

## Onderzoek brandveiligheid industriële platte daken met PV installaties

Rapportnummer	2021-Efectis-R001109[Rev.1]
Sponsor	Stybenex Kerkstraat 14 4191 AB GELDERMALSEN
Opgesteld door	Efectis Nederland BV
Auteur(s)	Ing. M.P. de Feijter Ir. T.G. van der Waart van Gulik
Projectnummer	ENL-21-000009
Rapportdatum	januari 2022
Aantal pagina's	24

Alle rechten voorbehouden.

Niets uit deze uitgave mag worden vermenigvuldigd en/of openbaar gemaakt zonder voorafgaande toestemming van Efectis Nederland BV.

Het ter inzage geven van het Efectis-rapport aan direct belanghebbenden is toegestaan.

Indien dit rapport in opdracht werd uitgevoerd, wordt voor de rechten en verplichtingen van opdrachtgever en opdrachtnemer verwezen naar de Algemene Voorwaarden voor onderzoeksopdrachten aan Efectis Nederland BV, dan wel de betreffende ter zake tussen de partijen gesloten overeenkomst.

## INHOUDSOPGAVE

---

1. Inleiding	3
1.1 Doel van het onderzoek	3
1.2 Onderzoeksmethode	3
2. Beschikbare informatie	4
2.1 Branden op platte daken met PV systemen	4
2.2 Onderzoeken naar brandverloop op platte daken met PV systemen	17
3. Analyse	19
3.1 Brandoorzaak	19
3.2 Brandverloop	19
3.3 Onderzoeken	21
3.4 Eisen aan de dakconstructie en de zonnepanelen	21
4. Oplossingsrichtingen voor verbeteren van brandveiligheid	23
4.1 Brandontwikkeling	23
4.2 Branduitbreiding	24

## 1. INLEIDING

---

In opdracht van Stybenex is door Efectis een onderzoek uitgevoerd naar de brandveiligheid van industriële platte daken met zonnepanelen. Met enige regelmaat wordt er in publicaties melding gemaakt van branden die plaats vonden op industriële daken met zonnepanelen. Verzekeraars stellen aanvullende eisen aan de op een dak in combinatie met zonnepanelen toe te passen bouwmaterialen.

### 1.1 DOEL VAN HET ONDERZOEK

Het onderzoek heeft tot doel om aan de hand van een inventarisatie van enkele branden en (wetenschappelijke) onderzoeken naar het brandverloop in vergelijkbare constructies te komen tot een advies met betrekking tot het optimaliseren van de brandveiligheid van platte daken met zonnepanelen.

### 1.2 ONDERZOEKSMETHODE

Door Efectis is informatie opgevraagd bij de Brandweer over een aantal branden op platte daken waarbij zonnepanelen aanwezig waren. Enkele wetenschappelijke studies met betrekking tot brandontwikkeling op platte daken met zonnepanelen zijn bestudeerd. Op basis van de verkregen informatie is een analyse uitgevoerd om te komen tot een opsomming van factoren die het brandverloop en de branduitbreiding beïnvloeden. Vervolgens is een advies opgesteld waarmee de brandveiligheid van platte daken met zonnepanelen geoptimaliseerd kan worden.

## 2. BESCHIKBARE INFORMATIE

---

### 2.1 BRANDEN OP PLATTE DAKEN MET PV SYSTEMEN

De bij opdrachtgever bekende branden zijn aangereikt om te onderzoeken en door Efectis zijn aanvullende branden aangedragen. Bij de Brandweer is informatie opgevraagd over de branden. Niet op alle verzoeken is gereageerd. Daar waar geen informatie beschikbaar was is gebruik gemaakt van publiek beschikbare informatie.

Door TNO is in opdracht van de Rijksdienst voor Ondernemend Nederland een onderzoek uitgevoerd naar branden met zonnepanelen<sup>1</sup>. Uit dit onderzoek naar branden in de periode 2016-2018 kwamen 3 branden op platte daken naar voren, waarvan 1 op een plat dak van een industriefunctie.

In dit rapport zijn 8 branden in zonnepanelen op platte daken uit de periode 2016-2021 opgenomen. In augustus 2020 deed zich een brand voor op het dak van Heineken in Den Bosch. Over deze brand werd geen informatie verkregen en kon dan ook niet in het onderzoek meegenomen worden.

#### 2.1.1 5 juli 2016, Nordhornsestraat 101 Denekamp, Nijhuis interieurbouw

##### 2.1.1.1 Dakconstructie

De dakconstructie is opgebouwd uit stalen liggers met daarop geperforeerde stalen dakplaten. De cannelures in de dakplaten zijn gevuld met steenwol (t.b.v. akoestiek). Het is niet bekend of de steenwol was verpakt in een PE folie en of er sprake was van de aanwezigheid van een dampremmende folie. Op het dak was een laag EPS isolatie met onbekende dikte aangebracht met daarop een PVC dakbedekking.



