

**SCIENTIFIC
STUDIES**
Monographs

**PRACE
NAUKOWE**
Monografie

Radostław Lenartowicz, Jadwiga Fangrat

**Instalacje zasilające urządzenia
bezpieczeństwa pożarowego**

Tom 1: Układy połączeń i urządzenia zasilające

**Electrical installations supply
fire safety equipment**

Volume 1: Schemes of connections
and power supply devices



Instytut Techniki Budowlanej

Warszawa 2016

KOMITET REDAKCYJNY

Redaktor naczelny
Z-cy redaktora naczelnego

Sekretarz
Członkowie

prof. dr hab. inż. LECH CZARNECKI
prof. dr inż. LESŁAW BRUNARSKI
dr inż. JADWIGA FANGRAT
dr MICHAŁ GAJOWNIK
dr hab. inż. PAWEŁ LEWIŃSKI
dr inż. TERESA MOŻARYN
mgr inż. JAN SIECZKOWSKI
dr inż. EWA SZEWCZAK
dr inż. SEBASTIAN WALL

Recenzenci

prof. dr hab. inż. JAN SIKORA
mgr inż. JULIAN WIATR
mł. bryg. mgr inż. EDWARD SKIEPKO

Redakcja

DANUTA SZCZEPAŃSKA

Opracowanie komputerowe

SŁAWOMIR KOSIARSKI

© Copyright by Instytut Techniki Budowlanej
Warszawa 2016

*Czterysta sześćdziesiąta druga pozycja
„Prac Naukowych ITB”*

ISBN 978-83-249-8471-8 (całości)

ISBN 978-83-249-8467-1 (tomu)

ISBN 978-83-249-8474-9 (PDF)

Wydawca i Autorzy dołożyli wszelkich starań, aby publikowane informacje pochodziły z rzetelnych źródeł. Wydawca nie ponosi odpowiedzialności, ani też nie zaciąga zobowiązań w wyniku wykorzystania przez użytkowników treści niniejszej publikacji. W szczególności nie ponosi odpowiedzialności w stosunku do czytelników i/lub strony trzeciej za jakiegokolwiek poniesione straty, wydatki i szkody bezpośrednie i pośrednie, łącznie z utratą zysku i innych korzyści majątkowych, które mogły powstać lub być związane bezpośrednio lub pośrednio z treściami opublikowanymi, w tym ewentualnymi błędami lub pominięciami zawartymi w publikowanych materiałach.



Instytut Techniki Budowlanej

Sekcja Wydawnictw Naukowych

02-656 Warszawa, ul. Ksawerów 21, tel.: 22 843 35 19

fax: 22 56 64 282, e-mail: wydawnictwa@itb.pl, www.itb.pl

Spis treści

<i>Streszczenie</i>	5
<i>Summary</i>	6
Najważniejsze terminy	9
Najważniejsze oznaczenia i skróty	19
1. Wprowadzenie	23
2. Wiadomości wstępne	25
2.1. Dane statystyczne dotyczące porażen i pożarów w budynkach	25
2.2. Przepisy bezpieczeństwa pożarowego w budynkach.....	35
2.3. Klasy odporności pożarowej budynków.....	36
2.4. Urządzenia przeciwpożarowe i ich systematyka.....	43
2.5. Charakterystyka układów sieci energetycznej niskiego napięcia.....	52
3. Warunki środowiskowe.....	57
3.1. Wprowadzenie.....	57
3.2. Dobór środków ochrony od porażen w zależności od warunków środowiskowych.....	58
3.3. Specyfika warunków pożarowych	59
4. Instalacje bezpieczeństwa pożarowego	73
4.1. Warunki właściwego działania.....	73
4.2. Zasilanie urządzeń	76
4.3. Urządzenia zasilające	86
5. Rekomendowane źródła energii elektrycznej do zasilania instalacji bezpieczeństwa pożarowego	91
5.1. Wprowadzenie.....	91
5.2. Akumulatory.....	91
5.3. Zespoły prądowórcze	105
5.4. Prądnice stosowane w zespołach prądowórczych	113
5.5. Samoczynne załączanie rezerwy – SZR.....	115
5.6. Wymagania budowlane	128
5.7. Oddzielna linia sieci zasilającej elektroenergetycznej, skutecznie niezależna od normalnej linii zasilającej	133
Podsumowanie	135
Bibliografia.....	137

