



BEZPIECZEŃSTWO POŻAROWE INSTALACJI FOTOWOLTAICZNYCH

Mariusz Sobecki

Rzecznawca

ds. zabezpieczeń przeciwpożarowych

Rodzaje instalacji fotowoltaicznych

■ Instalacje na budynkach



Źr.: <https://www.wikiwand.com/>

- Panele jako odrębne urządzenia
- BIPV, BAPV (building integrated PV, building-applied photovoltaics) – panele jako elementy budynku



źr.: <https://www.solarpowerportal.co.uk>

Rodzaje instalacji fotowoltaicznych

■ *Instalacje na terenie*



Źr. <https://www.wikiwand.com/>

- Duże farmy fotowoltaiczne
- Przydomowe instalacje terenowe



Źr. <https://www.ad.nl/>

Rodzaje instalacji fotowoltaicznych

■ Instalacje na akwenach wodnych



Źr. <https://www.pv-tech.org/>



Źr. <https://solarmagazine.nl/>

Rodzaje instalacji fotowoltaicznych

■ *Carport*



Źr. <https://www.eusolar.biz/>



Rodzaje instalacji fotowoltaicznych

- on-grid – instalacja podłączona do sieci elektroenergetycznej; niewykorzystana energia trafia do sieci lub magazynowana jest w akumulatorach
- off-grid – instalacja nie jest podłączona do sieci elektroenergetycznej, a energia jest wykorzystywana na bieżąco lub magazynowana w akumulatorach
- hybrydowa – instalacja, do której można przyłączyć inne źródła energii z grupy OZE

Skład modułów i elementów

Elementy	Skład
Moduły	
Ramy	Metale, tworzywa sztuczne
Materiały nośne	Szkło, folia z tworzyw sztucznych, folie metaliczne
Konstrukcja nośna	Metale, tworzywa
Ogniwa solarne	W zależności od technologii: krzem, folie plastikowe, folie metalowe, barwniki, różne (ciężkie) metale
Podłoże	Żywica lana, folie plastikowe
Masy uszczelniające	Guma, silikon
Połączenia ogniw	Metale, stopy metali
Skrzynki przyłączeniowe	Tworzywa sztuczne, metale, diody,
Skrzynki przyłączeniowe prądu stałego (GAK)	Metale, szkło, tworzywa sztuczne
Falownik	Metale, szkło, tworzywa sztuczne

- Źr. PORADNIK Ocena ryzyka pożarowego w INSTALACJACH FOTOWOLTAICZNYCH. Określenie koncepcji bezpieczeństwa w celu minimalizacji ryzyka – CNBOP-PIB

Skład modułów i elementów

Najważniejsze materiały i ich frakcje masowe w module standardu krystalicznego zostały oparte na badaniach Instytutu Ekologii i Polityki w Hamburgu (Ökopol) z 2004 i 2007 r.

Tabela 4-18: Materiały i przeciętne frakcje masowe typowego krystalicznego standardowego modułu, folia szklana (laminat jednowarstwowy)

Składnik	Materiał	Zestawienie zbiorcze (przykłady)	Masa [%]	Masa (w przybliżeniu) [g/m ²]
Ramy	Metal	Aluminium	8–10	1.060
	Tworzywa sztuczne	Poliuretan, poliamid		
Szkło	ESG, TVG	Szkło (Si, Na, Ca, Mg)	74–76	8.850
	Płyta czołowa, VSG	Szkło, folia PVB		
Ogniwa	Kryształy	Krzem	3,6	424
Łańcuchy ogniw Połączenia	Cynkowana taśma miedziana	Miedź, cyna, srebro, ołów, bizmut (tylko 10-30 µm)	0,8	94
Folia tylna	Folia tedlarowa	PET, PVF, PA	5	590
Połączenie zatapiane		EVA, acrylaty	6	708
Uszczelnienia, kleje	Taśma uszczelniająca ramy	Guma, silikon, akryl, piany - PE, poliuretan, kopolimery etylo-propylenowe	1–2	177
Skrzynki przyłączeniowe	Tworzywa sztuczne, metale	ABS, PET, Aluminium	1–2	177

