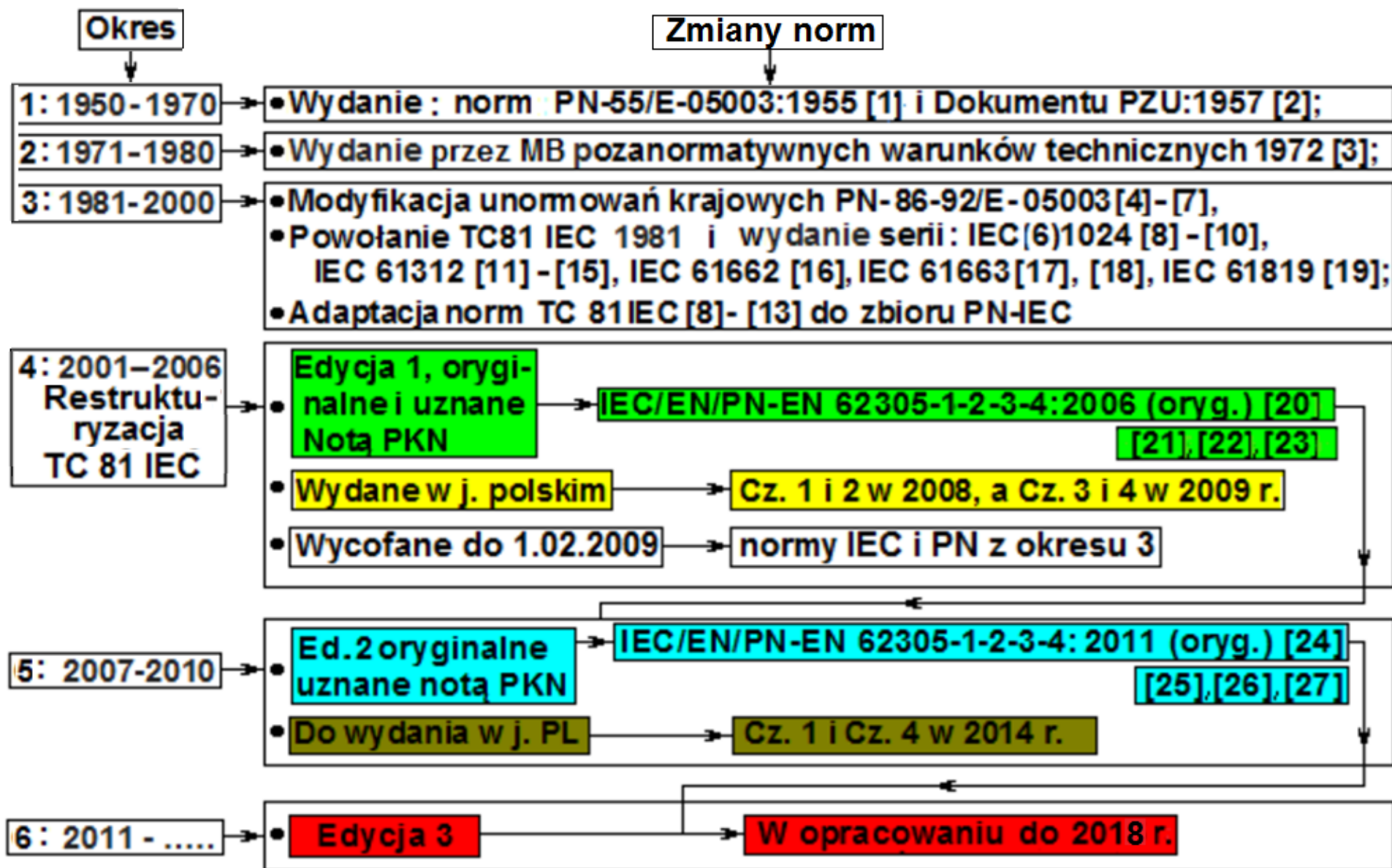


Rys. 3.5c 17

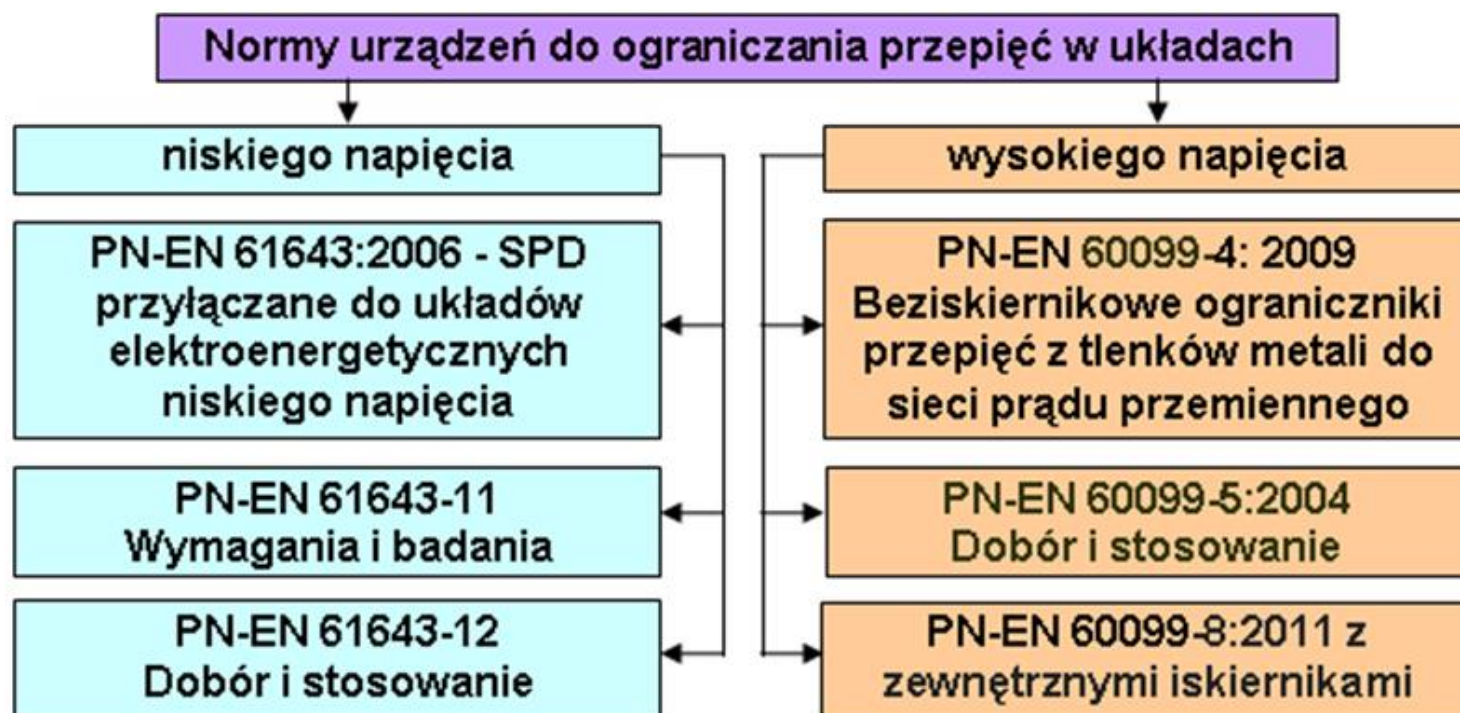
- Aktywność naukowa i techniczna PKOO pobudzana była szybkimi zmianami w:
 - strukturze konstrukcyjno-materiałowej obiektów,
 - wyposażeniu coraz bardziej wrażliwym na oddziaływanie pól elektromagnetycznych.
- Zmiany te wymagały tematycznego uszeregowania inicjacji i realizacji badań w zależności od najbardziej aktualnych potrzeb kreowania skutecznej ochrony.
- Rozległy obszar rozpatrywanej tematyki dotyczył m.in.:
 - zjawisk i parametrów wyładowań piorunowych,
 - właściwości obiektów i ich wyposażenia,
 - wpływu tych właściwości na zagrożenie piorunowe,
 - oceny zagrożenia piorunowego z uwzględnieniem szczególnych jego warunków,
 - skuteczności i doboru środków służących ochronie zarówno obiektów, jak i wrażliwych urządzeń przed oddziaływaniem wyładowań piorunowych.

- Formalnie rzecz biorąc, zapewnienie prawidłowej i skutecznej ochrony odgromowej wymaga stosowania właściwych procedur w doborze środków ochrony z uwzględniających aktualnych, podstawowych i pokrewnych norm i przepisów.
- Przepisy te to:
 - Prawo budowlane, Kodeks Cywilny, Ustawa o normalizacji,
 - Rozporządzenia Ministra Infrastruktury w sprawie:
 - * „Warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie” (Dz. U. Nr 75, poz. 690; z późniejszymi zmianami)
 - * „Szczegółowego zakresu i formy projektu budowlanego” (Dz. U. Nr 120, poz. 1133, zm. Dz. U. z 2008 r. Nr 201, poz.1239).
- Zgodnie z § 53 ust. 2 podanych „Warunków Technicznych” należy - wyszczególnione w Polskiej Normie - budynki wyposażać w urządzenia piorunochronne, a ponadto
 - zgodnie z § 184 ust. 3 tych „Warunków” – wyposażenie to powinno być absolutnie zgodne z postanowieniami zawartymi w Polskiej Normie;

