

Streszczenie.....	1
Wprowadzenie	2
Układ eksperymentalny	3
Scenariusz pożarowy i układ eksperymentalny	3
Środowisko badawcze.....	3
Dach i systemy PV	3
Zarejestrowane dane i obserwacje	4
Rozprzestrzenianie się ognia na dachach	4
Temperatury w środku i poniżej warstw izolacyjnych.....	5
Przepalenie / Penetracja ognia do wewnątrz.....	6
Podsumowanie i wnioski.....	6
Bibliografia i uwagi	7
Informacja o odpowiedzialności	7
Słowniczek	

- BAPV (Building Attached Photovoltaics - Fotowoltaika Montowana na Budynku): W BAPV moduły PV są przymocowane do budynków za pomocą dodatkowej konstrukcji montażowej (czasami również nazywane „zamocowane do budynku”)
- BIPV (Building Integrated Photovoltaics - Fotowoltaika Zintegrowana z Budynkiem): Produkty fotowoltaiczne, które są używane w celu częściowego zastąpienia konwencjonalnych materiałów budowlanych w przegrodach zewnętrznych budynku takich jak dach, świetliki lub fasady
- FM: towarzystwo ubezpieczeniowe Factory Mutual
- MW: Wełna mineralna zgodnie z EN13162
- PIR: Zgodnie z EN13165 „Wyroby ze sztywnej pianki poliuretanowej (PU) produkowane fabrycznie”
- Pole paneli PV: Połączony zbiór paneli PV
- Panel PV: Pojedynczy panel fotowoltaiczny, który może być zbudowany z wielu modułów PV
- TC: Termopara

Zachowanie ogniowe wyrobów do izolacji cieplnej w warunkach zastosowania końcowego

Porównawcze badania ogniowe służące zbadaniu wpływu produktów termoizolacyjnych PIR i MW na zachowanie ogniowe dachów płaskich z zamontowaną fotowoltaiką (BAPV)

Streszczenie

Przy projektowaniu i budowie budynków niezwykle ważne jest uwzględnienie kwestii bezpieczeństwa pożarowego.

Na budynkach coraz częściej instaluje się systemy fotowoltaiczne (PV), mające pomóc w osiągnięciu celów związanych z oszczędnością energii i redukcją emisji gazów cieplarnianych, jak również obniżyć wysokość rachunków za energię dla użytkowników. W wielu krajach instalacja systemów PV na nowych budynkach, a w szczególności na dużych obiektach przemysłowych, stała się obowiązkiem. Dlatego ważne jest, aby organy regulacyjne i firmy ubezpieczeniowe dysponowały rzetelnymi wynikami badań, które umożliwią im podejmowanie świadomych decyzji opartych na informacji o ryzyku.

PIR jest produktem termoizolacyjnym wybieranym szczególnie chętnie w przypadku dachów płaskich. Oprócz doskonałych właściwości termicznych, stabilność mechaniczna płyt izolacyjnych PIR pozwala na montaż i konserwację systemów PV ponad systemami izolacji i hydroizolacji dachu.

Architekci, właściciele budynków, organy regulacyjne i firmy ubezpieczeniowe muszą mieć pewność, że cele bezpieczeństwa dla przekryć dachów płaskich będą spełnione również w przypadku pożaru obejmującego systemy PV.

[Bezpieczeństwo pożarowe instalacji PV i podłączonych instalacji](#)

Chociaż opracowano przepisy i normy służące zapobieganiu pożarom, których źródłem mogą być systemy PV i związane z nimi okablowanie elektryczne oraz sprzęt, to nadal istnieje ryzyko powstania pożaru będącego skutkiem ich uszkodzenia w wyniku działania warunków atmosferycznych i/lub ewentualnie wadliwego montażu. Systemy PV nie są uważane za wyroby budowlane, dlatego zgodnie z CPR nie ma wymogu określania reakcji na ogień ani znakowania CE dla systemów PV montowanych na budynkach. Chociaż zachowanie ogniowe samych systemów PV jest ważnym parametrem, który należałoby dalej rozważać, to aspekt ten nie został omówiony w niniejszym dokumencie.

