

The background image shows a top-down view of an electrical earthing pit. The pit is a dark, circular opening in a grey stone-paved surface. To the right of the pit, a blue plastic lid with a metal terminal block is placed. Several copper rods with threaded ends are lying on the pavement. In the bottom right corner, there are yellow plastic anchors and a silver metal sleeve. On the left side, a portion of a grey electrical testing device is visible, with various buttons and a small display screen. A large, semi-transparent red lightning bolt graphic is overlaid on the left side of the image.

„ UZIOM NA LATA – ZAPROJEKTUJ I WYBUDUJ”

Marek Sekściński

2 czerwca 2023 r.

A black and white photograph showing a large, dense coil of white cables. The cables are bundled together and held in place by several black plastic clips. The perspective is from the center of the coil, looking outwards, creating a tunnel-like effect.

Cel budowy układu uziemiającego

Cel budowy układu uziemiającego

1. Uzyskanie określonej wartości rezystancji uziemienia

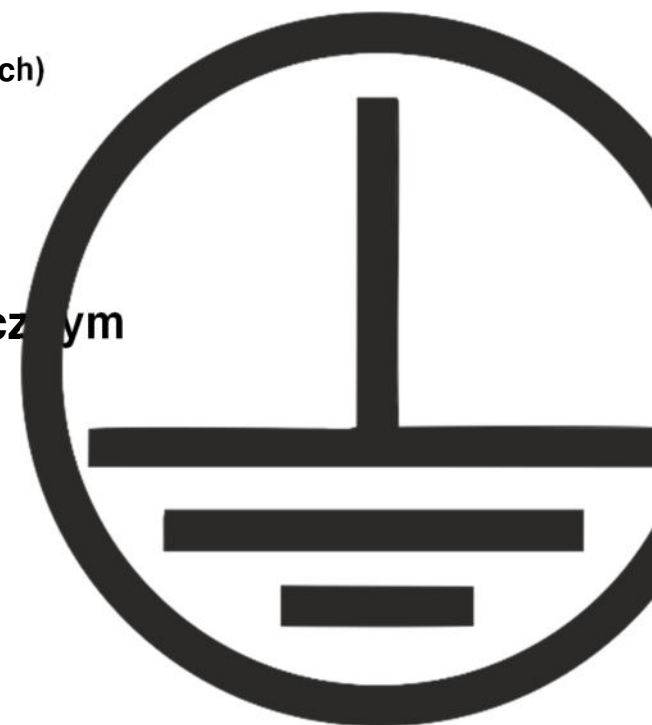
- ochrona przed porażeniem (minimalizacja napięć dotykowych i krokowych)
- ochrona odgromowa i przed przepięciami
- warunki pracy systemu technicznego

2. Wykonanie uziomu o określonym wymiarze geometrycznym

- ochrona odgromowa

3. Ekwipotencjalizacja gruntu

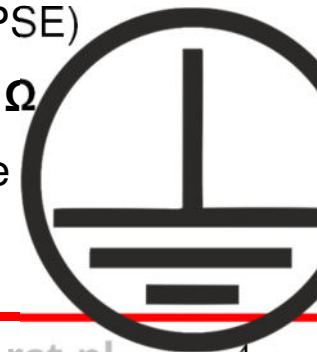
- ochrona przed porażeniem (minimalizacja napięć krokowych)



Kryterium **wartości rezystancji uziemienia**

$$R = ? \Omega$$

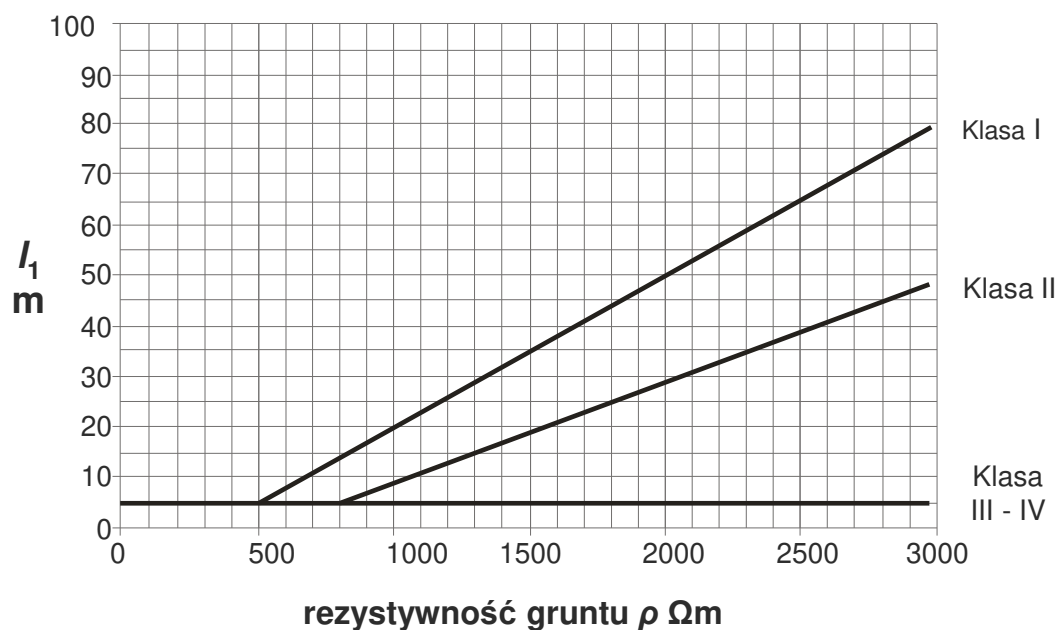
- ochrona przed porażeniem wg PN-HD 60364 – w zależności od zastosowanych środków ochrony (RCD, MCB)
- do celów ochrony odgromowej, wg PN-EN 62305-3: zalecane $R \leq 10 \Omega$
- warunki przyłączenia operatora sieci dystrybucyjnej, np.: $R \leq 30 \Omega$
- w obiektach energetycznych, wg PN-EN 50522: ze względu na ochronę przeciwporażeniową, uzyskanie rezystancji uziemienia R_E ograniczającej napięcia rażeniowe poniżej dopuszczalnych wartości przy określonych prądach zwarciovych $R_E \sim 1 \div 5 \Omega$
- sieci elektroenergetyczne, wg wytycznych i standardów operatorów: np. rezystancja uziemienia słupa WN 110 kV $R \leq 10 \Omega$ dla $\rho < 1000 \Omega\text{m}$ lub $R \leq 15 \Omega$ dla $\rho > 1000 \Omega\text{m}$ (wg standardu PSE)
- sieć trakcyjna PKP PLK S.A., wg let-120: rezystancja uziemienia słupów trakcyjnych $R \leq 50 \Omega$
- wymagania technologiczne narzucone przez producenta urządzeń instalowanych w obiekcie
- ...



Wprowadzenie

Kryterium wymiaru geometrycznego

Ze względu na wymagania ochrony odgromowej, wg PN-EN 62305 wymagane jest uzyskanie minimalnej długości uziomu l (lub uzyskanie $R \leq 10 \Omega$)



PN-EN 62305-3

- l_1 - dla uziomów poziomych
- $0,5 l_1$ - dla uziomów pionowych

$$\rho = 500 \Omega\text{m}$$

- uziom poziomy $L = 5 \text{ m}$

$$R = \frac{\rho}{2\pi L} \ln\left(\frac{L^2}{hd}\right) = 128 \Omega$$

- uziom pionowy $L = 2,5 \text{ m}$

$$R = \frac{\rho}{2\pi L} \left[\ln\left(\frac{8L}{d}\right) - 1 \right] = 199 \Omega$$



Kryterium wymiarów geometrycznych może prowadzić do układów o dużych wartościach rezystancji uziemienia

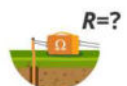
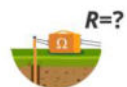


Rezystywność gruntu

Jak wykonać uziom o określonej wartości rezystancji uziemienia?



Pograżanie kolejnych uziomów do momentu uzyskania oczekiwanego wyniku pomiaru



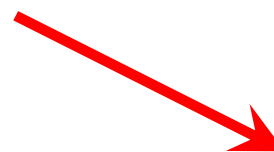
optymalne zużycie materiałów



brak możliwości określenia wstępnego zapotrzebowania na materiały i czas pracy



brak podstaw do uzyskania odstępstw od wymagań przy braku pomiarów rezystywności gruntu



Budowa uziomu na podstawie projektu bazującego na obliczeniach teoretycznych



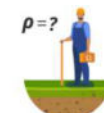
pozyskanie wiedzy o lokalnych warunkach glebowych (pomiar rezystywności gruntu)



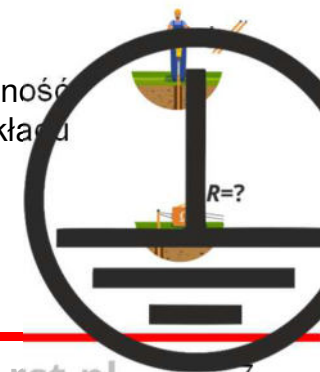
możliwość określenia wstępnego zapotrzebowania na materiały i czas pracy



zawsze należy brać pod uwagę konieczność dodatkowej rozbudowy projektowanego układu uziomów



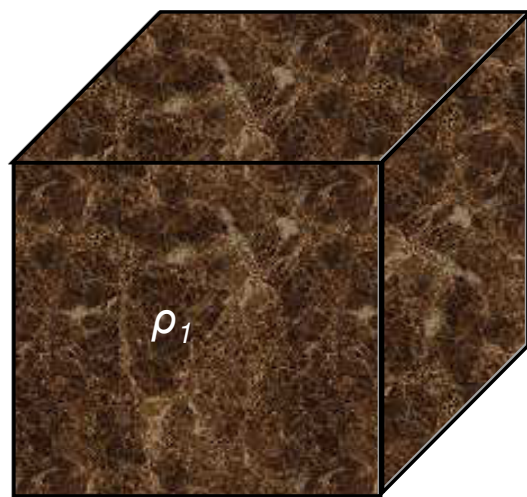
$$R = \frac{\rho}{2\pi L} \left[\ln\left(\frac{8L}{a}\right) - 1 \right]$$



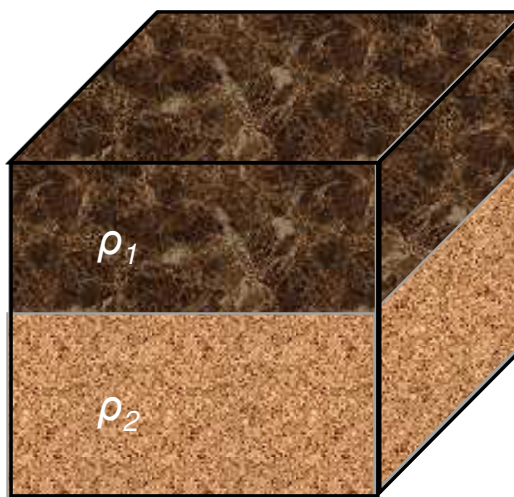
■ Rezystywność gruntu

Struktura gleby

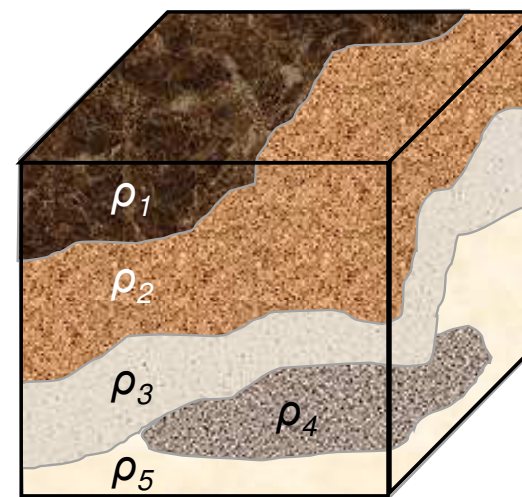
Rezystywność gruntu (ρ , Ωm) określa właściwości gleby w zakresie przewodzenia prądu elektrycznego. Im mniejsza rezystywność tym lepiej grunt przewodzi prąd elektryczny, a zatem prądy zwarciove, prądy pioruna i inne zakłócenia. Wiedza o rezystywności gruntu pozwala na oszacowanie rozmiarów układu uziemiającego (np.: liczba i długości uziomów pionowych) i określenie kosztów inwestycji. Im wyższa rezystywność gruntu, tym bardziej rozbudowany musi być układ uziomów dla uzyskania określonej, najczęściej małej (np. 10 Ω), wartości rezystancji uziemienia.



Grunt
jednorodny



Grunt dwuwarstwowy



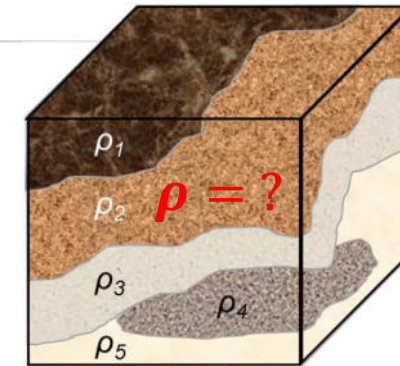
Grunt niejednorodny

Rezystywność gruntu

Typowe zakresy rezystywności dla różnych rodzajów gruntu

Rodzaj gruntu	Rezystywność ρ $\Omega \text{ m}$
Grunt bagnisty	Od kilku do 30
Grunt aluwialny	20 do 100
Humus	10 do 150
Torf wilgotny	5 do 100
Gлина plastyczna	50
Margiel i zwarta glina	100 do 200
Jurajski margiel	30 do 40
Piasek gliniasty	50 do 500
Piasek krzemionkowy	200 do 3 000
Grunt kamienisty nagi	1 500 do 3 000
Grunt kamienisty pokryty trawnikiem	300 do 500
Wapień miękki	100 do 300
Wapień zwarty	1 000 do 5 000
Wapień popękany	500 do 1 000
Łupek	50 do 300
Łupek mikowy	800
Granit i piaskowiec w zależności od stopnia zwietrzenia	1 500 do 10 000
Granit i bardzo zmieniony piaskowiec	100 do 600

PN-HD 60364-5-54 Tablica D.54.1



$$R = \rho \cdot f(L, d, b, h, \dots)$$

- piasek gliniasty:
 $\rho = 50 \dots 500 \Omega \text{ m}$

- uziom pionowy $L = 6 \text{ m}$

$$R = \frac{\rho}{2\pi L} \left[\ln\left(\frac{8L}{d}\right) - 1 \right]$$

$$\rho = 50 \Omega \text{ m} \quad R = 9,5 \Omega$$

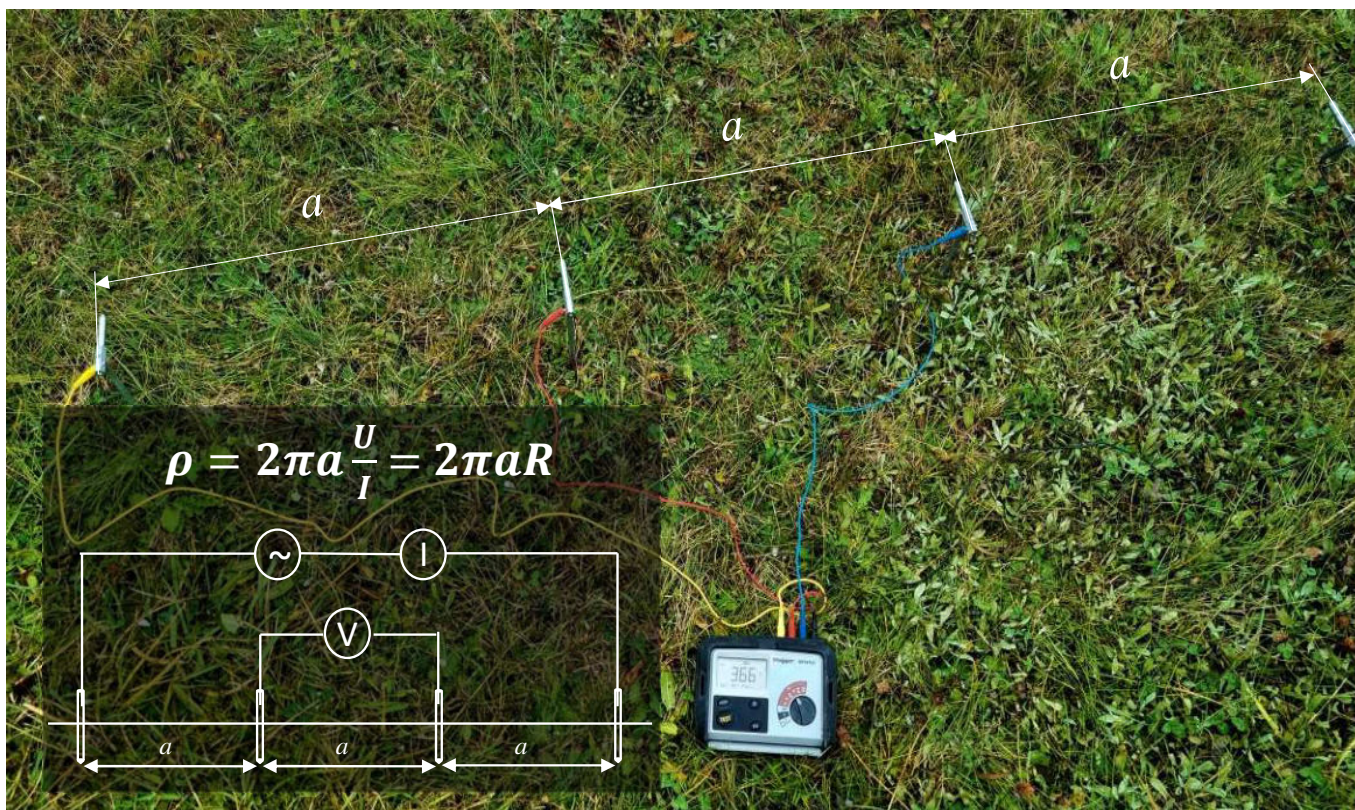
$$\rho = 500 \Omega \text{ m} \quad R = 94,5 \Omega$$