Przedmowa

Niniejsza monografia składa się z dwóch powiązanych ze sobą tomów. Do jej przygotowania wykorzystano relatywnie obszerne i aktualne źródła literaturowe z zakresu elektroenergetyki i bezpieczeństwa pożarowego. Autorzy opracowania zaprezentowali i w pewnym stopniu zreasumowali dotychczasowy dorobek naukowy i inżynierski z zakresu współczesnych metod zasilania w energię elektryczną urządzeń bezpieczeństwa pożarowego oraz stosowanych powszechnie kluczowych systemów i urządzeń przeciwpożarowych.

Obszerność opracowania sprawia, że stanowi ono kompendium wiedzy o elektrycznych i pożarowych aspektach nowoczesnego projektowania i wykonawstwa instalacji bezpieczeństwa w obiektach budowlanych.

Część rozdziałów, ze względu na specyfikę prezentowanych zagadnień, ma bardziej pogłębiony charakter naukowy, podczas gdy w pozostałych uwypuklono zagadnienia praktyczne, ograniczając się do prostego przekazu informacji. Traktować to należy jako zjawisko nieuniknione przynajmniej w pierwszym wydaniu tak obszernej i pierwszej na polskim rynku wydawniczym monografii poświęconej zagadnieniom, których omówienia dotychczas dostępne były jedynie w formie rozproszonej, często publikacji o charakterze praktycznych zaleceń dla wykonawców zrzeszonych w stowarzyszeniu zawodowym elektryków.

Publikacja jest bogato udokumentowana. Autorzy korzystali z opracowań wcześniejszych i własnych prac oraz najnowszej bibliografii polskiej i częściowo zagranicznej. Istotną zaletą tej monografii jest odwoływanie się w rozważaniach zarówno do teorii, jak i do praktyki wykonawczej oraz badań statystycznych. W poszczególnych tomach daje się wyraźnie zauważyć przyjętą logikę prezentacji obejmującą: wprowadzenie, definiowanie pojęć i przyjmowanie klasyfikacji, odwołania do aktualnego stanu wiedzy, prowadzonych badań i analiz oraz przykłady praktyczne. Taka konstrukcja opracowania dobrze odpowiada wymaganiom monografii naukowej, umożliwiając jednocześnie korzystanie z niej osobom poszukującym praktycznych informacji i konkretnych rozwiązań w swojej praktyce zawodowej.

W niniejszej monografii podano współcześnie najbardziej kompletne i całościowe ujęcie kwestii elektrycznych i pożarowych aspektów nowoczesnego zasilania urządzeń bezpieczeństwa pożarowego. Ta cecha stanowi o jej unikalności i sprawia, iż może zapełnić lukę na krajowym

rynku wydawniczym. W monografii w większości rozdziałów przyjęto zasadę ilustrowania rozważań teoretycznych/modelowych przykładami praktycznymi lub badaniami statystycznymi, przez co tak przyjęta metodologia publikacji wyróżnia ją spośród innych na rynku wydawniczym. Bibliografia została podzielona na trzy części opatrzone tytułami: Literatura, Ustawy i rozporządzenia, Normy. Ułatwia to czytelnikowi orientację w dostępnej bibliografii, ale powoduje też, że poszczególne pozycje literaturowe nie są powoływane w kolejności cytowania.