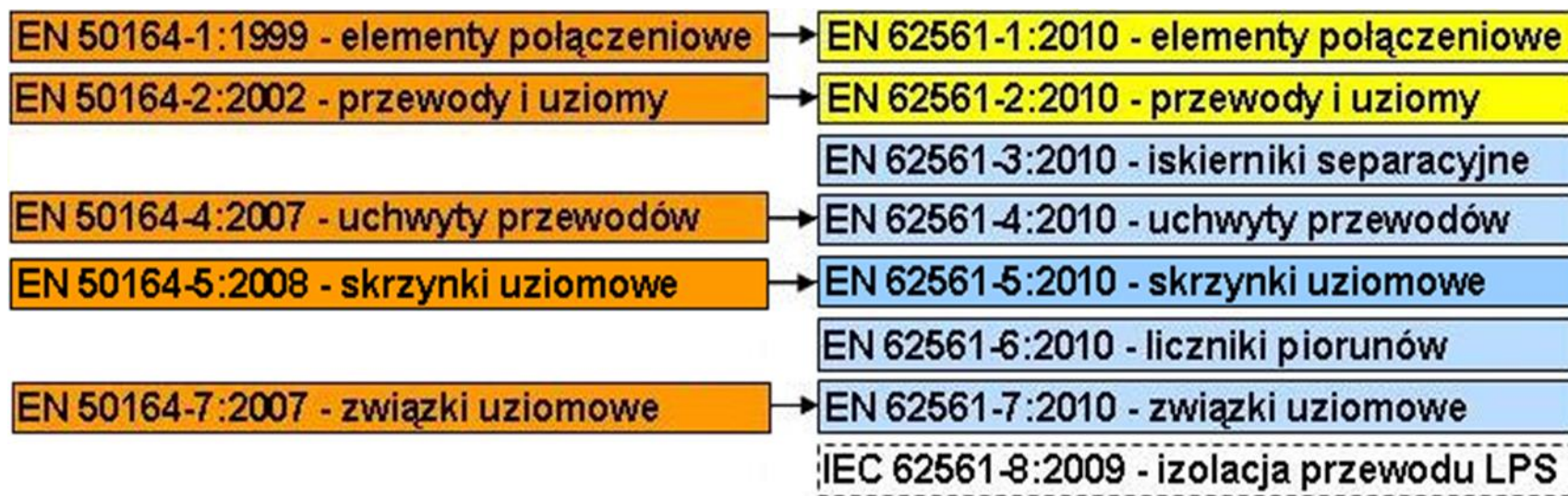
- Oznacza to:
 - obligatoryjność stosowania Polskich Norm uznanych przez PKN za aktualne;
 - wykluczenie ze stosowania wszelkich innych norm.
- Jednak wymagania te są niestety tylko teoretyczne, gdyż w Polsce rzeczywistość wygląda zupełnie inaczej, gdyż wbrew obowiązującym „Warunków technicznych” wykorzystuje się rzekomą wyższość „Ustawy o normalizacji” i bez żadnych przeszkód stosuje się dowolne normy, a w tym francuską pseudo „normę ESE” NFC 17-102.
- Wg Prezesa PKN obligatoryjność norm zabijałaby innowacyjność, która jest niezbędna nawet wówczas, gdy zagraża życiu i mieniu człowieka.
- Jednak wbrew poglądom Prezesa należy dbać o skuteczność ochrony ogromowej ilości obiektów i - mimo pewnych zastrzeżeń natury drugorzędnej - stosować postanowienia aktualnej Polskiej Normy, którą jest norma PN-EN 62305.
- Doprowadził do niej złożony proces normalizacyjny, co uwidoczniło na Rys. 3.6, a także na Rys. 3.7a i b.



Rys. 3.6



Rys. 3.7a



Rys. 3.7b Komponenty LPS

- Spośród norm pokrewnych można jeszcze wymienić:
 - normy instalacyjne PN-IEC 364-4-443, PN-IEC 60364-5-53, PN-EN 60364-5-534, PN-IEC 60364-5-54, dotyczące doboru i rozmieszczania SPD przy złączu instalacji elektrycznych oraz prawidłowego rozwiązywania uziemień i przewodów ochronnych,
 - raport techniczny IEC 62066 TR, poradnik dotyczący oceny zagrożeń przepięciowych i ich redukcji w instalacjach elektrycznych n.n. ,
 - normy dotyczące odporności urządzeń na zakłócenia elektromagnetyczne: IEC 61000-4-5, IEC 61000-4-9 i IEC 61000-4-10,
 - normy dotyczące ochrony instalacji przed oddziaływaniem impulsu pola elektromagnetycznego: PN-IEC 60364-4-444,
 - normy dotyczące ochrony urządzeń telekomunikacyjnych: Zalecenia ITU-T – K.11, K21 i K.22.

- Przyglądając się procesowi normalizacyjnemu należy zauważyć, że:
 - do 1981 r. obowiązywały w Polsce normy krajowe.
 - w 1981 powstał z inicjatywy ICLP międzynarodowy Komitet TC81 IEC, który w 1982 r. podjął swoją powinność;
 - PKOO był bardzo aktywny w zorganizowaniu TC81 i następnie w jego pracach;
 - podczas opracowywania pierwszego wydania IEC62305 w Polsce od 2004 r. zaczęły obowiązywać normy EN.
 - aktualnie prace normalizacyjne koncentrują się na końcowej fazie trzeciego wydania tej normy;
 - debaty nad nią wykazał, że nie ma ona charakteru czysto naukowego i niezależnego, lecz charakter naukowo-demokratyczny z dominacją wpływowych firm.
- Naukowość normatywnych zasad ochrony nie budzi zastrzeżeń, ale niektóre postanowienia są nazbyt uogólnione i mało precyzyjne, co w niektórych przypadkach prowadzi do niewłaściwości w ocenie zagrożenia i w doborze środków ochrony.

- Z praktyki wynika, że niektóre postanowienia normatywne wymagają modyfikacji lub uściśleń i warto tu im się przyjrzeć nieco bliżej.
- Dotyczą one w szczególności:
 - oceny piorunowego zagrożenia obiektu;
 - właściwego powiązania poziomu ochrony obiektów z ich właściwościami;
 - doboru i instalowania niektórych środków ochrony;

4. Wybrane postanowienia i zasady ochrony oraz ich modyfikacje

4.1. Zasady i postanowienia dotyczące oceny ryzyka

- Ryzyko, ujmujące szkody i straty obiektu w ciągu roku, zostało wyznaczone z zależności:

$$R = 1 - e^{-NPLt}$$

4.1

- Zakładając, że $t = 1$ i że $NPL \ll 1$, przyjęto zależność

$$R = NPL$$

4.2

w której:

N – liczba groźnych zdarzeń (przy trafieniach wg Rys. 4.1);

P – prawdopodobieństwo uszkodzenia przy 1 zdarzeniu;

L – wynikająca szkoda.

- Wyodrębniono 8 komponentów R_X ($x=A,B,C,M,U,V,W,Z$) o wartości wynikającej z iloczynu

$$R_X = N_X \cdot P_X \cdot L_X$$

4.3

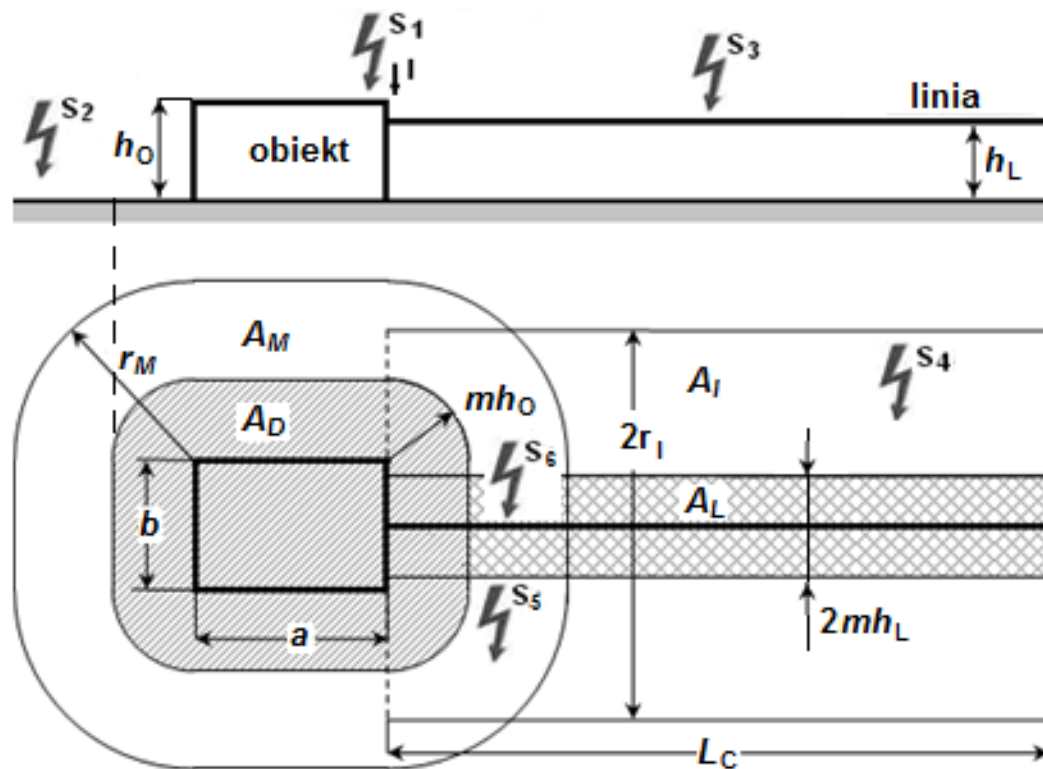
- Należałoby tu poinformować, że idea szacowania ryzyka zgodnie z zależnością:

$$R = 1 - e^{-NPt}$$

została zapoczątkowana w Instytucie Wielkich Mocy i Wysokich Napięć Politechniki Warszawskiej rozprawą habilitacyjną Zdobysław Flisowskiego z 1980 r.