Nie należy przyjmować wartości rezystywności gruntu ρ na podstawie wartości podanych w tablicach ponieważ może to prowadzić do błędów przekraczających **1000%!**

▪ Rezystywność gruntu

Pomiar rezystywności gruntu - teoria



Metoda Wennera

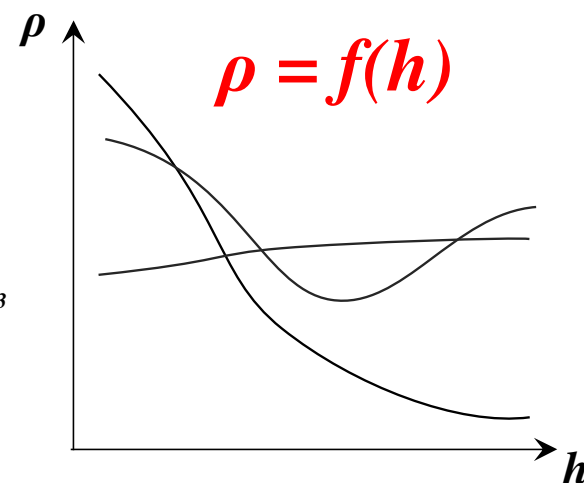
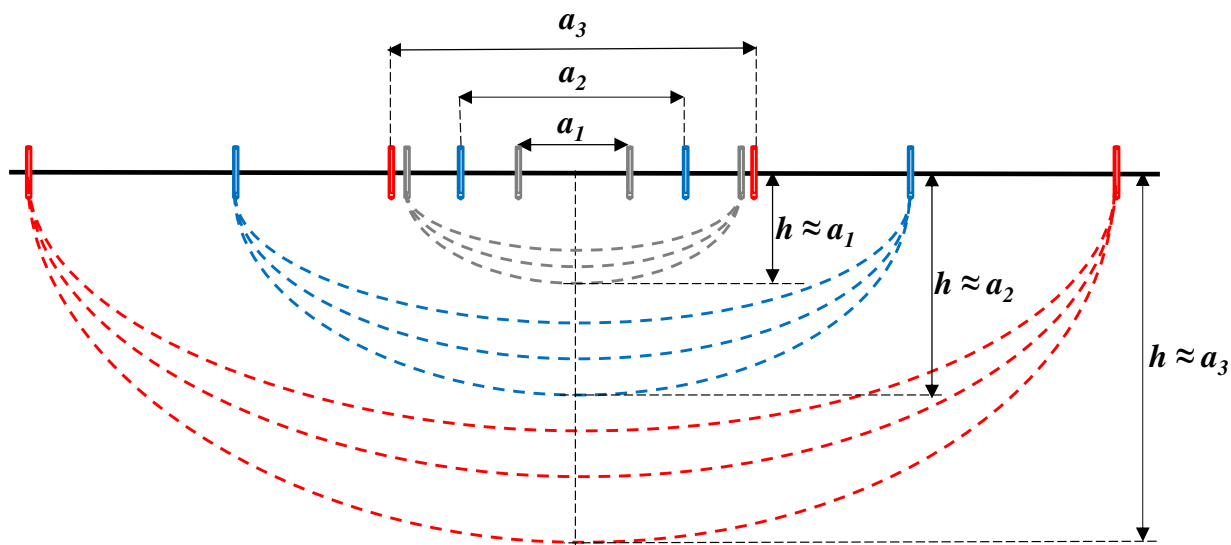
umożliwia pomiar rzeczywistej rezystywności gruntu w danym terenie do określonej głębokości

$$h \approx a$$

Przeprowadzenie pomiarów rezystywności gruntu przy różnych rozstawach sond pomiarowych a pozwala na zbadanie właściwości gruntu do różnych głębokości h .

Rezystywność gruntu

Sondowanie geoelektryczne

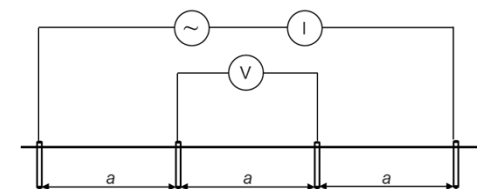


Pomiary należy przeprowadzać dla głębokości na jakie pogrążane mają być projektowane elementy układu uziomów – poziome i pionowe:

$$a = t + 1,5n$$

t – głębokość układania uziomów poziomych

n – zakładana wstępnie wielokrotność długości pręta uziomowego 1,5 m



Metoda Wennera



Dobór materiałów

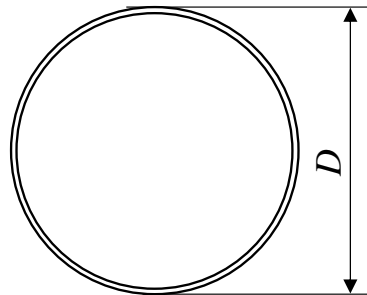


Rodzaj materiału nie wpływa na wartość rezystancji uziemienia, ale decyduje o okresie eksploatacji układu uziemiającego, a więc na to jak długo ta wartość rezystancji zostanie zachowana.

Prawo budowlane:

*Art. 5. 1. Obiekt budowlany jako całość oraz jego poszczególne części, wraz ze związanymi z nim urządzeniami budowlanymi należy, **biorąc pod uwagę przewidywany okres użytkowania**, projektować i budować w sposób określony w przepisach, w tym techniczno-budowlanych, oraz zgodnie z zasadami wiedzy technicznej, (...)*

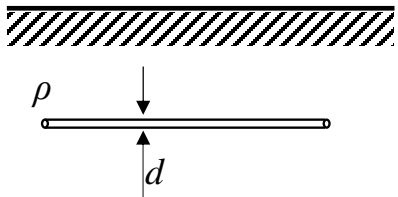
▪ Dlaczego warto stosować uziomy pomiedziowane



$$R = \frac{\rho}{\pi^2 D} \ln\left(\frac{2\pi D}{d}\right)$$

$$R_k = \frac{\rho}{4} \sqrt{\frac{\pi}{A}} + \frac{\rho}{L_T}$$

$$R_k = \rho \left[\frac{1}{L_T} + \frac{1}{\sqrt{20A}} \left(1 + \frac{1}{1 + h\sqrt{20/A}} \right) \right]$$



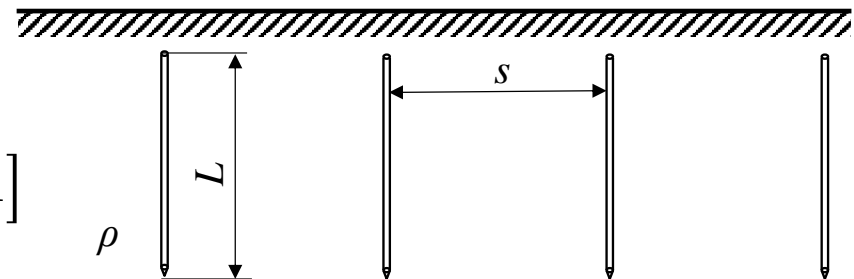
$$R = \rho \cdot f(L, d, b, h, \dots)$$

$$R = \frac{\rho}{\pi L} \ln\left(\frac{2L}{d}\right)$$

$$R = \frac{\rho}{2\pi L} \ln\left(\frac{4L}{d}\right)$$

$$R_n = \frac{1}{n} \frac{\rho}{2\pi L} \left[\ln\left(\frac{8L}{d}\right) - 1 + \frac{L}{s} 2 \ln\left(\frac{2n}{\pi}\right) \right]$$

$$R = \frac{\rho}{2\pi L} \left[\ln\left(\frac{8L}{d}\right) - 1 \right]$$



▪ Dobór materiałów



Przy doborze rodzaju materiałów na wykonanie układu uziemiającego należy brać pod uwagę następujące kwestie:

- zakładany okres eksploatacji projektowanej instalacji
- właściwości gruntu (pH, związki chemiczne)
- możliwość wystąpienia korozji elektrochemicznej (uziom fundamentowy)
- wymagane przekroje przewodów ze względu na spodziewane prądy zwarciovowe

Cu / StCu / StZn / StSt

▪ Dobór materiałów

Wymagania odnośnie materiałów, kształtu, minimalnych przekrojów i powłok ochronnych elementów układu uziomów zawarte są w normach:

- PN-EN 62305-3:2011 – wersja polska
Ochrona odgromowa -- Część 3: Uszkodzenia fizyczne obiektów i zagrożenie życia
- PN-EN 62561-2:2018-04 – wersja polska
Elementy urządzenia piorunochronnego (LPSC) -- Część 2: Wymagania dotyczące przewodów i uziomów
- PN-HD 60364-5-54:2011 – wersja polska
Instalacje elektryczne niskiego napięcia -- Część 5-54: Dobór i montaż wyposażenia elektrycznego -- Układy uziemiające i przewody ochronne
- PN-EN 50522:2011 – wersja polska
Uziemienie instalacji elektroenergetycznych prądu przemiennego o napięciu wyższym od 1 kV

▪ Dobór materiałów

Materiały i warunki stosowania do celów ochrony odgromowej i uziemień

Materiał	Zastosowanie			Korozja		
	W powietrzu	W ziemi	W betonie	Odporność na korozję	Związki przyspieszające korozję	Przeciwwskazania łączenia z materiałami ²⁾
Miedź	lita/linka	lita/linka powłoka	lita/linka powłoka	dobra w wielu środowiskach	związki siarki, materiały organiczne	-
Stal miedziana elektrolitycznie	lita/linka	lita	lita/linka	dobra w wielu środowiskach	związki siarki, amoniaku	-
Stal nierdzewna	lita/linka	lita/linka	lita/linka	dobra w wielu środowiskach	duża zawartość chlorków	-
Stal ocynkowana na gorąco¹⁾	lita	lita	lita	do przyjęcia w powietrzu, betonie i łagodnym gruncie	duża zawartość chlorków	miedź, stal w betonie ³⁾
Aluminium	lita/linka	niewłaściwe	niewłaściwe	dobra w atmosferze zawierającej małe koncentracje siarki i chlorku	roztwory alkaliczne	miedź
Ołów	lita powłoka	lita powłoka	niewłaściwe	dobra w atmosferze z dużą koncentracją siarczanów	grunty kwaśne	miedź, stal nierdzewna

¹⁾ stal ocynkowana galwanicznie nie jest dopuszczona do stosowania

²⁾ dotyczy zarówno połączeń bezpośrednich, jak i pośrednich powodujących galwaniczne sprzężenie

³⁾ dotyczy uziomów w gruncie

Na podstawie: PN-EN 62305-3 Tablica 5 - Materiały LPS i warunki ich stosowania

- Dobór materiałów

Materiały, kształty i minimalne przekroje elementów do budowy układu uziomów – wytyczne ujednolicone

Kształt	Minimalne wymiary wg PN-HD 60364-5-54:2011 / PN-EN 50522:2011 / PN-EN 62305-3:2011 / PN-EN-IEC 62561-2:2018			
	miedź Cu	stal pomiedziowana StCu	stal ocynkowana StZn	stal nierdzewna StSt
Drut	ϕ8 mm [Sn 1 µm]	ϕ8 mm [Cu 70 µm]	ϕ10 mm [Zn 350 g/m ²]	ϕ10 mm
Taśma	50 mm ² / 2 mm [Sn 1 µm]	90 mm ² / 3 mm [Cu 70 µm]	90 mm ² / 3 mm [Zn 500 g/m ²]	100 mm ² / 3 mm
Pręt	ϕ15 mm [Sn 1 µm]	ϕ14,2 mm [Cu 250 µm]	ϕ16 mm [Zn 350 g/m ²]	ϕ16 mm



Ciekawostka: według projektu 3. edycji IEC/EN 62305-3 w Stanach Zjednoczonych do bezpośredniego pograżania

w ziemi dopuszczane będą wyłącznie miedź, stal pomiedziowana lub stal nierdzewna



A grayscale photograph showing a cross-section of soil. A horizontal metal rod is inserted into the soil, and another rod is visible below it. The soil appears to be a mix of sand and silt. The text 'Właściwości uziomów poziomych' is overlaid on the image.

Właściwości uziomów poziomych

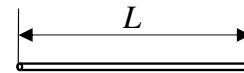
Właściwości uziomów poziomych

Uziomy poziome

➤ prostoliniowy

$$R = \frac{\rho}{2\pi L} \ln\left(\frac{L^2}{td}\right)$$

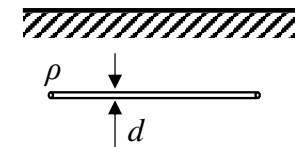
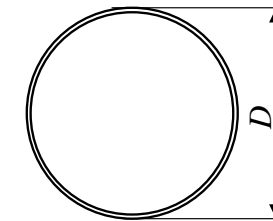
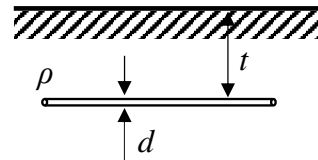
wg K. Wołkowiński



➤ pierścieniowy

$$R = \frac{\rho}{\pi^2 D} \ln\left(\frac{2\pi D}{d}\right)$$

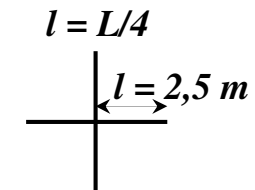
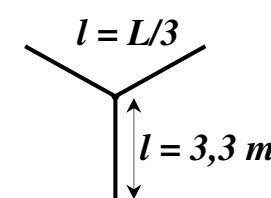
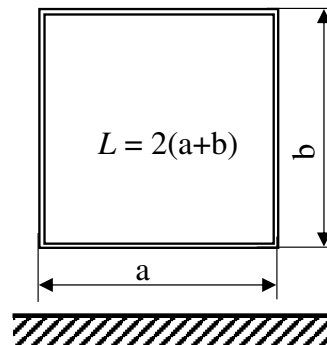
wg PN-EN 50522



➤ otokowy

$$R = \frac{\rho}{\pi L} \ln\left(\frac{2L}{d}\right)$$

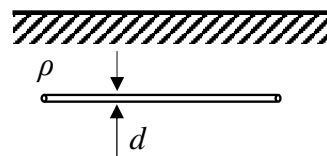
wg PN-EN 50522 przy $L = \pi D$



➤ rozgałęziony

$$R = \frac{\rho}{2\pi L} \ln\left(\frac{Bl^2}{td}\right)$$

wg H. Markiewicza



➤ kratowy

$$R = 0,443 \frac{\rho}{\sqrt{A}} + \frac{\rho}{L}$$

wg K. Wołkowiński

gdzie: ρ – rezystywność gruntu na głębokości układania uziomów poziomych,
 L – całkowita długość przewodów,
 D – średnica pierścienia,
 d – średnica drutu lub zastępcza średnica dla bednarki,
 t – głębokość ułożenia przewodu poziomego
 B – współczynnik kształtu
 A – powierzchnia zajmowana przez uziom

Właściwości uziomów poziomych

Wpływ konfiguracji przewodów na wartość rezystancji

Rezystancja uziomu poziomego, o różnej konfiguracji przy jednakowej całkowitej długości przewodów $L = 10\text{ m}$



Podstawowe znaczenie ma sumaryczna długość przewodów, a nie konfiguracja ich ułożenia