Autorzy wyrażają serdeczne podziękowania mgr. inż. Wojciechowi Węgrzyńskiemu, asystentowi w Zakładzie Badań Ogniwych Instytutu Techniki Budowlanej, za cenne uwagi wniesione do treści monografii na etapie redakcyjnym, szczególnie w odniesieniu do zagadnień wentylacji pożarowej budynków.

Autorzy

1. WPROWADZENIE

Układ zasilania instalacji bezpieczeństwa pożarowego to bardzo ważny odcinek instalacji elektrycznej, gdyż podtrzymuje pracę jej wyposażenia oraz zasadniczych urządzeń funkcjonujących w obiekcie budowlanym w czasie pożaru. Z tego powodu powinien on obejmować źródło zasilania energii elektrycznej oraz obwody elektryczne biegnące aż do zacisków odbiorczych zainstalowanego urządzenia przeciwpożarowego.

Instalację bezpieczeństwa pożarowego powinno się stosować głównie w obiektach użyteczności publicznej, budynkach zarówno nowo budowanych, jak i remontowanych czy modernizowanych w celu zapewnienia bezpieczeństwa pożarowego ludzi i mienia. Zgodnie z wymaganiami przepisów bezpieczeństwa pożarowego, omówionych w rozdziale 2.2, instalacja taka powinna być sprawna w całym okresie eksploatacji budynku. W jej skład wchodzi w większości wymienione poniżej instalacje (niektóre spośród nich omówiono szczegółowo w rozdziale 4 tomu 2):

- oświetlenia awaryjnego (zapasowe lub ewakuacyjne – rozwiązania z centralną baterią) – rozdz. 4.2 [28],
- zasilające pompy pożarowe – rozdz. 4.3,
- zasilające i sterujące dźwigami przeznaczonymi dla ekip ratowniczych,
 - zasilające systemy alarmowe, tj.:
 - sygnalizacji pożarowej (układy sterowań, sygnalizacja o zagrożeniu),
 - włamaniowe,
 - dźwiękowego systemu ostrzegawczego (linie głośnikowe, połączenia między CSP a CDSO wtedy, kiedy znajdują się w różnych pomieszczeniach) – rozdz. 4.4 [71, 72],
 - zasilające systemy ewakuacyjne,
 - zasilające systemy wyciągów dymu, tj. urządzenia do odprowadzania dymu i ciepła (zasilanie siłowników i przyciski sterujące) – rozdz. 4.5, [3, 7, 22, 25],
 - zasilające i sterujące drzwiami i bramami pożarowymi,
 - zasilające wentylacji pożarowej (sterowanie),
 - zasilające urządzenia gaszące [78] (linie sterujące),
 - zasilające systemy bezpiecznego wyłączenia urządzeń,
 - zasilające zasadnicze systemy medyczne w obiektach służby zdrowia.

Do zapobiegania powstaniu pożaru, jego wykrywania i zwalczania lub ograniczania skutków służą urządzenia przeciwpożarowe, takie jak: stałe i półstałe urządzenia gaśnicze i zabezpieczające, urządzenia inwertyzujące, urządzenia wchodzące w skład dźwiękowego systemu ostrzegawczego i systemu sygnalizacji pożarowej, w tym urządzenia sygnalizacyjno-alarmowe, urządzenia odbiorcze alarmów pożarowych i urządzenia odbiorcze sygnałów uszkodzeniowych, instalacje oświetlenia ewakuacyjnego, hydranty wewnętrzne i zawory hydrantowe, hydranty zewnętrzne, pompy w pompowniach przeciwpożarowych, przeciwpożarowe klapy odcinające, urządzenia oddymiające, urządzenia zabezpieczające przed powstaniem wybuchu i ograniczające jego skutki, kurtyny dymowe oraz drzwi, bramy przeciwpożarowe i inne zamknięcia przeciwpożarowe, jeżeli są wyposażone w systemy sterowania, przeciwpożarowe wyłączniki prądu oraz dźwigi dla ekip ratowniczych. Omówiono je szerzej w rozdz. 2.4 tomu 1 oraz w rozdz. 4 tomu 2. Wszystkie te urządzenia mogą być uruchamiane automatycznie lub ręcznie.

