

## Biała Księga

Instrukcje dla projektantów, instalatorów  
oraz rzeczoznawców ds. zabezpieczeń ppoż.



# Ograniczenie ryzyka wystąpienia pożaru w instalacjach PV

Niniejszy materiał bazuje na oryginalnym dokumencie „Merkblatt für Planer und Installateure. Lichtbogenrisiken an PV-Anlagen reduzieren” przygotowanym przez:

- Bundesverband Solarwirtschaft e.V. - BSW-Solar (Niemieckie Stowarzyszenie Przemysłu Solarnego e.V. – BSW-Solar)
- Deutsche Gesellschaft für Sonnenergie e.V. - DGS (Niemieckie Towarzystwo Energii Słonecznej e.V. - DGS)
- Fraunhofer-Institut für Solare Energie Systeme ISE (Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems ISE)
- GDV TÜV Rheinland - [www.tuv.com](http://www.tuv.com)
- Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft e.V. - GDV (Ogólne Stowarzyszenie Niemieckich Ubezpieczycieli e.V. - GDV)
- Zentralverband der Deutschen Elektro- und Informationstechnischen Handwerke – ZVEH  
(Centralne Stowarzyszenie Niemieckiego Inżynierii Elektrycznej i Informatyki – ZVEH)

Pierwsza edycja: lipiec 2017 r.

Wydawca niemieckiej edycji: Bundesverband Solarwirtschaft e.V.

Tłumaczenie na język polski: dr inż. Maciej Piliński, Fronius Polska Sp. z o.o.

Bardzo dziękujemy Niemieckiemu Stowarzyszeniu Przemysłu Solarnego (Bundesverband Solarwirtschaft e.V.) – BSW-Solar za zgodę na wykorzystanie materiałów i publikację tych niezwykle ciekawych wytycznych na polskim rynku.

Fronius Polska Sp. z o.o.

## ZASTRZEŻENIE

Zawarte w dokumencie informacje zostały pozyskane przez komitet ekspertów z BSW-Solar na podstawie wcześniejszych badań przyczyn powstawania i skutków działania ognia dla systemów fotowoltaicznych w projekcie [www.pv-brandsicherheit.de](http://www.pv-brandsicherheit.de) TÜV Rheinland, Fraunhofer ISE i DGS Berlin Brandenburg we wrześniu 2015. Zalecenia, adaptacja i tłumaczenie były tworzone z najwyższą starannością. Wydawca oryginalnego dokumentu nie ponosi jednak żadnej odpowiedzialności za prawidłowość i przydatność informacji w indywidualnych przypadkach, ani za dokładność i rzetelność tłumaczenia na język polski. Niezbędna jest zatem wnikliwa analiza okoliczności i lokalnych przepisów, które należy zachować w przypadku konkretnej realizacji.

Biała księga

© Fronius Polska Sp. z o.o.

Wersja 06 05/2021

Business Unit Solar Energy

Firma Fronius zastrzega sobie wszelkie prawa, w szczególności prawo do powielania, dystrybucji i tłumaczenia. Żadna część tego dokumentu nie może być w jakiegokolwiek formie: przechowywana, przetwarzana, powielana lub rozpowszechniana za pomocą systemów elektronicznych bez pisemnej zgody firmy Fronius. Informacje publikowane w niniejszym dokumencie, pomimo największej staranności w jego przygotowaniu, mogą ulec zmianie i ani autor, ani Fronius nie mogą przyjąć żadnej odpowiedzialności prawnej. Sformułowanie dotyczące płci odnosi się w równym stopniu do formy męskiej i żeńskiej.

## Spis treści

<b>Wprowadzenie</b> .....	<b>4</b>
<b>Powstawanie łuku elektrycznego</b> .....	<b>4</b>
<b>Zasady prowadzenia przewodów</b> .....	<b>5</b>
Typ kabli i przewodów <sup>1</sup> .....	5
Wykorzystanie kanałów kablowych .....	5
Promienie gięcia .....	6
Bezpieczny montaż przewodów .....	7
Odciążenie .....	8
Odpowiednie zaprojektowanie i ustawienie złączy .....	8
Ograniczenie możliwości rozprzestrzeniania się ognia .....	9
Ochrona przewodów na dachu .....	9
Bezpieczne skrzynki przyłączeniowe i rozdzielnice .....	10
<b>Zalecenia dotyczące odpowiednich materiałów</b> .....	<b>10</b>
Przewody .....	10
Złącza MC4 .....	10
Kanały i korytka kablowe (systemy prowadzenia przewodów) .....	12
Tuleje .....	12
Mocowania .....	12
Falowniki .....	12
Uziemienie, ochrona odgromowa i przeciwprzepięciowa .....	12
Uwaga ogólna .....	13
<b>Rekomendacje dotyczące użytkowania</b> .....	<b>13</b>
<b>Oznakowanie</b> .....	<b>14</b>