[Dodatkowe kwestie, które należy wziąć pod uwagę przy dachach z systemami PV](#)

W Europie rozprzestrzenianie się ognia ze źródła zewnętrznego na powierzchni systemów izolacji i hydroizolacji dachów, a także penetrację ognia do wewnątrz tych warstw, można ocenić i regulować przy użyciu jednej z 4 metod badawczych podanych w CEN TS 1187 [1] i powiązanej z nią normy klasyfikacyjnej EN13501-5 [2].

W tej konfiguracji wykazano, że nie jest konieczne wymaganie niepalnej izolacji pod względem rozprzestrzeniania się ognia i uszkodzeń wewnętrznych.

W przypadku dachów z systemami PV zamontowanymi nad systemem dachowym, firmy ubezpieczeniowe i niektóre organy regulacyjne wyrażają wątpliwości, czy historycznie przyjęty poziom bezpieczeństwa jest nadal wystarczający przy takiej kombinacji biorąc pod uwagę, że systemy PV mogą być możliwym źródłem zapłonu i mogą zwiększyć obciążenie ogniowe na dachu. Ponadto pojawiają się obawy, że mogą one intensyfikować pożar ze względu na ponowne promieniowanie.

W celu ograniczenia tak pojmowanego ryzyka, część towarzystw ubezpieczeniowych zaproponowała wprowadzenie wymogu zastąpienia palnych izolacji dachu produktami niepalnymi, jeżeli nad nimi byłyby zamontowane systemy PV. W celu ustalenia czy ta propozycja jest uzasadniona, PU Europe zleciło dwa badania porównawcze. Wybrano dwa systemy dachowe posiadające aprobatę FM [3]: jeden izolowany PIR oraz jeden izolowany MW. Nad dachem zamontowano panele PV w konfiguracji powszechnie stosowanej w Europie Północnej i Zachodniej, a jako zewnętrzne źródło zapłonu zastosowano palnik gazowy.

W obu badaniach szybkość powierzchniowego rozprzestrzeniania się czoła płomienia na dachu pod modułami PV była podobna. Również w przypadku rozprzestrzeniania się ognia na systemach

dachowych poza obrębem modułów PV nie można było zauważyć bezpośredniego wpływu różnych warstw izolacji termicznej.

Izolacja PIR została zwęglona tylko do nieco ponad 25% swojej grubości, a dach chłodził się nieprzerwanie po tym, jak panele PV skończyły się palić.

Wnioski z badań:

- Dachy pod płonącymi systemami PV mogą być narażone na wysoki poziom ciepła i promieniowania;
- Niezależnie od silnego oddziaływania ognia pochodzącego z palnika gazowego oraz płonących modułów PV, zachowanie przekrycia dachowego z izolacją PIR było bardzo porównywalne z zachowaniem dachu z izolacją MW. Rozprzestrzenianie się ognia na dachu poza i wokół płonących systemów PV było podobne dla obu badanych dachów;
- W tej konfiguracji wykazano, że nie jest konieczne wymaganie niepalnej izolacji pod kątem rozprzestrzeniania się ognia i uszkodzeń wewnętrznych.

Wyniki przedstawione w niniejszym dokumencie są specyficzne dla badanych konfiguracji dachu płaskiego i systemu PV.

Wprowadzenie

Wyroby budowlane wprowadzane do obrotu i stosowania w Europejskim Obszarze Gospodarczym (EOG) muszą być badane i klasyfikowane pod względem reakcji na ogień i/lub odporności ogniowej, aby mogły być wprowadzone na rynek z oznakowaniem CE. W przypadku systemów dachowych obowiązują szczególne wymagania dotyczące klasyfikacji zachowania ogniowego w przypadku oddziaływania ognia zewnętrznego. Wraz z wprowadzeniem systemów PV na dachach, konieczne może być wzięcie pod uwagę dodatkowych wymagań.