Wymienione wyżej urządzenia wymagają dostarczenia energii elektrycznej do uruchamiania i pracy silników napędzających elementy mechaniczne przeciwpożarowe oraz zasilania wielu sterowników i sygnalizatorów niezbędnych w czasie akcji gaśniczej i poprzedzających wybuch pożaru. Moc dostarczana wynika z obciążenia poszczególnych odbiorników [52]. Wynosi ona od kilku [W] dla obwodów sterowniczych i sygnalizacyjnych do kilkudziesięciu [kW], a nawet kilkuset [kW] dla obwodów siłowych zasilających pompownie (np. 350 kW). Wynikają z tego odmienne warunki ich zasilania i eksploatacji [11, 12, 13].

2. WIADOMOŚCI WSTĘPNE

2.1. Dane statystyczne dotyczące porażień i pożarów w budynkach

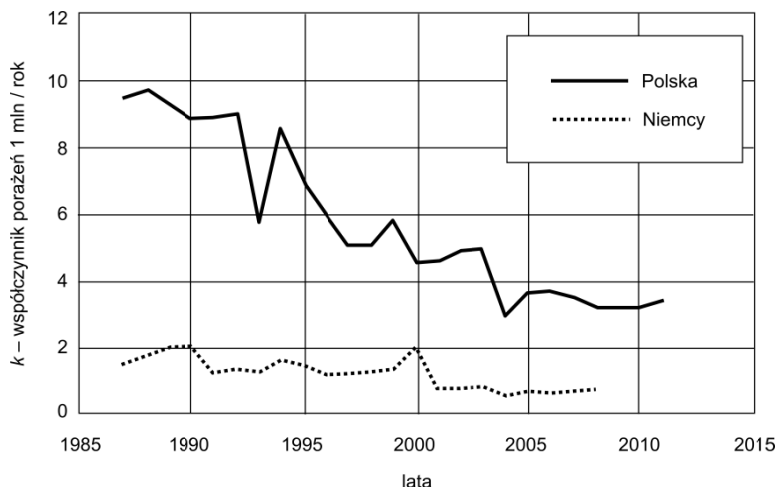
Wypadki porażenia prądem ludzi w Polsce wciąż występują w zbyt dużej liczbie. Dane na temat liczby śmiertelnych wypadków porażień prądem elektrycznym oraz liczby pożarów w budynkach w Polsce były grupowane i analizowane w latach 90. XX wieku w COBR „Elektromontaż” Warszawa, a od 2000 r. aż do chwili obecnej w Instytucie Techniki Budowlanej w Warszawie. Analizy prowadzono na podstawie informacji uzyskiwanych corocznie z Głównego Urzędu Statystycznego, Państwowej Inspekcji Pracy, Komendy Głównej Państwowej Straży Pożarnej oraz z niemieckiej VDE „Todesfalle durch elektrische strom”, a także własnych obserwacji i ustaleń.

Z otrzymywanych danych statystycznych z lat 1980–1985 wynika, że w Polsce ginęło rocznie od porażenia prądem elektrycznym około 350 osób, co daje wskaźnik około 9,5 wypadków śmiertelnego porażenia prądem elektrycznym rocznie na milion ludzi. Z obecnie przeprowadzonych analiz wynika, że liczba śmiertelnych wypadków porażień prądem elektrycznym w ciągu roku, przypadająca na jeden milion mieszkańców (wskaźnik k) w Polsce zmniejszyła się z 9,5 w latach 1980–1985 do 3,4 w latach 2000–2014 z tendencją dalszego zmniejszania się w kolejnych latach.