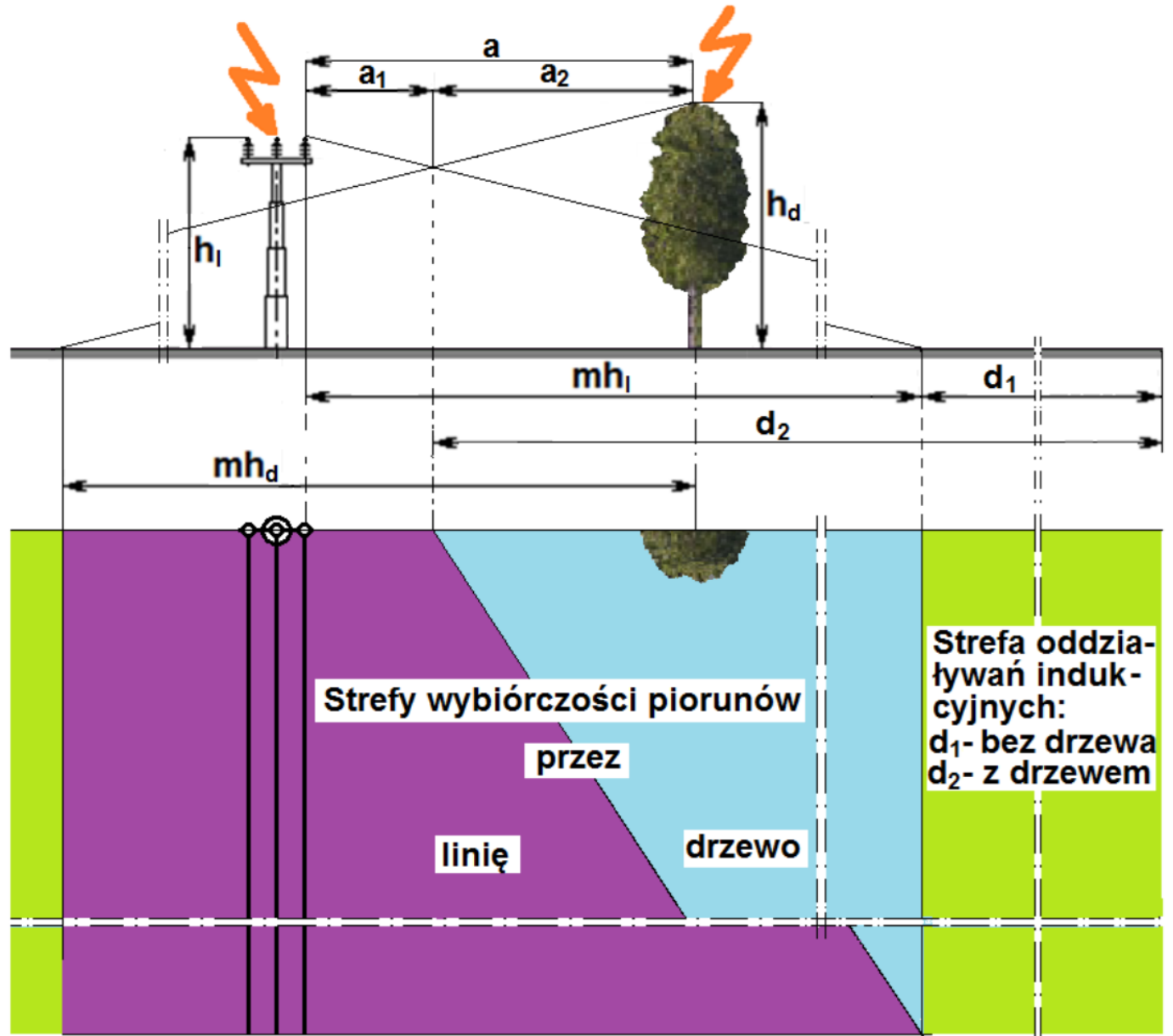
- Rozprawa ta, a zwłaszcza późniejsze jego publikacje, skłoniły członków TC 81 IEC do wprowadzenia koncepcji ryzyka do opracowywanej wówczas serii norm IEC (6)1024.
- Koncepcją tą zostały objęte założenia teoretyczne i analityczne wykorzystywanych później wzorów wraz z elektro-geometrycznym modelem wyładowania piorunowego.
- Następne modyfikacje, dokonywane przez członków TC 81 IEC (np. przez wprowadzenie względnych strat L , w myśl wypowiedzianej przez jednego z członków zasady: „Risk is Money”) skomplikowały tę koncepcję.

Rys.4.1. Wyodrębnione przypadki trafień:
 S_1 – w obiekt, S_2 - obok obiektu, S_3 – w linii, S_4 obok linii.



- Relacje między komponentami a zdarzeniami są następujące:
 - R_A i R_U - porażenie istot żywych, przy trafieniu S_1 i S_3 ,
 - R_B i R_V - szkody fizyczne, przy trafieniu S_1 i S_3 ,
 - R_C i R_W - przepięciowe szkody urządzeń, trafienie S_1 i S_3 ,
 - R_M i R_Z - jw. lecz przy trafieniu S_2 i S_4 .
- Niestety zignorowano trafienia oddziałujące jednocześnie np.. na linię i na obiekt i wpływ otaczającego środowiska na zasięg oddziaływań, co zilustrowano na przykładzie z Rys. 4.2.

- Drzewo na Rys. 4.2 zmniejsza S_3 , a zwiększa zasięg S_4 i napięcia indukowane



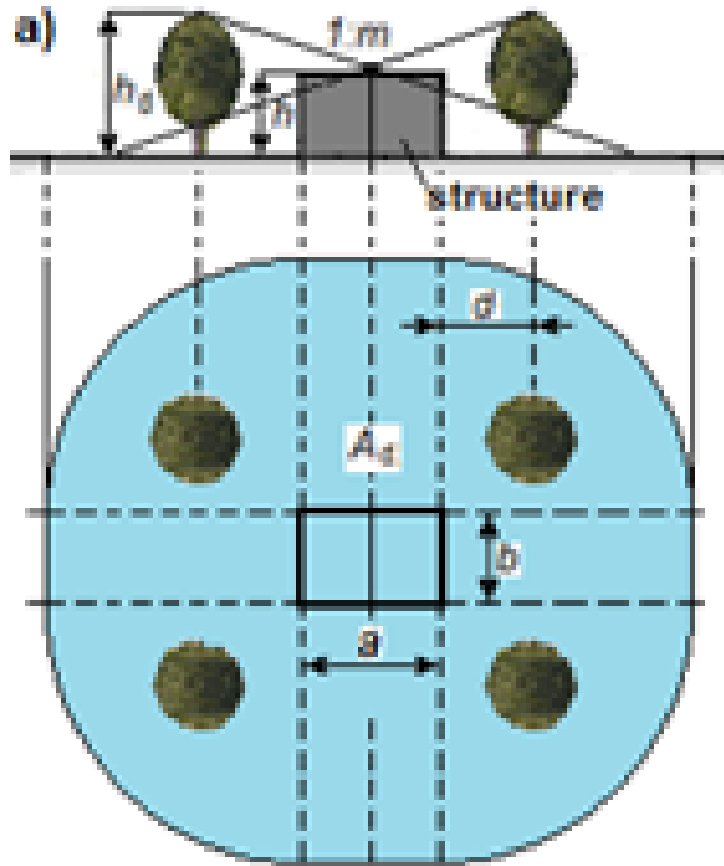
Rys.4.2.

- Każdy komponent R_x ($x=A,B,C,M,U,V,W,Z$) wymaga oszacowania:
 - liczby groźnych zdarzeń N_x
 - prawdopodobieństwa P_x
 - straty L_x
- Wartość N_x wynika z zależności $N_x = N_G A_x C_D$, gdzie:
 - N_G – gęstość wyładowań na danym terenie;
 - A_x – powierzchnia zbierania wyładowań przez obiekt
 - C_D – współczynnik położenia (środowiska) obiektu
- Przy szacowaniu A_x zaczyna się problem. Np. jeżeli jest to budynek o wymiarach a, b, h , to powierzchnię jego rzutu poziomego mnoży się przez współczynnik C_D o wartości określonej bardzo ogólnie z Tabl. 4.1

Tablica 4.1– Współczynnik położenia C_D

Względne położenie obiektu	C_D
Otoczony przez wyższe obiekty lub drzewa	0,25
Otoczony przez obiekty/drzewa o wysokości równej lub mniejszej	0,5
Odosobniony: brak w pobliżu innych obiektów	1
Odosobniony na szczycie wzgórza lub pagórka	2

- Takie szacowanie powoduje błąd, sięgający nawet 100 %, co wskazuje na potrzebę zastosowania indywidualnego analityczno-graficznego. **Przykłady Rys. 4.3a i b oraz Rys.4.4a÷d:**



Rys. 4.3a

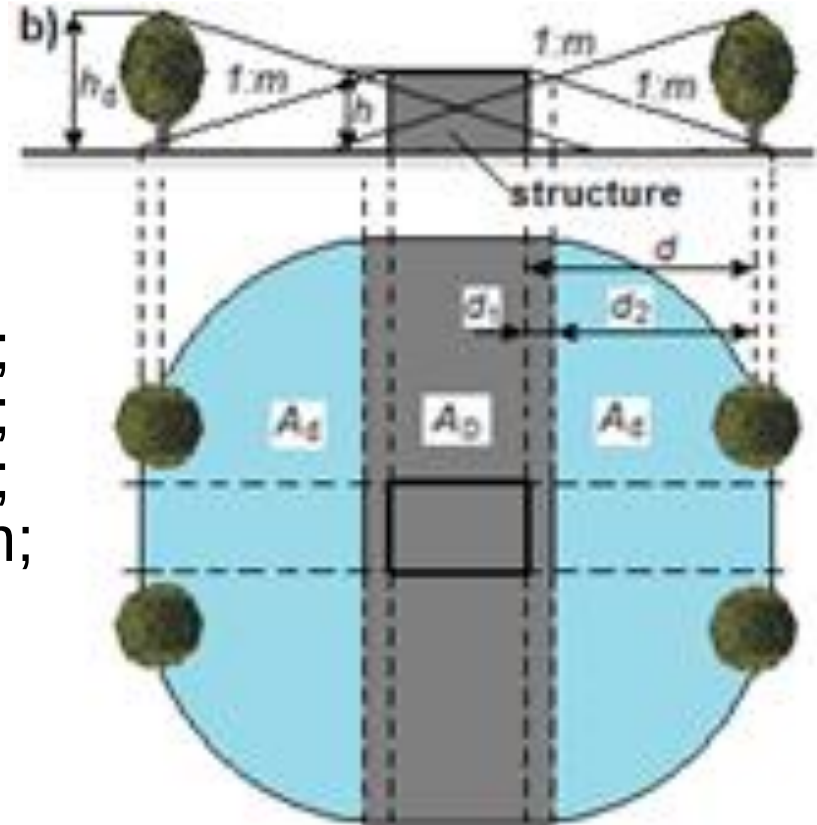
$d = 10 \text{ m}; C_d = 0,25$

normatywnie $A = 1119 \text{ m}^2$

analityczno-graficznie $A = 0 \text{ m}^2$

Różnica >> 100 %

$a = 15 \text{ m};$
 $b = 10 \text{ m};$
 $h = 10 \text{ m};$
 $h_d = 15 \text{ m};$