# Wprowadzenie

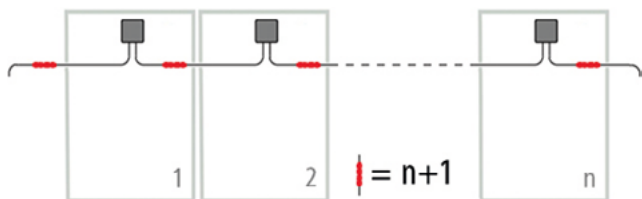
W instalacjach elektrycznych, a więc także w systemach fotowoltaicznych, bezpieczeństwo ma ogromne znaczenie. Systemy PV, które są projektowane, instalowane i eksploatowane zgodnie z ogólnie przyjętymi zasadami technicznymi, są bezpieczne i niezawodne, nawet w najbardziej niesprzyjających warunkach pogodowych. Jednak mogą zaistnieć scenariusze zdarzeń, które wymagają dodatkowych urządzeń zabezpieczających. Na przykład w systemach, które nie są regularnie monitorowane lub w których moduły są instalowane na łatwopalnym dachu lub izolacji.

## Powstawanie łuku elektrycznego

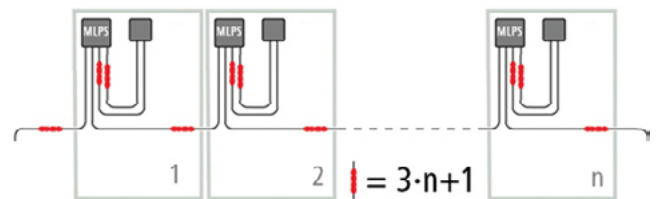
Łuk elektryczny może zdarzyć się tylko wtedy, gdy wystąpią poważne usterki w istotnych dla bezpieczeństwa systemu PV elementach i nie zostaną one zawczasu wykryte. Przyczyną może być np. uszkodzenie podwójnej izolacji przewodu DC w kilku miejscach lub wystąpi zwiększona oporność na styku uszkodzonego złącza.

Zasadniczo rozróżnia się łuki równoległe i szeregowe. Łuki szeregowe nie są łatwe do zidentyfikowania. Najlepiej można zapobiec ich powstawaniu lub co najmniej zminimalizować ryzyko ich wystąpienia, jeśli zastosuje się wytyczne niniejszego dokumentu. W przypadku tak zwanych łuków równoległych już zapewnienie monitorowania stanu izolacji DC przez falownik zapewnia znaczną ochronę, a to poprzez rozpoznanie pierwszych symptomów uszkodzenia izolacji, w większości przypadków można zapobiec powstaniu łuku równoległego. Oznacza to, że użytkownik systemu fotowoltaicznego musi być szczególnie uczulony na komunikaty o błędach pochodzące z falownika i poinformować o tym fakcie firmę instalacyjną.

Przykładowo, dla falowników firmy Fronius błędy związane ze zbyt niską wartością stanu izolacji sygnalizowane są kodem błędu #475. Łuki szeregowe są trudniejsze do zidentyfikowania, dlatego należy dążyć do minimalizacji ilości połączeń DC w instalacji PV.



**Rysunek 1:** Potencjalne miejsca wystąpienia łuków szeregowych w instalacjach PV. Ilość połączeń DC w instalacji wynosi  $n+1$ , gdzie  $n$  = ilość modułów.



**Rysunek 2:** Potencjalne miejsca wystąpienia łuków szeregowych w instalacjach PV z układami MLPS. Ilość połączeń wynosi  $3 \times n+1$ , gdzie  $n$  = ilość modułów.

