

*Centrum Ochrony
przed Przepięciami i Zakłóceniami Elektromagnetycznymi
w Białymstoku*



Wymagania norm dla elementów uziemiających

Opracowanie:

dr inż. Tomasz Maksimowicz

RST Sp. z o.o.

15-620 BIAŁYSTOK
ul. Elewatorska 17/1

tel.: 792 350 100

www.rst.bialystok.pl

e-mail: rst@rst.bialystok.pl



Białystok, grudzień 2012 r.

1. Wstęp

Zadaniem instalacji uziemiającej obiektu budowlanego jest:

- zapewnienie poprawnej pracy instalacji elektrycznej i odprowadzenie prądów zwarciovych doziemnych i prądów upływowych,
- spełnienie wymagań bezpieczeństwa w zakresie ochrony przeciwporażeniowej,
- skuteczne wyrównanie potencjałów instalacji obiektu i odprowadzenie energii przepięć występujących w sieciach energetycznych lub powstających na skutek oddziaływania wyładowań atmosferycznych,
- bezpieczne rozproszenie w ziemi prądu pioruna odprowadzonego z instalacji odgromowej.

Jako uziomy stosowane mogą być elementy, takie jak druty, linki, taśmy, pręty, lite płyty lub kratownice. Wymagania jakie powinny one spełniać zawarte są między innymi w najnowszych normach dotyczących instalacji elektrycznych:

- niskiego napięcia: *PN-HD 60364-5-54:2011 Instalacje elektryczne niskiego napięcia -- Część 5-54: Dobór i montaż wyposażenia elektrycznego -- Układy uziemiające i przewody ochronne (oryg.)*,
- o napięciu powyżej 1 kV: *PN-EN 50522:2011 Uziemienie instalacji elektroenergetycznych prądu przemiennego o napięciu wyższym od 1 kV (oryg.)*,

oraz w normach odgromowych, dotyczących:

- projektowania ochrony odgromowej: *PN-EN 62305-3:2011 Ochrona odgromowa -- Część 3: Uszkodzenia fizyczne obiektów i zagrożenie życia (oryg.)*,
- elementów instalacji piorunochronnych: *PN-EN 62561-2:2012 Elementy urządzenia piorunochronnego (LPSC) -- Część 2: Wymagania dotyczące przewodów i uziomów (oryg.) (wcześniej jako PN-EN 50164-2:2010)*.

Zamieszczono tam wymagania dotyczące dopuszczanych do stosowania materiałów, rodzajów powłok oraz wymiarów elementów. Zalecenia zawarte w treści norm PN-HD 60364-5-54:2011, PN-EN 62305-3:2011 i PN-EN 62561-2:2012 są w dużym stopniu spójne. Wymagania normy PN-EN 50522:2011, pomimo zatwierdzenia przez CENELEC dokumentu jako EN w zbliżonym okresie wydają się być nieaktualnione w stosunku do pozostałych norm. W tablicy 1. zamieszczono i porównano wymagania dotyczące elementów uziemiających zebrane z powyższych norm. Kolorem czerwonym zaznaczono wartości różniące się pomiędzy poszczególnymi dokumentami.