- Źr. PORADNIK Ocena ryzyka pożarowego w INSTALACJACH FOTOWOLTAICZNYCH. Określenie koncepcji bezpieczeństwa w celu minimalizacji ryzyka – CNBOP-PIB

Zagrożenia pożarowe związane z instalacją fotowoltaiczną

Powstanie pożaru

- Pożar obiektu z instalacją
- Pożar w wyniku awarii instalacji
- Pożar terenu
- Pożar sąsiedniego obiektu

Ułatwienie rozprzestrzeniania się pożaru na obiekcie z instalacją fotowoltaiczną

- Palność paneli i okablowania
- Wpływ obciążenia panelami konstrukcji budynku (odporność ogniowa dachu)
- Specyficzne warunki powstające po zamontowaniu paneli (pomiędzy dachem a panelami, pomiędzy panelami a ścianą)
- Brak odpowiedniej separacji stref pożarowych

Ułatwienie rozprzestrzeniania się pożaru pomiędzy różnymi obiektami

- Palność paneli

Wpływ na sprawność urządzeń przeciwpożarowych

- Odległość od klap dymowych

Wpływ na prowadzenie działań ratowniczo-gaśniczych

- Instalacja pod napięciem
- Ograniczony dostęp do budynku i jego elementów
- Zagrożenie od elementów palących się paneli spadających z budynku

Zagrożenia pożarowe związane z instalacją fotowoltaiczną

- Zagrożenia „elektryczne”
 - „popsuta” ochrona odgromowa i przeciwprzepięciowa
 - przeciążenia instalacji
 - zwarcia
 - niedopasowane, źle wykonane, uszkodzone połączenia zarówno konektorów po stronie DC, jak i innych aparatów elektrycznych
 - uszkodzenia paneli fotowoltaicznych
 - uszkodzenia okablowania, w tym powstałe w czasie eksploatacji np. przetarcia itp.
 - łuk elektryczny , szeregowy lub równoległy DC

Zagrożenia pożarowe związane z instalacją fotowoltaiczną

- Wady produktowe dotyczą głównie modułów i falowników.
- Błędy projektowe dotyczące konstrukcji mechanicznej z usterkami takimi jak:
 - *montowanie modułów zbyt blisko siebie, co prowadziło do ich uszkodzeń, a w rezultacie pęknięcia i wystąpienia zwarć łukowych,*
 - *siły ścinające działające na skrzynki przyłączeniowe modułów pochodzące z szyn montażowych umieszczonych zbyt blisko siebie uszkadzały skrzynki, co prowadziło do powstania łuków elektrycznych,*
 - *niezabezpieczone skrzynki przyłączeniowe generatora i falowników zamontowane na otwartej przestrzeni spowodowały pożar tych elementów na skutek obciążeń temperaturą i wodą roztopową,*
 - *brak zastosowania przepustów przeciwpożarowych kabli przy wprowadzaniu przewodów prądu stałego do budynku, co powoduje możliwość bezpośredniego przedostania się do niego ognia.*

Zagrożenia pożarowe związane z instalacją fotowoltaiczną

- Liczne wady stwierdzono również w wykonaniu instalacji elektrycznej, np.:
 - *nieodpowiednie falowniki na zewnątrz,*
 - *falowniki w nieodpowiednim miejscu (z narażeniem na bezpośrednie działanie promieni słonecznych i gazów powodujących korozję),*
 - *kable i przewody o zbyt małych przekrojach,*
 - *rozłączniki główne DC o zbyt małych wymiarach,*
 - *nieprawidłowe typy bezpieczników po stronie DC,*
 - *nieuwzględniona utrata ciepła z bezpieczników,*
 - *przewody DC w skrzynce przyłączeniowej generatora przetarte na metalowych krawędziach,*
 - *nieodpowiednie zaciski do przewodów aluminiowych,*
 - *późniejsza rozbudowa generatora fotowoltaicznego bez sprawdzania wytrzymałości urządzeń eksploatacyjnych.*

Aspekty do uwzględnienia



Odporność ogniowa konstrukcji i przekrycia dachu lub warstwy oddzielającej izolację palną od wnętrza budynku a obciążenie panelami - opinia konstruktora



Palność przekrycia dachu, izolacji cieplnej, pokrycia



Wielkość powierzchni zajętych przez panele



Odstęp do urządzeń na dachu (konserwacja, gaszenie)



Podział na strefy pożarowe pod dachem i odległości paneli od ścian oddzielenia przeciwpożarowego



Odległości od granicy działki



Strefy zagrożenia wybuchem

Aspekty do uwzględnienia

Obecność klap dymowych, wylotów oddymiania itp.