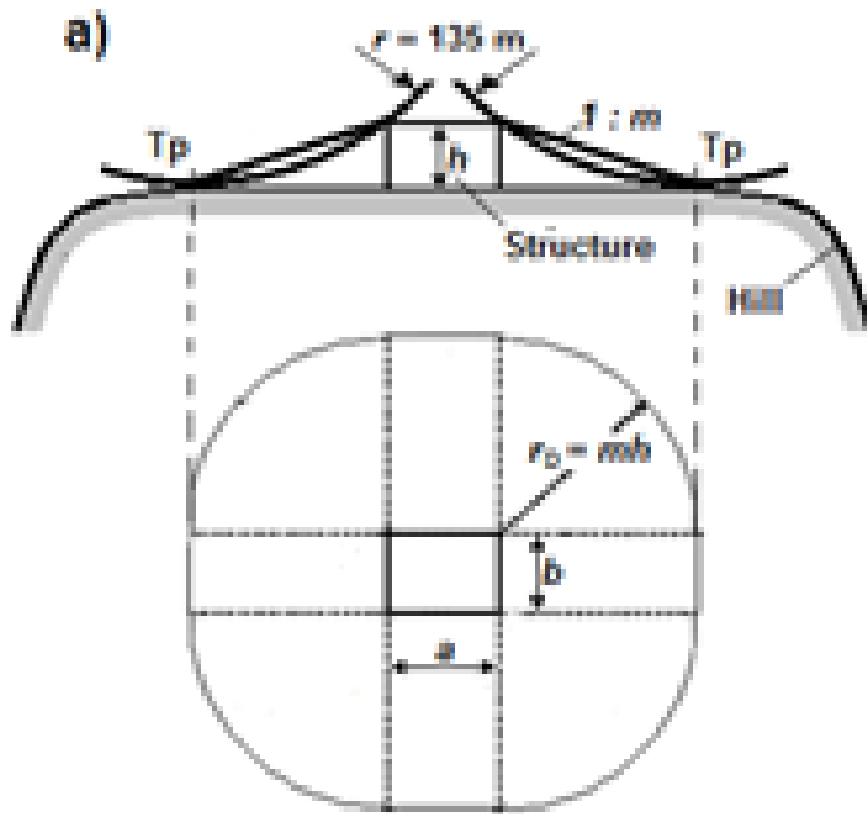
Rys. 4.3 b

$d = 28 \text{ m}; C_d = 0,25$

normatywnie $A = 1119 \text{ m}^2$

analityczno-graficznie $A = 1960 \text{ m}^2$

Różnica = 43%



$$a = 15 \text{ m}; b = 10 \text{ m}; h = 20 \text{ m}; \Delta h = 12 \text{ m}$$