Tablica 1. Materiały dopuszczalne do stosowania dla elementów uziemiających

Materiał	Kształt	Minimalne wymiary średnica/przekrój/grubość [grubość powłoki] mm/mm ² /mm [μm]				
		PN-HD 60364-5-54 2011 ¹⁾	PN-EN 50522 2011	PN-EN 62305-3 2011	PN-EN 62561-2 2012	
Miedź	goła/ cynowana	Drut	- / (25) 50 / -	- / 25 / -	- / 50 / -	8 / 50 / - [1 μm]
		Taśma	- / 50 / 2	- / 50 / 2	- / 50 / -	- / 50 / 2 [1 μm]
		Pręt	(12) 15 / - / -		15 / - / -	15 / 176 / - [1 μm]
		Linka ²⁾	1,7 / (25) 50 / - [1 μm]	1,8 / 25 / -	- / 50 / -	1,7 / 50 / - [1 μm]
		Rura	20 / - / 2	20 / - / 2	20 / - / -	20 / 110 / 2 [1 μm]
		Płyta lita ³⁾	- / (1,5) 2		500 x 500 / -	500 x 500 / 1,5 [1 μm]
		Krata ³⁾	- / 2		600 x 600 ⁴⁾ / -	600 x 600 / - [1 μm] ⁵⁾
	galwanizowana	Taśma		- / 50 / 2 [20 μm]		
	z powłoką Pb	Drut		- / 25 / - [1000 μm]		
		Linka		1,8 / 25 / - [1000 μm]		
Stal	pomiedziowana elektrolitycznie	Drut	(8) / - / - [70 μm]		- / 50 / -	8 / 50 / - [250 μm] 10 / 78 / - [70 μm]
		Taśma	- / 90 / 3 [70 μm]		- / 90 / -	- / 90 / 3 [70 μm]
		Pręt	14 / - / - [250 μm]	14,2 / - / - [90 μm]	14 / - / -	14 / 150 / - [250 μm]
	z powłoką Cu	Pręt	(15) / - / - [2000 μm]	15 / - / - [2000 μm]		
	z powłoką Pb	Drut		8 / - / - [1000 μm]		
	ocynkowana ogniowo	Drut	10 / - / - [45 μm]	10 / - / - [50 μm ⁷⁾	- / 78 / -	10 / 78 / -
		Taśma	- / 90 / 3 [63 μm]	- / 90 / 3 [63 μm]	- / 90 / -	- / 90 / 3
		Pręt	16 / - / - [45 μm]	16 / - / - [63 μm]	14 / - / -	14 / 150 / -
		Linka ²⁾	- / 70 / -			
		Rura	25 / - / 2 [45 μm]	25 / - / 2 [47 μm]	25 / - / -	25 / 140 / 2
		Płyta lita ³⁾			500 x 500	500 x 500 / 3
	goła w betonie	Krata ³⁾			600 x 600 ⁴⁾	600 x 600 ⁴⁾ / - ⁶⁾
		Drut	10 / - / -		- / 78 / -	10 / 78 / -
		Taśma	- / 75 / 3		- / 75 / -	- / 75 / 3
	nierdzewna	Linka ²⁾			- / 70 / -	1,7 / 70 / -
Drut		10 / - / -		- / 78 / -	10 / 78 / -	
Taśma		- / 90 / 3		- / 100 / -	- / 100 / 2	
Pręt		16 / - / -		15 / - / -	15 / 176 / -	
	Rura	25 / - / 2				

Uwagi:

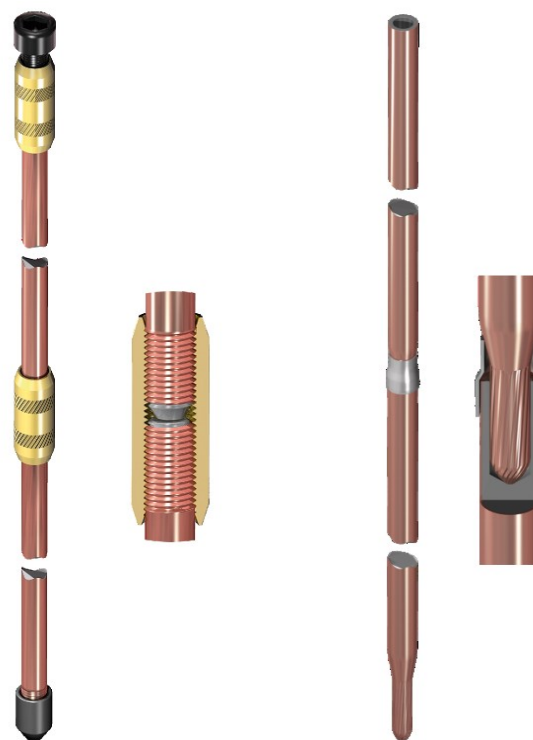
- 1) – wartości w nawiasach dotyczą uziomów przeznaczonych jedynie do celów ochrony przeciwporażeniowej
- 2) – średnica podana dla pojedynczego drutu
- 3) – dla płyt i krat podane wymiary to powierzchnia/grubość
- 4) – kratownica skonstruowana z przewodu o długości co najmniej 4,8 m
- 5) – zbudowana z taśmy o przekroju 25 × 2 mm lub drutu o średnicy 8 mm
- 6) – zbudowana z taśmy o przekroju 30 × 3 mm lub drutu o średnicy 10 mm
- 7) – wartość średnia

2. Dopuszczane materiały

We wszystkich wymienionych normach jako materiały stosowane do produkcji elementów uziemiających zaleca się stosowanie miedzi: gołej lub cynowanej, oraz stali: ocynkowanej na gorąco, nierdzewnej lub pomiedziowanej elektrolitycznie. Normy elektryczne (zarówno PN-HD 60364-5-54:2011, jak i PN-EN 50522:2011) dopuszczają do stosowania także stal pokrytą powłoką miedzi o grubości 1000 μm , jednak taki materiał podatny jest na odwarstwianie powłoki Cu pod wpływem narażeń mechanicznych. Z tego względu normy odgromowe dopuszczają już jedynie stal pomiedziowaną elektrolitycznie, która dzięki opracowanej technologii zapewnia znacznie trwalszy kontakt obu warstw nawet przy znacznie mniejszej grubości powłoki Cu.

