

Sammanfattning	1
Introduktion	2
Experimentuppsättning	3
Brandscenario och testuppställning	3
Testmiljö	3
Tak och solcellssystem	3
Registrerade uppgifter och observationer	4
Brandspridning på tak	4
Temperaturer i mitten och under isoleringsskikten	4
Genombränning/brandspridning nedåt	5
Sammanfattning och slutsats	6
Referenser och anteckningar	7
Ansvarsfriskrivning	7

Ordlista

- BAPV (Byggnadsanknuten solceller): I BAPV är solcellsmoduler monterade på byggnaderna med hjälp av kompletterande infästning anordning (ibland även kallas ibland för byggnadstillämpad")
- BIPV (byggnadsintegrerad solceller): Solceller Produkter som används för att ersätta konventionella byggnadsmaterial i delar av byggnadsskalet såsom tak, takfönster eller fasader
- FM: Factory Mutual Försäkringsbolag
- MW: Mineralull enligt enligt EN13162
- PIR: Enligt EN13165 "Fabrikstillverkad styv polyuretanskum (PU) produkter"
- Solcellsanläggningar: En Sammanlänkad samling av solcellspaneler
- PV panel: Separat solcellspanel som kan tillverkas av en antal solcellsmoduler
- TC: Termokoppling

Brandprestanda värmeisoleringsprodukter i slutanvändningsförhållanden

Jämförande brandtester för att undersöka hur PIR- och mineralull (MW)-värmeisoleringsprodukter bidrar till brandprestandan för ett låglutandetak med Solcellssystem (PV)

Sammanfattning

Brandsäkerhet är en viktig aspekt vid utformning av byggnadskonstruktioner och byggnader.

Allt oftare installeras solcellssystem på byggnader för att bidra till att uppfylla målen för energibesparing och minskning av växthusgasutsläpp samt för att minska energikostnaderna. I ett antal länder har det blivit obligatoriskt att installera solcellssystem på nybyggda hus och i synnerhet på stora industrilokaler. Det är därför viktigt att tillsynsmyndigheter och försäkringsbolag får tillgång till korrekt forskningsresultat för att kunna fatta välgrundade riskbaserade beslut.

PIR är den bästa värmeisoleringsprodukten, särskilt för platta låglutande tak. Förutom utmärkta värmeprestanda, är den mekaniska stabiliteten hos PIR-Isoleringskivorna mycket bra och utmärkt att installera och underhålla solcellssystem ovanför tätskiktet på taket.

Arkitekter, fastighetsägare, tillsynsmyndigheter och försäkringsbolag behöver veta att om det uppstår

en brand där solcellssystem (PV) är inblandade, är säkerhetsmålen för låglutande takanläggningar är uppfyllda.

Brandsäkerhet för solcellssystem och anslutna systemanläggningar
Samtidigt som regler och standarder har utvecklats för att förhindra att solcellsanläggningar (PV) installationer och tillhörande elektriska kablar och utrustning kan bli en antändningskälla, skador på grund av väderförhållanden och/eller eventuell felaktig installation. Det innebär att det fortfarande finns en risk för att en brand kan uppstå. Solcellssystem betraktas inte som byggprodukt och har därför ingen reaktion på brand eller CE-krav. Kravet på märkning av solcellssystem som används i byggnader finns för närvarande i byggproduktförordningen (CPR). Även om själva solcellssystemens brandegenskaper är en viktig parameter som bör övervägas ytterligare, behandlas denna aspekt inte i detta dokument.

Ytterligare överväganden för tak i kombination med solcellssystem
I Europa kan brandspridning på och

I denna sammansättning framgår följande att det inte är nödvändigt att kräva obrännbar isolering i med avseende på brandspridning och inre skador.

i takisolerings- och tätskiktssystem som utsätts för en extern brand källa bedömas och regleras med hjälp av en av de fyra provningsmetoder som anges i CEN TS 1187 [1] och den tillhörande klassificeringsstandarden EN13501-5 [2]. När det gäller tak med solcellssystem monterade ovanför tak systemet ifrågasätter försäkringsbolag och vissa tillsynsmyndigheter om den historiskt accepterade säkerhetsnivån fortfarande är tillräcklig för kombinationen av sådana system, med hänsyn till att solcellssystemen kan vara en möjlig antändningskälla och kan öka brandbelastningen på taket. Dessutom finns det farhågor om att de kan intensifiera bränderna på grund av återstrålning.