Konfiguracja	$l = L$ 	$l = L/2$ 	$l = L/3$ 	$l = L/4$
H. Markiewicz $R = \frac{\rho}{2\pi L} \ln\left(\frac{Bl^2}{td}\right)$	$B = 1$ 30,03 Ω	$B = 1,46$ 26,82 Ω	$B = 2,38$ 25,79 Ω	$B = 8,45$ 28,00 Ω
BS 7430 $R = \frac{\rho}{2\pi L} \ln\left(\frac{L^2}{ktd}\right)$	$k = 1,83$ 28,10 Ω	$k = 0,813$ 30,69 Ω	$k = 0,499$ 32,24 Ω	$k = 0,219$ 34,86 Ω
Uziom otokowy $R = \frac{\rho}{2\pi L} \ln\left(\frac{Bl^2}{td}\right)$	 $l = 2,5\text{ m}$	$B = 5,53$	$A = 6,25\text{ m}^2$	26,65 Ω
Uziom kratowy $R = 0,443 \frac{\rho}{\sqrt{A}} + \frac{\rho}{L}$	 $l = 0,83\text{ m}$	$L_{\Sigma} = 10\text{ m}$	$A = 2,78\text{ m}^2$	73,16 Ω

Założenia: $L = 10\text{ m}$, $\rho = 200\ \Omega\text{m}$, $t = 1\text{ m}$, $d = 8\text{ mm}$ L – całkowita długość przewodu; l – długość elementu charakterystycznego



Konfiguracja ułożenia przewodów może mieć duży wpływ na rozkład napięć powierzchniowych i impedancję układu uziomów

Właściwości uziomów poziomych

Wpływ przekroju przewodu na wartość rezystancji

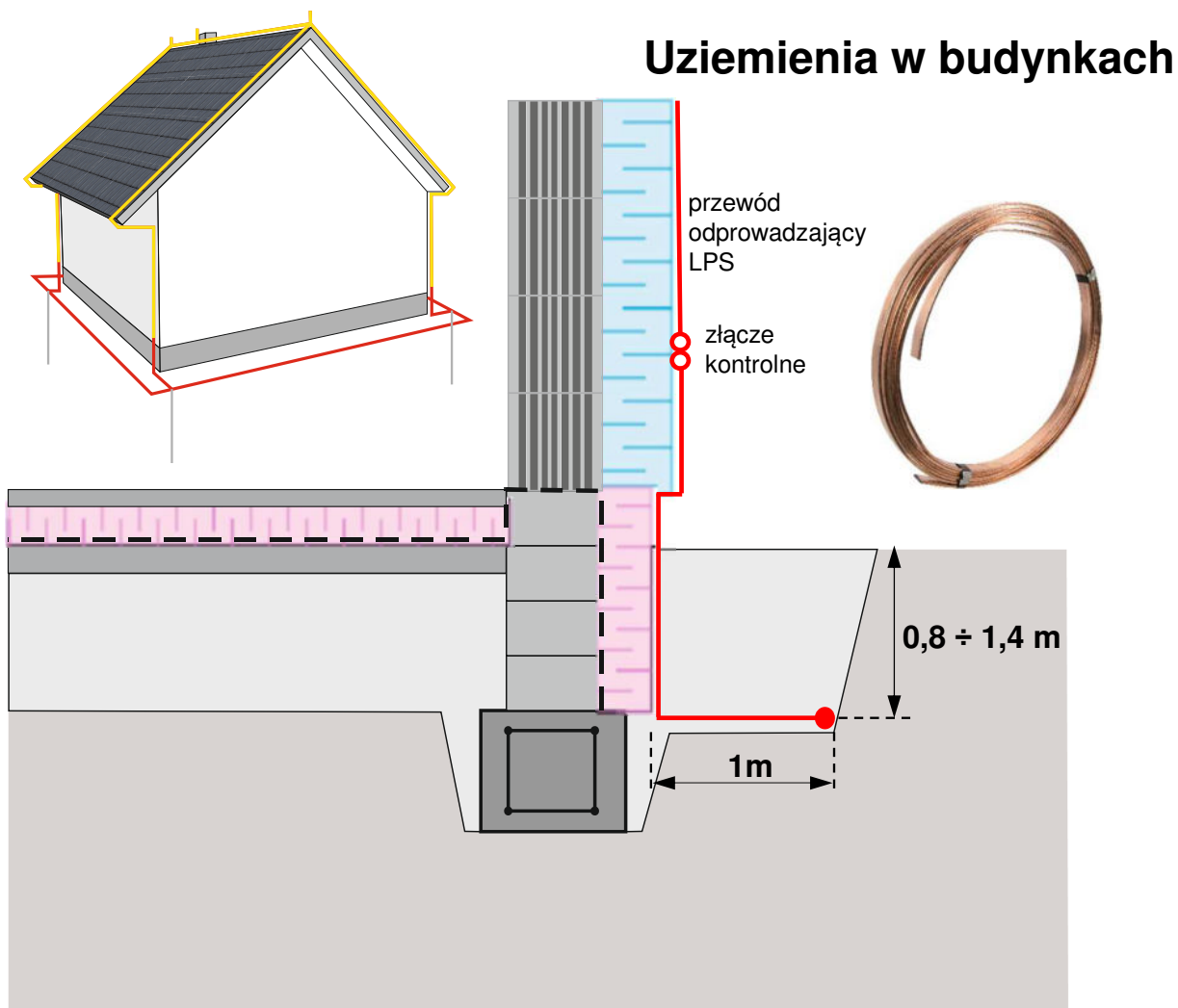
Rezystancja uziomu poziomego prostoliniowego R Ω			
		K. Wołkowiński	BS 7430:2011+A1:2015
Przewód	Przekrój mm ²	$R_z = \frac{\rho}{2\pi L} \ln\left(\frac{BL^2}{hd}\right)$	$R_{ta} = \frac{\rho}{2\pi L} \ln\left(\frac{L^2}{khd}\right)$
drut Φ8 mm	50	11,17	10,69
drut Φ10 mm	78	10,99	10,51
bednarka 30x3 mm	90	10,67	9,88
bednarka 25x4 mm	100	10,99	10,02
bednarka 30x4 mm	120	10,67	9,88
bednarka 40x4 mm	160	10,44	9,65
bednarka 40x5 mm	200	10,44	9,65

Założenia:
 ρ = 500 Ωm – rezystywność gruntu
 L = 100 m – długość przewodu
 d = var – średnica przewodu okrągłego lub połowa szerokości/szerokość przewodu płaskiego
 h = 1 m – głębokość ułożenia przewodów
 B = 1 – współczynnik kształtu dla uziomu prostoliniowego
 k – współczynnik kształtu przewodu, drut: k = 1,83, bednarka: k = 1,36



Drut, jako uziom poziomy, zapewnia w praktyce taką samą wartość rezystancji uziemienia co bednarka – kształt i przekrój przewodu ma minimalny wpływ na wartość rezystancji

Właściwości uziomów poziomych



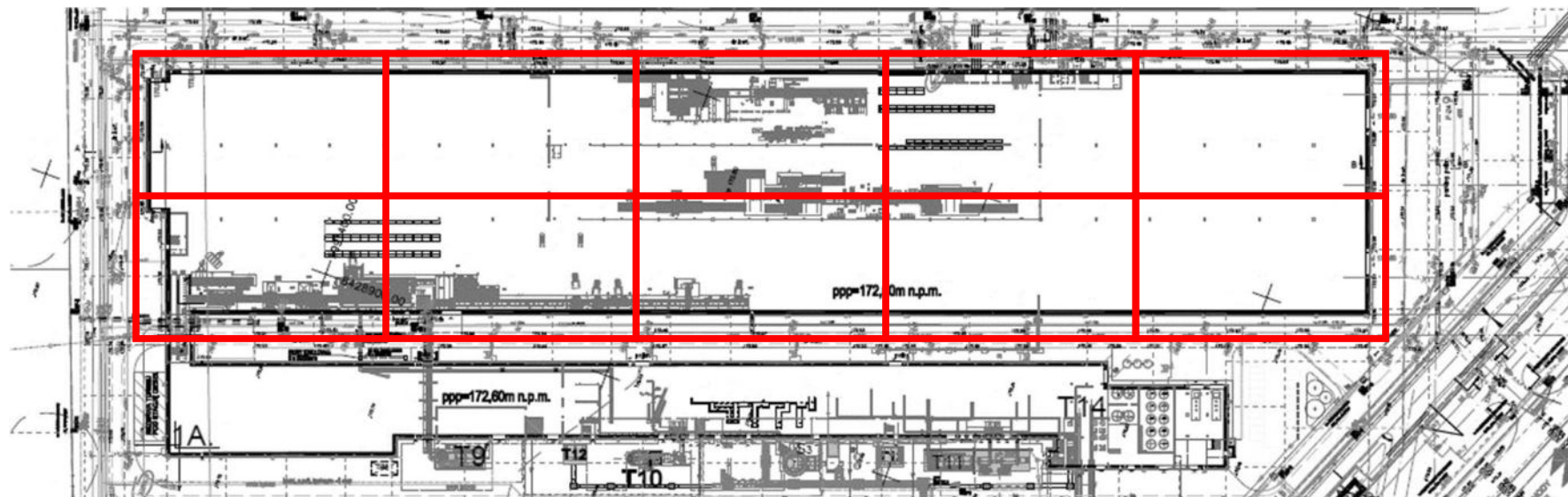
Uziom otokowy

- otok należy układać w formie zamkniętego pierścienia, w odległości około 1 m od ścian budynku;
- uziomy poziome należy układać na głębokości co najmniej około 1 m, zaleca się układanie przewodów poniżej głębokości przemarzania gruntu;
- o wartości rezystancji uziemienia decyduje głównie obwód (długość przewodu) i rezystywność powierzchniowych warstw gruntu;
- uziomy poziome do wykonania wymagają prac ziemnych;

Uwaga: uziomy poziome, układane w górnych warstwach gruntu są bardziej narażone na korozję niż uziomy pionowe.

Właściwości uzimów poziomych

Obiekty wielkopowierzchniowe – rozbudowane układy połączonych uzimów



- W rozległych obiektach przemysłowych uzim fundamentowy i/lub otok w ziemi to minimum.
- Zaleca się wykonanie uzimu kratowego poniżej fundamentów, zwłaszcza jeżeli obiekt jest wyposażony w LPS z wieloma przewodami odprowadzającymi.
- Plan uzimu poziomego powinien uwzględniać ewentualne wyprowadzenia przewodów uziemiających do LPS, rozdzielnic elektrycznych, urządzeń technologicznych i instalacji wyrównania potencjałów
- Każdy układ uziemiający zawsze warto rozbudować dodatkowo o uzimy pionowe.

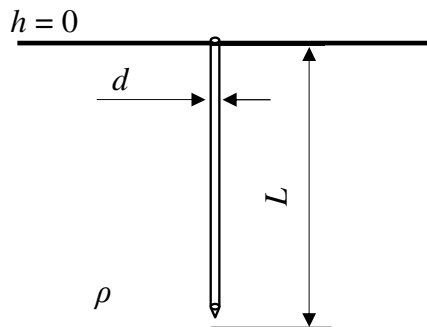


Właściwości uziorów pionowych

Właściwości uziomów pionowych

Uziom pionowy – co ma wpływ na rezystancję uziemienia?

$$R = \frac{\rho}{2\pi L} \left[\ln\left(\frac{8L}{d}\right) - 1 \right]$$



- średnica pręta ma znikomy wpływ na wartość rezystancji uziemienia
- w określonych warunkach glebowych o rezystancji uziemienia decyduje przede wszystkim **długość uziomu**
- rezystancja uziemienia jest wprost proporcjonalna do **rezystywności gruntu**
- pograżając uziom na większe głębokości sięga się najczęściej warstw gruntu o mniejszej rezystywności

Wpływ średnicy pręta

	$L = 6 \text{ m}, \rho = 100 \Omega\text{m}$
$d = 14,2 \text{ mm}$	$R = 18,9 \Omega$
$d = 16,0 \text{ mm}$	$R = 18,6 \Omega$
$d = 17,2 \text{ mm}$	$R = 18,4 \Omega$
$d = 18,0 \text{ mm}$	$R = 18,3 \Omega$
$d = 20,0 \text{ mm}$	$R = 18,0 \Omega$
$d = 22,0 \text{ mm}$	$R = 17,7 \Omega$

znikomy

Wpływ długości uziomu

	$d = 14,2 \text{ mm}, \rho = 100 \Omega\text{m}$
$L = 1,5 \text{ m}$	$R = 60,9 \Omega$
$L = 3,0 \text{ m}$	$R = 34,1 \Omega$
$L = 4,5 \text{ m}$	$R = 24,2 \Omega$
$L = 6,0 \text{ m}$	$R = 18,9 \Omega$
$L = 7,5 \text{ m}$	$R = 15,6 \Omega$
$L = 9,0 \text{ m}$	$R = 13,3 \Omega$

bardzo istotny

Wpływ rezystywności gruntu

	$d = 14,2 \text{ mm}, L = 9,0 \text{ m}$
$\rho = 2000 \Omega\text{m}$	$R = 266,4 \Omega$
$\rho = 1500 \Omega\text{m}$	$R = 199,8 \Omega$
$\rho = 1000 \Omega\text{m}$	$R = 133,2 \Omega$
$\rho = 500 \Omega\text{m}$	$R = 66,6 \Omega$
$\rho = 200 \Omega\text{m}$	$R = 26,6 \Omega$
$\rho = 100 \Omega\text{m}$	$R = 13,3 \Omega$

bardzo istotny

Z większą długością uziomu uzyskujemy najczęściej także mniejszą rezystywność gruntu

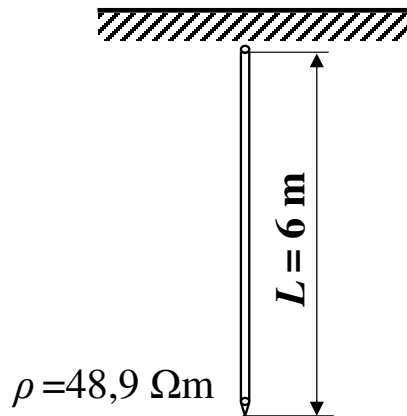
Właściwości uziomów pionowych

Korzyści z pograżania uziomów pionowych na większe głębokości

$$R = \frac{\rho}{2\pi L} \left[\ln \left(\frac{8L}{d} \right) - 1 \right]$$

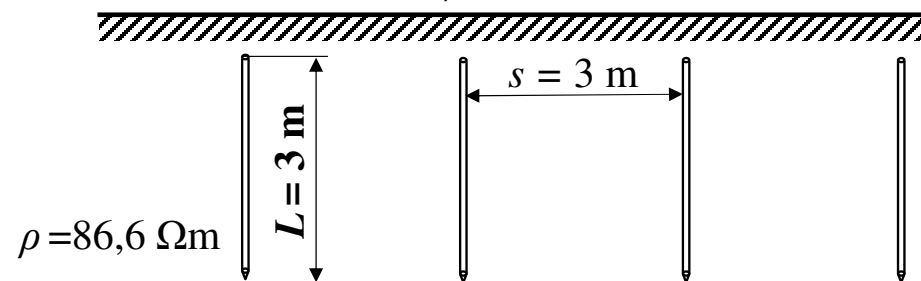
$$R_n = \frac{1}{n} \frac{\rho}{2\pi L} \left[\ln \left(\frac{8L}{d} \right) - 1 + \frac{L}{s} 2 \ln \left(\frac{2n}{\pi} \right) \right]$$

$$L = 3 \text{ m}, d = 14,2 \text{ mm}, \rho = 86,6 \text{ } \Omega\text{m}, s = 3 \text{ m}, n = 4$$



$$R = 9,24 \text{ } \Omega$$

- 4 pręty 1,5 m



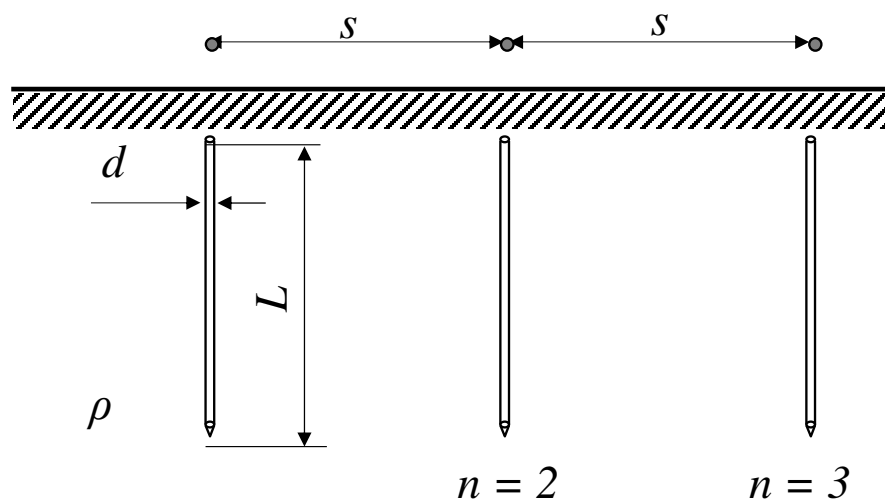
$$R_n = 9,60 \text{ } \Omega$$

- 8 prętów 1,5 m
- 9 m bednarki
- 3 dodatkowe połączenia
- wykop pod przewód poziomy
- czas

Właściwości uziomów pionowych

Jakie odległości należy zachować między uziołami pionowymi?