Norma PN-EN 50522 jako jedyna z wymienionych dopuszcza do stosowania takie materiały jak stal i miedź z powłokami z ołowiu. Ze względu na szkodliwe właściwości ołowiu takie materiały nie powinny być obecnie dopuszczane do stosowania.

Pewne rozbieżności pomiędzy zaleceniami poszczególnych norm dotyczą coraz popularniejszej w ostatnich latach stali pomiedziowanej elektrolitycznie. W normie PN-EN 50522 jest mowa jedynie o prętach wykonanych z takiego materiału, przy czym pozostałe normy dopuszczają także druty i taśmy (bednarki). Błędna wydaje się podana w PN-EN 50522 minimalna grubość powłoki miedzi dla prętów pionowych: 90 μm . Zarówno normy odgromowe, jak i norma dotycząca instalacji niskiego napięcia wymagają aby grubość tej warstwy wynosiła co najmniej 250 μm ponieważ powłoka o grubości 90 μm może być zbyt mało odporna na narażenia mechaniczne jakim poddawane są pręty przy pogrążaniu w ziemi. Cieńsze grubości warstw dopuszczalne są natomiast w przypadku drutów i bednarek, które są układane poziomo w wykopach i przysypywane ziemią przez co w znacznie mniejszym stopniu narażone są na uszkodzenia. Nie wydaje się ponadto logiczne, aby większe obostrzenia były stawiane instalacjom niskiego napięcia (w której także wymagana jest grubość warstwy 250 μm) niż dla instalacji o napięciu powyżej 1 kV. Obecnie niewielu producentów spełnia te wymagania. Spotkać można na rynku przykładowo pręty stalowe pomiedziowane o powłoce Cu 240 μm – różnica choć niewielka to powoduje, że dany produkt nie spełnia wymagań normatywnych.



Rys. 1. Uziomy pionowe pomiedziowane:
a) gwintowany;
b) kuty z powłoką Cu 250 μm

W najnowszych normach odgromowych nie podano wymagań odnośnie grubości powłok cynku, chociaż takie informacje podane były we wcześniejszej wersji normy PN-EN 62305-3 z 2009 r. Były tam sprecyzowane wymagania, które mówiły, że powłoka cynku powinna być gładka, ciągła i wolna od plam a jej minimalna grubość powinna wynosić 50 μm dla elementów okrągłych (druty i pręty) oraz 70 μm dla materiałów płaskich (bednarki). Wśród najnowszych norm wymagania te zamieszczone są jedynie w normach dotyczących instalacji elektrycznych. Należy jednak zwrócić uwagę, że wartości te podane w normach PN-EN 50522:2011 i PN-HD 60364-5-54:2011 są różne. W zależności od kształtu elementu zalecane minimalne grubości powłok wahają się od 45 do 63 μm . Dostępne na rynku produkty spełniają jednak przeważnie zalecenia zarówno obu norm elektrycznych, jak i wcześniejszej normy odgromowej: grubości powłok wynoszą typowo co najmniej 50 μm dla drutów i 70 μm dla bednarek.

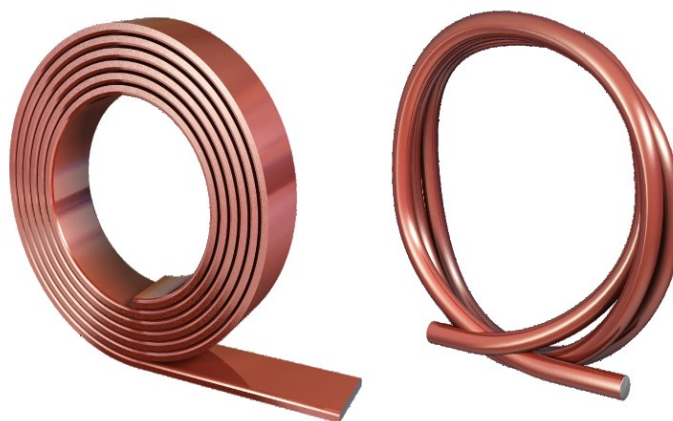
Żadna z norm nie wymienia wśród materiałów dopuszczanych do stosowania stali ocynkowanej galwanicznie.