Som en förenklad anpassningsåtgärd har det föreslagits av ett antal försäkringsbolag, att kräva utbyte av brännbar isolering på tak mot obrännbar isolering om solcellsanläggningar är installerade på taket. För att avgöra om detta förslag är motiverat har PU Europe beställt två jämförande tester. Två FM [3] godkända taksystem valdes ut, ett isolerat med PIR och ett med stenull (MW). Solcellspaneler i en konfiguration är ett av dem vanligaste i Nord- och Västeuropa för montage på tak och en gasbrännare användes som extern tändkälla.

För båda testerna var spridningen av flamfronten på taket likartad under de två provningarna utanför ytan av Solcellsmoduler. Även för brandspridning på takytan utanför solcellsmodulernas omkrets var det omöjligt att se någon direkt påverkan från de olika värmeisoleringsskikten.

PIR-isoleringen förkolades endast till drygt 25 % av sin tjocklek och taket kyldes ned kontinuerligt efter att solcellspanelerna slutat brinna.

Slutsatser från dessa tester:

- Tak under brinnande solcellssystem kan utsättas för mycket värme och strålning;
- Trots den höga brandexponeringen från gasbrännaren i kombination med brinnande solcellsmoduler, var prestandan hos taket med PIR-isolering bra jämfört med det MW-isolerade taket. Brandspridningen på taket bortom och runt de brinnande solcellssystemen var likartad för båda de testade taken;
- I denna konfiguration har det visats att det inte är nödvändigt att kräva obrännbar isolering med avseende på brandspridning och inre skador.

Resultaten här är specifika för de platta tak och solcellskonfigurationer som testades.

Introduktion

PU Europe gav "KIWA BDA Testing" i uppdrag att utföra jämförande tester av två FM- godkända taksystem i kombination med BAPV.

Byggprodukter som marknadsförs och används inom Europeiska ekonomiska samarbetsområdet (EES) måste testas och klassificeras med avseende på deras reaktion på brand och/eller brandmotstånd för att få släppas ut på marknaden med CE-märkning. För taksystem finns det särskilda krav för att klassificera brandegenskaperna vid exponering för yttre brand. Med införandet av solcellssystem på tak, kan ytterligare krav behöva övervägas.

Solcellssystem som är en del av byggnadsskalet, som BIPV, kan testas och klassificeras som byggprodukter enligt förordningen om byggprodukter (EU) [No 305/2011](#)). För solcellssystem som är integrerade i tak - så kallade inbyggda system - innebär detta att de omfattas av de nationella bestämmelserna för tak som grundar sig på kraven på reaktion vid brandpåverkan (baserade på EN13501-1). och när det gäller yttre brandpåverkan på tak (EN13501-5) som för alla andra takprodukter.

Solcellssystem som är monterade på/ ovanför färdiga tak, som BAPV, betraktas inte som byggprodukter i Europa enligt CPR. De omfattas istället av lågspänningsdirektivet ([2014/35/EU](#)). Byggnadsmyndigheter i vissa länder har infört krav på reaktion vid brand för solcellsmoduler som är monterade på tak (till exempel i Tyskland, minst klass E enligt EN13501-1) och arbetar med certifieringssystem för installation och underhåll (t.ex. i Nederländerna). Vissa länder i Europeiska unionen undersöker krav och ytterligare certifieringssystem.