Uwagi montażowe producenta modułów a rodzaj dachu, zachowanie odległości paneli od pokrycia dachu

Analiza ryzyka, analiza instalacji odgromowej i jej dostosowanie

Sposób prowadzenia instalacji kablowej po dachu i wewnątrz budynku

Stosowanie konektorów jednego typu i tego samego producenta

Zapewnienie wymaganego momentu dokręcenia połączeń aparatów

Przepusty w ścianach oddzielenia i wydzielenia pożarowego, i przy przejściach w ścianach poniżej poziomu terenu

Odcinanie zasilanie wyłącznikiem przeciwpożarowym prądu

Odcinanie zasilania

Budynek nie wymaga wyłącznika przeciwpożarowego

- W przeciwieństwie do możliwości odcięcia zasilania w ZK brak możliwości odcięcia zasilania od paneli
- Dobrowolne zapewnienie możliwości odcięcia zasilania
 - Montaż falownika na dachu, na zewnątrz budynku
 - Prowadzenie instalacji DC na zewnątrz budynku z ręcznym rozłącznikiem przy wejściu do pomieszczenia z falownikiem

Budynek wymaga wyłącznika przeciwpożarowego prądu

- Konieczność odłączenia zasilania
 - Montaż falownika na dachu
 - Stosowanie rozłączników sterowanych wyłącznikiem przeciwpożarowym prądu
 - Stosowanie optymalizatorów mocy powodujących zmniejszenie napięcia po stronie DC do napięcia bezpiecznego długotrwale w warunkach mokrych

Uwaga: domek jednorodzinny też może wymagać wyłącznika przeciwpożarowego prądu

Zagrożenia pożarowe związane z instalacją fotowoltaiczną

- Eliminacja zagrożeń
 - *Właściwie dobrane okablowanie do obciążeń elektrycznych;*
 - *Właściwe prowadzenie okablowania zabezpieczające przed jego uszkodzeniem w czasie eksploatacji*
 - *Zapewnienie kontroli rezystancji izolacji*
 - *Zapewnienie detekcji łuków elektrycznych w instalacji*
 - *Odpowiednie zabezpieczenia przeciw przeciążeniowego*
 - *Odpowiednie zabezpieczenie różnicowoprądowe*

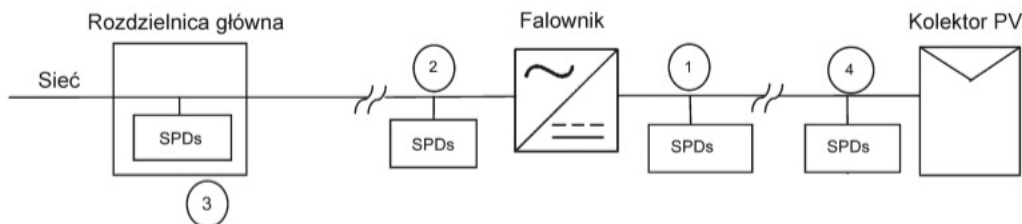
Zagrożenia pożarowe związane z instalacją fotowoltaiczną

- Eliminacja zagrożeń
 - *Konieczność analizy ochrony odgromowej*
 - W przypadku braku wcześniej instalacji odgromowej czy zamontowanie instalacji nie powoduje konieczności jej zastosowania
 - W przypadku istniejącej instalacji czy montaż instalacji fotowoltaicznej nie powoduje konieczności jej modernizacji
 - Analiza odległości instalacji fotowoltaicznej od instalacji odgromowej w zakresie zachowania odstępów separacyjnych lub odpowiednich połączeń wyrównawczych
 - Zapewnienie odpowiedniej do warunków ochrony przeciwprzepięciowej