Systemy PV stanowiące integralną część przegród zewnętrznych budynku, takie jak BIPV, mogą być badane i klasyfikowane jako wyroby budowlane zgodnie z CPR (rozporządzenie w sprawie wyrobów budowlanych [\(UE\) nr 305/2011](#)). W przypadku systemów PV zintegrowanych z dachami - tzw. systemów in-roof - oznacza to, że podlegają one krajowym przepisom dotyczącym dachów, opartym na wymaganiach dotyczących reakcji na ogień (na podstawie ENI 3501-1) oraz oddziaływania ognia zewnętrznego na dach (ENI 3501-5), tak samo jak dla wszystkich pozostałych produktów dachowych.

Systemy PV montowane na / powyżej gotowych dachów, jak BAPV, nie są, zgodnie z CPR, uważane za wyroby budowlane w Europie. Podlegają one zamiast tego dyrektywie niskonapięciowej [\(2014/35/UE\)](#). Niemniej jednak, organy budowlane w niektórych krajach wprowadziły wymagania dotyczące reakcji na ogień dla modułów PV montowanych na dachach (na przykład w Niemczech minimalną klasą jest E zgodnie z ENI 3501-1), a także pracują nad procedurami certyfikacyjnymi dotyczącymi instalacji i konserwacji (np. w Holandii). Niektóre kraje Unii Europejskiej rozważają wymagania i dodatkowe systemy certyfikacji.

Niedawno europejski komitet normalizacyjny CEN/TC 127 „Bezpieczeństwo pożarowe w budynkach” pochylił się nad kwestią potrzeby opracowania normy lub specyfikacji technicznej, która obejmowałaby łączny wpływ kombinacji dachu i instalacji PV na bezpieczeństwo pożarowe. Ponadto firmy ubezpieczeniowe zaczęły rozważać dodatkowe wymagania dla ubezpieczania budynków z systemami BAPV, a część z ich ekspertów coraz

PU Europe zleciło „KIWA BDA Testing” przeprowadzenie badań porównawczych dwóch systemów przekryć dachowych posiadających aprobatę FM w kombinacji z BAPV.

częściej uznaje, że ubezpieczalne powinny być wyłącznie takie przekrycia dachowe, gdzie pod panelami PV na dachu znajduje się izolacja niepalna.

PU Europe zleciło „KIWA BDA Testing” przeprowadzenie badań porównawczych dwóch systemów przekryć dachowych posiadających aprobatę FM w połączeniu z BAPV, w ośrodku Troned Twente Safety Campus w Holandii.

Badania, przeprowadzone w 2021 roku, miały na celu ocenę wpływu badanych materiałów izolacyjnych na zachowanie ogniowe całego przekrycia dachu podczas pożaru z udziałem systemu BAPV, zarówno pod względem propagacji jak i penetracji ognia.

Badania nie miały na celu oceny (ratingu) konkretnych produktów (marek) izolacyjnych, ale zostały przeprowadzone wyłącznie w celu:

- zbadania, czy można uzasadnić ogólny wymóg stosowania niepalnych wyrobów izolacyjnych w przekryciach dachu pod systemami PV, w celu ograniczenia propagacji i penetracji ognia w przypadku pożaru;
- dostarczenia ogólnych informacji dotyczących wpływu zachowania ogniowego dwóch różnych produktów izolacyjnych na zachowanie ogniowe przekrycia dachu płaskiego, na którym zamontowano BAPV.

Inne czynniki, które mają wpływ na zachowanie dachu z BAPV, gdy jest on narażony na działanie ognia zewnętrznego, takie jak reakcja konstrukcji wsporczej PV, szczególnie dotyczące instalacji oraz zachowanie ogniowe samych paneli PV nie zostały uwzględnione w tym programie badań.