Nyligen inledde den europeiska standardiseringskommittén CEN/TC 127 "Fire safety in buildings" ett arbete för att undersöka behovet av att utveckla en standard eller teknisk specifikation som täcker de kombinerade effekterna för brandsäkerhet av tak och solcellsmoduler. Försäkringsbolag har dessutom börjat överväga ytterligare krav för försäkring av byggnader med BAPV-system, med vissa

av deras experter överväger i allt högre grad att endast tillåta obrännbar isolering på tak under sådana system.

PU Europe gav "KIWA BDA Testing" i uppdrag att utföra jämförande tester av två FM-godkända taksystem i kombination med BAPV vid Troned Twente Safety Campus i Nederländerna.

Testerna utfördes 2021 för att bedöma hur de testade isoleringsmaterialen påverkar brandegenskaperna hos ett helt tak, vid en brand med ett BAPV-system, både när det gäller brandspridning och brandinträngning.

Testerna var inte avsedda att bedöma specifika isoleringsprodukter (varumärken) utan utfördes enbart:

- undersöka om ett allmänt krav på att använda obrännbara isoleringsprodukter i takmonteringar under solcellsanläggningar för att begränsa brandspridning och inträngning i händelse av en brand kan vara motiverat;
- ge allmän information om hur brandprestanda hos två olika isoleringsprodukter kan påverka brandegenskaperna hos ett tak under BAPV.

Andra faktorer som påverkar prestandan hos ett tak med BAPV när det utsätts för en extern brand, t.ex. responsen hos PV-stödetkonstruktionen, dess installationsdetaljer och själva solcellspanelernas brandprestanda beaktades inte i detta testprogram.

Experiment- uppsättning

Två taksammansättningar på 6 m x 6 m, identiska med undantag för isoleringsskiktet, testades.



Figur 1: Solcellsanläggning på det låglutande taket efter tändning av gasbrännaren

Brandscenario och testuppsättning

Testerna simulerade en extern brand som startade under en solcellsanläggning på ett låglutandetak.

Antändande källa var en gasbrännare enligt CENELEC CLC/TR 50670:2016 [4] som användes i 10 minuter. Denna brännare har visat sig ge en brandexponering av taket som leder till resultat som är jämförbara med resultaten från trä som används i CEN/TS 1187 t1 och som representerar ett brinnande riktmärke [5].

Termokopplingar installerades direkt på ståldäcket (TRP) och i mitten av isoleringslagren. Videoinspelning utfördes för båda testerna.

Testmiljö

De två testerna utfördes utomhus samma dag. Vindriktningen ändrades mellan test ett och två och det kunde tydligt konstateras att vindriktningen har ett starkt inflytande på flamspridningens riktning på taket.

En ytterligare skillnad mellan de två testerna var de omgivande förhållandena.

Det första testet med MW-isolering utfördes på morgonen när luftfuktigheten var hög och temperaturen fortfarande sval. De högsta temperaturerna i mitten av isoleringsskiktet var 13°C för MW och 33,9°C för PIR innan testet påbörjades.



Figur 2: Placering av solcellssystemet på taket

Tak och solcellssystem

Två taksammansättningar på 6 m x 6 m, identiska med undantag för isoleringsskiktet, testades.

För testerna valdes FM-godkända taksystem som innehöll PIR respektive MW, två vanliga produkttyper för isolering av låglutande tak.

Uppbyggnaderna bestod av ett vattentätande membran (PVC), isoleringsskikt, ångspärr (PE-folie) och bärande takdäck av stål. Tjockleken på de två isoleringsmaterial var sådana att taksystemen var termiskt likvärdiga (PIR-isolering: ett lager, 142 mm; MW-isolering: två lager på 130 mm – total tjocklek 260 mm).