Zagrożenia pożarowe związane z instalacją fotowoltaiczną

■ Eliminacja zagrożeń – ochrona przeciwprzepięciowa

Przykłady instalacji SPD w różnych przypadkach



Objaśnienia^{N1)}

Sytuacja	SPD w miejscu 3	SPD w miejscu 2	SPD w miejscu 1 i 4
SPD do zastosowania w przypadku instalacji PV bez zewnętrznego LPS	SPD typu 2 według wymagań HD 60364-5-53 i wg EN 61643-11	SPD typu 2 wg EN 61643-11	SPD typu 2 wg EN 50539-11
SPD do zainstalowania w przypadku budynku z zewnętrznym LPS i z zapewnionym odstępem separującym „s”	SPD typu 1 według wymagań HD 60364-5-53 i wg EN 61643-11	SPD typu 2 wg EN 61643-11	SPD typu 2 wg EN 50539-11
SPD do zainstalowania w przypadku budynku z zewnętrznym LPS i bez zapewnionego odstęp separującego „s”	SPD typu 1 według wymagań HD 60364-5-53 i wg EN 61643-11	SPD typu 1 wg EN 61643-11	SPD typu 1 wg EN 50539-11

Źr.: PN-HD 60364-7-712

Zagrożenia pożarowe związane z instalacją fotowoltaiczną

■ Eliminacja zagrożeń

- *Złącza muszą być wykonane zgodnie ze sztuką*
- *stosować tylko odpowiednie bezpieczniki łańcuchowe PV zgodne z projektem normy IEC 60263-6*
- *Zasadniczo należy stosować falowniki z monitorowaniem izolacji*
- *zadbać o odpowiednią integrację z istniejącymi lub niezbędnymi systemami odgromowymi i przeciwprzepięciowymi*
- *Moduły i przewody powinny być odpowiednio przymocowane*
- *Detektory łuku elektrycznego*
- *Falownik*
 - Szczeliny wentylacyjne i radiator falowników muszą być wolne, aby zapewnić optymalne chłodzenie.
 - Z tego samego powodu urządzenia nie powinny być montowane blisko siebie.
 - Należy przestrzegać instrukcji producenta.
 - Falowników nie wolno mocować do drewnianych ścian ani na innych łatwopalnych materiałach! Blacha metalowa jako osłona między falownikiem a drewnianą ścianą nie jest zalecana, ponieważ blacha przewodzi ciepło z falownika, ogranicza wymianę powietrza do drewna i dlatego może ulec samozapaleniu.
 - Jako podkład najlepiej nadaje się płyta konstrukcyjna z materiału budowlanego klasy A1 (= niepalna), na przykład krzemianowo-wapienna o grubości 15 mm i z naddatkiem 10 cm na obwodzie. Falowniki nie powinny być montowane w obszarach zawierających materiały palne.
 - Urządzenia należy chronić przed agresywnymi oparami, parą wodną i drobnym pyłem. Są to np. pary amoniaku wytwarzane w stodołach lub stajniach, które mogą powodować uszkodzenie falownika.

Zagrożenia pożarowe związane z instalacją fotowoltaiczną

■ Magazyny energii

- *Baterie kwasowe i zasadowe – zagrożenie wodorem*
- *Baterie litowo-jonowe – zagrożenie pożarowe „thermal runaway”, zagrożenie wybuchem w pomieszczeniach gaszonych*



Właściwości paneli – panele wbudowane

- *Dachy – klasyfikacje NRO – Broof (T1)*
- Ściany – klasyfikacja NRO – klasa reakcji na ogień i klasyfikacja wg PN, nieodpadanie w czasie pożaru, odporność ogniowa ściany

Właściwości paneli – odrębne urządzenia

*Norma PN-EN IEC 61730-2 Ocena bezpieczeństwa modułu fotowoltaicznego (PV) --
Część 2: Wymagania dotyczące badań (bazuje na ANSI/UL 790) (nie mylić z klasami jakości paneli):*