Układ eksperymentalny



Rysunek 1: Pole paneli PV na dachu płaskim po zapaleniu palnika gazowego

Scenariusz pożarowy i układ eksperymentalny
Badania symulowały pożar zewnętrzny rozpoczynający się pod polem paneli PV na dachu płaskim.

Zastosowanym źródłem zapłonu był palnik gazowy zaproponowany w CENELEC CLC/TR 50670:2016 [4], który był stosowany przez 10 minut. Wykazano, że palnik ten zapewnia oddziaływanie ognia na dach prowadzące do wyników porównywalnych z wynikami dla drewnianego stosu stosowanego w CEN/TS 1187 t1, będąc odpowiednikiem płonącej żagwi [5].

Termopary zainstalowano bezpośrednio na stalowym poszyciu dachu oraz wewnątrz warstw produktów izolacyjnych. Dla obu badań wykonano nagrania wideo.

Środowisko badawcze

Obydwa badania zostały przeprowadzone na zewnątrz, tego samego dnia. Pomiędzy pierwszym a drugim testem zmienił się kierunek wiatru i można było wyraźnie zaobserwować, że miał on silny wpływ na kierunek rozprzestrzeniania się płomienia na dachu.

Dodatkową różnicą pomiędzy dwoma badaniami były warunki otoczenia. Pierwsze badanie z izolacją MW zostało przeprowadzone rano,

kiedy wilgotność powietrza była wysoka, a temperatura (jeszcze) niska. Maksymalne temperatury w środku warstwy izolacyjnej wynosiły na początku badań odpowiednio 13 °C dla MW i 33,9 °C dla PIR.



Rysunek 2: Rozmieszczenie pola PV na dachu

Dachy i systemy PV

Badano dwa przekrycia dachowe o wymiarach 6 m x 6 m, identyczne za wyjątkiem warstwy izolacyjnej.

Do badań wybrano przekrycia dachowe posiadające aprobatę FM, zawierające odpowiednio PIR i MW, dwa powszechnie stosowane typy produktów do izolacji dachów płaskich.

Przekrycia składały się z membrany hydroizolacyjnej (PVC), warstwy izolacyjnej, paroizolacji (folia PE) oraz nośnego stalowego poszycia dachu. Grubości obu izolacji były takie, że przekrycia dachowe były termicznie równoważne (izolacja PIR: jedna warstwa, 142 mm; izolacja MW: 2 warstwy po 130 mm - całkowita grubość 260 mm).

Instalacja PV składała się z paneli PV

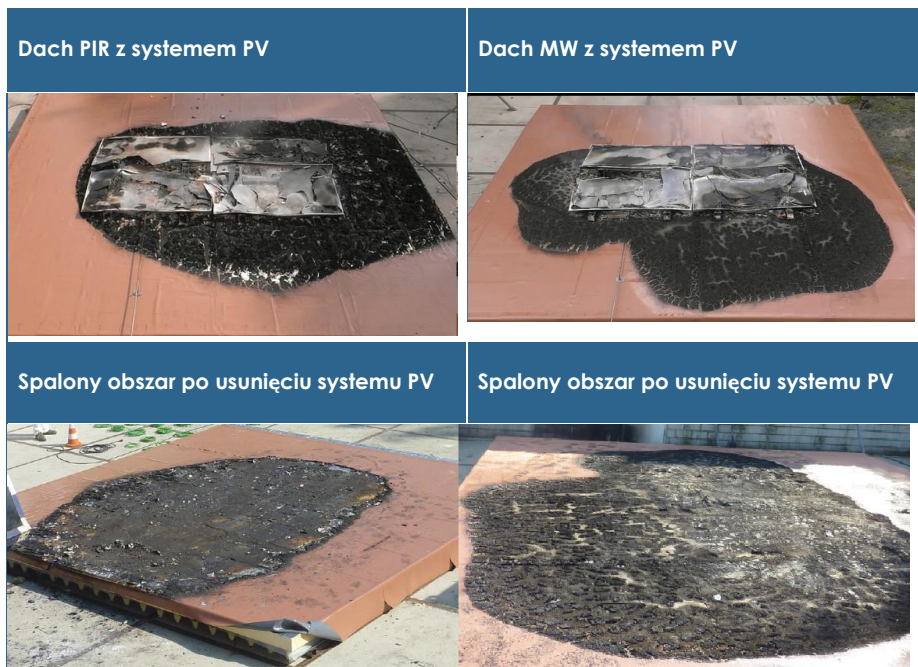
Zbadano dwa przekrycia dachowe o wymiarach 6 m x 6 m, identyczne za wyjątkiem warstwy izolacyjnej.