$s = ?$



Rezystancja n uziołów pionowych o długości L oddalonych od siebie na odległość s :

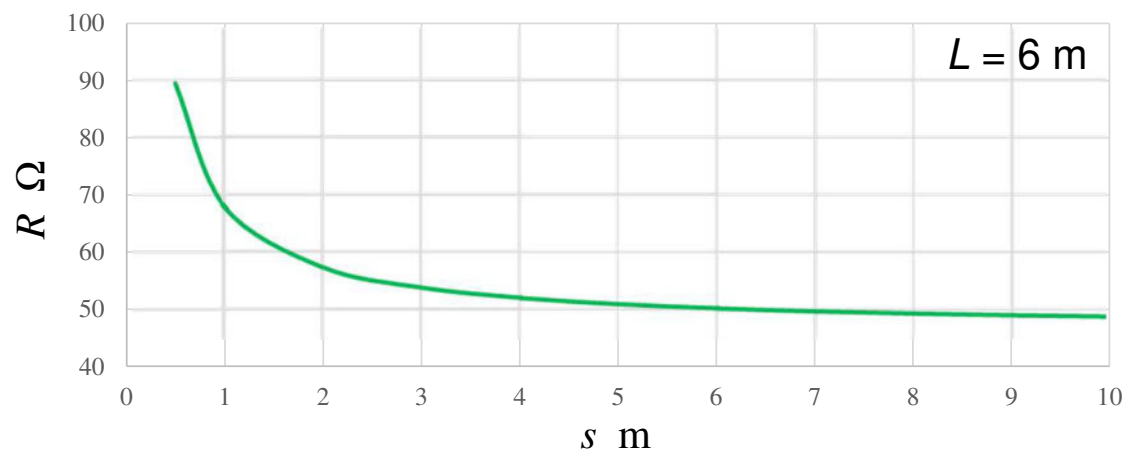
$$R_n = \frac{1}{n} \frac{\rho}{2\pi L} \left[\ln \left(\frac{8L}{d} \right) - 1 + \frac{L}{s} 2 \ln \left(\frac{2n}{\pi} \right) \right]$$

BS 7430:2011+A1:2015

L – długość uziołu pionowego,
 d – średnica uziołu pionowego,
 ρ – rezystywność gruntu na głębokości pograżania uziołów pionowych,
 s – odległość między kolejnymi uziołami pionowymi,
 n – liczba uziołów pionowych

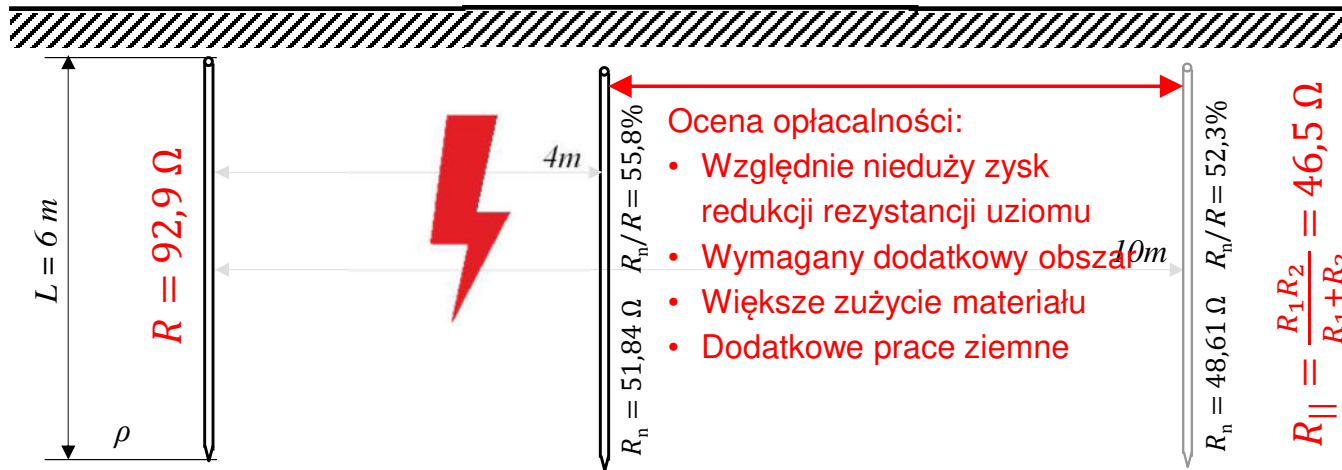
- Właściwości uziomów pionowych

Wpływ odległości między uziomami na rezystancję uziemienia



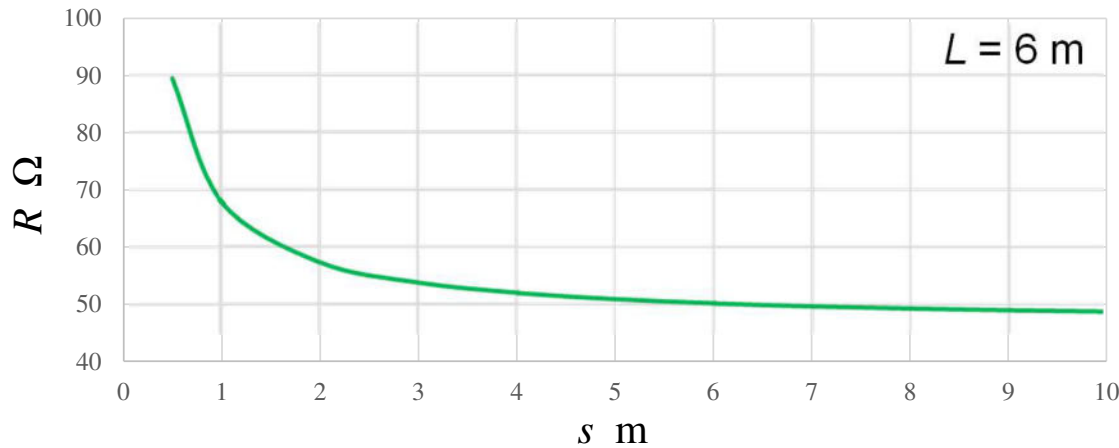
Właściwości uziomów pionowych

Wpływ odległości między uziomami na rezystancję uziemienia



Ocena opłacalności:

- Względnie nieduży zysk redukcji rezystancji uziomu
- Wymagany dodatkowy obszar
- Większe zużycie materiału
- Dodatkowe prace ziemne



Właściwości uziomów pionowych

Wpływ odległości między uziomami na rezystancję uziemienia

Rezystancja dwóch uziomów pionowych:

$$R_n = \frac{1}{n} \frac{\rho}{2\pi L} \left[\ln \left(\frac{8L}{d} \right) - 1 + \frac{L}{s} 2 \ln \left(\frac{2n}{\pi} \right) \right]$$

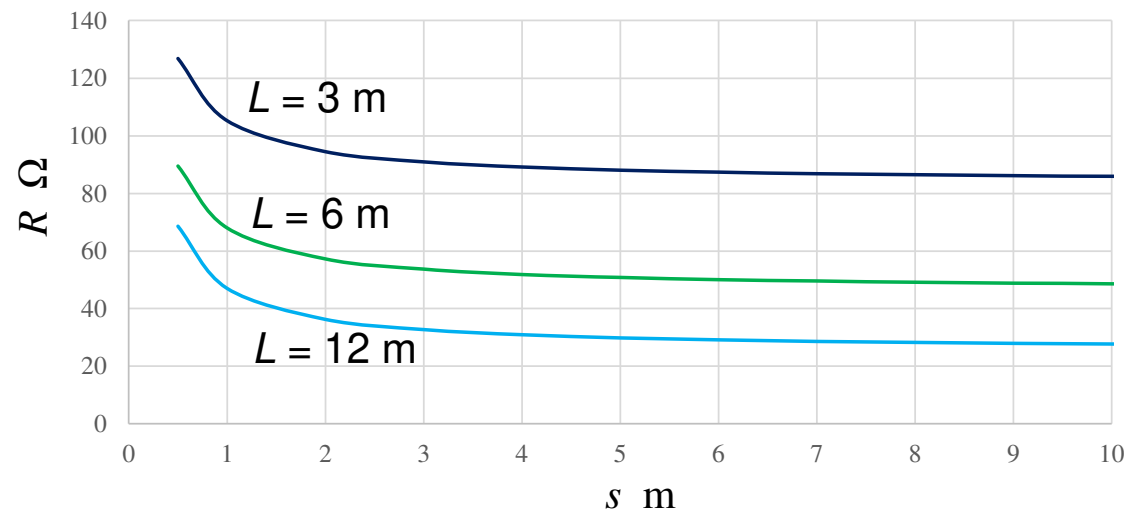
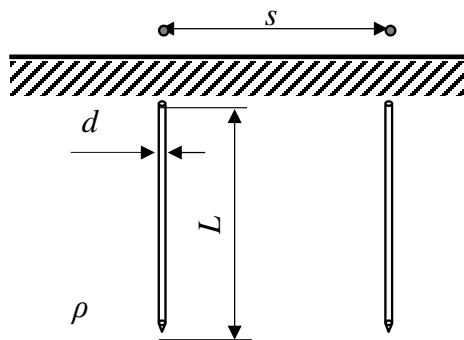
BS 7430:2011+A1:2015

$L = 3, 6, 12 \text{ m},$

$d = 16 \text{ mm},$

$\rho = 500 \Omega\text{m},$

$s = \text{var}, n = 2,$



Optymalny odstęp między uziomami pionowymi:

$$4 \text{ m} < s < 6 \text{ m}$$

Właściwości uziomów pionowych

BOLEC-WPUST



- **prosta konstrukcja:** uziom właściwy składa się z samych prętów bez elementów łącznych
- łączenie metodą **bolec-wpust**
- **utwardzony bolec** nie wymaga dodatkowych grotów do pogrążania
- **połączenie wzmocnione tuleją** ze stali nierdzewnej

ZASTOSOWANIE:

- grunty łagodne
- pogrążanie do 12 m

Z GWINTEM



- uziom składa się z grotu, prętów z gwintem oraz złączek mosiężnych
- łączenie za pomocą **złączek mosiężnych**
- **utwardzony grot** do ułatwienia pogrążania i przebijania przeszkód
- znacznie **większa wytrzymałość mechaniczną** połączenia, w stosunku do uziomów kutych

ZASTOSOWANIE:

- grunty trudne, skaliste i nieznanne
- pogrążanie do ponad 40 m



A black and white photograph showing the construction of a foundation. The image captures a network of steel reinforcement bars (rebar) laid out in a grid pattern within a concrete formwork. The rebar is arranged in a complex, interconnected structure, likely for a large-scale foundation or bridge pier. The surrounding area is filled with concrete and some debris, indicating an active construction site.

Uziom fundamentowy

▪ Uziom fundamentowy

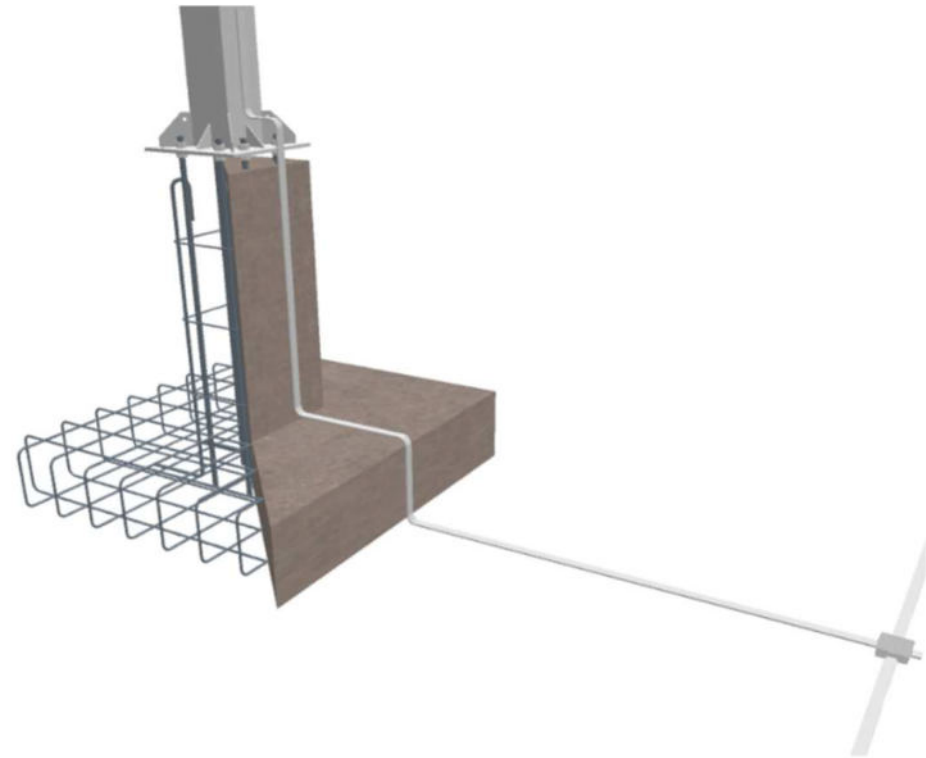
Właściwości uziomów fundamentowych

Wzajemnie połączona stal zbrojeniowa lub umieszczony w betonie sztuczny uziom mogą pełnić funkcje układu uziemiającego. Beton typowo charakteryzuje się rezystywnością około 200 Ωm , która zapewnia kontakt przewodów z gruntem. Rezystancja uziemienia fundamentu zależy od jego objętości:

$$R = 0,2 \frac{\rho}{\sqrt[3]{V}}$$

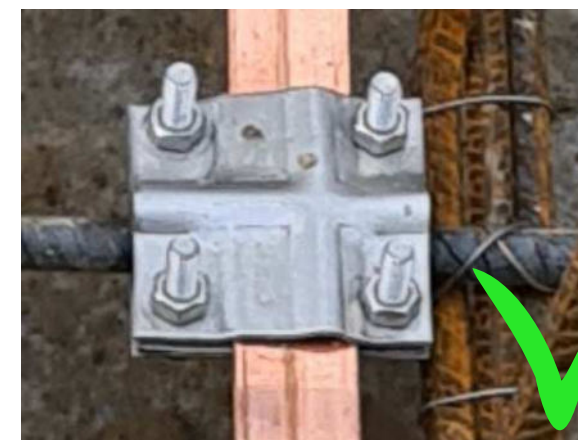
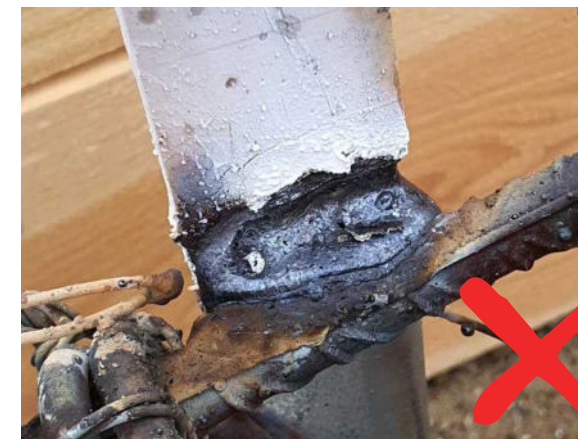
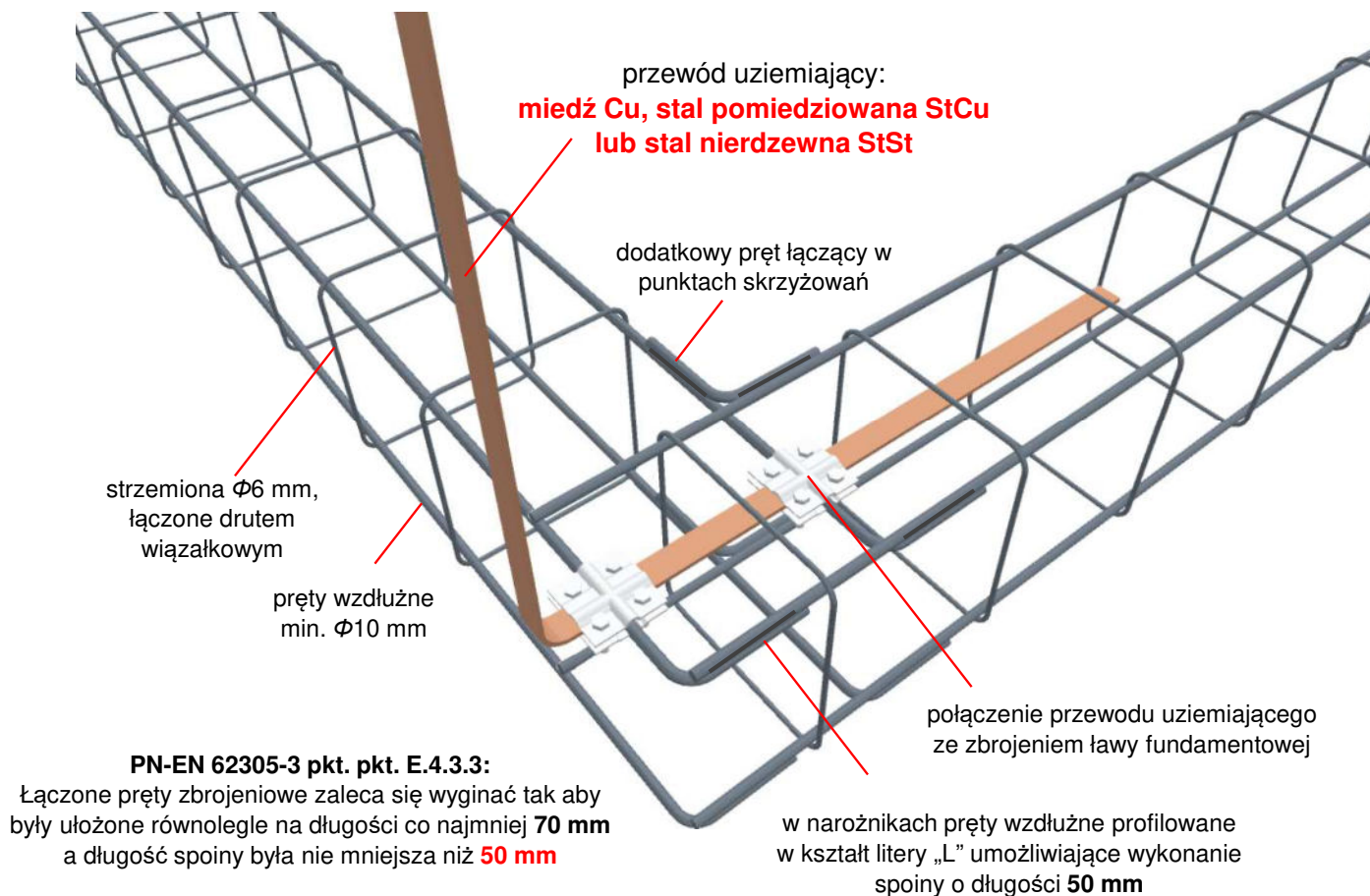
gdzie: ρ – rezystywność gruntu otaczającego fundament,
 V – objętość fundamentu w m^3 ,

- Podstawą wykorzystania zbrojenia jest zapewnienia odpowiedniej **ciągłości połączeń i otuliny (5 cm)** zabetonowanych prętów.
- Środki hydro- i termoizolacji pogarszają **kontakt betonu z gruntem**, i mogą ograniczyć lub wykluczyć jego zastosowanie jako uziomu fundamentowego.
- Jeżeli rezystancja uziemienia uziomu fundamentowego jest zbyt wysoka to należy go **rozbudować o dodatkowe uziomy** sztuczne w gruncie.



Uziom fundamentowy

Właściwości uziomów fundamentowych



▪ Uziom fundamentowy

Ograniczenia przy wykorzystaniu uziomów fundamentowych

PN-EN 62305-3-2011

E.5.4.3.2 Uziomy fundamentowe

„(...)Kolejny problem wiąże się z **korozją elektrochemiczną** pod wpływem prądów galwanicznych. Stal w betonie ma w przybliżeniu taki sam potencjał galwaniczny szeregu elektrochemicznego, co miedź w gruncie. A zatem gdy stal w betonie jest połączona ze stalą w ziemi, to czynne napięcie galwaniczne, równe w przybliżeniu 1 V, powoduje przepływ prądu korozji w gruncie oraz mokrym betonie i rozpuszcza stal w gruncie.

Jeśli umieszczone w gruncie uziomy mają połączenie ze stalą w betonie, powinny być wykonane z miedzi, ze stali pokrytej miedzią lub ze stali nierdzewnej.”



Do łączenia z uziomem fundamentowym lub inną stalą zbrojeniową należy w ziemi stosować elementy wykonane z miedzi, stali pomiedziowanej lub stali nierdzewnej.



▪ Uziom fundamentowy

Ograniczenia przy wykorzystaniu uziomów fundamentowych

PN-HD 60364-5-54

C.4 Możliwe problemy korozji dla innych instalacji uziemiających poza naturalnym uziomem fundamentowym

„(...) Jakakolwiek stalowa elektroda uziomowa nie może być instalowana bezpośrednio w połączeniu ze zbrojonym fundamentem w ziemi z wyjątkiem elektrody wykonanej ze stali nierdzewnej lub innej dobrze zabezpieczonej przy pomocy odpowiednich prefabrykowanych powłok chroniących przed wilgocią. **Powłoka cynku nakładana poprzez zanurzenie w ciekłym cynku lub powłoka malarska lub inna z materiałów podobnych nie jest wystarczająca do tych celów. Dodatkowe systemy uziemiające naokoło lub przy budynku powinny być wykonane z innych metali niż stal ocynkowana ogniowo** tak aby zapewnić wystarczającą żywotność tych części uziemienia.”



Do budowy uziomów w ziemi, mających jakiegokolwiek połączenie z uziomem fundamentowym lub inną stalą zbrojeniową nie należy stosować stali ocynkowanej.



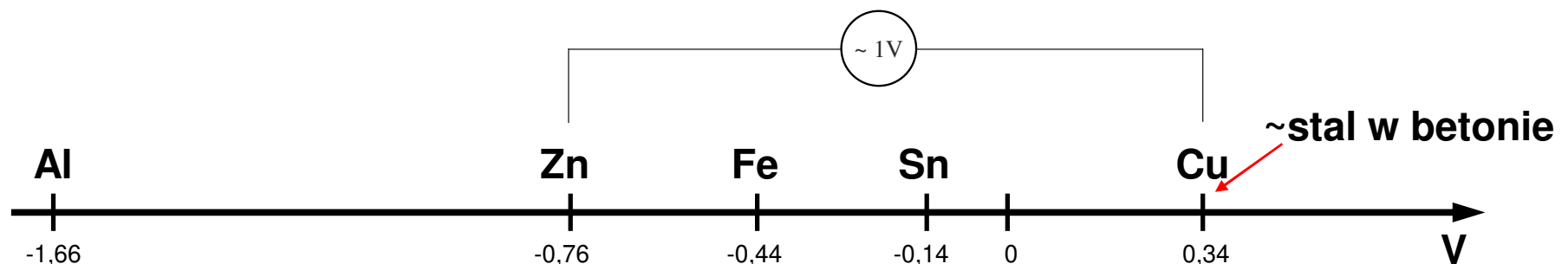
Fot. Sylwester Kargulewicz

▪ Uziom fundamentowy

Uziom fundamentowy i korozja galwaniczna



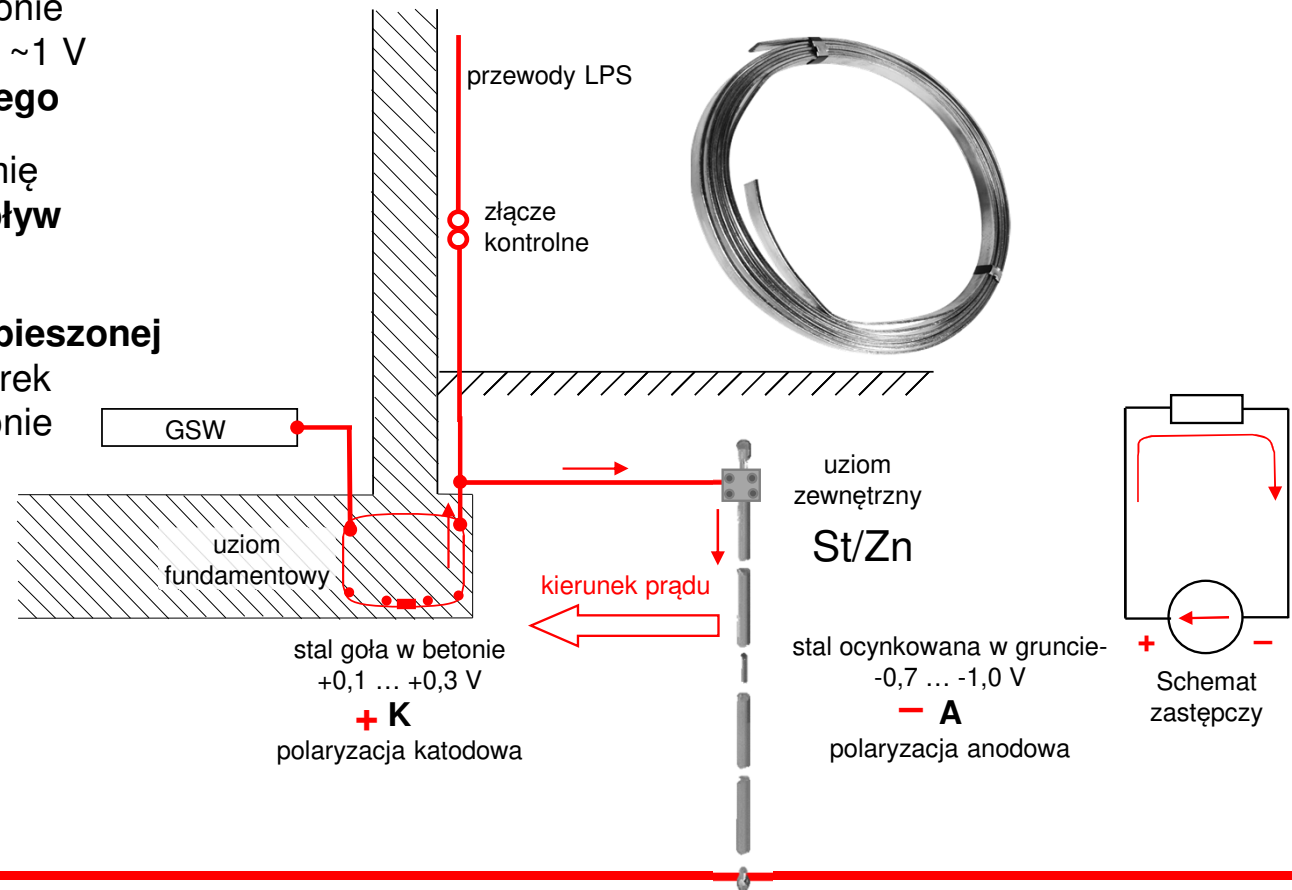
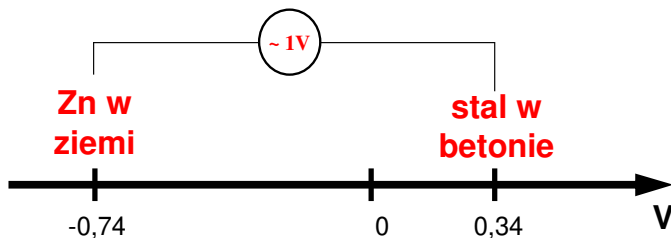
- każdy materiał, w danym środowisku charakteryzuje się **określonym potencjałem elektrochemicznym**;
- łączenie ze sobą materiałów o różnych potencjałach prowadzi do powstania **ogniwa galwanicznego**, które jest źródłem przyspieszonej korozji materiału o niższym potencjale
- ze względu na zbyt dużą różnicę potencjałów i ryzyko korozji **nie można łączyć bezpośrednio ze sobą miedzi z aluminium lub miedzi ze stalą ocynkowaną**
- zjawisko to dotyczy nie tylko bezpośredniego łączenia elementów, ale także łączenia ich w środowisku przewodzącym takim jak woda lub ziemia



Uziom fundamentowy

Dlaczego nie można stosować uziomów ocynkowanych przy uziomach fundamentowych?

- **Różnica potencjałów** między stalą w betonie a stalą ocynkowaną w gruncie wynosząca ~ 1 V powoduje powstanie **ogniwa galwanicznego**
- Obwód elektryczny zamyka się przez ziemię i w wyniku ogniwa następuje **ciągły przepływ prądu korozji**
- **Korozja galwaniczna** prowadzi do **przyspieszonej korozji powłoki ochronnej cynku** bednarek i prętów StZn połączonych ze stalą w betonie

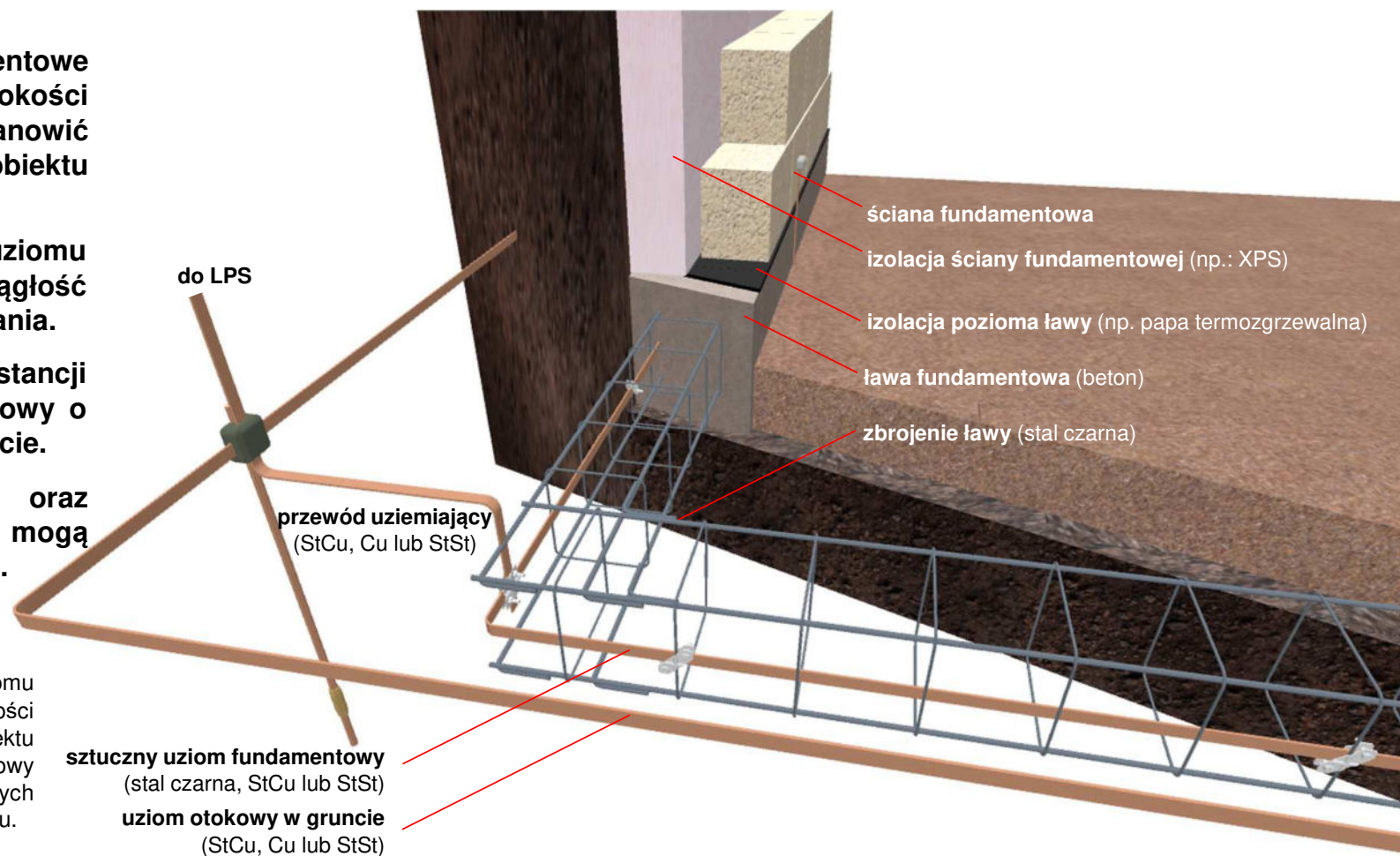


▪ Uziom fundamentowy

Uziom z wykorzystaniem ławy fundamentowej

1. Zbrojone ławy fundamentowe wykonywane są poniżej głębokości przemarzania gruntu i mogą stanowić podstawę układu uziemiającego obiektu budowlanego.
2. Wykonanie sztucznego uziomu fundamentowego gwarantuje ciągłość połączeń i jednoznaczność rozwiązania.
3. Uzyskanie określonej wartości rezystancji uziemienia wymaga często rozbudowy o dodatkowe uziomy sztuczne w gruncie.
4. Uziomy sztuczne w gruncie oraz wyprowadzenia od zbrojenia nie mogą być wykonane ze stali ocynkowanej.