- Klasa A
- Klasa B
- Klasa C

Właściwości paneli

- *Rozprzestrzenianie płomienia*



Klasa C – palnik 325 kW, czas 4 minuty

Klasa B, A – palnik 378 kW, czas 10 minut

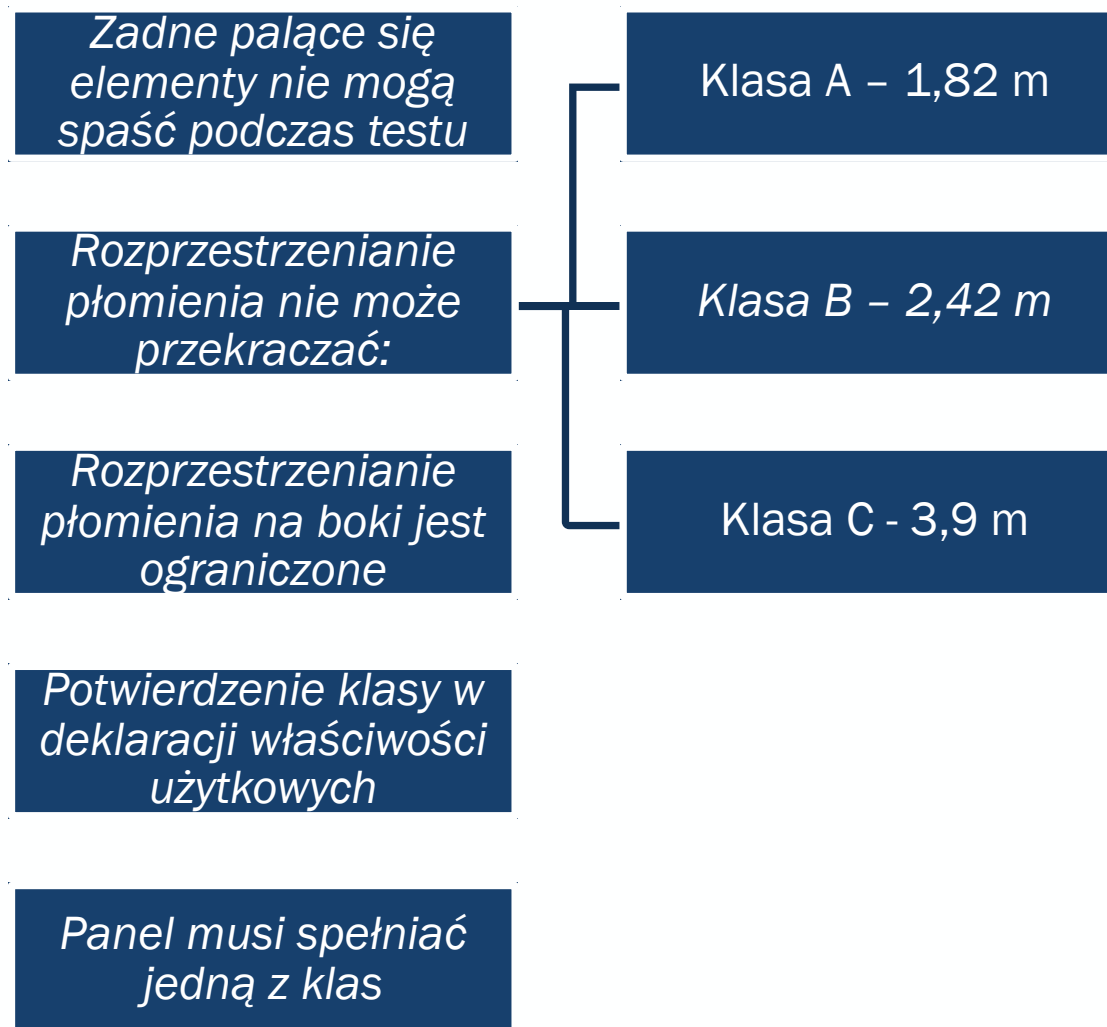
Właściwości paneli

- *Test płonącej żagwi*



Drewienka od 10 g do 2000g

Właściwości paneli



Warunki obiektu – rodzaj dachu

Niepalne przekrycie (warstwa nośna) dachu o określonej klasie odporności ogniowej, z niepalną izolacją termiczną i niepalnym pokryciem

Niepalne przekrycie (warstwa nośna) dachu o określonej klasie odporności ogniowej, z niepalną izolacją termiczną i palnym pokryciem