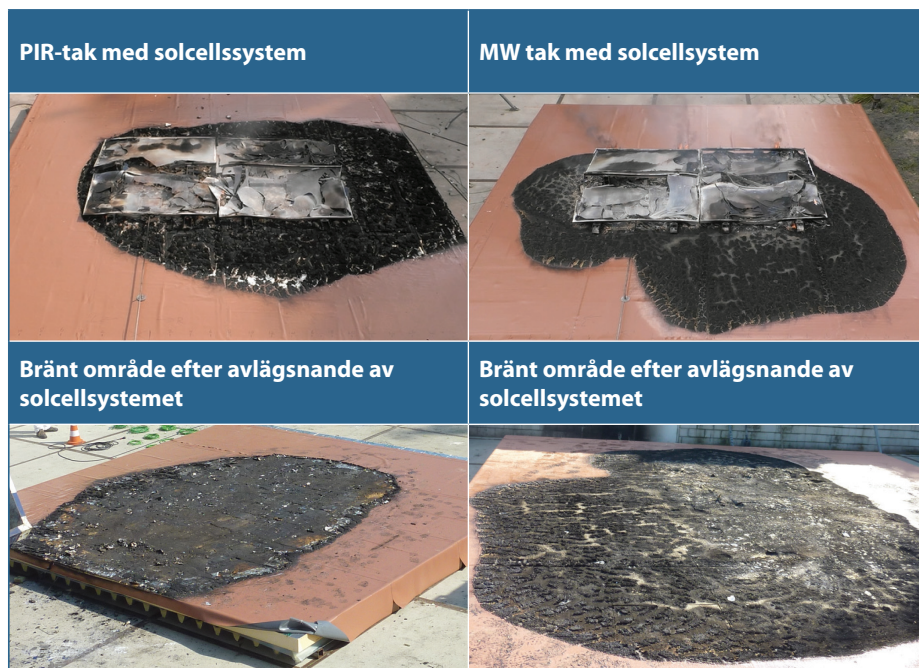
Solcellssystemet bestod av solcellspaneler

med baksidor av folie som är klassificerade i brandklass C enligt IEC 61730-2 [6]. Fyra av dessa paneler (total storlek 3,2 m x 1,84 m, vinkel mot taket 13°) monterades i en back-to-back-konfiguration, vilket efterliknar den öst-västliga som används

i allt större utsträckning i norra och västra Europa. För att få ett mer kritiskt scenario för eventuell brandspridning fanns det inga vertikala skärmar vid de öppna ändarna av solcellsanläggningen.

Registrerade uppgifter och observationer

Skadorna på tätskiktet och isoleringsskiktets ovansida var likartade i båda testerna.



Figur 3: Proverna dagen efter provningen

Brandspridning på tak

Båda testerna visade en intensiv antändningsfas i solcellspanelerna som resulterade i en självständig och ihållande flamspridning på takytan utanför solcellssystemet.

Den valda konfigurationen av solcellspaneler ökade värmeexponeringen av taket genom att flammorna delvis fastnade under solcellssystemet och genom värmestrålning från solcellssystemet, samt genom brandbelastningen från de brinnande solcellspanelerna.

Huvudriktningen för brandspridningen utanför solcellssystemet var olika i de två testerna och berodde på vindriktningen.

Solcellssystemet och takets isolerings- och tätskiktssystem slutade brinna efter cirka 32 minuter (PIR) och 28 minuter (MW). Branden självslocknade, utan att det behövdes någon yttre åtgärd och spred sig inte till hela takytan i båda testerna.

Figur 3 visar att det skadade området av taken i båda testerna var begränsad och mycket likartad [7].

Temperaturer i mitten och under isoleringsskikten (se även avsnittet "Testmiljö" för starttemperaturer och anmärkning [8])