# Zasady prowadzenia przewodów

Środki zapobiegające powstawaniu łuków elektrycznych i rozprzestrzeniania się uszkodzeń są łatwe do wdrożenia w fazie projektowania oraz w fazie montażu systemu. Poniższe zalecenia oparte są na głównych przyczynach powstawania łuków elektrycznych w systemach fotowoltaicznych. Biorąc pod uwagę te zalecenia, ryzyko wyładowania łukowego jest w dużej mierze wykluczone, a jego skutki są ograniczone.

## Typ kabli i przewodów <sup>1</sup>

Celem tego dokumentu jest ocena i prezentacja aktualnej sytuacji dotyczącej pożarów systemów fotowoltaicznych w wybranych krajach, oraz ustalenie, czy istnieje istotny wpływ takich systemów na ryzyko wystąpienia pożaru budynku. Chociaż system PV jest bardzo bezpieczną technologią, a incydenty są rzadkie, analiza ta powinna uwydatnić najczęstsze powody wystąpienia łuku elektrycznego, a tym samym możliwe powstanie pożaru. Na podstawie ustaleń tej analizy usterek w wybranych krajach wprowadzono odpowiednie środki w celu dodatkowego zmniejszenia niewielkiego i tak zagrożenia pożarowego powodowanego przez systemy PV.

Chociaż instalacje elektryczne od dziesięcioleci są integralną częścią prawie każdego budynku, a strażacy wiedzą, jak sobie z nimi radzić, w społeczeństwie brakuje aktualnej wiedzy, jeśli chodzi o gaszenie pożaru, który obejmuje budynek z instalacją fotowoltaiczną. Analizując różne taktyki, działania i strategie, a także środki bezpieczeństwa zmniejszające ryzyko porażenia prądem strażaków, niniejszy dokument zawiera zalecenia dotyczące postępowania w przypadku takiego pożaru.

## Wykorzystanie kanałów kablowych

Odpowiednie koryta kablowe oferują niezawodną ochronę przed obciążeniami mechanicznymi kabli i przed ich uszkodzeniem mechanicznym. Należy pamiętać, że na końcach koryt kablowych lub siatek kablowych, a także na odgięciach i rozgałęzieniach **nie może być ostrych krawędzi**. Mogą one prowadzić do uszkodzenia izolacji kabli. Metalowe kanały kablowe mogą również łagodzić skutki wyładowań łukowych, ponieważ nie są one wykonywane z materiału łatwopalnego.

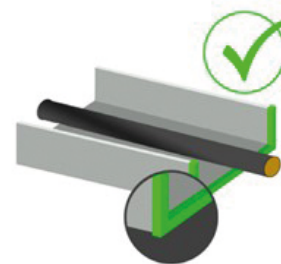
1) W niniejszym dokumencie określenie „kable” i „przewody” stosowane jest zamiennie, choć skłaniamy się do definicji, wg której o ile każdy kabel jest przewodem, to nie każdy przewód jest kablem. W „Aparatach i urządzeniach elektrycznych” Witolda Kotlarskiego czytamy: „przewody mające izolację z materiałów stałych budowane są na niższe napięcia – maksymalnie do 6kV, a kable praktycznie na cały zakres stosowanych napięć.”



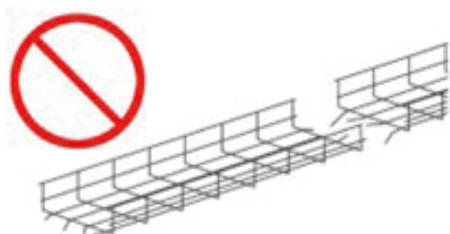
**Rysunek 3:** Koryto z zadziorami.  
**Uwaga – niebezpieczeństwo uszkodzenia izolacji!**



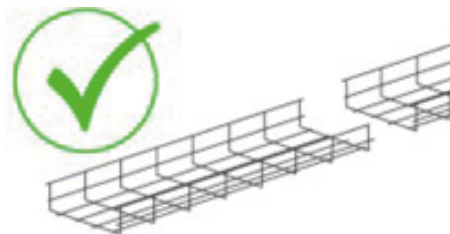
**Rysunek 4:** Gratowanie kanałów kablowych, tak aby izolacja przewodów pozostała nienaruszona przez dłuższy czas.