Przyczyną wzrostu bezpieczeństwa jest dalsza poprawa jakości produkowanych i użytkowanych urządzeń elektrycznych oraz nowe ostrzejsze wymagania stawiane w przepisach i normach nowo budowanym i przebudowywanym instalacjom elektrycznym w zakresie ochrony przed porażeniem prądem elektrycznym.

Mimo to nadal liczba śmiertelnych wypadków porażień prądem elektrycznym w Polsce jest 2–3-krotnie większa niż w krajach Europy Zachodniej (rys. 2.1) Trzeba przy tym podkreślić, że w krajach takich, jak Niemcy, Francja, Wielka Brytania, Włochy, występuje kilkakrotnie większe zużycie energii elektrycznej (w Polsce około 4 kWh/osobę/rok) i znacznie większe nasycenie budynków oraz obiektów budowlanych w odbiorniki energii elektrycznej, a przy tym liczba ludności jest więk-

sza (np. w Niemczech 82 mln mieszkańców przy niespełna 40 mln w Polsce), co w analizie porównawczej z danymi uzyskanymi z Polski należy uwzględnić.



Rys. 2.1. Śmiertelne wypadki porażenia prądem elektrycznym

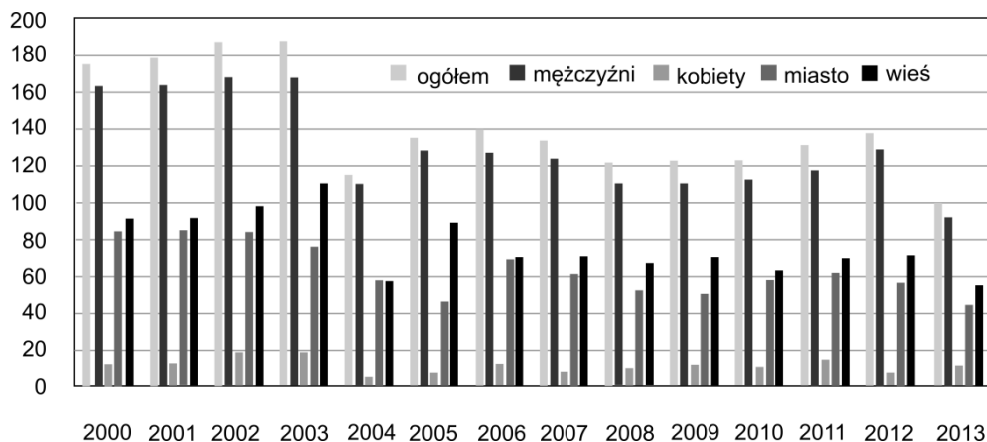
Bezpieczeństwo użytkowania instalacji elektrycznych sprowadza się do zapewnienia ochrony przed porażeniem prądem elektrycznym, prądem przeciążeniowym i zwarciovym, przepięciem łączeniowym lub pochodzącym od wyładowań atmosferycznych oraz ochrony przed licznymi skutkami cieplnymi.

Skuteczność ochrony przed tymi zagrożeniami zależy od jakości wykonania instalacji elektrycznych, zastosowanych w instalacjach zabezpieczeń oraz środków ochrony, a także świadomości zagrożeń oraz właściwej eksploatacji instalacji i urządzeń elektrycznych osób. Miarą skuteczności tej ochrony przed zagrożeniami wyżej wymienionymi jest liczba śmiertelnych wypadków porażenia prądem elektrycznym oraz liczba pożarów, będących następstwem wad wykonania instalacji elektrycznych lub nieprawidłowej eksploatacji tych instalacji.

Liczba śmiertelnych wypadków poza statystycznym miejscem pracy, spowodowanych porażeniem prądem elektrycznym, w stosunku do ogółu śmiertelnych wypadków porażenia prądem elektrycznym wynosi w Polsce około 88%. Wynika z tego, że niebezpieczeństwo śmiertelnych porażenia prądem elektrycznym występuje przede wszystkim w mieszka-

niach i budynkach mieszkalnych oraz w gospodarstwach rolniczych i ogrodniczych.