3. Minimalne wymiary elementów

Wymagania dotyczące minimalnych wymiarów poszczególnych kształtów elementów są w przybliżeniu zgodne, jednak pojawiają się pewne rozbieżności.

W normie dotyczącej instalacji niskiego napięcia PN-HD 60364-5-54 dla wybranych elementów (druty, linki i pręty miedziane) podano dwa wymiary odpowiednio dla przypadku gdy instalacja uziemiająca jest przeznaczona jedynie do celów ochrony przeciwporażeniowej oraz gdy instalacja ma być wykorzystana również do celów ochrony odgromowej. Wymiary elementów uziemień, np. minimalne średnice prętów lub przekroje drutów mogą być mniejsze w przypadku gdy uziom pełni funkcje jedynie roboczą lub ochrony przeciwporażeniowej i nie jest narażony na oddziaływanie prądów piorunowych. Wymiary zalecane w PN-EN 50522 pokrywają się z wartościami podanymi w PN-HD 60364-5-54 właśnie dla tego przypadku. W związku z tym należy rozumieć, że wymiary podane w PN-EN 50522 dotyczą jedynie zastosowań do celów ochrony przeciwporażeniowej, natomiast jeżeli uziom ma za zadanie także rozproszenie prądu pioruna w ziemi to należy stosować się do bardziej rygorystycznych wymagań norm PN-EN 62305-3:2011 i PN-EN 62561-2:2012.

W najnowszej normie odgromowej PN-EN 62305-3:2011 zamieszczono mniej szczegółowe w porównaniu do edycji z 2009 r informacje dotyczące uziomów. W stosunku do pierwszej edycji usunięto informacje dotyczące m. in. grubości bednarek, grubości



Rys. 2. Bednarka i drut ze stali pomiedziowanej z powłoką Cu 70 μm

powłoki miedzi i cynku dla prętów stalowych, średnic drutów. Pozostawiono jedynie wymagania dotyczące średnic prętów, powierzchni przekroju drutów i bednarek oraz powierzchnie płyt i kratownic. Wszelkie szczegółowe zalecenia przeniesione zostały do normy PN-EN 62561-2:2012 – poza wymaganiami odnośnie grubości warstw cynku, które obecnie nie są zawarte w żadnej z norm odgromowych. Warto także wspomnieć, że pręty pomiedziowane elektrolitycznie były wymieniane już w normie PN-EN 50164-2:2003 dotyczącej przewodów i uziomów, a w normach odgromowych serii 62305 pojawiły się dopiero w 2011 r.

Różnice można także zauważyć w minimalnych średnicach prętów wykonanych ze stali ocynkowanej oraz stali nierdzewnej a także w wymiarach bednarek ze stali nierdzewnej. Normy elektryczne zalecają stosowanie prętów ze stali ocynkowanej na gorąco i stali nierdzewnej o średnicach 16 mm przy czym normy odgromowe dopuszczają mniejsze średnice o wartościach odpowiednio 14 i 15 mm. Różnica ta w praktyce jest jednak mało znacząca, ponieważ większość producentów oferuje pręty stalowe o średnicach co najmniej 16 mm (typowo ϕ 16 mm, 18 mm lub 20 mm), które spełniają wymagania zarówno norm odgromowych jak i elektrycznych.

Minimalna powierzchnia przekroju bednarek ze stali nierdzewnej według PN-HD 60364-5-54 powinna wynosić 90 mm² przy grubości 3 mm, natomiast według norm odgromowych powinna ona wynosić co najmniej 100 mm² przy grubości 2 mm. Na rynku przeważnie oferowane są jednak bednarki ze stali nierdzewnej o przekroju 105 mm² (30 mm × 3,5 mm) co spełnia wymagania dowolnej z norm zarówno w zakresie minimalnej powierzchni przekroju, jak i grubości materiału.

4. Próby testujące

Zalecenia dotyczące instalacji uziemiających według norm odgromowych są znacznie bardziej szczegółowe. Poza kształtem, minimalnymi wymiarami oraz grubościami powłok w normie PN-EN 62561-2:2012 określono także inne wymagania dotyczące wytrzymałości mechanicznej, maksymalnej rezystywności czy prób środowiskowych.