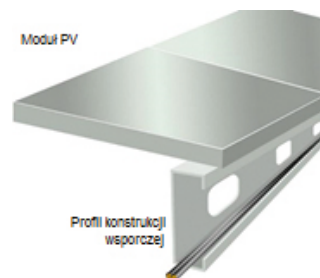
**Rysunek 5:** Należy stosować ochronę krawędzi lub dodatkowo zabezpieczoną instalację w plastikowych rurach w obszarze krawędzi i ugięć przewodów.



**Rysunek 6:** Kratka kablowa z wolnymi końcami prętów i ostrymi krawędziami. **Uwaga – niebezpieczeństwo uszkodzenia izolacji!**



**Rysunek 7:** Należy usunąć końcówki prętów lub użyć ochraniaczy krawędzi.



**Rysunek 8:** Zalecana jest prowadnica kabla zintegrowana w konstrukcji wsporczej.



Podczas układania przewodów należy dopilnować, aby nie były one stale zanurzone w wodzie. W przeciwnym razie izolacja może zostać uszkodzona. Warunek ten musi być spełniony również podczas instalowania kabli.

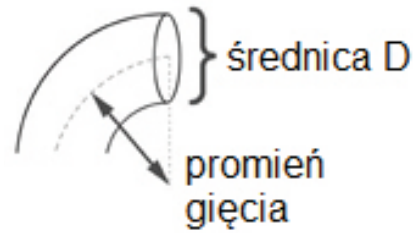
Elastyczne kable muszą być prowadzone ze wsparciem mechanicznym i zabezpieczone przed wpływami środowiskowymi po zainstalowaniu na stałe (PN EN 50565-1). Wymogi te dotyczą również kabli fotowoltaicznych zgodnie z normą PN EN 50618.

## Promienie gięcia

Promień gięcia określony przez producenta musi być przestrzegany. W przeciwnym razie izolacja może być nadmiernie naprężona, co prowadzi do powstawania pęknięć, szczególnie w niskich temperaturach. W przypadku elastycznych przewodów do instalacji fotowoltaicznych z reguły promień gięcia nie powinien być mniejszy niż  $4 \times D$ .

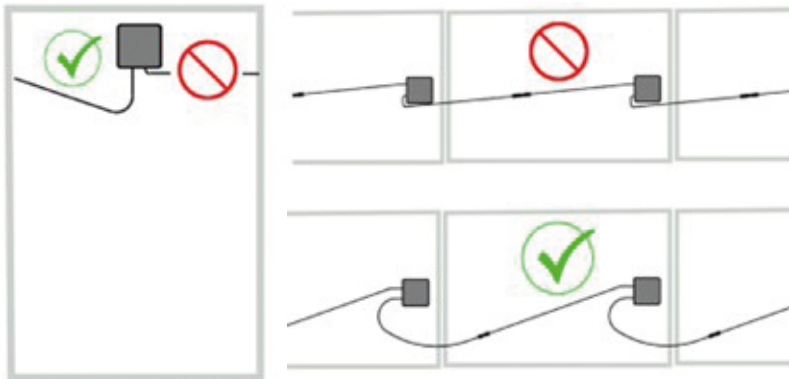


**Rysunek 9:** Należy nie doprowadzać do pęknięcia izolacji.



**Rysunek 10:** Promień gięcia a średnica kabla.

Podczas montażu kabli do skrzynek przyłączeniowych falowników, skrzynek przyłączeniowych modułów, wtyczek i rozdzielaczy, należy również zapewnić odpowiednie promienie gięcia. W szczególności w przypadku modułów montowanych poprzecznie, należy z góry rozważyć wystarczającą długość kabli. Zawsze należy przestrzegać dopuszczalnych promieni zginania.



**Rysunek 11:** Skrzynka połączeniowa modułu.

**Rysunek 12:** W przypadku modułów montowanych poprzecznie należy zwrócić uwagę na odpowiednie długości kabli, aby zachować zgodność z promieniem gięcia i uniknąć dodatkowych obciążeń rozciągających na modułowym gnieździe połączeniowym.

Przy zmianie kierunku wiązek kabli należy wziąć pod uwagę różne długości kabli.