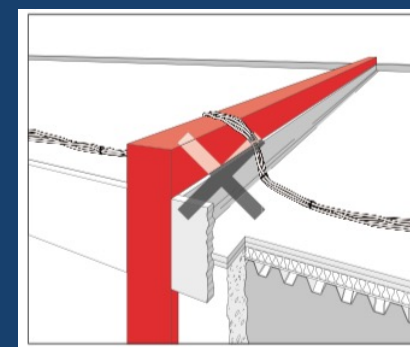
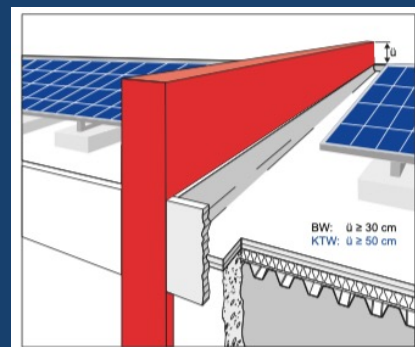
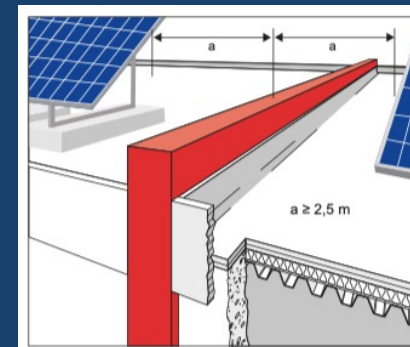
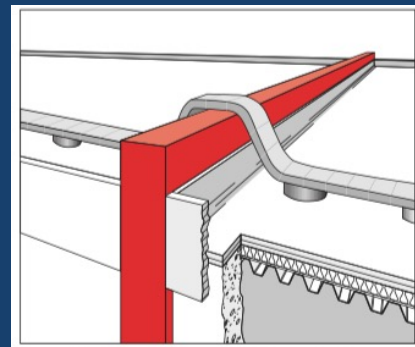
Niepalne przekrycie (warstwa nośna) dachu o określonej klasie odporności ogniowej, z palną izolacją termiczną i palną pokryciem

Niepalne przekrycie (warstwa nośna) dachu bez określonej klasy odporności ogniowej, z palną izolacją termiczną i palną pokryciem

Palne przekrycie dachu (warstwa nośna) bez określonej klasy odporności ogniowej, z palną izolacją termiczną i palną pokryciem

Warunki obiektu

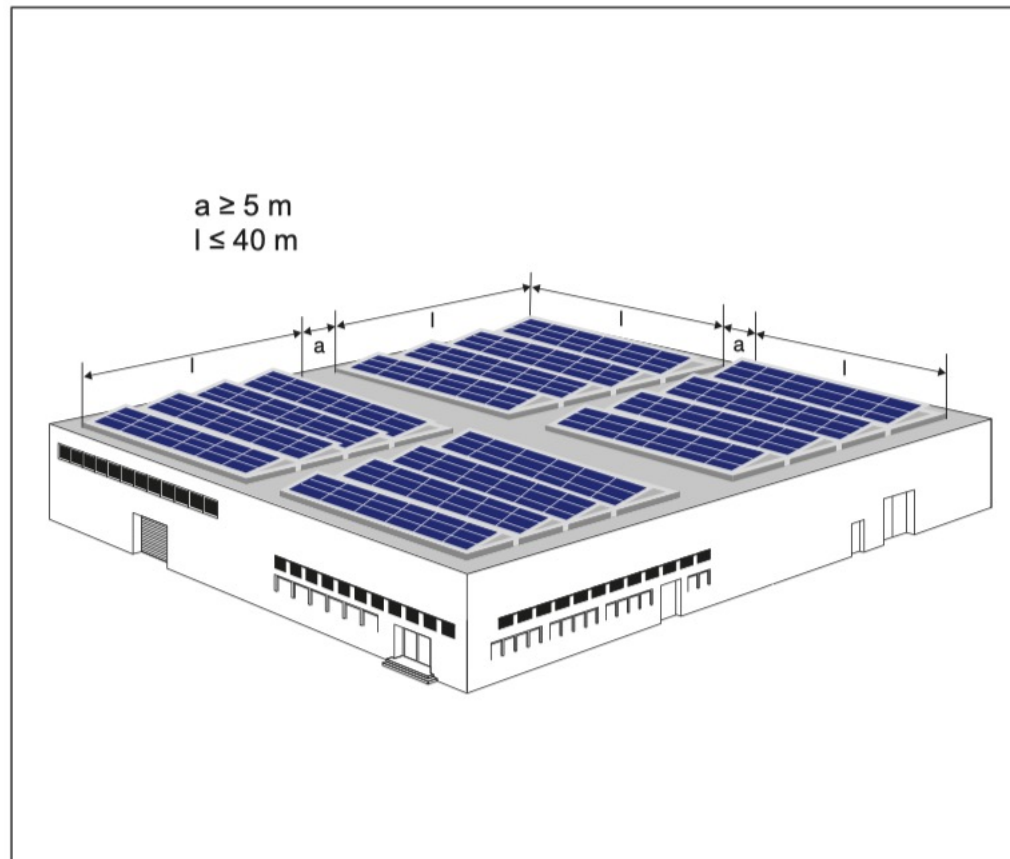
- *Występowanie pod dachem podziału na strefy pożarowe*