Uziemienia powinny charakteryzować się dużą wytrzymałością mechaniczną. Druty i bednarki powinny być poddawane próbom polegającym na kilkukrotnym wyginaniu ich o kąt 90° w celu sprawdzenia czy nie powoduje to pęknięć lub łuszczenia się warstw powierzchniowych. Elementy poddawane powinny być także próbom wytrzymałościowym zgodnie z ISO 6892:1998. W zależności od materiału i kształtu elementy uziemiające powinny przechodzić próby narażenia określoną siłą ciągnącą:

- | | |
|---|-------------------------------|
| – elementy miedziane (dowolny kształt) | 200 – 450 N/mm ² , |
| – pręty i rury ze stali ocynkowanej | 350 – 770 N/mm ² , |
| – druty i taśmy ze stali ocynkowanej lub pomiedziowanej | 290 – 510 N/mm ² , |
| – pręty ze stali pomiedziowanej | 600 – 770 N/mm ² , |
| – pręty ze stali nierdzewnej | 500 – 770 N/mm ² , |
| – druty i taśmy ze stali nierdzewnej | 400 – 730 N/mm ² . |

Spełnienie powyższego kryterium jest istotne w szczególności w przypadku prętów co gwarantuje im odpowiednią wytrzymałość uziomów pionowych przy pogrążaniu ich w ziemi np. za pomocą wibromłotów (Rys. 3).

Dla elementów ze stali pomiedziowanej określono dodatkowe próby mające na celu zbadanie przyczepności warstwy miedzi oraz odporności na rozwarstwianie przy narażeniach mechanicznych.

Elementy uziemiające powinny charakteryzować się także dobrymi parametrami elektrycznymi. Maksymalna dopuszczalna rezystywność, wyznaczona na podstawie pomiaru rezystancji i powierzchni przekroju badanej próbki, nie powinna przekraczać: 0,019 $\mu\Omega\text{m}$ dla elementów miedzianych, 0,80 $\mu\Omega\text{m}$ dla elementów ze stali nierdzewnej oraz 0,25 $\mu\Omega\text{m}$ dla elementów ze stali gołej, ocynkowanej lub pomiedziowanej.

Poza próbami wytrzymałościowymi i elektrycznymi uziomy powinny być poddawane także próbom mającym na celu zbadanie odporności uziomu na oddziaływanie środowiska w celu zbadania podatności elementów na korozję. Takie badania przeprowadzane są między innymi w komorze solnej. Badania te mogą pozostawiać jednak pewne wątpliwości. Można się spotkać z publikacjami, według których wynika, że na podstawie badań w komorze solnej uziomów stalowych ocynkowanych i pomiedziowanych wyższą odpornością na korozję charakteryzują się te pierwsze. Dla porównania prowadzone były także wieloletnie badania poligonowe, w których próbom poddano podobne uziomy zakopane w ziemi, z których wynika z kolei, że znacznie wyższą odpornością na korozję charakteryzują się uziomy pomiedziowane. Z pewnością bardziej wiarygodne są próby polegające na zakopaniu uziomów w ziemi – czyli w środowisku rzeczywistym – niż próby w sztucznie stworzonym środowisku. Wymagają one jednak wieloletnich obserwacji w porównaniu do jedynie kilku dniowych badań laboratoryjnych. Próby środowiskowe zgodne z PN-EN 62561-2:2012 pozwalają na stosunkowo szybkie zbadanie elementów przed wprowadzeniem ich na rynek jednak jak się okazuje nie koniecznie dają wiarygodne wyniki.



Rys. 3. Pogrążanie uziomu pionowego w ziemi za pomocą wibromłotu

5. Niebezpieczeństwo korozji

Zarówno w normach elektrycznych (PN-HD 60364-5-54), jak i odgromowych (PN-EN 62305-3) znajdują się zapisy mówiące o niebezpieczeństwie jakie może