**Rysunek 13:** Zmiana kierunku prowadzenia przewodów.

Jeśli promień gięcia nie może być dotrzymany przez zbyt krótkie przewody łączące, jest to uważane za poważną wadę instalacji.

## Bezpieczny montaż przewodów

Mocowanie kabli służy przede wszystkim do przenoszenia obciążeń. Chroni to kable i zintegrowane zabezpieczenia (np. złącza) przed odkształceniami i przed przeciążeniem mechanicznym. Nasadka powinna zapobiegać otarciom linii lub ścieraniu izolacji. Nie wolno uszkadzać izolacji przewodów elementami mocującymi. Wymagania te zwykle spełniają tylko odpowiednie urządzenia / wsporniki. Opaski kablone nadają się zatem

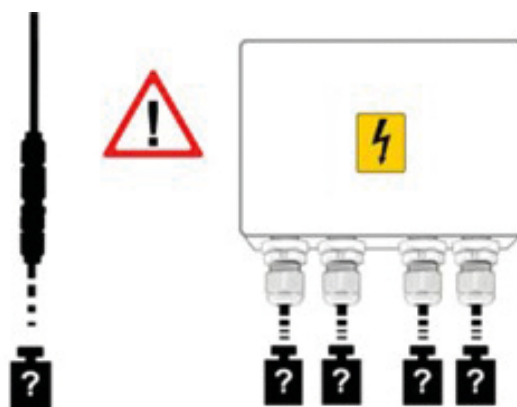
tylko do mocowania kabli, a nie do przenoszenia obciążenia. Można stosować wyłącznie opaski kablowe zatwierdzone do użytku na zewnątrz (w szczególności odporność na promieniowanie UV).

Odstępy mocowania muszą być stosowane zgodnie z instrukcjami producenta lub ustaleniami producenta przewodów. Jeśli nie są one dostępne, przyjmuje się, że odległość montażowa przewodów PV w poziomie powinna być nie mniejsza niż 250 mm, a w pionie: nie mniejsza niż 400 mm.

Podstawowe wymaganie: przewody muszą być luźno ułożone, nie mogą być układane pod obciążeniem mechanicznym, muszą być odciążone i w wystarczającym stopniu uwolnione od naprężeń. W trakcie funkcjonowania instalacji nie mogą być nigdy poddawane mechanicznemu naprężeniu. Należy unikać kontaktu z ostrymi krawędziami lub porysowania na szorstkim podłożu. Kable należy mocować w odstępach zgodnych z instrukcjami producenta.

## Odciążenie

Elementy mocujące chronią połączenia liniowe przed przeciążeniem mechanicznym. W poszczególnych elementach (wtyczka, skrzynka przyłączeniowa modułu, itp.) są one często zintegrowane i dlatego mogą one absorbować jedynie ograniczone siły. Na przykład w przypadku wtyków PV o średnicach przewodów 4-9 mm zintegrowany w standardzie reduktor naprężeń może wytrzymać siłę 80N (IEC / EN 62852). Ewentualnie występujące obciążenia muszą zostać pochłonięte przez sposób układania.



**Rysunek 14:** Złącza DC i skrzynki połączeniowe modułów z dławikami PG - zintegrowane przepusty absorbują siły tylko w ograniczonym zakresie.

## Odpowiednie zaprojektowanie i ustawienie złączy

Układając złącza, należy upewnić się, że są one prawidłowo zainstalowane (patrz także Rozdział 4 - Zalecenia dotyczące odpowiednich komponentów). Wtyczki muszą być zaślepione zgodnie ze specyfikacją producenta i nie mogą być montowane pod naprężeniem mechanicznym (przestrzegać odciążenia, patrz Rys. 14). Wtyki PV są zwykle chronione przed wnikaniem wody. Należy unikać trwałego zanurzenia wtyczek w wodzie. Ciągłe narażenie na kontakt z wodą może negatywnie wpływać na poprawność działania złączy. Należy uni-



kać umiejscawiania złączy w zasięgu bezpośredniego działania światła słonecznego. O ile to możliwe, podczas projektowania instalacji należy wziąć pod uwagę dostępność złączy dla późniejszych przeglądów i serwisu: w trakcie funkcjonowania instalacji należy zapobiegać ewentualnemu zanieczyszczeniu i powstawaniu mchu na złączach lub należy regularnie usuwać powstałe zanieczyszczenia. Wtyczki muszą być zainstalowane zgodnie ze specyfikacją producenta.