z foliowymi arkuszami tylnymi klasyfikowanymi jako klasa ogniowa C zgodnie z IEC 61730-2 [6]. Cztery takie panele (o łącznych wymiarach 3,2 m x 1,84 m, kąt w stosunku do dachu 13°) zostały zamontowane w konfiguracji back-to-back, naśladując coraz

częściej stosowaną w Europie Północnej i Zachodniej konfigurację wschód-zachód. W celu uzyskania bardziej krytycznego scenariusza dla możliwego rozprzestrzeniania się ognia, nie zastosowano żadnych osłon pionowych na otwartych końcach układu PV.

Zarejestrowane dane i obserwacje

Uszkodzenia warstwy hydroizolacji i górnej powierzchni warstwy izolacyjnej były podobne dla obu badań.



Rysunek 3: Próbkki w dzień po badaniu

Rozprzestrzenianie się ognia na dachach

Oba badania wykazały intensywną fazę zapłonu paneli PV skutkującą samoistnym rozprzestrzenianiem się płomienia na części powierzchni dachu poza obrębem systemu PV.

Przy wybranej konfiguracji paneli PV oddziaływanie cieplne na zestaw dachowy było zwiększone przez częściowe ograniczenie płomieni pod powierzchnią systemu PV oraz przez ponowne promieniowanie z systemu PV, jak również przez obciążenie ogniowe samych płonących paneli PV.

Główny kierunek rozprzestrzeniania się ognia poza system PV był różny w obu badaniach i był spowodowany kierunkiem wiatru.

System PV oraz system izolacji i hydroizolacji dachu przestały się palić po około 32 min (PIR) i 28 min (MW). Płomienie uległy samozgaszeniu, bez konieczności działań zewnętrznych i nie objęły w obu badaniach całej powierzchni dachu.

Z **rysunku 3** wynika, że uszkodzona powierzchnia

dachów w obu badaniach była ograniczona i bardzo podobna [7].

Temperatury w środku i poniżej warstw izolacyjnych (patrz również rozdział „Środowisko badawcze” dla temperatur początkowych i uwagi [8])