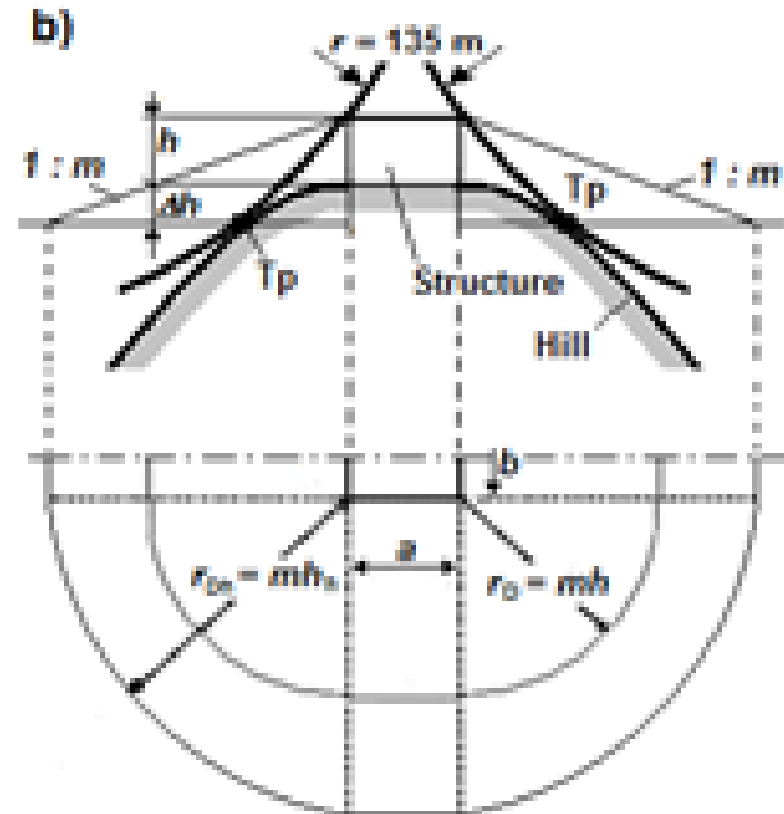
Rys. 4.4 a

normatywnie $A = 28920 \text{ m}^2$

analityczno-graficznie

$$A = 14460 \text{ m}^2$$

Różnica = 100 %



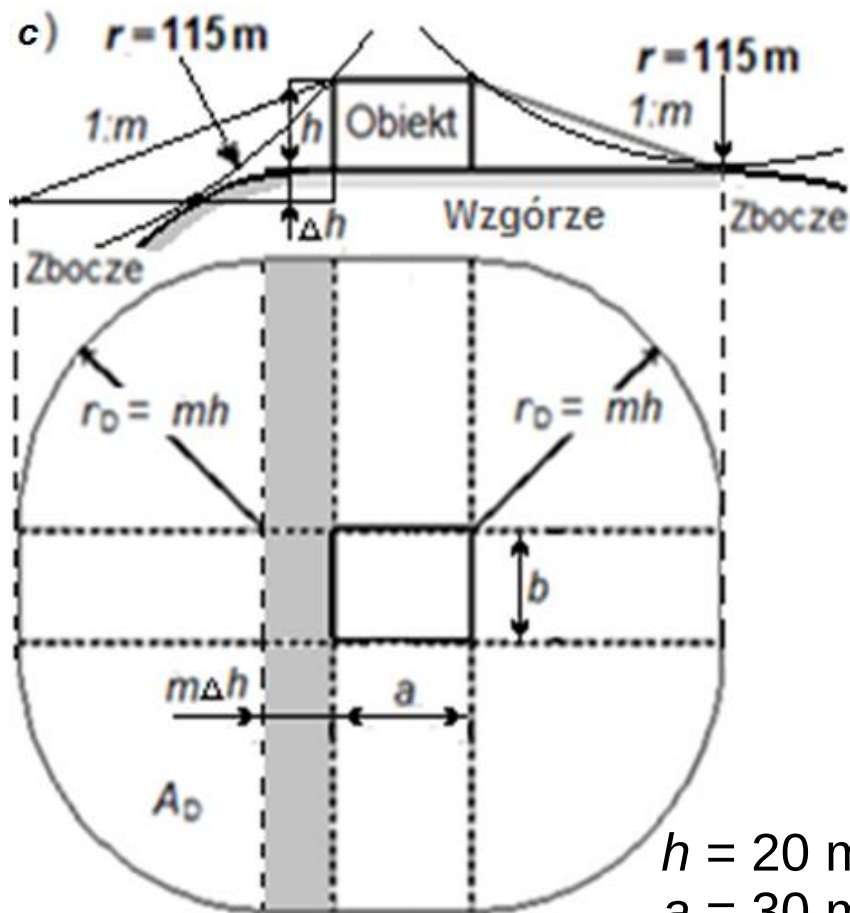
Rys. 4.4 b

normatywnie $A = 28920 \text{ m}^2$

analityczno-graficznie

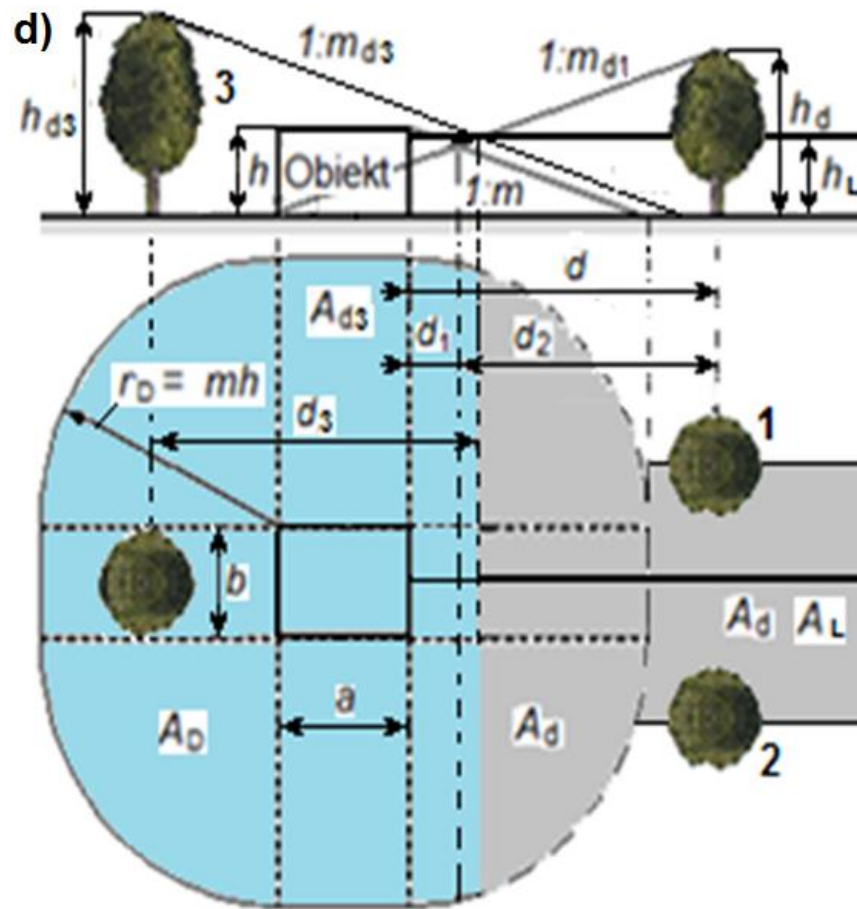
$$A = 33903 \text{ m}^2$$

Różnica = 15 %



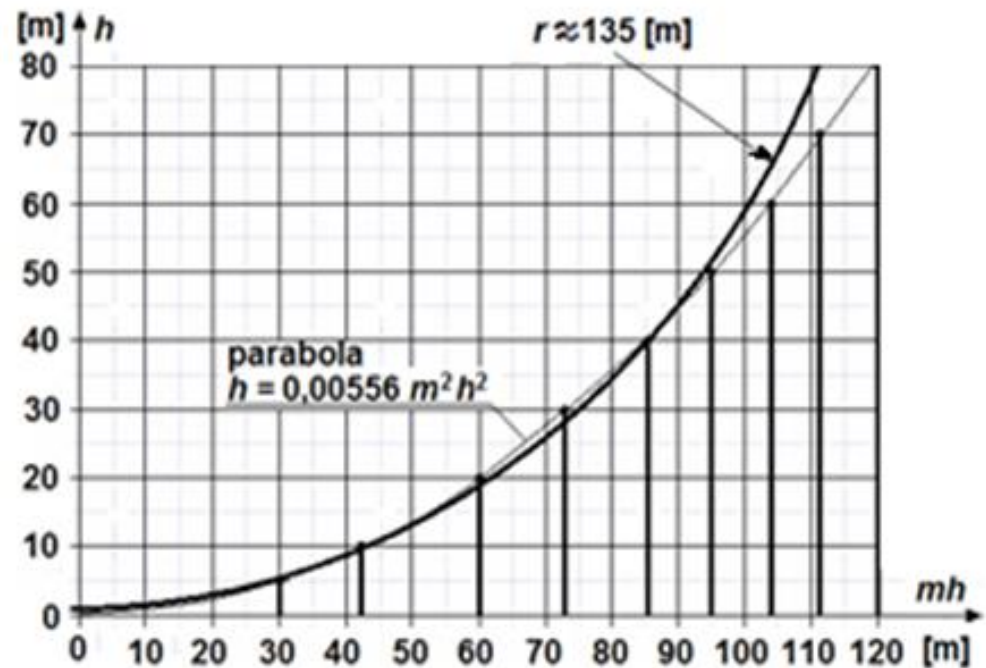
Rys. 4.4c **normatywnie** $A = 33408 \text{ m}^2$
analityczno-graficznie
 $A = 19854 \text{ m}^2$ **Różnica = 68%**

- **Podobne rozbieżności w szacowaniu Takie szacowanie powoduje błąd, sięgający nawet 100 %, co wskazuje na potrzebę zastosowania indywidualnego analityczno-graficznego.**



**Rys. 4.4d. Zasięgi powierzchni
pokrywanych przez drzewa:
1 i 2 – szara d1 i 3 – niebieska d3**

- Jak uwidoczniono na Rys 4.3 i 4.4 w metodzie analityczno-graficznej potrzebne jest określenie zasięgu mh powierzchni zbierania wyładowań przez obiekt.
- W podejściu normatywnym $m = 3$ bez względu na wartość h .
- W rzeczywistości $m = 13,4h^{-0,5}$, co oznacza, że w przypadku niskich obiektów może być znaczne niedoszacowanie liczby niebezpiecznych zdarzeń, czyli również ryzyka szkód.
- Zależność mh od h ma postać paraboli (Rys. 4.5), z której np. wynika, że maszt o wysokości 10 m ma powierzchnię normatywną $A_x = \pi 3^2 h^2 = 2827 \text{ m}^2$, a wg danych z Rys. 4.5 jest to wartość:
 $A_x = \pi 43^2 = 5808 \text{ m}^2$,
 czyli prawie dwukrotnie większą (i tyle razy większe ryzyko).



Rys. 4.5

- Podobnie, jak środowisku budynków, przyporządkowany został - wchodzącym do budynku liniom - analogiczny współczynnik C_e , z podziałem na środowisko: wiejskie ($C_e = 1$), podmiejskie ($C_e = 0,5$) i miejskie ($C_e = 0,1$).
- Na Rys. 4.6 dowodzi się, że łatwo jest o mylną kwalifikację, która prowadzi do błędu sięgającego aż 500 %, który skłania do indywidualizacji oszacowań.



Rys. 4.6. Obrazy środowiska:

- a) - wiejskiego,
- b) - podmiejskiego
- c) - miejskiego

- **Drugim czynnikiem**, decydującym o wartości ryzyka R_x , wg zależności (4.3), jest prawdopodobieństwo wystąpienia szkody P_x , które też przyczynia się do pewnych nieścisłości.
- Problem tkwi w tym, że wprowadzone piorunowe poziomy ochrony LPL I, II, III i IV oraz tożsame z nimi klasy LPS zostały powiązane z krytycznymi parametrami wyładowań piorunowych (Tabl. 4.2) bez powiązania z właściwościami obiektu.
- Rezultatem jest to, że przystępując do wyznaczania współczynników redukcji P_x (Tabl. 4.2) brak jest jakichkolwiek podstaw do wyboru Klasy LPS.

Tabl. 4.2. Normatywne powiązania Klas LPS z prądami krytycznymi i współczynników redukcyjnych z tymi klasami

Krytyczny prąd pioruna	Charakterystyka obiektu	Klasa	P_B	P_{SPD}
	Obiekt niechroniony	-	1	1
100 kA	Obiekt chroniony przez LPS(P_B) / SPD(P_{SPD})	IV	0,2	0,03
100 kA		III	0,1	0,03
150 kA		II	0,05	0,02
200 kA		I	0,02	0,01 ³⁶

- Aby zapewnić właściwe powiązania współczynników redukcyjnych i klas LPS z właściwościami rozpatrywanych obiektów należy korzystać z propozycji zawartych w Tabl. 4.3.

Tabl. 4.3. Propozycja powiązania klas LPS z właściwościami obiektu.

Klasa LPS	Obiekt	
	Cecha ogólna	Rodzaj lub przeznaczenie ^{b)}
I	Zagrożenie wybuchowe lub pożarowe	Wytwórnie i magazyny/składy materiałów wybuchowych,
		Zakłady pirotechniczne, części budynków ze strefami wybuchowymi i instalacje gazów/płynów palnych
	Ochrona zdrowia	Budynki intensywnej terapii
	Lotnictwo	Części budynków ze strefami wybuchowymi
		Centra nadzoru i obsługi linii lotniczych
II	Mieszkalnictwo zbiorowe	Hotele wysokie, wysokościowce, domy opieki, domy starców. oraz Schroniska, hale noclegowe, schroniska
	Lotnictwo	Centra nadzoru lotniczego niezaliczone do klasy I
	Wielkie gabaryty	Budynki średniowysokie i wyższe
	Zagrożenie wybuchowe lub pożarowe	Zakłady petrochemiczne, budynki z materiałów łatwopalnych i Instalacje oczyszczalni ścieków
	Obiekty usług technicznych	Budynki energetyczne i hydrofornie, budynki telekomunikacyjne i informatyczne oraz central nadzoru technicznego

Tabl. 4.3. ciąg dalszy

Klasa LPS	Obiekt	
	Cecha ogólna	Rodzaj lub przeznaczenie ^{b)}
III i IV	Obiekty użyteczności publicznej w warunkach normalnego zagrożenia ^{a)}	Budynki administracji i niskie religijne
		Kina, teatry, szkoły, przedszkola, muzea, obiekty historyczno-kulturowe i garaże wielostanowiskowe (powyżej 4 stanowisk)
		Bazary, hale, zamknięte obiekty sportu, baseny
	Obiekty przemysłowe i rzemieślnicze w normalnym zagrożeniu	Budynki biurowe
		Produkcyjne, magazynowe ^{a)}
		Gastronomiczne
	Mieszkalnictwo zbiorowe	Mniejsze hotele, zajazdy i pensjonaty niezaliczone do klasy II
	Kolejnictwo	Obiekty ekspedycyjne (dworce, perony) ^{a)}
		Budynki administracyjne i magazyny bez paliw
	Lotnictwo	Budynki odpraw pasażerskich ^{a)} i administracyjne oraz hangary, magazyny, z wyłączeniem składu paliw
	Ochrona zdrowia i opieka	Budynki administracyjne i podobne
	Mieszkalnictwo	Budynki jedno – i wielorodzinne
	Rolnictwo	Zabudowy zagrodowe i budynki gospodarcze
^{a)} W warunkach zwiększonych zagrożeń (termicznych, na wzgórzu, w pomieszczeniach wieloosobowych, itp.) nadać klasę II, a zagrożeń wybuchowych lub urządzeń wrażliwych elektromagnetycznie – klasę I. ^{b)} Zapewnić środki ochrony urządzeń elektrycznych i elektronicznych przed skutkami przepięć.		

- **Trzecim czynnikiem**, decydującym o wartości ryzyka R_X , wg zależności (4.3), jest względna strata L_X powodowana przez szkody piorunowe i prowadząca do błędnych oszacowań.
- Przykładem może być względna strata $L_X = 0,02$ w szpitalu zawierającym:
 - 50 pacjentów oznacza porażenie 1 osoby,
 - 500 pacjentów oznacza porażenie 10 osób.

Uwaga: Oznacza to, że identyczna wartość strat względnych w nieporównywalnych obiektach oznacza niedoszacowanie strat rzeczywistych w większych obiektach.