**Rysunek 15:** Złącze DC, producent: MultiContact,  
typ: MC4



**Rysunek 16**

## Ograniczenie możliwości rozprzestrzeniania się ognia

Łuk elektryczny może zapalić łatwopalne membrany dachowe i leżącą pod nimi izolację w przypadku bezpośredniego ich kontaktu. Na etapie planowania należy zatem sprawdzić, czy można zastosować niepalne membrany dachowe lub izolację. Jeśli nie jest to możliwe, wpływ ewentualnego wystąpienia łuku należy zminimalizować w sposób trwały i wystarczający poprzez zapewnienie odległości między przewodem a poszyciem dachu (kanały kablowe lub wystarczająco gruba baza mineralna, np. żwirowa). Wybierając materiały instalacyjne, należy wziąć pod uwagę, że tworzywa sztuczne mają wyższy potencjał zapłonu i rozprzestrzeniania się ognia niż materiały metalowe.

## Ochrona przewodów na dachu

Wejścia kablowe do budynku muszą być wykonane profesjonalnie. Nie należy prowadzić kabli po ostrych krawędziach i nie należy przytwierdzać ich bezpośrednio do dachu. Odnośnie wpływu grawitacji na przewody decydujące są specyfikacje producenta kabla. Należy przestrzegać zalecane maksymalne odległości poziomych i pionowych mocowań kabli. Opaski kablowe są niedozwolone w przypadku działania grawitacji na przewody. Bezpośrednio przed wprowadzeniem do budynku zaleca się, aby przewody DC-plus i DC-minus były poprowadzone osobno w odległości 5 do 10 centymetrów od budynku.

Prowadzenie osobnych tras kablowych DC-plus i DC-minus przez wpusty dachowe powinno odbywać się z zachowaniem odległości 5-10 cm w celu uniknięcia łuku równoległego. Zaleca się również stosowanie bariery ogniowej w miejscu wprowadzenia kabli do budynku. W ten sposób zapobiega się rozprzestrzenianiu ognia do wnętrza budynku.

## Bezpiecznie skrzynki przyłączeniowe i rozdzielnice

Skrzynki przyłączeniowe modułów PV muszą spełniać wymagania normy PN-EN 61439-2 (i jej załączników). Należy zapewnić prawidłowe podłączenie kabli oraz rozdzielenie strony dodatniej i ujemnej w skrzynkach przyłączeniowych generatora i innych skrzynkach zaciskowych. Zwiększona rezystancja styku z powodu niewłaściwego połączenia może doprowadzić do przegrzania punktu końcowego, a to z kolei do ryzyka pożaru z powodu łuków szeregowych. Nawet przy rozłącznikach należy przestrzegać specyfikacji producenta. Niektórzy producenci zalecają używanie rozłączników DC minimum raz w roku. W wyniku tego działania powstające osady tlenkowe są ścierane, a rezystancja kontaktu jest znacznie zmniejszona.

## Zalecenia dotyczące odpowiednich materiałów

### Przewody

Najwłaściwsze jest zastosowanie jednożyłowych kabli PV z oznaczeniem PV1-F, a następnie H1Z2Z2-K (PN-EN 50618). Posiadają one izolację, która pozwala na ich stosowanie w urządzeniach i systemach klasy II. Ponadto mają one wysoką odporność na wpływy środowiska, takie jak promieniowanie UV oraz wysoką wytrzymałość mechaniczną. Jeśli inne przewody są używane jako linie główne lub stałe, muszą być odporne na zwarcie doziemne i zwarcie między przewodami. Należy je chronić przed warunkami atmosferycznymi i promieniowaniem UV, np. poprzez prowadzenie ich w zamkniętych kanałach kablowych.

### Złącza MC4

Należy stosować wyłącznie złącza zgodne z PN-EN 62852. W typowym systemie PV istnieją punkty połączenia DC wykonane przez komplet złącz (wtyk-gniazdo). Jeśli jedno z tych połączeń jest słabo wykonane, jego stan będzie pogarszał się w trakcie pracy w wyniku zwiększonej rezystancji styku: miejsce to nagrzewa się

gdy płynie prąd i pojawia się „gorący punkt” . Ze względu na pojawienie się ciepła, materiał kontaktu może dyfundować lub nawet stopić się, aż w pewnym momencie połączenie zostanie całkowicie przerwane. W tym przypadku może wytworzyć się początkowo bardzo mała szczelina powietrzna, w której występuje ryzyko powstania łuku a w efekcie zagrożenie pożarem.