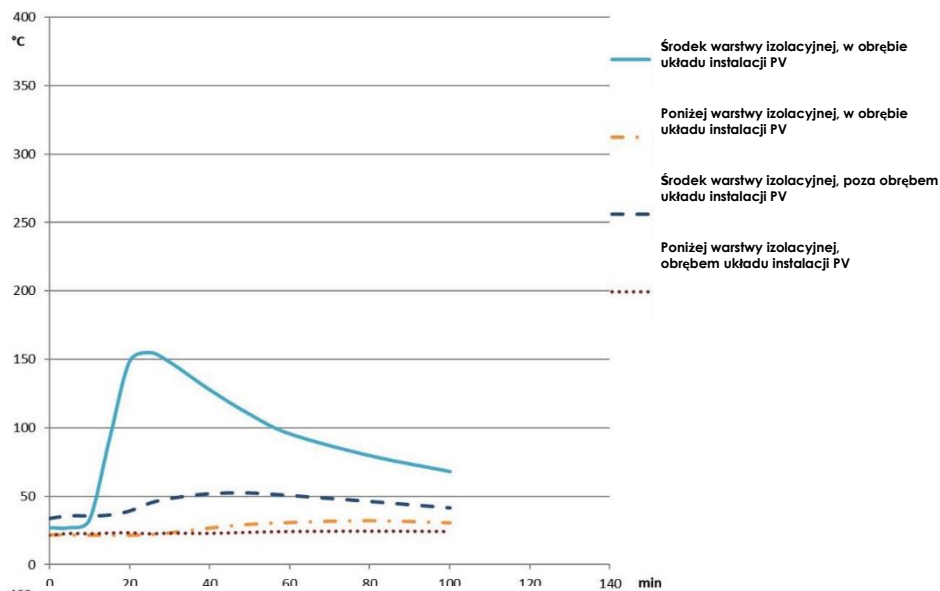
W przypadku przekrycia dachu, w którego skład wchodził PIR, temperatury w środku warstwy izolacyjnej w obrębie instalacji systemu PV osiągnęły wartość 155 °C po 23 minutach, a następnie zaczęły spadać. Na poszyciu stalowym, poniżej warstwy izolacyjnej, w obrębie instalacji PV, można było zaobserwować jedynie niewielki wzrost temperatury (o 10° C) w okresie do 80 min. od rozpoczęcia badania. Cały dach wraz z poszyciem stalowym zaczął stygnąć po około 80 min. od rozpoczęcia badania.

W przypadku dachu izolowanego MW, w obrębie instalacji systemu PV temperatury w środku warstwy izolacyjnej osiągnęły wartość 35 °C w czasie 30 minut po rozpoczęciu

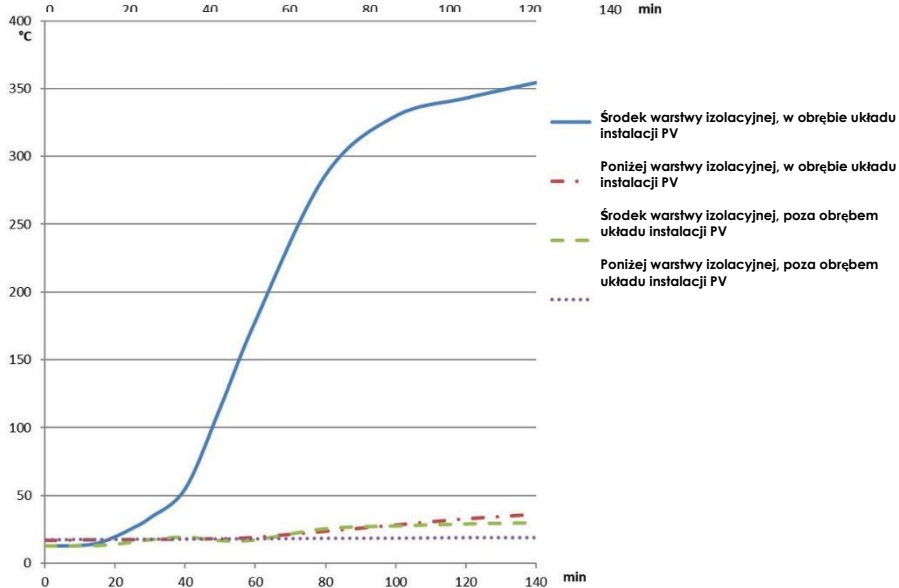
badania. Chociaż widoczny płomień zgasł po około 30 min. od rozpoczęcia badania, to po czasie 80 min. temperatura osiągnęła 290 °C i dalej rosła. Maksymalna odnotowana

temperatura w obrębie systemu PV wyniosła 440 °C po 4 godzinach. Pomiary nocne na warstwie stalowej wykazały szczytową temperaturę 190 °C.