- Jest to nieprawidłowość, wymagająca:
 - usunięcia wartości L_X z zależności ryzyka R ,
 - dokonywania oceny prawdopodobnych strat rzeczywistych
- Normatywną kompozycją ryzyka jest suma komponentów dobranych wg źródła lub typu uszkodzenia, na przykład przy istnieniu ryzyka utraty życia:

$$R = R_A + R_B + R_C + R_M + R_U + R_V + R_W + R_Z$$

- Bez takiego ryzyka wzór się upraszcza:

$$R = R_A + R_B + 0 + 0 + R_U + R_V + 0 + 0$$

- Nic więc nie stoi na przeszkodzie, aby prawidłowo, wg iloczynu $N_x P_x L_x$, oszacować wszystkie komponenty i wziąć pod uwagę całą ich sumę.
- Problem liczby N_x został już wcześniej naświetlony.
- Problem niejednoznacznych strat L_x należy na razie pominąć i poprzestać na częstości uszkodzeń $F_x = N_x P_x$.
- W przypadku obiektu niechronionego $P_x = 1$.
- Normatywne środki ochrony redukują wartość P_x w stopniu określonym przez współczynniki, powiązane z klasami LPS, ale w sposób niezależny od rodzaju i właściwości obiektu.
- Wybór wartości współczynnika redukcji P_x wymaga znajomości klasy LPS, a tego w normie nie ma i temu ma służyć przedstawiona wcześniej tablica.
- Gdy jedno groźne zdarzenie powoduje n uszkodzeń, wówczas:

$$P_x = 1 - \prod_n (1 - P_{xi})$$

- Znając prawdopodobieństwo/częstość uszkodzeń i ich rodzaj można ocenić straty, a ich konfrontację z kosztami środków ochrony uznać za kryterium ich zastosowania.

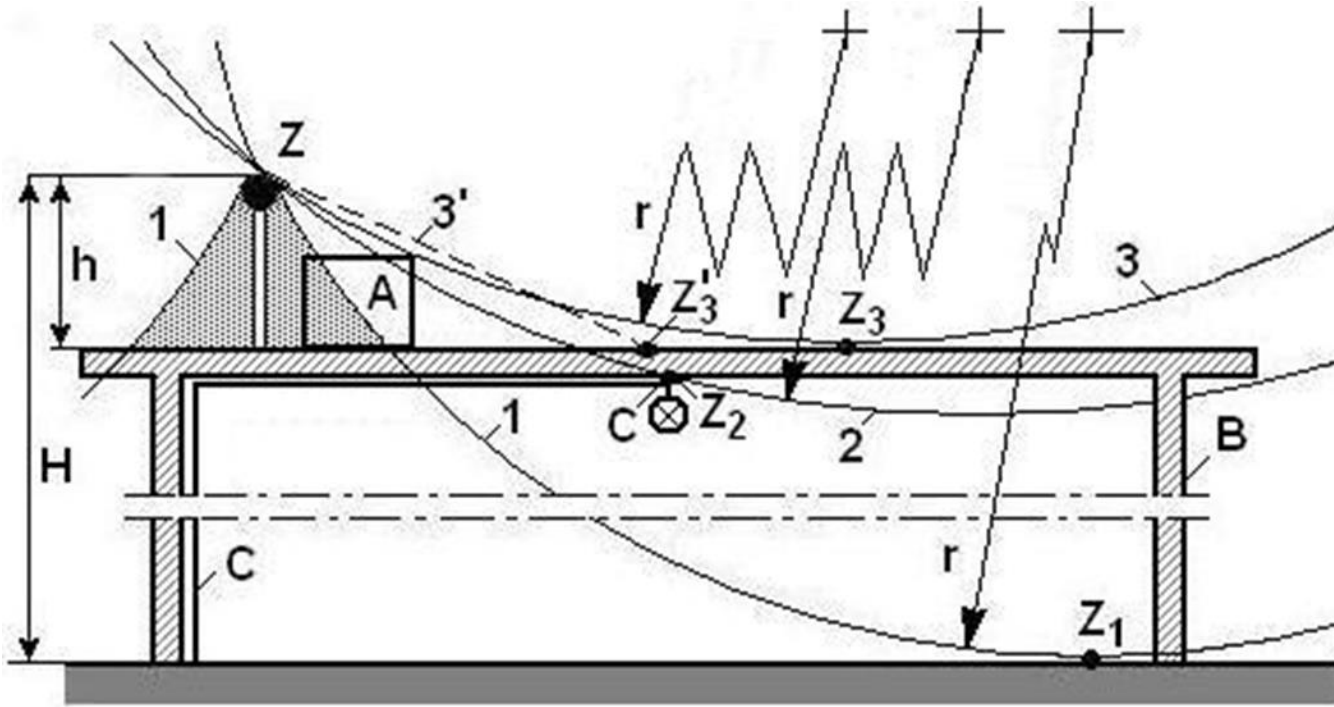
4.2. Zasady i postanowienia dotyczące LPS

- Obiekty zaliczone do LPL I i LPL II powinny być wyposażone w urządzenia piorunochronne bezwarunkowo.
- Obiekty zaliczone do LPL III i LPL IV powinny być w zasadzie wyposażone w urządzenia piorunochronne, ale w wątpliwych przypadkach (obiekty małe, osłonięte itp.) należy to uzależnić od wartości ryzyka ich zagrożenia.
- **Rozmieszczanie zwodów** powinno następować zgodnie z danymi Tabl. 4.4.

Tabl. 4.4. Dane do rozmieszczania zwodów

Klasa LPS	Promień kuli r m	Wymiar oka W m	Kąt ochronny α°			
-	-	h [m] = 	10	20	40	60
I	20	5×5	45	23	-	-
II	30	10×10	55	38	-	-
III	45	15×15	60	48	26	-
IV	60	20×20	65	54	36	23

Uwaga: 1. Stosowanie większych kątów niż 25° powinno być weryfikowane metodą toczącej się kuli. 2. Wysokość zwodu h powinna być wymiarowana od powierzchni ziemi. Wyżej położona powierzchnia może być uznana za powierzchnię odniesienia tylko wtedy, gdy jest przewodząca i uziemiona. Wyjaśniono to na Rys. 4.7.

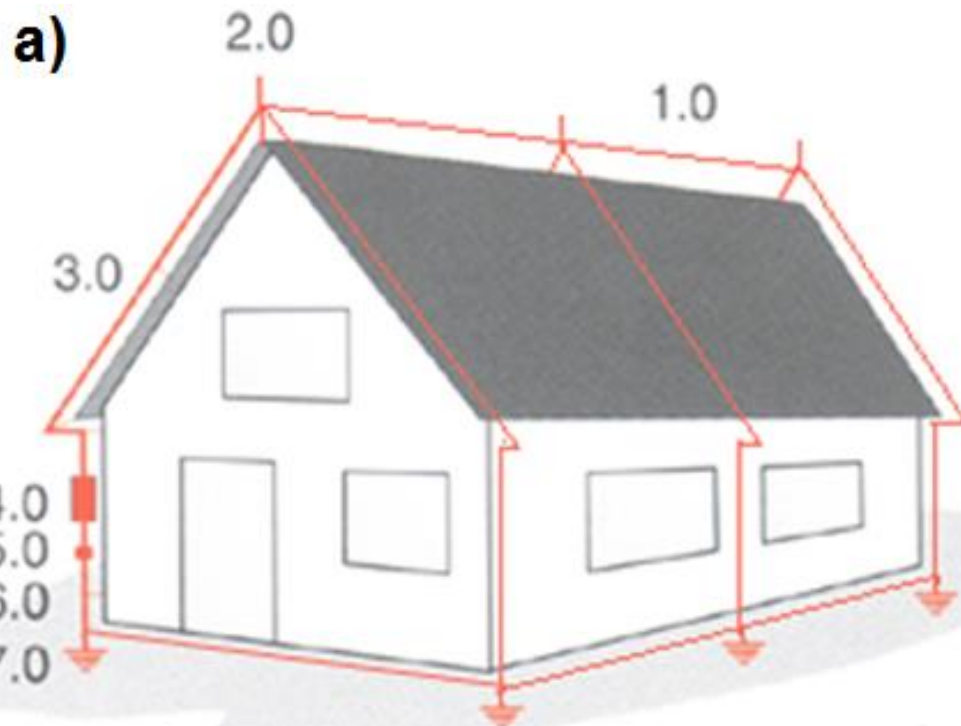


Rys. 4.7. Różne strefy zwodu Z; A - chronione urządzenie na przewodzącym i nieprzewodzącym dachu budynku B z instalacją C.

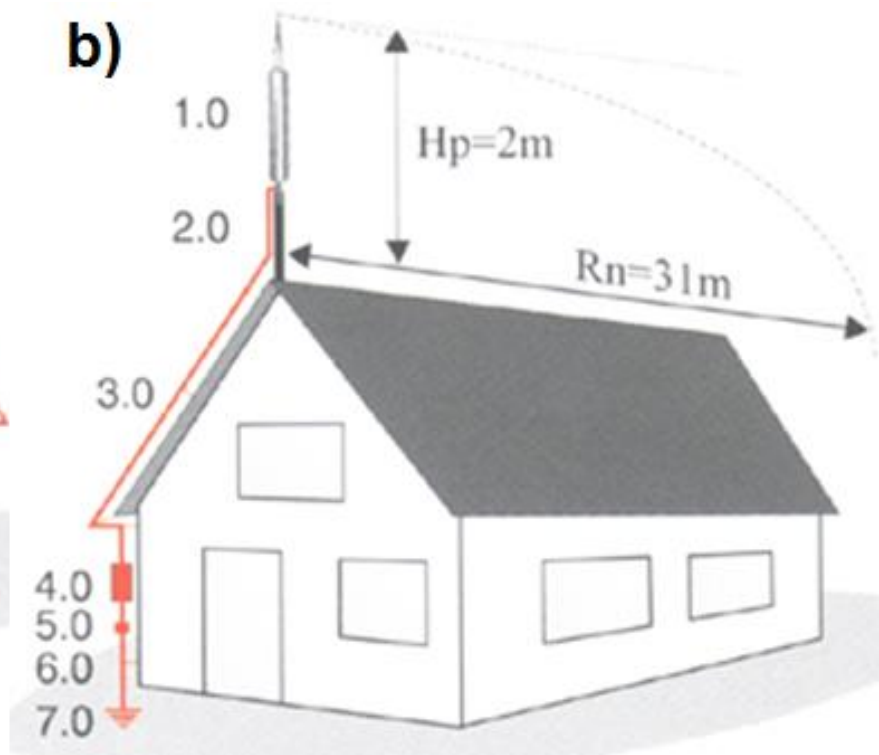
UWAGA: Stosowanie „aktywnych zawody ESE” jest absolutnie wykluczone.