Nadal najczęściej wypadków odnotowuje się na wsi, gdzie występuje prawie dwukrotnie większy wskaźnik śmiertelnych wypadków w stosunku do wypadków w mieście (rys. 2.2 oraz tabl. 2.1).



Rys. 2.2. Liczba śmiertelnych wypadków w podziale na grupy

Tablica 2.1. Śmiertelne wypadki spowodowane porażeniem prądem elektrycznym w Polsce w latach 2000-2014

Rok	Liczba wypadków ogółem	Liczba wypadków wśród mężczyzn	Liczba wypadków wśród kobiet	Liczba wypadków w mieście	Liczba wypadków na wsi	[k] wskaźnik śmiertelnych wypadków na 1 milion mieszkańców/rok				
						ogółem	mężczyźni	kobiety	miasto	wieś
2000	176	163	13	85	91	4,6	8,7	0,7	3,6	6,2
2001	178	164	14	86	92	4,6	8,7	0,7	3,6	6,2
2002	186	167	19	87	99	4,9	9,0	1,0	3,7	6,8
2003	188	169	19	78	110	4,9	9,1	1,0	3,3	7,5
2004	116	110	6	58	58	3,0	6,0	0,3	2,5	4,0
2005	136	128	8	46	90	3,6	6,9	0,4	1,96	6,1
2006	140	127	13	69	71	3,7	6,9	0,7	3,0	4,8
2007	133	124	9	62	71	3,5	6,7	0,5	2,7	4,8
2008	121	110	11	53	68	3,2	6,0	0,56	2,3	4,6
2009	122	110	12	51	71	3,2	6,0	0,61	2,2	4,8
2010	123	112	11	59	64	3,2	6,1	0,56	2,5	4,3
2011	132	117	15	62	70	3,4	6,3	0,75	2,7	4,6
2012	134	129	5	57	77	3,5	7,0	0,25	2,4	5,0
2013	99	91	8	44	55	2,6	5,0	0,42	1,9	3,6

W tablicy 2.2 podano liczbę śmiertelnych wypadków przy pracy, spowodowanych porażeniem prądem elektrycznym w Polsce w latach 2000–2011.

Nadal najwyższy procentowy udział śmierci w wypadkach porażen prądem elektrycznym notuje się w grupie ludności (90% ofiar to mężczyźni) w wieku od 15 do 54 lat. W latach 2005–2012 ludność w tej grupie wieku stanowiła około 60% ludności Polski i 77% ofiar. Podobnie najwyższy wskaźnik „k” utrzymuje się również w grupie ludności w wieku od 15 do 55 lat.

W badanym okresie 2005–2012 wynosił on średnio 4,5, a dla mężczyzn w tej grupie około 8,55. Osobną kategorię stanowią wypadki przy pracy spowodowane porażeniem prądem elektrycznym (tabl. 2.2).

Zastanawiająca jest bardzo mała liczba wypadków na terenie przemysłowym i budowlanym – tylko 3,82% w stosunku do ogółu wypadków. W stosunku do ogółu wypadków śmiertelnych porażenia prądem liczba tych wypadków przy pracy stanowi średnio 13,6% (tabl. 2.2).

Tablica 2.2. Śmiertelne wypadki przy pracy spowodowane porażeniem prądem elektrycznym w Polsce w latach 2000-2011