Dach z izolacją PIR



Dach z izolacją MW

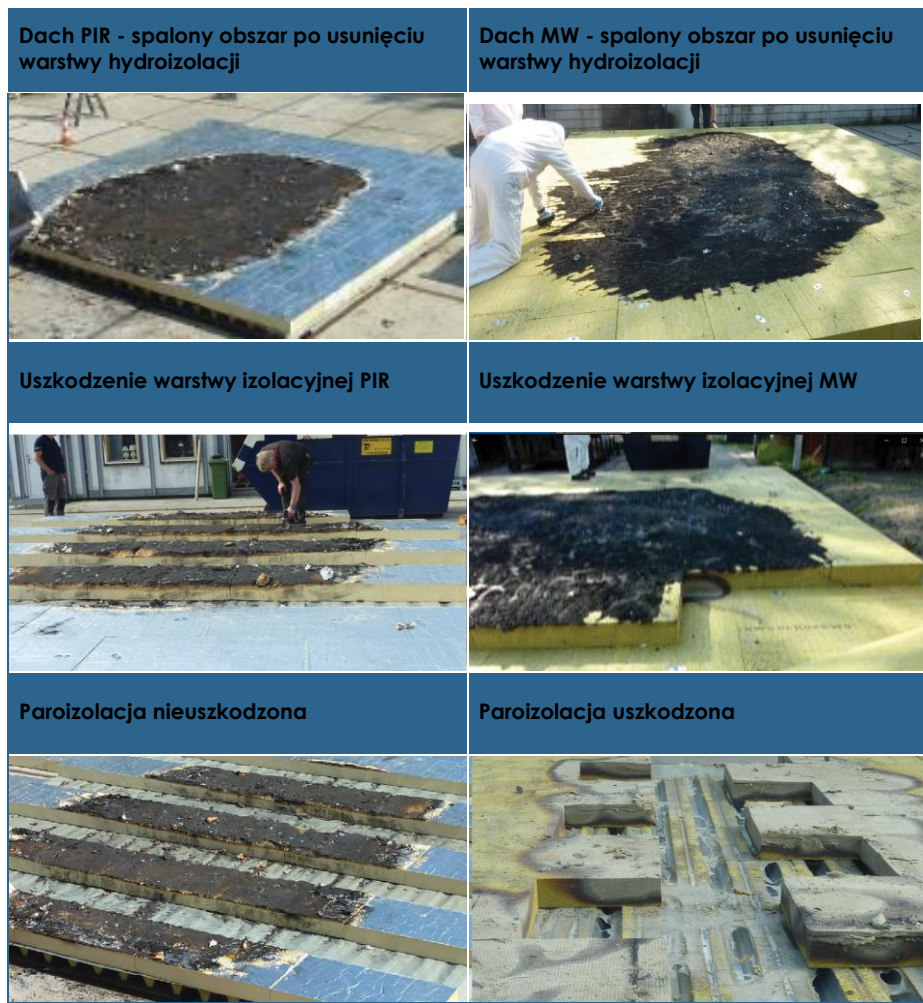


Rysunek 4: Maksymalne temperatury w °C zmierzone po rozpoczęciu badań

Przepalenie / Penetracja ognia do wewnątrz

Uszkodzenia warstwy hydroizolacji i górnej powierzchni warstwy izolacyjnej były podobne dla obu badań. Uszkodzenia w niższej części warstwy izolacyjnej były zupełnie inne. W przypadku dachu PIR, warstwa PIR była zwęglona tylko

w dół od powierzchni do około 25% całkowitej grubości. Dolna część izolacji i znajdująca się pod nią paroizolacja pozostały nieuszkodzone. W przypadku dachu MW, uszkodzenia dotarły do stalowego poszycia dachu i spowodowały stopienie paroizolacji.



Rysunek 5: Zdjęcia warstw izolacyjnych i paroizolacji po badaniu

Podsumowanie i wnioski

Różnica w rozprzestrzenianiu się płomienia pomiędzy dwoma układami eksperymentalnymi była niewielka.