Uwaga: ostateczną weryfikację uziomu fundamentowego stanowi pomiar wartości rezystancji uziemienia – już na etapie projektu zaleca się uwzględnić możliwość rozbudowy uziomu fundamentowego i wykonanie stosownych wyprowadzeń przewodów od zbrojenia do gruntu.



▪ Uziom fundamentowy

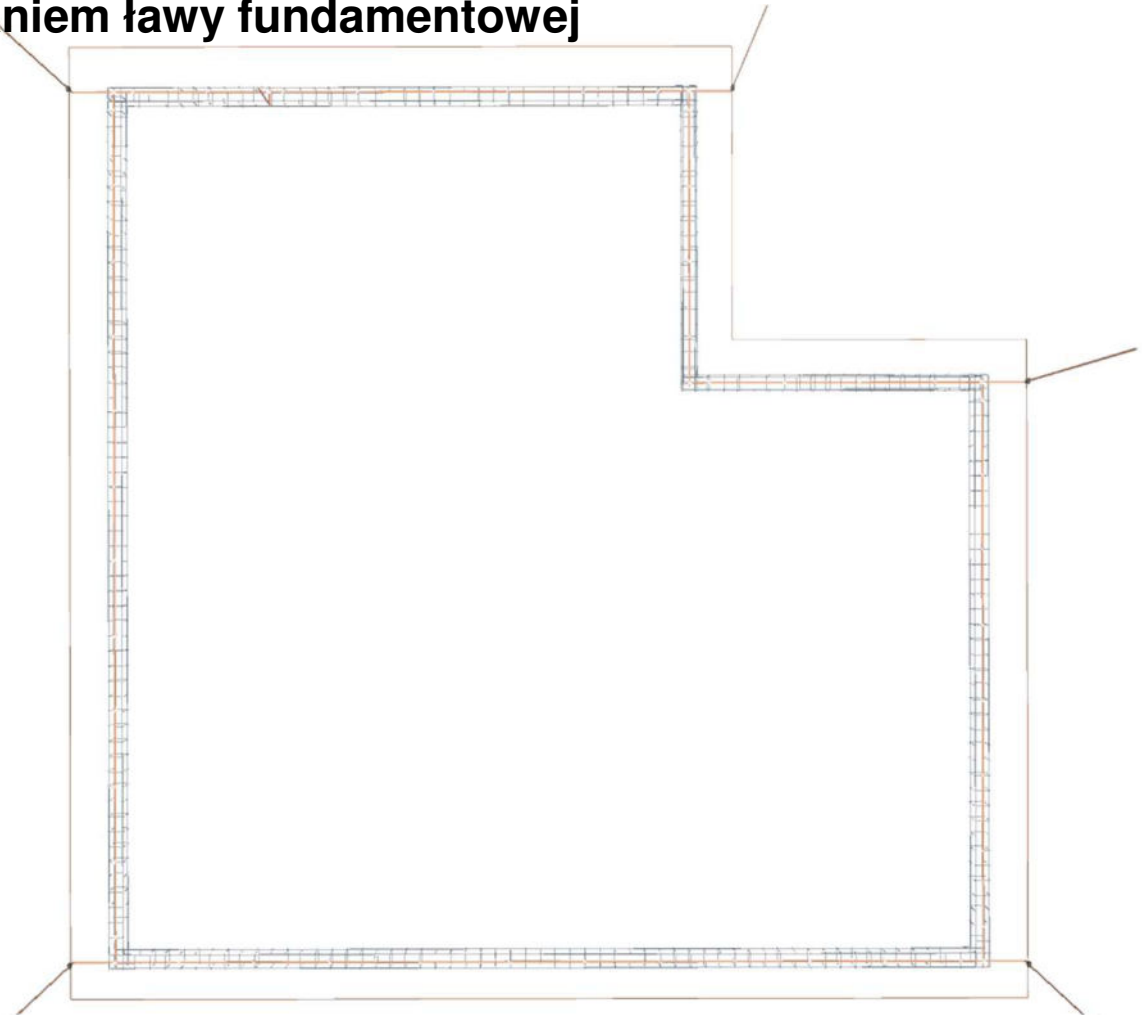
Uziom z wykorzystaniem łąwy fundamentowej

Zalety:

- niski koszt wykonania
- dobry kontakt z ziemią*
- posadowienie poniżej głębokości przemarzania gruntu

Wady:

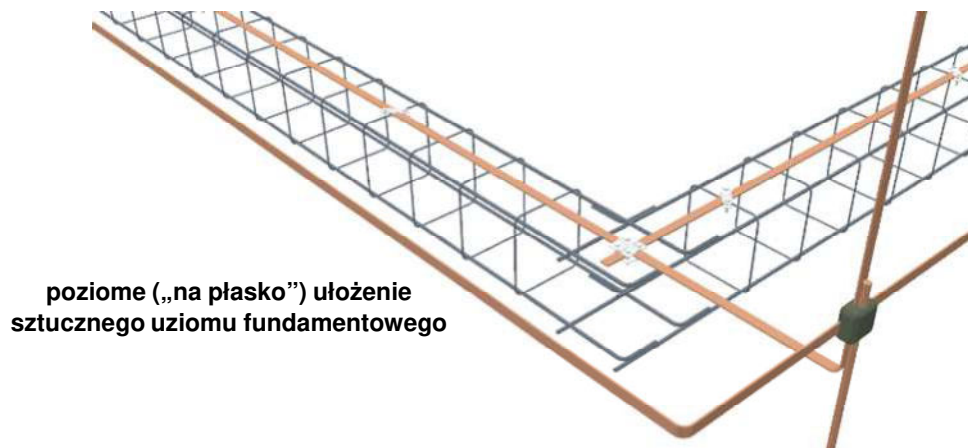
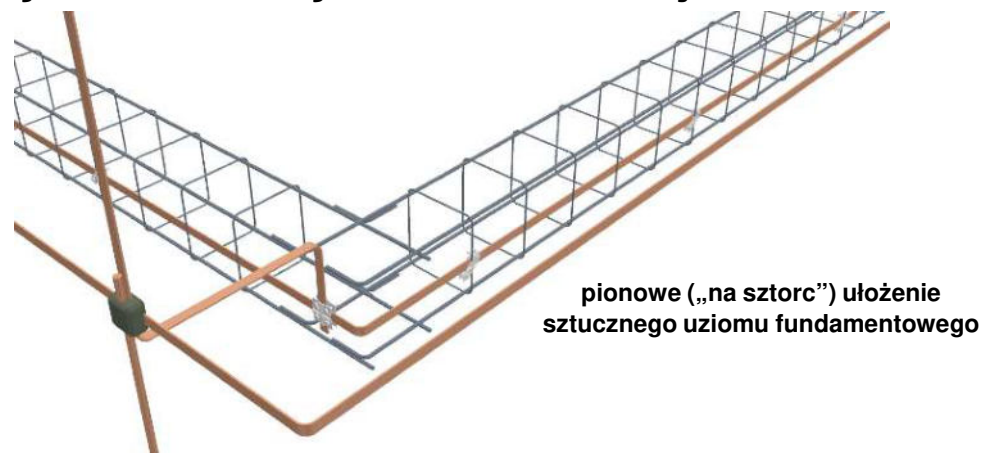
- możliwość podłączenia przewodów uziemiających tylko po obwodzie łąwy
- w gruntach o wysokiej rezystywności lub w przypadku obiektów małogabarytowych wymaga rozbudowy o dodatkowy uziom w gruncie



▪ Uziom fundamentowy

Uziom z wykorzystaniem ławy fundamentowej

1. Sztuczny uziom fundamentowy należy łączyć ze zbrojeniem w odstępach co ok. 2 m.
2. W miarę możliwości bednarkę należy łączyć do prętów wzdłużnych. Strzemiona, do których łączona jest bednarka zaleca się przyspawać do prętów wzdłużnych.
3. Pionowe ułożenie bednarki zapobiega powstawaniu komór niewypełnionych betonem.
4. Poziome układanie bednarki umożliwia łatwiejsze wyprowadzenie przewodów uziemiających i zmniejszenie liczby połączeń. Należy w takim przypadku dopilnować odpowiedniego zagęszczenia betonu.
5. Stosowanie uchwytów skręconych uniezależnia jakość połączeń od umiejętności i kwalifikacji monterów.

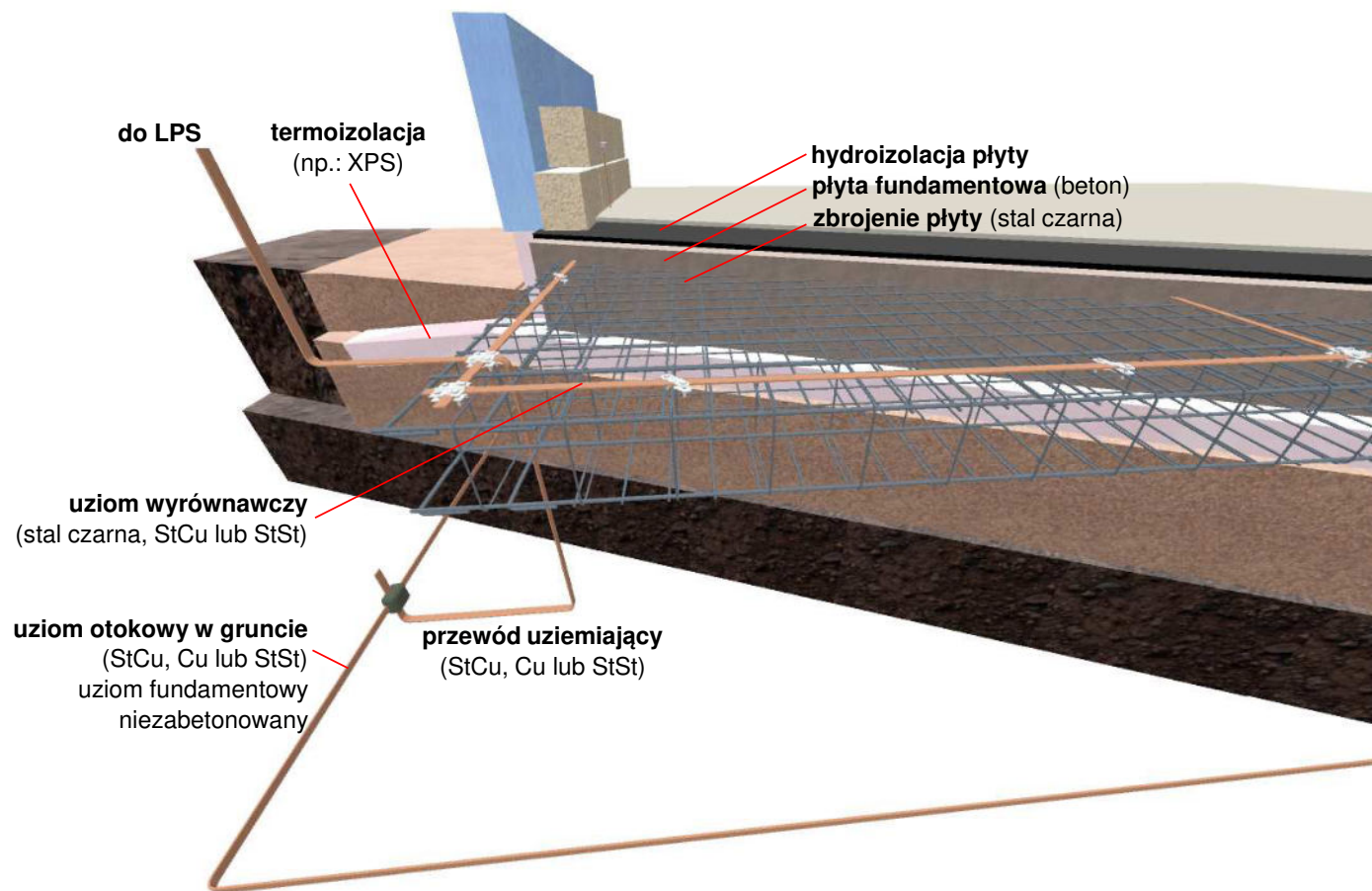


▪ Uziom fundamentowy

Uziom z wykorzystaniem płyty fundamentowej

1. Zastosowanie samej płyty fundamentowej jako uziomu ogranicza w większości przypadków termoizolacja (np. XPS), stanowiąca jednocześnie szalunek płyty.
2. Płyty fundamentowe wykonywane są na znacznie mniejszych głębokościach, blisko poziomemu gruntu.
3. Zbrojenie płyty i połączony z nią uziom wyrównawczy to dobra instalacja wyrównania potencjałów, która umożliwia wyprowadzenie przewodów uziemiających w dowolnym miejscu.
4. W budynkach posadowionych na płytach fundamentowych, do celów uziemienia konieczne jest wykonanie układu uziomów w gruncie.

Uwaga: przy doborze niewłaściwych materiałów na uziom sztuczny w gruncie, zjawisko korozji galwanicznej będzie bardziej intensywne, niż w przypadku łąw fundamentowych, ze względu na większą sumaryczną powierzchnię zbrojenia płyt fundamentowych.



▪ Uziom fundamentowy

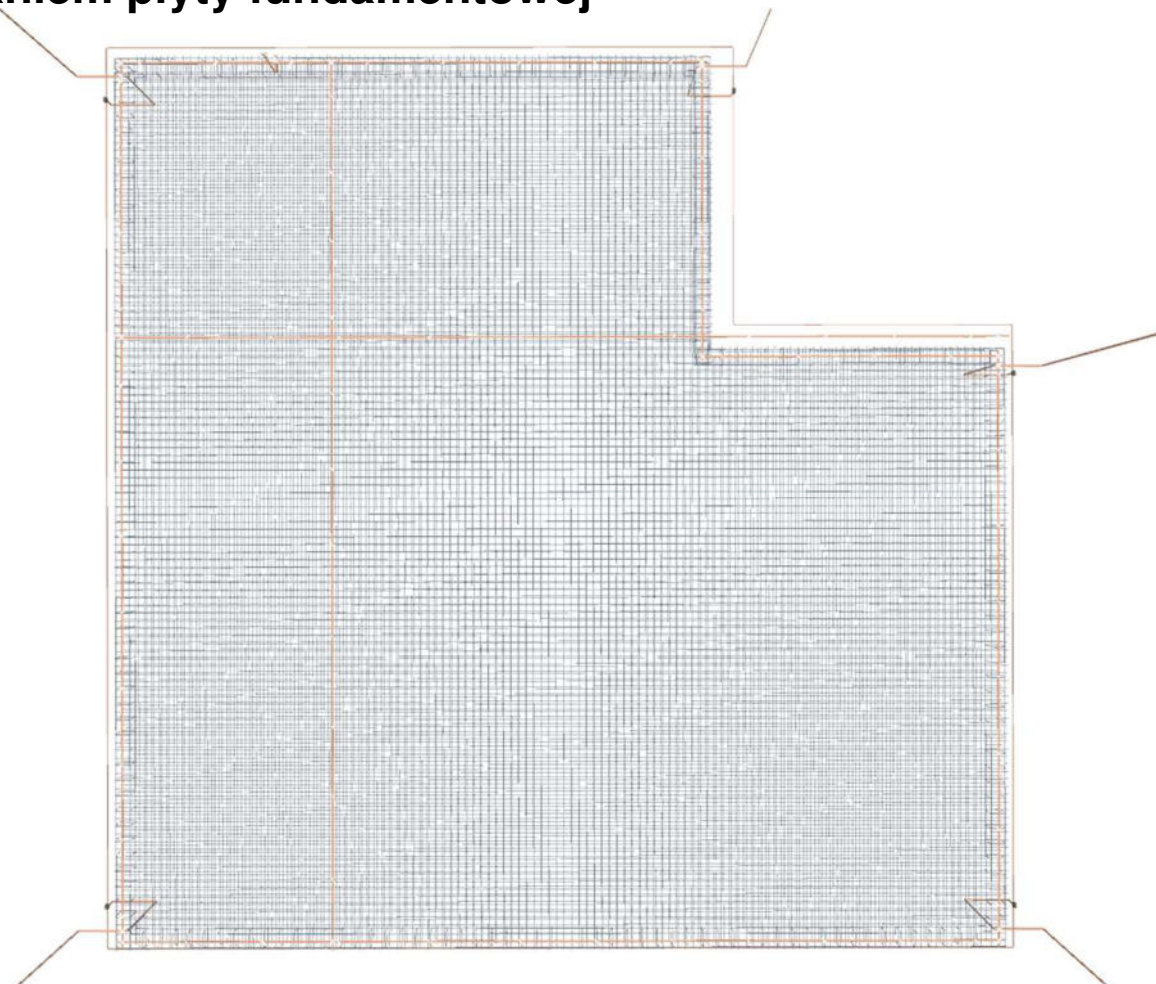
Uziom z wykorzystaniem płyty fundamentowej