wynikać ze stosowania niewłaściwych materiałów w przypadku łączenia sztucznej instalacji uziemiającej z uziomem fundamentowym. Łączenie popularnych (ze względu na niską cenę) bednarek ze stali ocynkowanej ze stalą zalaną w betonowych fundamentach budynku powoduje niebezpieczeństwo przyspieszonej korozji tych pierwszych. Ze względu na różne wartości potencjałów elektrochemicznych stali w betonie i stali ocynkowanej w glebie ich połączenie stanowi ogniwo galwaniczne przez które nieustannie płynie prąd, powodując tym samym przyspieszenie procesu korozji stali ocynkowanej umieszczonej w ziemi. Z tego względu normy do łączenia z uziomem fundamentowym dopuszczają jedynie miedź, stal nierdzewną lub stal pomiedziowaną elektrolitycznie. Miedź i stal nierdzewna były zalecane w takim przypadku już w pierwszej edycji normy PN-EN 62305-3:2009, najnowsza norma PN-EN 62305-3:2011 dopuszcza już także stal pomiedziowaną elektrolitycznie. Problem ten jest jednak często lekceważony przez projektantów a powinien być brany pod uwagę zawsze gdy wykorzystywane są uziomy fundamentowe, zarówno w przypadku budynków, stacji transformatorowych, jak i słupów energetycznych. Przy wysokich cenach miedzi i stali nierdzewnej (a tym samym dużym ryzyku kradzieży takich materiałów) stal pomiedziowana stanowi najbardziej opłacalne rozwiązanie pod względem technicznym i ekonomicznym przy jednoczesnym zachowaniu wysokiej odporności na korozję charakterystyczną dla miedzi i wytrzymałości stali.

6. Podsumowanie

Wymagania dotyczące elementów instalacji uziemiającej w omówionych normach powinny być ujednoczone. Sytuacja gdy różne normy definiują odmienne wymagania powinna być niedopuszczalna. Obecny stan wskazuje na brak współpracy pomiędzy poszczególnymi grupami roboczymi. Norma PN-HD 60364-5-54 opracowana została przez grupę roboczą IEC/TC 64 zajmującą się instalacjami elektrycznymi niskiego napięcia i ochroną przeciwporażeniową, norma PN-EN 50522 opracowana została przez grupę IEC/TC 99 zajmującą się instalacjami elektrycznymi o napięciu powyżej 1 kV napięcia przemiennego i 1,5 kV napięcia stałego, a normy serii PN-EN 62305 i PN-EN 62561 przez grupę IEC/TC 81 zajmującą się ochroną odgromową. Oferowane na rynku produkty, tak jak zostało wspomniane w tekście, przeważnie oferowane są w wymiarach, które spełniają wymagania dowolnej z norm. Jednak niektóre różnice, takie jak grubość powłoki miedzi dla prętów stalowych (90 μm wg PN-EN 50522; 250 μm wg pozostałych norm) może mieć już istotne znaczenie. W tablicach 2 - 4 przedstawiono propozycję ujednoczenia zaleceń dotyczących wymiarów i grubości powłok opracowaną na podstawie omówionych norm dla najczęściej stosowanych elementów: drutów, bednarek i prętów .

Tablica 2. Materiały i wymiary minimalne drutów

Materiał	Minimalne wymiary		
	średnica mm	przekrój mm ²	powłoka μm
Miedź goła / cynowana	8	50	- / 1
Stal pomiedziana elektrolitycznie	8	50	250
	10	78	70
Stal ocynkowana ogniowo	10	78	50
Stal goła w betonie	10	78	-
Stal nierdzewna	10	78	-

Tablica 3. Materiały i wymiary minimalne bednarek

Materiał	Minimalne wymiary		
	przekrój mm ²	grubość mm	powłoka μm
Miedź goła / cynowana	50	2	- / 1
Stal pomiedziana elektrolitycznie	90	3	70
Stal ocynkowana ogniowo	90	3	70
Stal goła w betonie	75	3	-
Stal nierdzewna	100	3	-

Tablica 4. Materiały i wymiary minimalne prętów

Materiał	Minimalne wymiary		
	średnica mm	przekrój mm ²	powłoka μm
Miedź goła / cynowana	15	176	- / 1
Stal pomiedziana elektrolitycznie	14	150	250
Stal ocynkowana ogniowo	16	200	50
Stal nierdzewna	16	200	-

Literatura

- [1] PN-HD 60364-5-54:2011 Instalacje elektryczne niskiego napięcia -- Część 5-54: Dobór i montaż wyposażenia elektrycznego -- Układy uziemiające i przewody ochronne (oryg.)
- [2] PN-EN 50522:2011 Uziemienie instalacji elektroenergetycznych prądu przemiennego o napięciu wyższym od 1 kV (oryg.)
- [3] PN-EN 62305-3:2011 Ochrona odgromowa -- Część 3: Uszkodzenia fizyczne obiektów i zagrożenie życia (oryg.)
- [4] PN-EN 62561-2:2012 Elementy urządzenia piorunochronnego (LPSC) -- Część 2: Wymagania dotyczące przewodów i uziomów (oryg.)