- Powodem wykluczenia „aktywnych zawodów ESE” jest:
 - całkowity - uzasadniony naukowo i praktycznie – brak przypisywanej im skuteczności;
 - wzrost zagrożenia obiektu i jego wyposażenia przez przechwytywane wyładowania.

Ilustrują to Rysunki 4.8a, b, c i d.



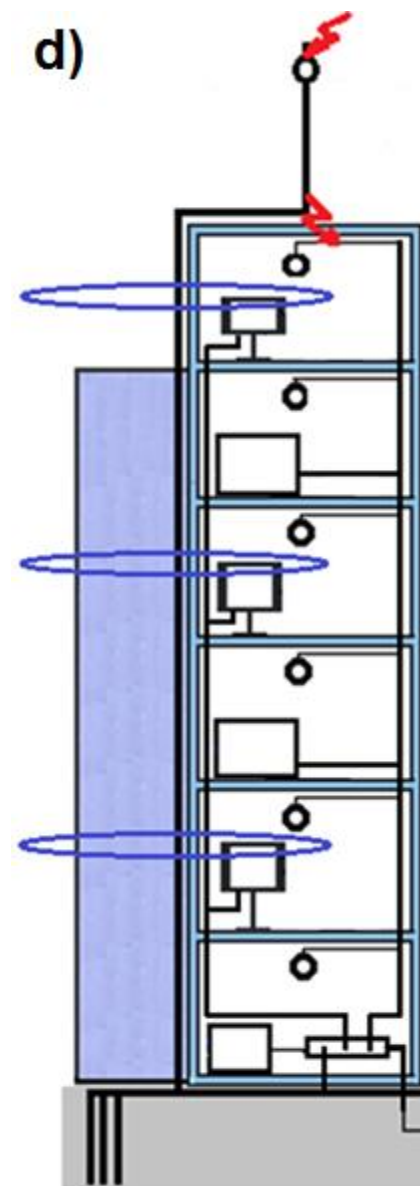
Rysunki 4.8 a .



Rysunki 4.8 b.



Rys. 4.8 c (Foto: DNA News)



Rysunki 4.8d.

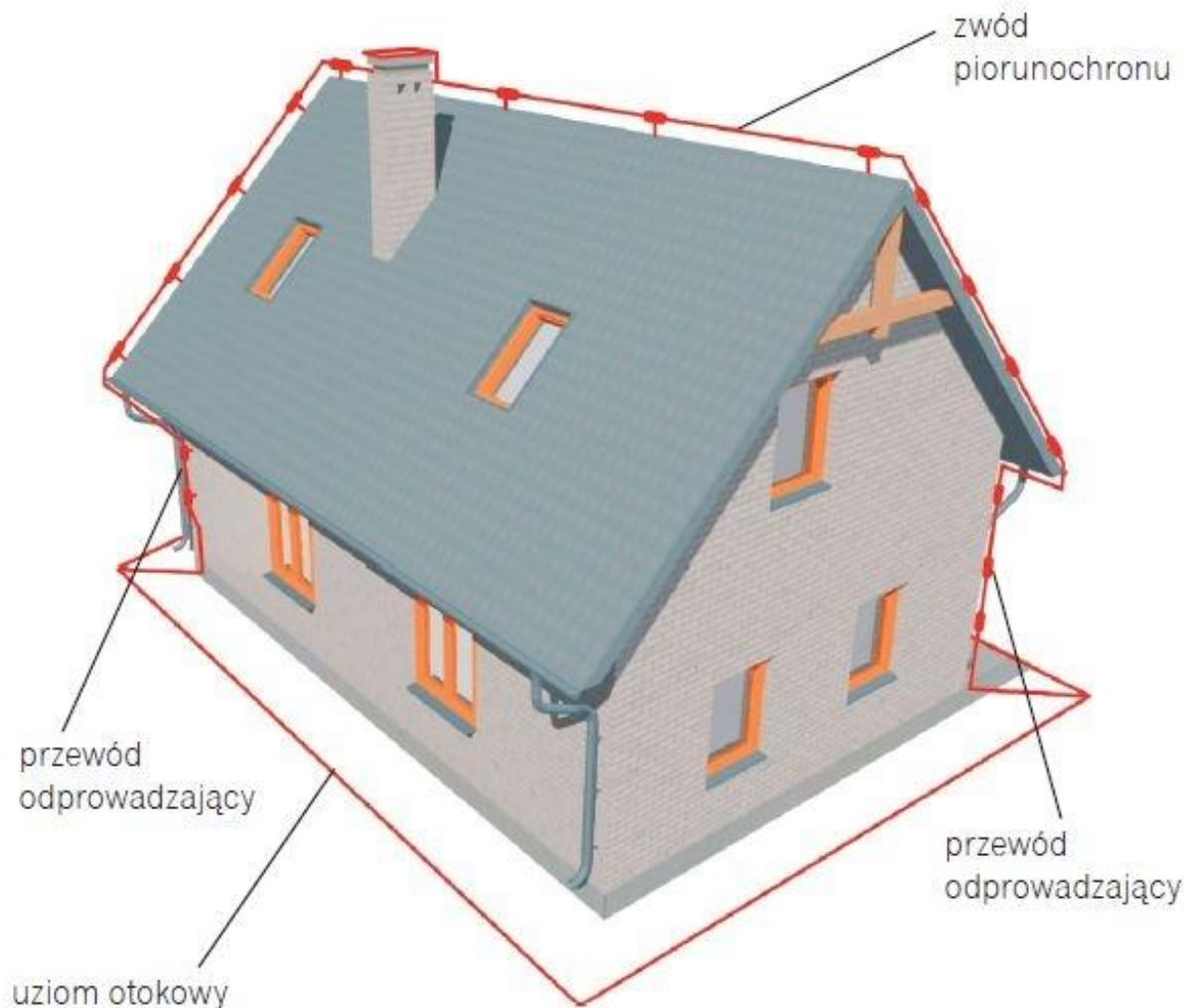
- **Przewody odprowadzające** na chronionych obiektach powinny być rozmieszczone zgodnie z danymi Tablicy 4.5 i nie może być ich mniej niż dwa.

Tabl. 4.5. Dane do rozmieszczania przewodów odprowadzających

Klasa LPS	I	II	III	IV
Typowe odległości [m]	10	10	15	20

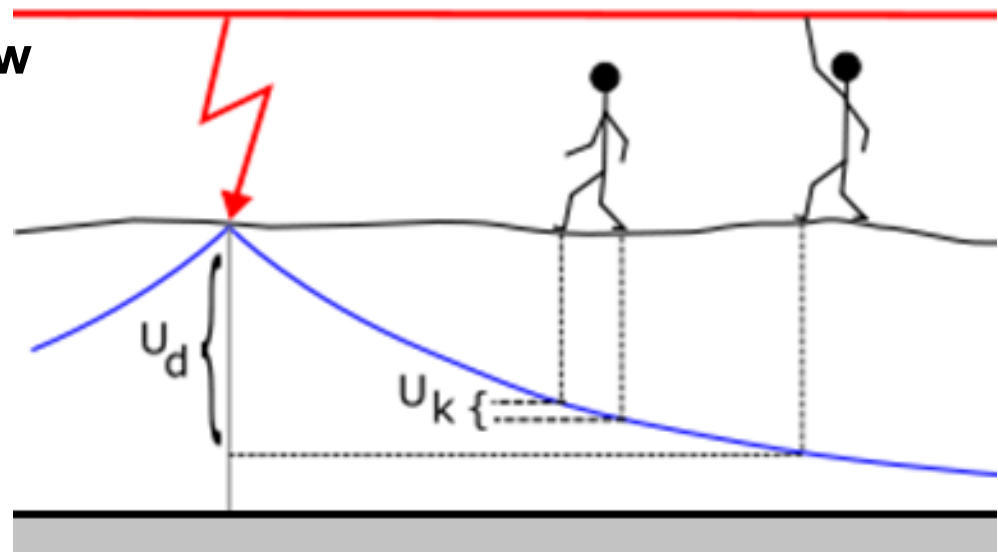
- Uziomy powinny być dostosowane do charakteru obiektu.
- Najprostszą ich formę stanowią pionowo, poziomo lub ukośnie umieszczane w ziemi pręty metalowe, ale powinny być one łączone ze sobą poziomo.
- Zalecane jest stosowanie uziomów otokowych, fundamentowych i usieciowanych oraz wykorzystywanie w tym celu zbrojenia betonu przewodzącego.
- Rezystancja uziemienia nie powinna być większa niż $10\ \Omega$, ale decydujące są tu normatywne wymiary uziomów w powiązaniu z ich układem i rezystywnością gruntu.

- Przykład typowego urządzenia piorunochronnego uwidoczniono na Rys. 4.9.



Rys. 4.9. Przykład prostego urządzenia piorunochronnego

- Pokazane na Rys. 4.9 zwody, przewody odprowadzające i uziomy stanowią normatywne zewnętrzne urządzenie piorunochronne.
- Istnieje też normatywne wewnętrzne urządzenie piorunochronne, które tworzą urządzenia do ograniczania przepięć, a więc połączenia wyrównawcze bezpośrednie lub dokonywane za pomocą SPD, ekrany, eliminacja pętli itp.
- Wspólny element zewnętrznego i wewnętrznego urządzenia piorunochronnego stanowić powinna bezwarunkowo szyna wyrównawcza.
- **Ideą połączeń wyrównawczych jest wyrównywanie potencjałów między łączonymi instalacjami i urządzeniami, co w efekcie zapobiega powstawaniu niebezpiecznych napięć dotykowych i krokowych (Rys. 4.10).**



Rys. 4.10

- Prawidłowe rozmieszczanie elementów LPS i przewodów innych instalacji obiektu wymaga **wzajemnej koordynacji**, a niestety często jest to ignorowane (Rys. 4.11 i 4.12)



Rys. 4.11. Przykład braku koordynacji przewodu odprowadzającego z innymi instalacjami na budynku Akademika przy placu Narutowicza

Rys. 4.12
Inne przykłady



- Omawiając zasady stosowania LPS należy tu wspomnieć o:
 - formalnościach projektowych urządzeń ochrony odgromowej i ich odbiorach;
 - całkowitym braku **formalnych profesjonalistów ochrony odgromowej** w Polsce.