Zalety:

- możliwość podłączenia przewodów uziemiających w dowolnym miejscu
- bardzo dobre wyrównanie potencjałów

Wady:

- konieczność rozbudowy o uziom w gruncie ze względu na termoizolację płyty fundamentowej
- mała głębokość posadowienia – konieczność wykonania uziomu na większej głębokości

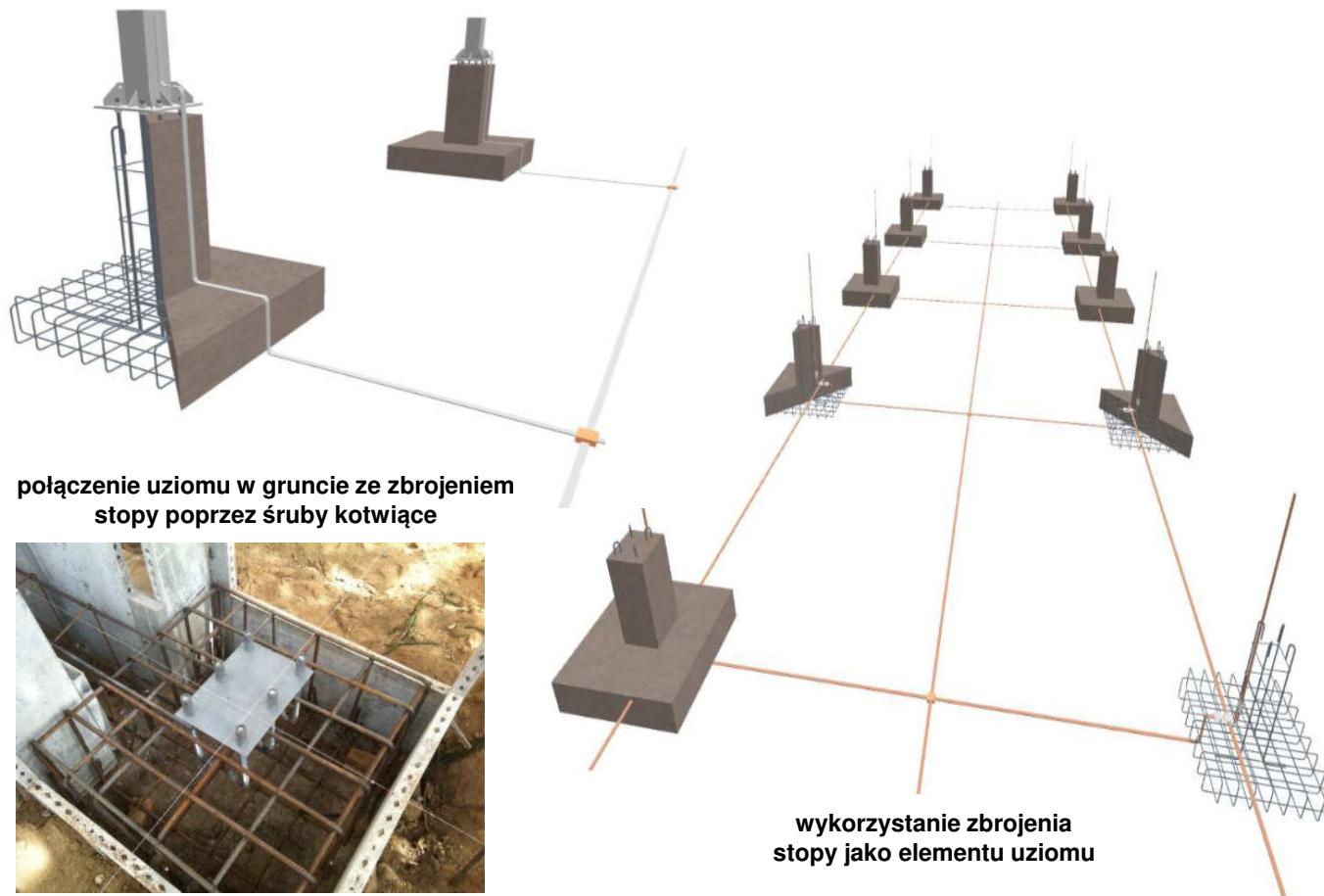


▪ Uziom fundamentowy

Uziom z wykorzystaniem stóp fundamentowych

1. Zbrojone stopy fundamentowe konstrukcji wsporczych w obiektach przemysłowych i energetycznych mogą stanowić wartościowy element układu uziemiającego.
2. Uziom w gruncie, podłączony bezpośrednio do stalowej konstrukcji wsporczej, jest najczęściej także połączony ze zbrojeniem stopy poprzez śruby kotwiące.
3. W konstrukcjach posadowionych na stopach fundamentowych obowiązują te same wytyczne odnośnie doboru materiałów co w przypadku typowych uziomów fundamentowych.

Uwaga: dotyczy to m.in. zbrojonych stóp fundamentowych: konstrukcji wsporczych w obiektach przemysłowych, stalowych słupów linii elektroenergetycznych, bramek na stacjach WN, turbin wiatrowych



▪ Uziom fundamentowy

Uziom z wykorzystaniem stóp fundamentowych



Stopy fundamentowe konstrukcji wsporczych obiektu przemysłowego: uziom w ziemi łączony bezpośrednio ze zbrojeniem

▪ Uziom fundamentowy

Należy zadbać o właściwą ciągłość i jakość połączeń przewodów odprowadzających wbudowanych w konstrukcję budynku



Niewłaściwe połączenia (druć wiązałkowy, nieodpowiednie spawanie) i zbyt mała otulina betonu przy przepływie prądu pioruna mogą prowadzić do kruszenia betonu




Beton powinien przykrywać uziom fundamentowy warstwą o grubości przynajmniej 50 mm

Źródło: *Effect of Direct Lightning Strike in the Down Conductors Embedded into the Reinforcement*, D. Kokkinos i inni, 28th ICLP 2006



Połączenia

P.8-1



**Uszkodzenia połączeń układu uziomów
i brak ciągłości galwanicznej mogą prowadzić
do utraty części lub całości układu uziemiającego
i gwałtownego skoku jego rezystancji.**

Połączenia w instalacjach uziemiających

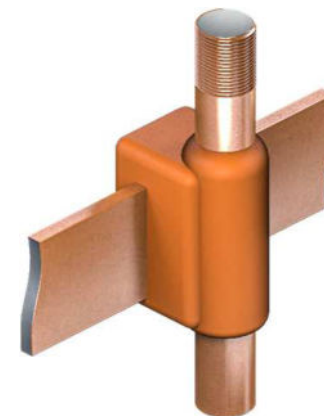
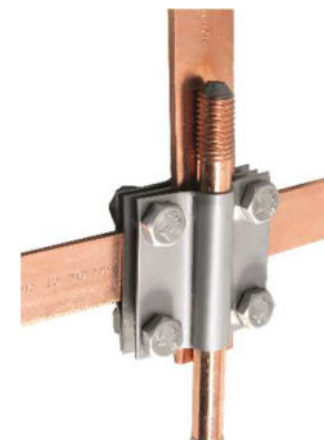
- zaciski uziemiające
- połączenia wyrównawcze
- złącza pomiarowe
- połączenia mostkujące
- elementy rozprężane
- ...

Połączenia rozłączalne

- przeznaczone do celowego rozłączania (np.: złącza kontrolne, uchwyty do złącz kontrolnych) lub połączenia, które mogą być rozmontowane: złączki, uchwyty oraz zaciski śrubowe i skręcane

Połączenia nierozłączalne

- połączenia stałe, które nie mogą być rozmontowane bez uszkodzenia, wykonywane najczęściej z zastosowaniem technik: lutowania na twardo, spawania łukowego lub zgrzewania egzotermicznego



PN-EN 62561-1:2017-07 – wersja polska

Elementy urządzenia piorunochronnego (LPSC) -- Część 1: Wymagania dotyczące elementów połączeniowych

Połączenia w instalacjach uziemiających

połączenia skręcane

- połączenia rozłączalne, najczęściej jako elementy, takie jak uchwyty krzyżowe lub skośne, stosowane jako złącza kontrolno-pomiarowe oraz do wzajemnego łączenia elementów układu uziomów

połączenia spawane

- połączenia nierozłączalne, wykonywane metodą spawania łukowego lub inną odpowiednią dla danego materiału, stosowane do wzajemnego łączenia elementów układu uziomów

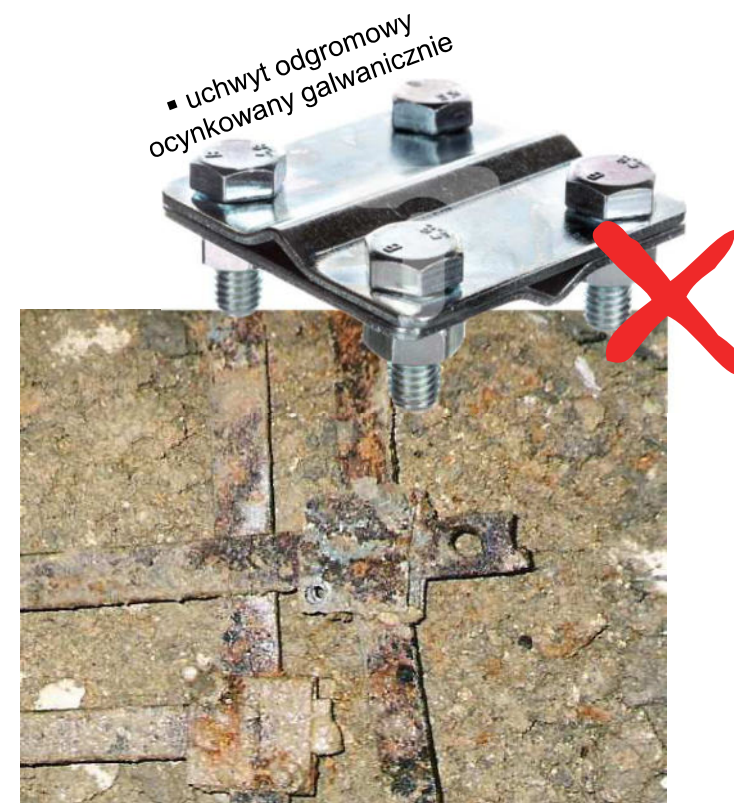
zgrzewanie egzotermiczne

- połączenia nierozłączalne, wykonywane poprzez reakcję egzotermiczną z zastosowaniem formy grafitowej i materiału zgrzewającego, stosowane do wzajemnego łączenia elementów układu uziomów



Dlaczego jakość połączenia ma tak duże znaczenie?

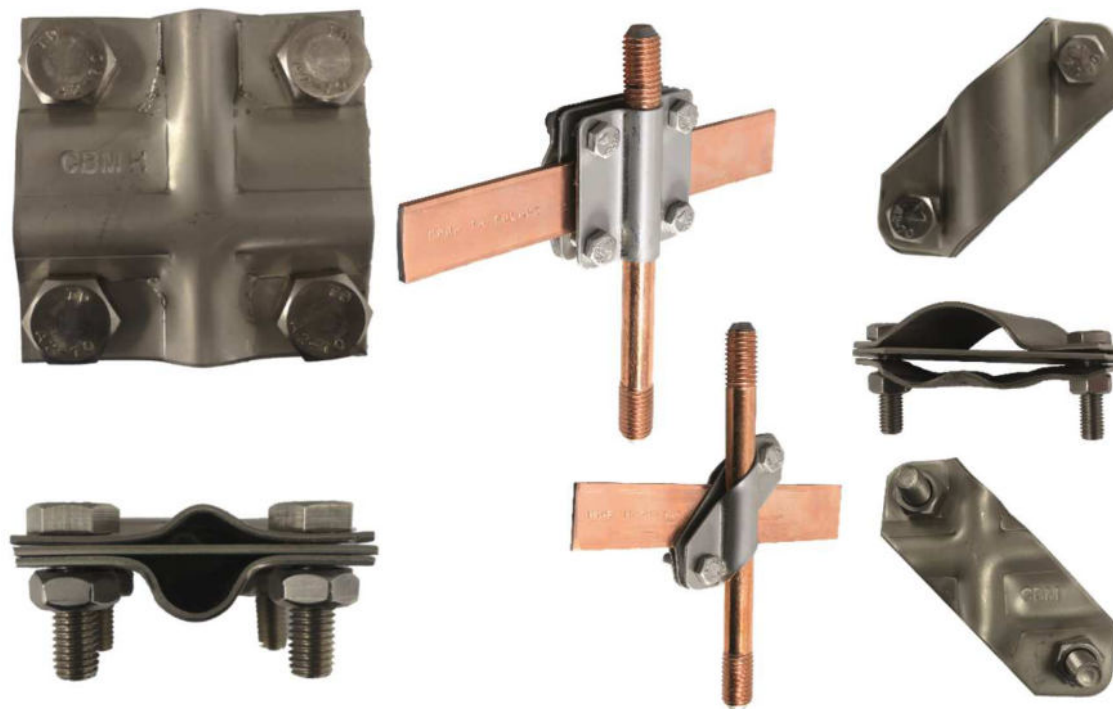
- **połączenia skręcane** (śrubowe) w ziemi stanowią **najsłabsze ogniwo układu** uziemiającego;
- nawet wstępna korozja uchwyty może prowadzić do poluzowania połączenia;
- śruby ze stali ocynkowanej ogniowo w wyniku szybkiej korozji naprężeniowej prowadzą do utraty ciągłości połączenia („błyszczące” elementy, wykonane ze stali ocynkowanej galwanicznie nie mogą być stosowane w ziemi);
- **źle wykonane połączenia spawane** mogą prowadzić do osłabienia łączonych elementów;
- połączenia skręcane i spawane, **bez dodatkowych zabezpieczeń antykorozyjnych** skracają okres eksploatacji układu uziemiającego;
- **utrata ciągłości połączenia** może prowadzić do utraty części lub nawet odłączenia całości układu uziomowego, co skutkuje gwałtownym **wzrostem rezystancji uziomu**, a tym samym zmniejsza skuteczność ochrony przed porażeniem i ochrony odgromowej;



▪ korozja śrub = brak ciągłości połączenia

▪ Połączenia skręcane

Uchwyty krzyżowe i skośne:



- Uchwyty krzyżowe 4-śrubowe charakteryzują się większą wytrzymałością w stosunku do uchwyty skośnych
- Uchwyty skośne zalecane są do wykonania mniej newralgicznych połączeń

Na przykładzie
produktów

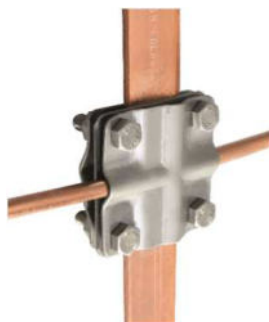
CBM
TECHNOLOGY

■ Połączenia skręcane

Uchwyty krzyżowe:



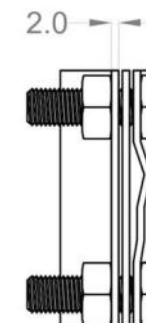
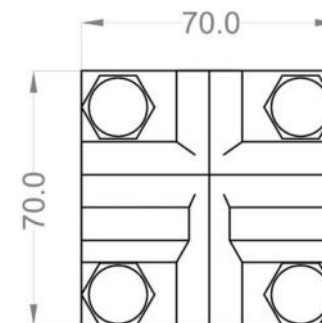
Uchwyt krzyżowy M10
(Nr kat. C1030432)



Uchwyt krzyżowy M10
(Nr kat. C1030442)

Wzajemne łączenie:

- płaskowników (bednarek)
- drutów
- linek
- prętów
- ...