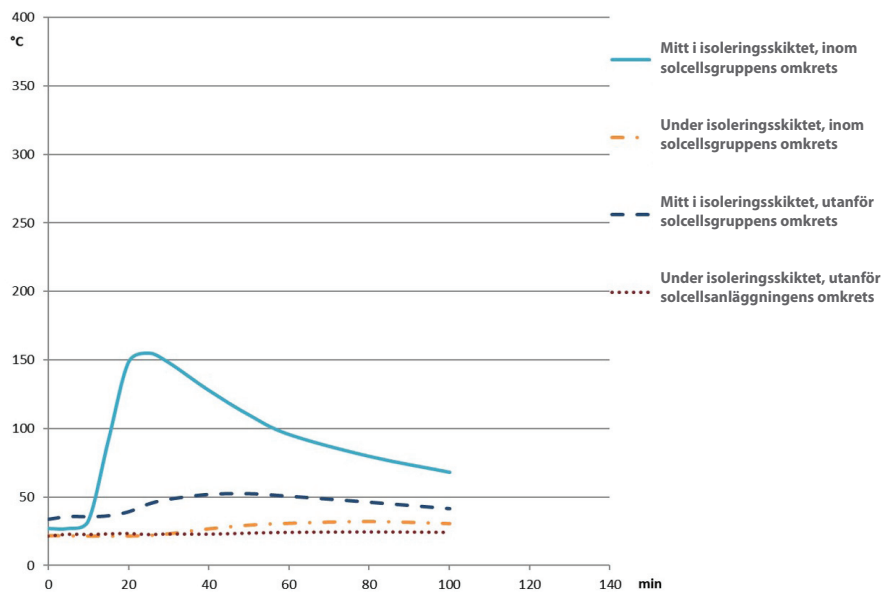
Testtaket med PIR, inom PV-systemets omkrets, var temperaturen i mitten av isoleringsskiktet 155 °C efter 23 minuter och började sjunka där efter. På ståldäcket, under isoleringsskiktet, inom PV-systemets omkrets, kunde endast en liten ökning (med 10 °C) observeras 80 minuter efter det att testet påbörjats. Hela taket inklusive ståldäcket började svalna ungefär 80 minuter efter provningen påbörjades.

Test tak med MW-isolering, inom PV-systemets omkrets, var temperaturen i mitten av isoleringsskiktet 35 °C efter

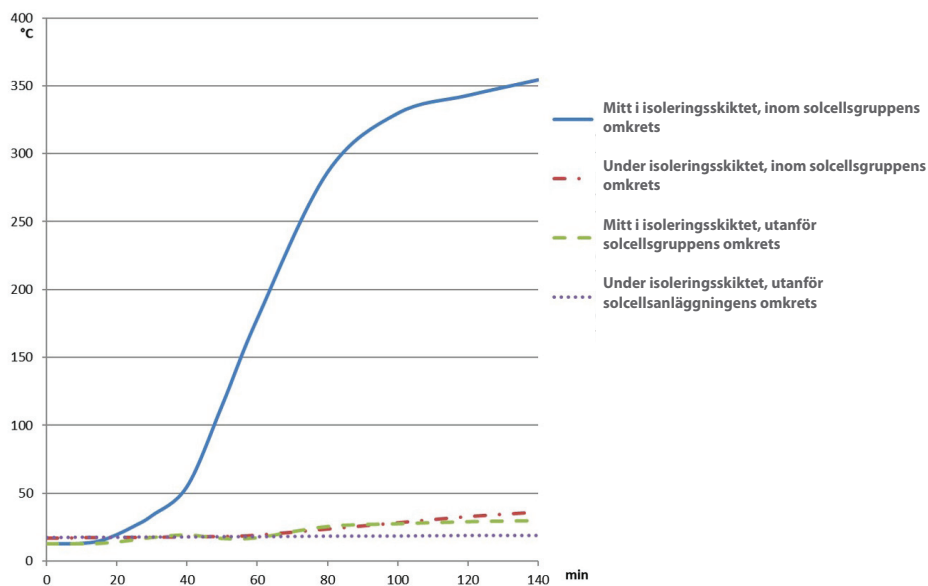
30 minuter efter det att testet startades. Även om synliga flammor hade upphört cirka 30 minuter efter provningens början, nådde temperaturen 290°C efter 80 minuter och fortsatte att öka. Den högsta

temperatur som uppmättes var 440°C efter 4 timmar inom solcellssystemets omkrets. Mätningar under natten på ståldäcket visade en toptemperatur på 190°C.