- *Źr. VdS 2234pl:2012-07*

Warunki obiektu

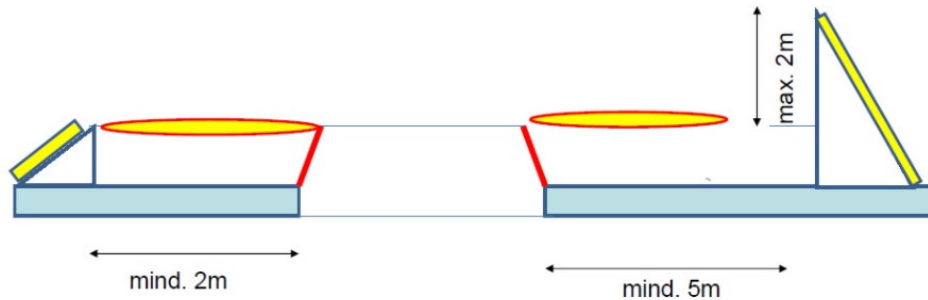
- *Duże połacie pokryte instalacją fotowoltaiczną*



Źr. VdS 2234pl:2012-07

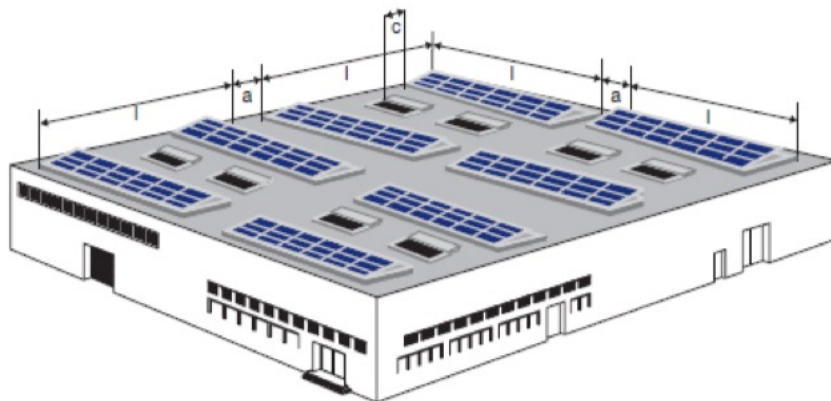
Warunki obiektu

■ *Odległości od klap dymowych*



Źr.: <https://www.fvlr.de/>

- $a \geq 5 \text{ m}$
 $l \leq 40 \text{ m}$
 Δh = Höhendifferenz zwischen PV-Modulen
und geöffneten NRW
- $\Delta h = 0 \text{ m}$, $c = 2,5 \text{ m}$
 - $0 < \Delta h \leq 2,5 \text{ m}$, $c = 5 \text{ m}$
 - $\Delta h > 2,5 \text{ m}$, nähere Untersuchung im Einzelfall



Źr.: CFPA-E Guideline No 37:2018 F

Dziękuję za uwagę



Mariusz Sobecki

Rzecznawca ds. zabezpieczeń
przeciwpożarowych

e-mail: sobecki@ibpkonsulting.pl

tel.: 607375466

www.sobecki.eu

www.ibpkonsulting.pl