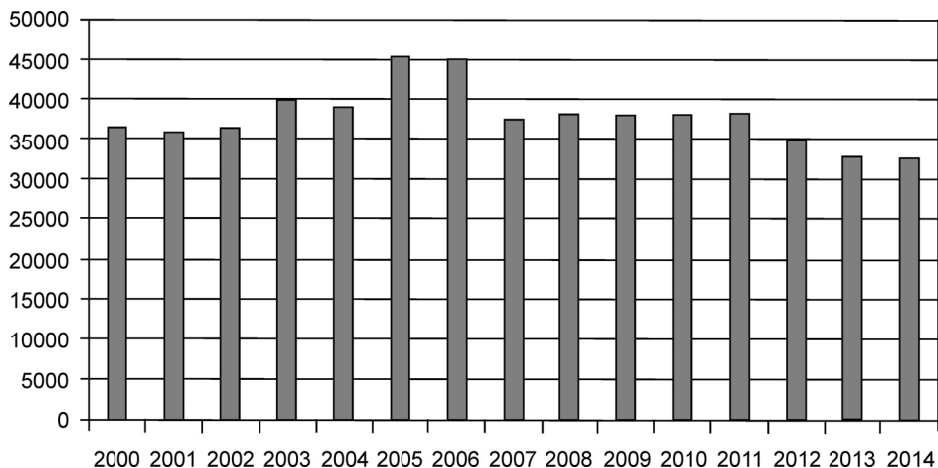
Rok	Liczba wypadków przy pracy spowodowanych porażeniem prądem elektrycznym	Procent śmiertelnych wypadków przy pracy	Procent ogółu śmiertelnych wypadków porażen prądem elektrycznym%
2000	20	3,9	11,4
2001	21	3,8	11,8
2002	20	3,4	10,8
2003	20	3,5	10,6
2004	10	1,8	8,6
2005	11	2,0	8,1
2006	18	3,5	12,9
2007	27	3,3	20,0
2008	20	3,3	16,5
2009	20	3,3	16,4
2010	20	3,3	16,3
2011	27	3,3	20,5

Procent ogółu śmiertelnych wypadków porażen prądem przy pracy rozkłada się w badanych latach od 8% do 20% w stosunku do ogółu

wypadków śmiertelnych podczas pracy. Jest to mało w porównaniu z wypadkami zaistniałymi w środowisku mieszkalnym, tj. w budynkach mieszkalnych i gospodarstwach domowych (tabl. 2.2).

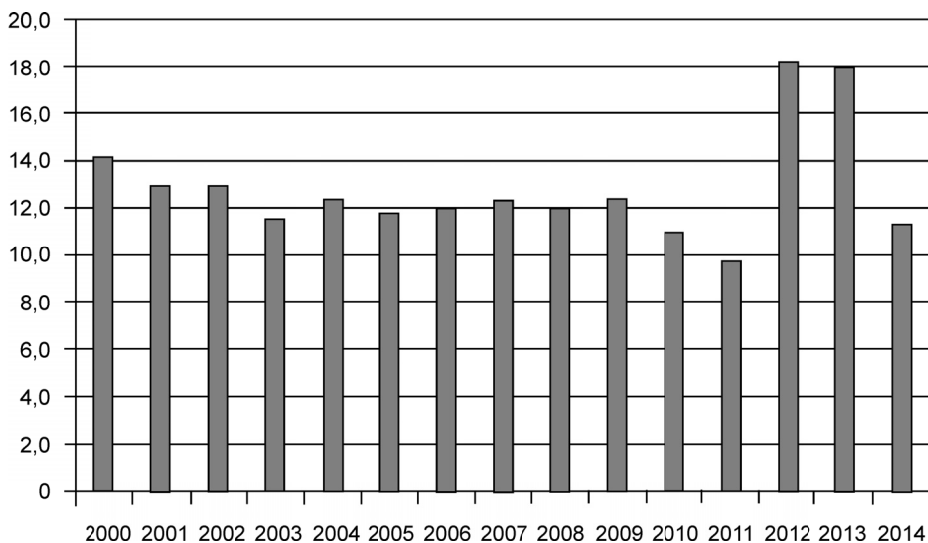
Tablica 2.3. Liczba pożarów w budynkach ogółem oraz spowodowanych wadami lub nieprawidłową eksploatacją instalacji i urządzeń elektrycznych w Polsce w latach 2000-2014