Tak med PIR-isolering



Tak med MW-isolering



Figur 4: Högsta temperaturer i RC som uppmätts efter det att provningarna påbörjats

Genombränning / Brandspridning nedåt

Skadorna på tätskiktet och isoleringsskiktets ovansida var likartade i båda testerna. Skadorna längre ner i isoleringen var helt olika. För PIR-taket var PIR-skiktet endast förkolnat nedåt från ytan

till cirka 25% av den totala tjockleken. Den nedre delen av isoleringen och ångspärren under förblev intakt och oskadad. MW-taket hade skadorna nått ståldäcket och orsakat smältning av ångspärren.



Figur 5: Bilder av isoleringskiktet och ångspärrarna efter testet

Sammanfattning och slutsats

Skillnaden i flamspridning mellan de två testerna var liten.

Två takbeläggningar med takmonterade solcellssystem (BAPV) på ett tak av stål (TRP) utsattes för ett externt brandprov. Det allmänna konceptet för testmetoden (4 solcellsmoduler i två rader om två på en 6 m x 6 m, antänd med en brännare enligt CLC/TR 50670: 2016) antas vara en rimlig representation av det aktuella brandscenariot.

Det påvisades att prestandan hos det testade FM-godkända taket med PIR-isolering med brännbart tätskikt jämfördes väl med ett liknande tak med MW-isolering. I slutet av testet för båda uppbyggnaderna var det inte nödvändigt att släcka lågorna - branden dog ut utan ingripande. Branden spred sig inte över hela takets yta, solcellssystemen brann helt ut. Skillnaden

i flamspridning mellan de två testerna var liten. När taken demonterades dagen efter testerna var ångspärren på ståldäcket oskadad för PIR, medan den var delvis smält för MW.

För att säkerställa att riskerna för takuppbyggnad under solcellssystem är helt klarlagda, kan ytterligare tester behövas för att demonstrera att varken genombränning av taken eller relevant brandspridning utanför solcellsanläggningar kan förväntas. Användningen av en meningsfull provningsmetod för att ta itu kunskapsluckor är en mer robust metod än att bara ersätta PIR med icke brännbar isolering.

Ansvarsfri-skrivning

Även om all information och rekommendationer i denna publikation är så vitt vi vet, information och övertygelse korrekta från publiceringsdatumet, ska ingenting i detta dokument tolkas som en garanti, vare sig uttrycklig eller på annat sätt.

Detta dokument har översatts till svenska med hjälp av ett datorverktyg från den engelska originalversionen. Faktablad nr 24E "Fire performance of thermal insulation products in end-use conditions" publicerad av PU Europe. Vid tvist gäller originalversionen som referens.

Referenser och anteckningar

- [1] CEN TS 1187:2012 Test methods for external fire exposure to roofs
- [2] EN 13501-5:2016 Classification using data from external fire exposure to roofs tests
- [3] FM 4470 Single-ply, polymer-modified bitumen sheet, built-up roof (BUR) and liquid applied roof assemblies for use in Class 1 and non-combustible roof deck construction
- [4] CLC/TR 50670:2016 External fire exposure to roofs in combination with photovoltaic (PV) arrays – Test method(s)
- [5] Bachelor Thesis, Constantin Niederwieser, Entwicklung einer Prüfmethode zur Beurteilung des Brandverhaltens von dachadditiven und dachintegrierten Photovoltaikanlagen, Hochschule Bonn-Rhein-Sieg, 2013
- [6] IEC 61730-2:2016 Photovoltaic (PV) module safety qualification – Part 2: Requirements for testing
- [7] De exakta områdena har inte beräknats, eftersom branden som startade under solcellssystemet nådde den närmaste kanten av PIR-takmonteringssystemet på grund av de olika vindriktningarna mellan de två testerna
- [8] PIR-takets datainsamling stoppades när det blev klart att alla TC:er kylde ned. För MW-taket var alla TC:er övervakade under en längre tid, eftersom det fanns en kontinuerlig ökning av temperaturer under en längre tid