Zbadano na oddziaływanie ognia zewnętrznego dwa przekrycia dachowe na stalowym poszyciu, z zamontowanymi na dachu systemami PV (BAPV). Przyjęto, że ogólna koncepcja metody badawczej (4 moduły PV w dwóch rzędach po dwa na konstrukcji dachu płaskiego o wymiarach 6 m x 6 m, zapalone palnikiem zgodnie z CLC/TR 50670: 2016) właściwie odzwierciedla rozpatrywany scenariusz pożarowy.

Wykazano, że zachowanie badanego dachu posiadającego aprobatę FM, z izolacją PIR i palną membraną hydroizolacyjną, było bardzo porównywalne się z podobnym dachem z izolacją MW. Pod koniec badania dla obu rozwiązań nie było konieczności gaszenia płomieni - ogień zgasł bez interwencji. Ogień nie rozprzestrzenił się na całej powierzchni dachu, ale systemy

PV spłonęły całkowicie. Różnica w rozprzestrzenianiu się płomieni pomiędzy dwoma rozwiązaniami była niewielka. Kiedy dachy zostały zdemontowane dzień po badaniach, paroizolacja na stalowym poszyciu była nieuszkodzona w przypadku PIR, natomiast w przypadku MW była częściowo stopiona.

Aby zagwarantować pełne zrozumienie ryzyka związanego z przekryciami dachowymi pod systemami PV mogą być potrzebne dodatkowe badania, w celu wykazania, że nie należy spodziewać się ani przepalenia dachów, ani rozprzestrzeniania się ognia poza obręb pola paneli PV. Zastosowanie odpowiedniej metody badawczej w celu wypełnienia tej luki w wiedzy będzie podejściem bardziej uzasadnionym niż zastąpienie PIR niepalną izolacją.

Informacja o odpowiedzialności

Wszystkie informacje i zalecenia zawarte w niniejszej publikacji są zgodne z naszą najlepszą wiedzą, informacjami i przekonaniem na dzień publikacji, jednak nic w niej nie może być interpretowane jako gwarancja, wyrażona ani inna. Publikacja została przetłumaczona na język polski na zlecenie Polskiego Związku Producentów i Przetwórców Izolacji Poliuretanowych PUR i PIR „SIPUR” z wersji angielskiej opublikowanej przez PU Europe. W przypadku sporu, lub wątpliwości interpretacyjnych, wersja angielska jest jedyną wersją wiążącą.

Bibliografia i uwagi

- [1] CEN TS 1187:2012 Metody badań oddziaływania ognia zewnętrznego na dachy
- [2] EN 13501-5:2016 Klasyfikacja na podstawie wyników badań oddziaływania ognia zewnętrznego na dachy
- [3] FM 4470 Jednowarstwowe bitumiczne modyfikowane polimerami arkusze, wielowarstwowe dachy (BUR) i oraz zestawy dachowe nakładane przy pomocy cieczy do stosowania w konstrukcjach dachowych klasy I i niepalnych
- [4] CLC/TR 50670:2016 Oddziaływanie ognia zewnętrznego na dachy w kombinacji z polami fotowoltaicznymi (PV) – Metoda(-y) badania.
- [5] Praca licencjacka, Constantin Niederwieser, Opracowanie metody badawczej w celu oceny zachowania ogniowego instalacji fotowoltaicznych zintegrowanych z dachem i mocowanych do dachu Hochschule Bonn-Rhein- Sieg, 2013 r
- [6] IEC 61730-2:2016 Kwalifikacja bezpieczeństwa modułów fotowoltaicznych (PV) - Część 2: Wymagania dotyczące badań
- [7] Dokładne powierzchnie nie zostały obliczone, ponieważ ze względu na różne kierunki wiatru pomiędzy dwoma badaniami, pożar rozpoczęty pod instalacją PV dotarł do najbliższej krawędzi przekrycia dachu PIR
- [8] W przypadku dachu PIR zbieranie danych zostało przerwane, gdy stało się jasne, że wszystkie TC stygną. W przypadku dachu MW wszystkie TC były monitorowane przez dłuższy czas, ponieważ przez dłuższy czas następował ciągły wzrost temperatury