Rok	Liczba pożarów w budynkach ogółem	Liczba pożarów w budynkach spowodowanych wadami lub nieprawidłową eksploatacją instalacji i urządzeń elektrycznych	Procent ogółu pożarów w budynkach spowodowanych wadami lub nieprawidłową eksploatacją instalacji i urządzeń elektrycznych, %
2000	36993	5248	14,2
2001	36159	4690	13,0
2002	36649	4763	13,0
2003	40175	4615	11,5
2004	39177	4860	12,4
2005	45658	5387	11,8
2006	45326	5423	12,0
2007	37711	4668	12,4
2008	38442	4613	12,0
2009	38193	4737	12,4
2010	38404	4155	11,0
2011	38464	3774	9,8
2012	35030	6423	18,3
2013	32853	5974	18,1
2014	32881	3726	11,3



Rys. 2.3. Liczba pożarów ogółem w latach 2000-2014

Równie częste są przypadki powstania pożarów spowodowanych niesprawną instalacją elektryczną. Ich procentowy udział w ogólnej liczbie pożarów w budynkach, według danych za 2014 rok, jest na poziomie 11% (tabl. 2.3).



Rys. 2.4. Procentowy wskaźnik pożarów od instalacji elektrycznych

Na podstawie tablicy 2.4 można stwierdzić, że pożary spowodowane wadami instalacji i urządzeń elektrycznych (bez urządzeń grzejnych) stanowią zdecydowaną większość w stosunku do ogólnej liczby pożarów w budynkach spowodowanych elektryką, bo aż 86% (w 2014 r. – 80%). Rzadko przyczyną pożarów w budynkach jest elektryczność statyczna.

Wyraźnie w ostatnich latach nastąpiła poprawa w obsłudze instalacji i urządzeń elektrycznych (spadek liczby pożarów z 10% do 6%). Pożary od urządzeń grzewczych utrzymują się w zasadzie na tym samym poziomie, choć w obsłudze tych urządzeń też jest wyraźna poprawa. W zestawieniu wyraźnie odbiega od normy rok 2014, szczególnie w przypadku wad instalacji i urządzeń, gdzie widać wyraźny spadek liczby pożarów z tej przyczyny. Może to świadczyć o postępującej modernizacji instalacji elektrycznych i zastosowaniu nowych lepszych aparatów i urządzeń elektrycznych w budownictwie.

Zasadniczy wpływ na dużą liczbę śmiertelnych porażeń prądem elektrycznym oraz pożarów w Polsce (tabl. 2.5) ma na ogół zły stan techniczny instalacji elektrycznych i urządzeń w obiektach budowlanych, w tym w mieszkaniach i budynkach mieszkalnych w mieście i na wsi oraz w gospodarstwach rolniczych i ogrodniczych, a także stosowanie niedoskonałych i niewystarczających zabezpieczeń oraz środków ochrony przed zagrożeniami w tych instalacjach. Istotnymi czynnikami są także pomyłki, lekceważenie podstawowych zasad bhp, zła organizacja prac, nieznajomość instrukcji obsługi urządzeń, zdenerwowanie, roztrągnięcie oraz brak umiejętności osób eksploatujących instalacje i urządzenia elektryczne [31].

Dane statystyczne dotyczące wypadków śmiertelnych (tabl. 2.5) wskazują na dość równomierny rozkład ich przyczyn, przykładowo z powodu wadliwej ochrony przed dotykiem bezpośrednim nastąpiło około 30% wypadków, z powodu wadliwej ochrony przy uszkodzeniu również około 30% oraz z innych przyczyn też około 30%.

Interesująco przedstawia się statystyka dotycząca urządzeń, przy których eksploatacji nastąpił wypadek śmiertelny (tabl. 2.6). Aż 36% wypadków śmiertelnego porażenia prądem elektrycznym nastąpiło w środowisku mieszkalnym (budynki mieszkalne, gospodarstwa domowe).