Uchwyty skośne:



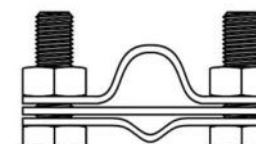
Uchwyt skośny
bednarka-bednarka
(Nr kat. C1030431)



Uchwyt skośny
bednarka-uziom pionowy
(Nr kat. C1030478)



Uchwyt skośny
bednarka-przewód
(Nr kat. C1030430)



Na przykładzie
produktów

CBM
TECHNOLOGY

▪ Połączenia spawane

- **Połączenia spawane** powinny być wykonywane **wyłączenie przez wykwalifikowane osoby**
- **Brak dokładnych wytycznych w normach**
- Połączenia spawane, umieszczone w ziemi wymagają dodatkowej ochrony antykorozyjnej (pkt. E.5.6.2.2.1 PN-EN 62305-3)
- Przewody pomiedziowane w ziemi nie powinny być łączone metodą spawania łukowego

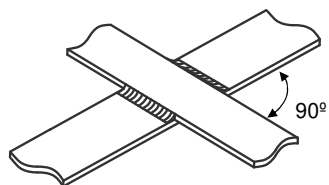


PN-HD 60364-5-54:2011

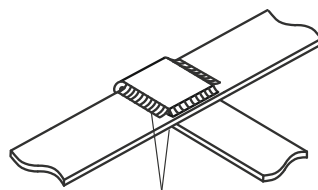
542.2.8 W przypadku, gdy uziom składa się z części, które muszą być połączone ze sobą, połączenie powinno być wykonane za pomocą: **egzotermicznego spawania, złączy dociskowych, zacisków lub innych odpowiednich łączników mechanicznych.**

■ Połączenia spawane

Teoria połączeń spawanych

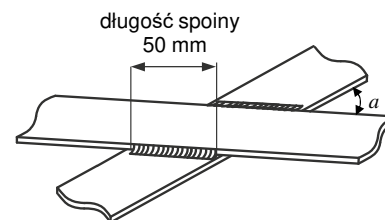


a) połączenie krzyżowe prostopadłe proste

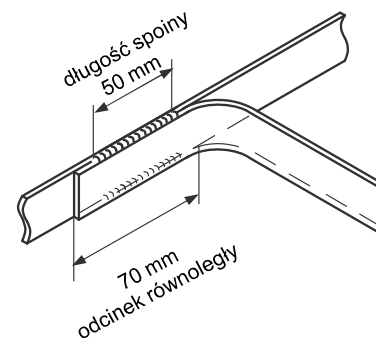


spawanie obustronne

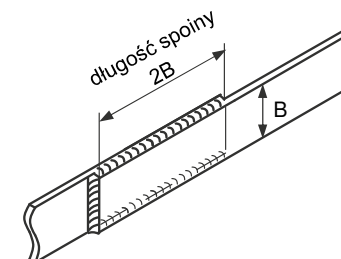
b) połączenie typu T z zawinięciem przewodu



c) połączenie skośne dla wydłużenia długości spoiny



d) połączenie typu T z równoległym ułożeniem przewodów



e) połączenie wzdłużne z długością spoiny zależną od szerokości płaskownika

Przykładowe wytyczne do projektu: „spawanie przewodów obustronne, spoiny jakości „C” wg PN EN ISO 5817, po wykonaniu połączenie zabezpieczyć masą bitumiczną lub taśmą antykorozyjną”

- Elementy połączeniowe - spawanie

Praktyka połączeń spawanych



Połączenia spawane powinny być wykonywane wyłącznie przez osoby wykwalifikowane

▪ Zabezpieczanie połączeń przed korozją

PN-EN 62305-3-2011

E.5.6.2.2.1 Metale w gruncie i w powietrzu

„(...) Połączenie zaciskowe na ogół nie jest dopuszczalne z wyjątkiem przypadków, w których takie połączenia, po ich wykonaniu, są **skutecznie zabezpieczone przed korozją**.(...)

Złącza spawane należy chronić przed korozją.”

Zabezpieczenia antykorozyjne połączeń w ziemi:

✓ taśmy antykorozyjne (typu DENSO)

✓ masy bitumiczne

✗ folie

✗ cynk w sprayu

✗ farby, lakiery



▪ błędne zabezpieczenie przy użyciu folii



▪ prawidłowe zabezpieczenie taśmą typu DENSO

▪ Zabezpieczanie połączeń przed korozją

Taśma antykorozyjna (typu DENSO):

- taśma z masą plastyczną, pozwalająca na łatwe owinięcie połączenia, formowanie i uszczelnienie łączonych elementów
- odpowiednia do połączeń skręcanych i spawanych;
- dostępna w szerokościach 30 mm i 50 mm



Taśma zabezpieczająca 30 mm
(Nr kat. C1030355)



▪ uchwyt krzyżowy: połączenie uziomu poziomego z uziemem pionowym



▪ szczelne zabezpieczenie antykorozyjne połączenia skręcanego

- Zabezpieczanie połączeń przed korozją

Masy bitumiczne



Zgrzewanie egzotermiczne



▪ Zgrzewanie egzotermiczne

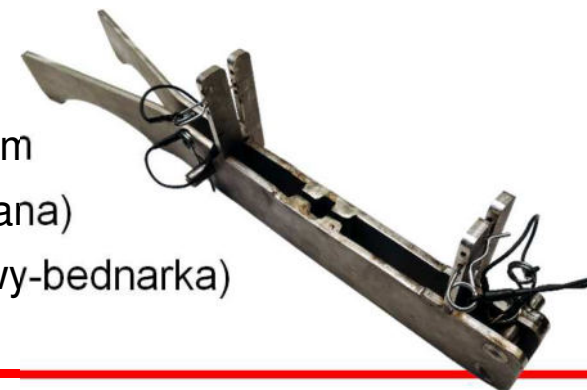


Elementy podstawowe:

- **forma** zależna od: konfiguracji połączenia, przekrojów i rodzaju materiałów
- **uchwyt** do zamknięcia i przytrzymania formy
- **materiał zgrzewający:**
 - proszek zgrzewający + dysk (+ proszek inicjujący)
 - kapsułka zawierająca proszek zgrzewający i inicjujący
(waga ładunku jest zmienna w zależności od konfiguracji połączenia i przekrojów łączonych materiałów – im większa objętość połączenia tym większy ładunek)
- **zapalarka:** iskrowa lub elektroniczna z elektrodą

Akcesoria:

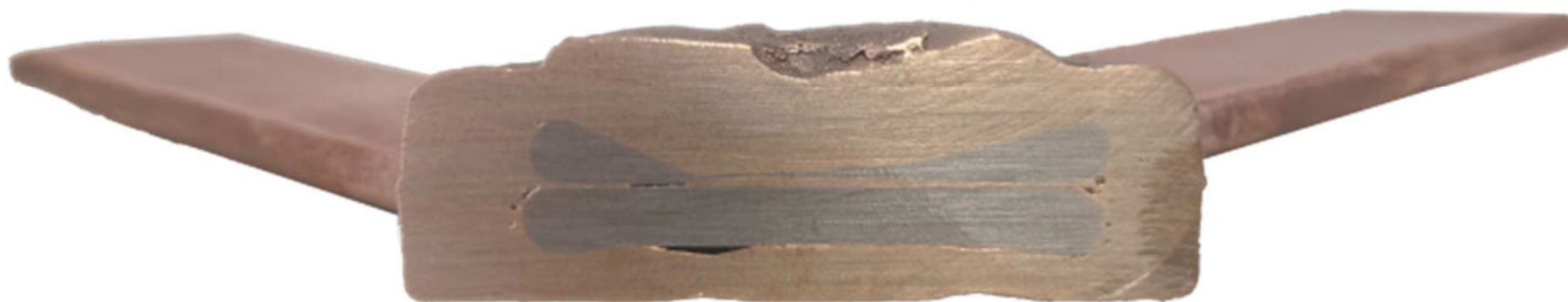
- **palnik** do podgrzania formy przed pierwszym połączeniem
- **szczotki** z włosiem do czyszczenia formy (inna niż drucziana)
- **klamra** stabilizująca (dla połączeń C-UP-D uziom pionowy-bednarka)



▪ Zgrzewanie egzotermiczne

Właściwości połączeń egzotermicznych:

- w wyniku reakcji egzotermicznej stop miedzi oblewa i przenika w strukturę łączonych metali
- możliwość łączenia elementów o różnych kształtach i wykonanych z różnych materiałów
- nie uszkodza powłok ochronnych tak jak spawanie
- przebadane na wytrzymałość na prądy piorunowe
- bardzo niska rezystancja połączenia



▪ przekrój połączenia krzyżowego C-PP-L

▪ Zgrzewanie egzotermiczne



Zapłon tradycyjny (iskrowy)

- proszek zgrzewający + dysk
- proszek inicjujący
- zapalarka iskrowa

Zalety: prostota, niski koszt

Wady: utrudnienia przy silnym wietrze



Zapłon elektryczny

- proszek zgrzewający + dysk
- elektroda
- zapalarka elektryczna (inicjacja przyciskiem lub pilotem bezprzewodowym)

Zalety: zapłon z większej odległości, brak utrudnień przy wietrze

Wady: brak


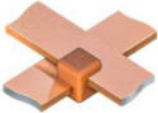



▪ Zgrzewanie egzotermiczne

Połączenia bednarka-bednarka

W przypadku uziomów kratowych rodzaj połączenia uziomu kratowego powinien być dobierany w zależności od jego znaczenia:

- pełne zalanie: podłączenie przewodów uziemiających
- punktowe: połączenia wewnętrzne
- typu T: połączenia po obwodzie

	C-PP-F	C-PP-K	C-PP-L
Przekrój bednarek			
25x4 mm	90 g	90 g	150 g
30x3 mm	115 g	115 g	200 g
30x4 mm	115 g	115 g	200 g
40x4 mm	150 g	150 g	300 g
40x5 mm	150 g	150 g	300 g

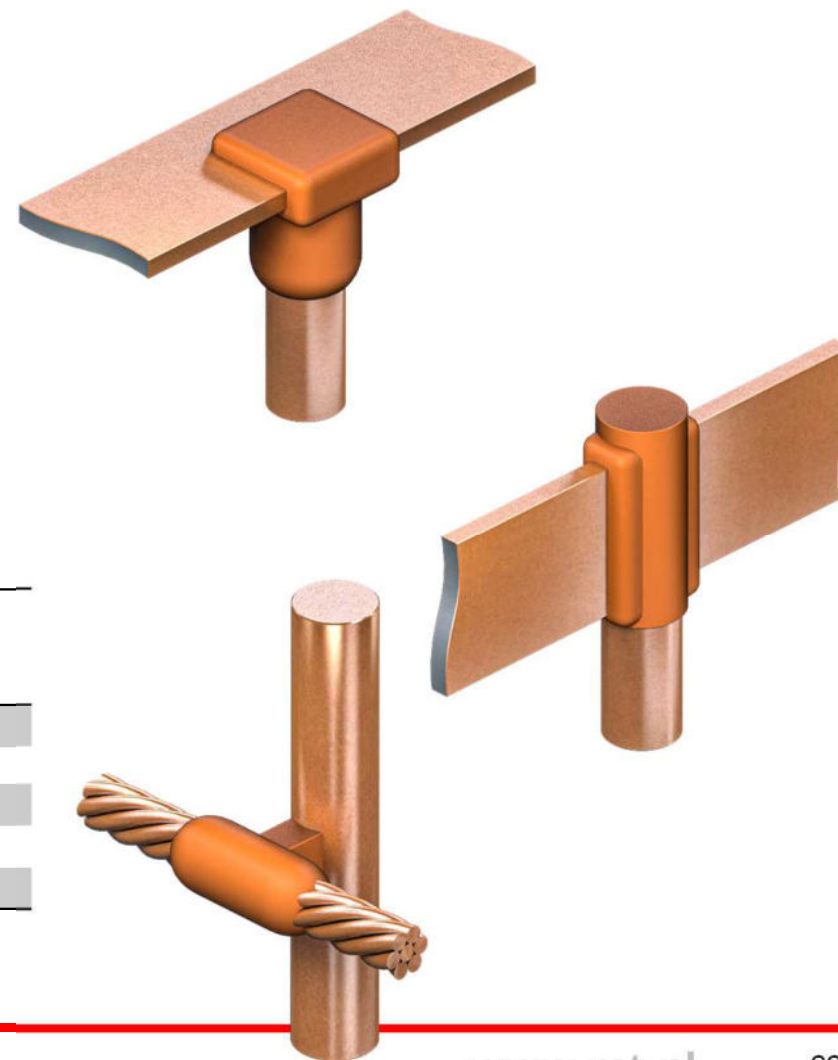


▪ Zgrzewanie egzotermiczne

Połączenia uziomów pionowych

- połączenia przejściowe
- połączenia końcowe
- pionowe lub poziome ułożenie bednarki
- połączenia z drutem/linką

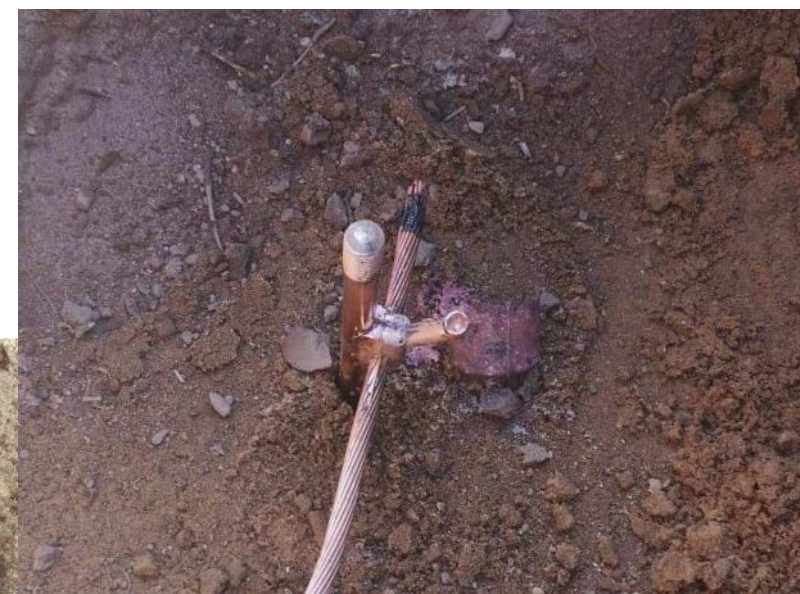
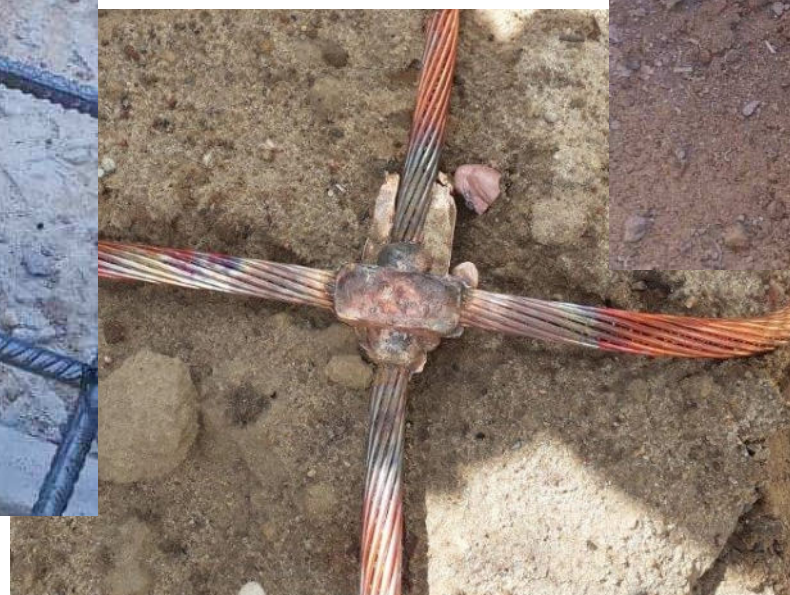
C-UP-D	Przekrój		Średnica pręta		
	bednarki	14,2 mm	16 mm	17,2 mm	
	25x4 mm	115 g	115 g	150 g	
	30x3 mm	150 g	150 g	150 g	
	30x4 mm	150 g	150 g	150 g	
	40x4 mm	200 g	200 g	200 g	
	40x5 mm	200 g	200 g	200 g	



▪ Zgrzewanie egzotermiczne

Połączenia linek miedzianych:

- linka – linka
- linka – pręt zbrojeniowy
- linka – uziom pionowy





***Dziękuję
za uwagę !***

RST

+48 85 307 00 85

rst@rst.pl

RST sp. z o.o.

ul. Gen. W. Andersa 40a

15-113 Białystok

www.rst.pl