Doświadczenia innych krajów wskazują, że problemy ze złączami DC są główną przyczyną awarii oraz zagrożenia pożarowego w systemach PV. Łączenie modułów między sobą jest względnie bezpieczne, jeżeli łączy się je konektorami pochodzącymi od tego samego producenta. Raporty z różnych

laboratoriów testowych wykazały, że szczególnie niebezpieczne mogą być połączenia wykonane złączami DC pochodzącymi od różnych producentów. Nawet jeśli spełniają one podstawowe wymagania jakościowe w krótkim okresie czasu, w dłuższej perspektywie mogą obniżać jakość połączenia, a w efekcie zwiększać zagrożenie pożarowe.



Rysunek 17

Odpowiedniki złącza MC4 (męskie / żeńskie) muszą być tego samego typu i producenta!

Szczególną uwagę na zagadnienie kompatybilności złącz należy zwrócić przy podłączaniu do modułów zewnętrznych urządzeń MLPE (ang. Module Level Power Electronics) oraz MLPS (ang. Module Level Power Shutdown), takich jak mikrofalowniki lub optymalizatory mocy. Niezastosowanie złącz tego samego typu i producenta w modułach PV i urządzeniach MLPE może potencjalnie prowadzić do zwiększenia ryzyka powstania łuku elektrycznego, a co za tym idzie – ryzyka powstania pożaru.

Należy dążyć do minimalizacji ilości połączeń DC w instalacji PV.

Niezależnie od tych okoliczności, złącza DC są często deklarowane przez producentów jako „kompatybilne z MC4”. To twierdzenie o zgodności jest potencjalnie mylące, ponieważ sugeruje bezpieczną interoperacyjność złączy DC pochodzących od różnych producentów.

## Kanały i korytka kablowe (systemy prowadzenia przewodów)

Kanały i korytka kablowe muszą być przeznaczone do użytku na zewnątrz. W przypadku kanałów kablowych producent powinien zapewnić odpowiednią ochronę krawędzi. Preferowane są metalowe kanały kablowe i rury instalacyjne, pod warunkiem, że są one odporne na korozję. Gdy stosowane są kanały z tworzywa sztucznego, muszą być odporne na warunki atmosferyczne, a zwłaszcza na promieniowanie UV i ozon.

W przypadku pozostawiania obwodów pod napięciem po wyłączeniu prądu, należy zastosować środki bezpieczeństwa, takie jak: kable odporne na działanie wysokiej temperatury i wody, obudowanie kabli ognio-ochronnym kanałem kablowym lub poprowadzenie ich trasami wydzielonymi pożarowo, np. w szachtach kablowych.

## Tuleje

W celu wprowadzenia kabla do kanału kablowego należy zastosować tuleje (np. zgodnie z DIN 18195 część 9).

## Mocowania

Złącza kablowe nie są odpowiednie do mocowania kabli. Mogą być używane tylko do łączenia kabli. Do zamocowania należy zastosować odpowiednie zaciski kablowe, klipsy itp.

## Falowniki

Falowniki muszą być bezwzględnie instalowane zgodnie z wytycznymi producenta. Ze względu na zakres tego tematu, zostanie mu poświęcone osobne opracowanie.

## Uziemienie, ochrona odgromowa i przeciwprzebieciowa

Właściwe uziemienie instalacji fotowoltaicznej wraz z ewentualną ochroną przed skutkami wyładowań atmosferycznych mają ogromne znaczenie dla uniknięcia jakichkolwiek usterek elektrycznych, które mogłyby doprowadzić do powstania pożaru. Gorąco zachęcamy do zapoznania się z obszerną literaturą udostępnianą przez wiodących producentów tych rozwiązań, takich jak Jean-Mueller (CITEL) lub DEHN.

## Uwaga ogólna

W przypadku montażu instalacji w obiektach rolniczych może być również konieczne zapewnienie odporność elementów systemu na działanie amoniaku.