- Normatywne formalności przygotowawcze i projektowe wymagają dokonania uzgodnień właściciela obiektu i projektanta ochrony odgromowej z:
 - architektem,
 - zakładami użyteczności publicznej,
 - władzami pożarnictwa i bezpieczeństwa,
 - wykonawcy prac budowlanych i instalacji (w tym urządzeń elektronicznych i anten zewnętrznych).
- Niezbędne jest :
 - prowadzenie bieżących uzgodnień i kontroli tras, połączeń oraz wszelkich zmian,
 - ustalanie zakresów odpowiedzialności stron za zaistniałe nieprawidłowości,
 - przestrzeganie procedur odbioru urządzenia,
 - przestrzeganie procedur użytkowania obiektu.
- Zdaniem Ministerstwa Infrastruktury istnienie w Polsce formalnego profesjonalisty ochrony odgromowej zakłóciłoby rzekomo rynek pracy.
- Rzeczywistość jest jednak inna; rynek pracy nie ma nic z tym wspólnego, a spowodowane tym nieprawidłowości w ochronie odgromowej zwiększyły zagrożenie ludzi i mienia.

- Nieprofesjonalny inspektor nadzoru budowlanego:
 - odbiera np. nieprawidłowo zainstalowane urządzenia, jak pokazano na Rys. 4.11 i 4.12, czy
 - akceptuje bez prawnych uregulowań dewastowanie urządzeń, np. w wyniku ocieplania budynków, dopuszczając do:
 - * pokrywania tych urządzeń styropianem, przez budowlanców bez udziału specjalistów ochrony odgromowej;
 - * bezsensownego osłaniania urządzeń rurkami korytkami, czy listwami;
 - * niszczenia zacisków probierczych (Rys. 4.13);
 - * pogorszenia warunków środowiskowych, głównie termicznych i wilgotnościowych.



Rys. 4.13. Przykłady zdewastowanych zacisków probierczych

4.3. Zasady i postanowienia dotyczące SPD

- Są to problemy złożone, a ich rozwiązywaniu nie sprzyja:
 - Wspomniany już brak **formalnych profesjonalistów**;
 - kolosalny bałagan w postanowieniach normatywnych.
- Zagmatwania normatywne w SPD wynikają z permanentnych, niekonsekwentnych i niejednoznacznych zmian w takich pojęciach i symbolice, jak:
 - kategoria przepięć (I, II, III, IV) i klasa SPD (D, C, B, A);
 - typ strukturalny SPD (iskiernik, warystor, kombinacja)
 - klasa probiercza SPD (I, II, III), i typ SPD (1, 2, 3);
 - symbole (T1, T2, T3), (TI, TII, TIII),
- Utożsamienie klasy z typem miało być dla warystorów (odporność < 7kA) furtką do klasy I (odporność > 12,5 kA); ilustrują to tablice 4.6 i 4. 7
- Dobór SPD zależy od takich czynników jak:
 - piorunowy poziom ochrony LPL/klasa LPS,
 - kategoria przepięć urządzeń poddawanych ochronie,
 - typ i klasa SPD oraz deklarowane i rzeczywiste ich parametry;
 - napięciowo-energetyczne warunki koordynacyjne;
 - zasady koncepcji LPZ.

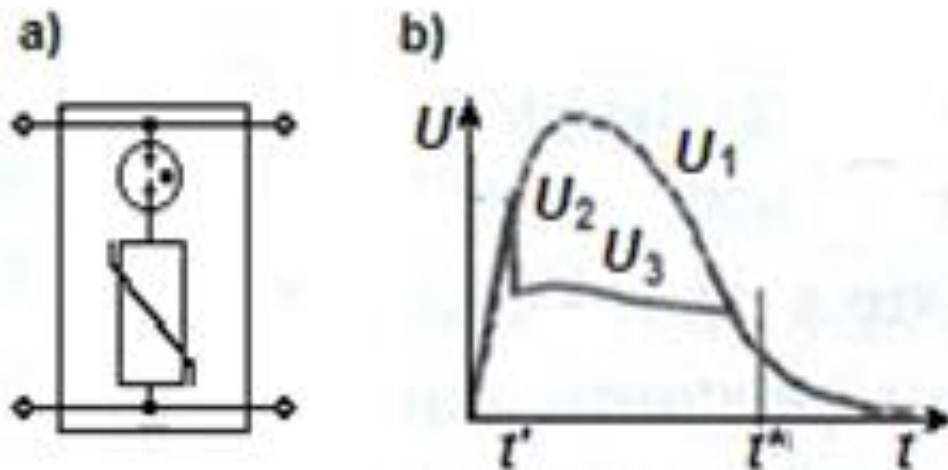
Tablica 4.6 – Relacja między typem a klasą probierczą

Typ wg IEC	Typ wg EN od 2012	Klasa probiercza SPD	Wymagany parametr
-	1	I	I_{imp}
-	2	II	I_n
-	3	III	U_{oc}

Tablica 4.7. Standardowe powiązanie I_{imp} z klasą LPS [16]

Klasa LPS (LPL)	I	II	III	IV
Udar całkowity I_{imp} [kA] (Źródło S_1)	200	150	100	
Udar na przewód $0,25I_{imp}$ [kA] (Źródło S_1)	25	18,75	12,5	
Udar na przewód $0,125I_{imp}$ [kA] (Źródło S_3)	10	7,5	5	

- Niedorzeczności normatywne takie, jak pomieszczenie typu z klasą probierczą SPD, czy przypisanie mu 2 lub 3 typów T1+T2, doprowadziły do utraty wiarygodności tabliczek znamionowych warystorowych SPD, gdzie fałszywie się sugeruje, że:
 - T1 oznacza ich odporność na prądy o wartości z Tabl. 4.7, a
 - T1+T2- podwójną odporność i dwa poziomy ochrony Rys. 4.14



Rys. 4.14. Przykład:
a) struktury, b) przebiegu
napięcia na warystorowo-
iskiernikowym SPD;

- Nawet laik powinien wiedzieć, że SPD, odporne na udar 10/350 jest automatycznie odporne na udar 8/20.
- Uniezależnienie klasy probierczej i typu SPD od jego struktury, z oznaczeniem go symbolem T1, było chyba świadomym pociągnięciem w nadziei, że prąd o wartości zbliżonej do tej z Tabl. 4.7 może zdarzyć się tylko wyjątkowo.
- Przyjęcie normatywnych wartości prądu, mniejszych niż 12,5 kA, było chyba też furtką do klasy I dla warystorowych SPD.
- SPD powinny być instalowane na wejściu do obiektu (tj. na granicy LPZ 0/1 lub w złączu instalacji) i na ogół dodatkowo na zaciskach chronionego urządzenia.



Rys. 4.15. Uszkodzony po burzy ograniczniki przepięć SN.



Rys. 4.16. Rozmiar ogranicznika przepięć nn.

- Instalowanie SPD na granicach wewnętrznych stref LPZ jest na ogół zbędne.
- Największe zagrożenie przepięciowe jest w złączu instalacji, gdzie wyróżnia się trzy przypadki trafień piorunowych:
 - w obiekt wyposażony w LPS,
 - w obiekt bez LPS'
 - we wchodzące do niego linie.
- **Przypadek 1** uznaję się za najgroźniejszy, w którym SPD musi być iskiernikowy o odporności prądowej z pozycji 2, Tablicy 4.7.
- **Przypadek 2** niewiele się różni od pierwszego, bo trafienie następuje w instalację pod dachem nieprzewodzącym lub w dach przewodzący i warunki zagrożeniowe w głównej szynie wyrównawczej nie ulegają istotnej zmianie.
- **Przypadek 3** charakteryzuje się zdecydowanie mniejszym prądem (poz. 3 w Tabl. 4.7) i nie może mieć wpływu na dobór SPD, a jedynie na liczbę groźnych zdarzeń i na ryzyko.
- Nie może być mowy o SPD dobieranych ogólnie do domów mieszkalnych lub przemysłowych, lecz o SPD dostosowanych do rzeczywistych warunków i właściwości każdego obiektu.

- Potrzeba użycia i umiejscowienie SPD, jako uzupełnienia ochrony w złączu, wynikają z lokalnych warunków, przy czym:
 - postanowienie normatywne, nakazujące instalowanie SPD na kolejnych granicach LPZ, ma tylko wyjątkowe zastosowanie;
 - niemal w każdym przypadku wystarczający jest tylko SPD na zaciskach chronionego urządzenia, ale i z niego można zrezygnować, gdy między chronionym urządzeniem a SPD:
 - * jest zapewniona koordynacja energetyczna i napięciowa, lub
 - * jest spełniony warunek $U_p \leq 0,5U_w$.

5. Podsumowanie i wnioski

- Przeprowadzone rozważania pozwalają stwierdzić, że postanowienia normatywne:
 - są zbyt uszczegółowione i niejednoznaczne,
 - wymagają dużej fachowości wdrożeniowej.
- Fachowe wdrożeniowe postanowień wymaga, aby:
 - każdy obiekt i jego środowisko były traktowane indywidualnie;
 - poziom ochrony/klasa LPS wynikały z właściwości obiektu;
 - elementy LPS były dobrane i rozmieszczone wg ich klasy;
 - powierzchnia odniesienia zwodu była przewodząca i uziemiona;
 - złącze instalacji było wyposażone w iskiernikowy SPD o odporności prądowej dostosowanej do klasy LPS i do liczby przyłączonych obwodów, a jego poziom ochrony U_p był skoordynowany z kategorią przepięć U_w chronionych urządzeń;
 - chronione urządzenie miało przy zaciskach dodatkowy SPD, gdy SPD w złączu nie spełnia warunku $U_p \leq 0,5U_w$;
- Tak zaprojektowaną ochronę należy zweryfikować, dokonując normatywnej analizy ryzyka uszkodzenia obiektu.



Dziękujemy za uwagę !