## Rekomendacje dotyczące użytkowania

Aby zapewnić długoterminową wydajność i bezpieczeństwo pracy systemu PV, należy go poddawać regularnej inspekcji i konserwacji. Poniższy wykaz zawiera zalecenia dotyczące zawartości i częstotliwości konserwacji.

Kiedy	Gdzie	Co	Kto	Uwagi
Codziennie	Falownik	Kontrola wyświetlacza roboczego w celu uniknięcia utraty wydajności przy wyłączeniach awaryjnych	Operator	Alternatywnie: monitorowanie z aktywnym raportowaniem o błędzie do operatora
	Monitoring danych operacyjnych (system)	Kontrola stanu pracy za pomocą zdalnego monitorowania (w przypadku ochrony przeciwpożarowej należy zwrócić szczególną uwagę na błędy izolacji).	Operator / serwis	
		Analizy komunikatów o błędach i odpowiednie działania serwisowe	Serwis	
Miesięcznie	Licznik energii	Monitorowanie wydajności: regularna rejestracja i analiza odczytów liczników (nie dotyczy automatycznego gromadzenia i oceny danych operacyjnych).	Operator / serwis	
	Powierzchnia modułów	Kontrola wzrokowa, czy występują poważne, oczywiste wady, takie jak przesunięte moduły, luźne: zaciski modułów, elementy ram montażowych lub kable solarne	Operator	Przemieszczanie się w okolicy pola modułów tylko po zatwierdzonych trasach!
Regularnie, najrzadziej co cztery lata	Cała instalacja	Powtórzenie pomiarów i testów przy uruchamianiu zgodnie z PN-EN 62446-1	Serwis	
Sytuacyjne - po automatycznym wyłączeniu falownika	Cała instalacja	Rozwiązywanie problemów	Serwis	

## Oznakowanie

Dla bezpieczeństwa osób, zaleca się, aby budynek w którym znajduje się instalacja fotowoltaiczna posiadał oznakowanie zgodne z normą: PN-HD 60364-7-712:2016 w następujących miejscach:

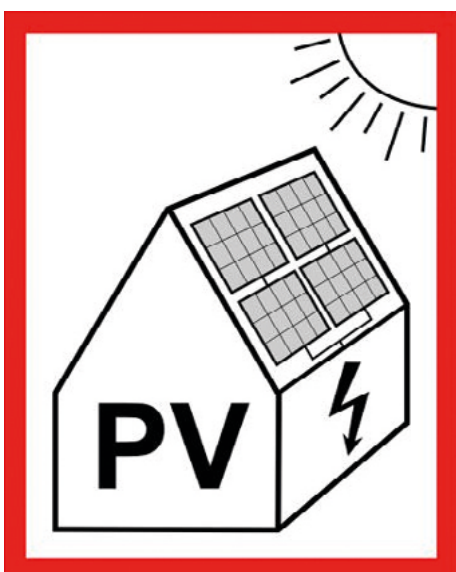
- w rozdzielni głównej budynku
- obok głównego licznika energii (jeśli oddalony od rozdzielni głównej)
- obok głównego wyłącznika
- w rozdzielnicy, w której przyłączona jest instalacja fotowoltaiczna do instalacji elektrycznej budynku.

W każdym punkcie dostępu do części pod napięciem po stronie DC (np. rozdzielnice z zabezpieczeniem przepięciowym) należy umieścić w sposób trwały ostrzeżenie, że części te mogą być nadal zasilane:

- po wyłączeniu falownika,
- po wyłączeniu napięcia AC w budynku (np. rozłącznikiem głównym),
- po ustawieniu rozłącznika DC w falowniku w pozycji „0”.

Na falownikach należy umieścić ostrzeżenie, że wszelkie prace serwisowe można prowadzić dopiero po odłączeniu separującym falownika zarówno od strony DC, jak i AC.

**Uwaga:** falowniki mają zgromadzoną energię w kondensatorach, której rozładowanie do wartości bezpiecznych może zająć nawet kilka minut.



**Rysunek 18:** Etykieta wskazująca na obecność instalacji fotowoltaicznej w budynku.



**Rysunek 19:** Etykieta wskazująca na stałą obecność napięcia DC.