Figuur 1 Brand op het dak (bron: [www.rtvooost.nl](http://www.rtvooost.nl))

Of er sprake was van een tussenlaag tussen isolatie en dakbedekking is niet bekend. Op de foto is geen glasvlies tussenlaag zichtbaar. De brandklasse van het dak en of het dak brandgevaarlijk was conform NEN 6063 is niet bekend.

---

<sup>1</sup> Brandincidenten met fotovoltaïsche (PV) systemen in Nederland, E.E. Bende, N.J.J. Dekker, TNO, 2019



Figuur 2 Overzicht van de schade op het dak (bron: onbekend)



Figuur 3 Schade aan het dak (bron: Brandweer Twente)



Figuur 4 De brand is tegengehouden voor de brandscheiding (ter plaatse van het zeil op het dak) (bron: Brandweer Twente)

### 2.1.1.2 Zonnepanelen

Uit de foto's blijkt dat de afstand tussen de rijen zonnepanelen ongeveer 20-40 cm bedraagt. De ondersteuningsconstructie van de zonnepanelen lijkt opgebouwd uit aluminium profielen met enkele kunststof onderdelen.

### 2.1.1.3 Brandverloop

Door de Brandweer is vastgesteld dat de brand op het dak ontstaan is. Op het dak waren geen andere ontstekingsbronnen dan de zonnepanelen en bijbehorende apparatuur aanwezig. Op basis van de beelden van de schade lijkt de brand niet uitgebreid te zijn buiten een gebied op een afstand van ongeveer 4 meter vanaf de zonnepanelen.

Door brandend vallend materiaal (De Brandweer stelt dat de branduitbreiding veroorzaakt is door brandend druipend EPS) is een secundaire brand in het pand ontstaan. Wanneer de steenwol cannelurevulling in HDPE folie verpakt is, is het niet uit te sluiten dat deze folie brandend druipend door de gaten in het dak voor branduitbreiding gezorgd hebben.



Figuur 5 Het dak is op de brandwerende scheidingen onderbroken met steenwol, maar niet afgedekt met een laag betontegels (bron: Brandweer Twente)



Figuur 6 Secundaire brand in het gebouw door brandend vallend materiaal (bron: Brandweer Twente)

## 2.1.2 19 juni 2018, Opmeer, Gemeentehuis

### 2.1.2.1 Dakconstructie

De dakconstructie is opgebouwd uit beton met 100mm EPS isolatie en een bitumineuze dakbedekking. Op de dakbedekking is een laag grind aanwezig. Er is geen informatie over de indeling in brandcompartimenten van het gebouw.

### 2.1.2.2 Zonnepanelen

De zonnepanelen (Shell Solar Energy RSM 110) zijn in twee rijen op het dak geplaatst. Direct onder de zonnepanelen is geen grind aanwezig.

### 2.1.2.3 Brandverloop

De brand heeft zich beperkt tot twee zonnepanelen. De bitumineuze dakbedekking is mee gaan branden en op de foto's is zichtbaar dat de EPS isolatie over een oppervlak van grofweg 40x40 cm (inschatting op basis van foto) weggesmolten, verdampt of verbrand is. Daar waar grindballast op het dak aanwezig is, heeft de brand zich niet uitgebreid.



Figuur 7 Brand op dak gemeentehuis Opmeer (bron: [www.noordhollandsdagblad.nl](http://www.noordhollandsdagblad.nl))

De brand is in een zonnepaneel ontstaan. In de zonnepanelen zijn op meerdere plaatsen sporen van oververhitting aangetroffen. Op basis van de foto's lijkt een deel van de ondersteuningsconstructie van de zonnepanelen uit kunststof te bestaan en hebben deze onderdelen deelgenomen aan de verbranding.



Figuur 8 Schade aan zonnepanelen en dak. Bij de rode pijl is gesmolten EPS zichtbaar in de kenmerkende “gekarameliseerde druppels” (bron: Gemeente Opmeer)

### 2.1.3 17 september 2019, Amsterdam, Opslaghal

#### 2.1.3.1 Dakconstructie

De dakconstructie is opgebouwd uit stalen dakplaten, PIR isolatie en PVC dakbedekking. Het is niet bekend of er compartimentering in het dak is aangebracht.

#### 2.1.3.2 Zonnepanelen

Het dak is vrijwel volledig bedekt met zonnepanelen. Tussen de panelen zit (inschatting op basis van foto's) ongeveer 30 cm ruimte.

#### 2.1.3.3 Brandverloop

De brand is ontstaan in een schakelkast die voorafgaand aan de brand omgevallen en weer rechtgezet is.

De brandschade beperkt zich tot een gebied naast de schakelkast, langs de kabelgoot en ter plaatse van de bij de brand betrokken zonnepanelen. De brand is niet verder over het dak of naar binnen toe uitgebreid.



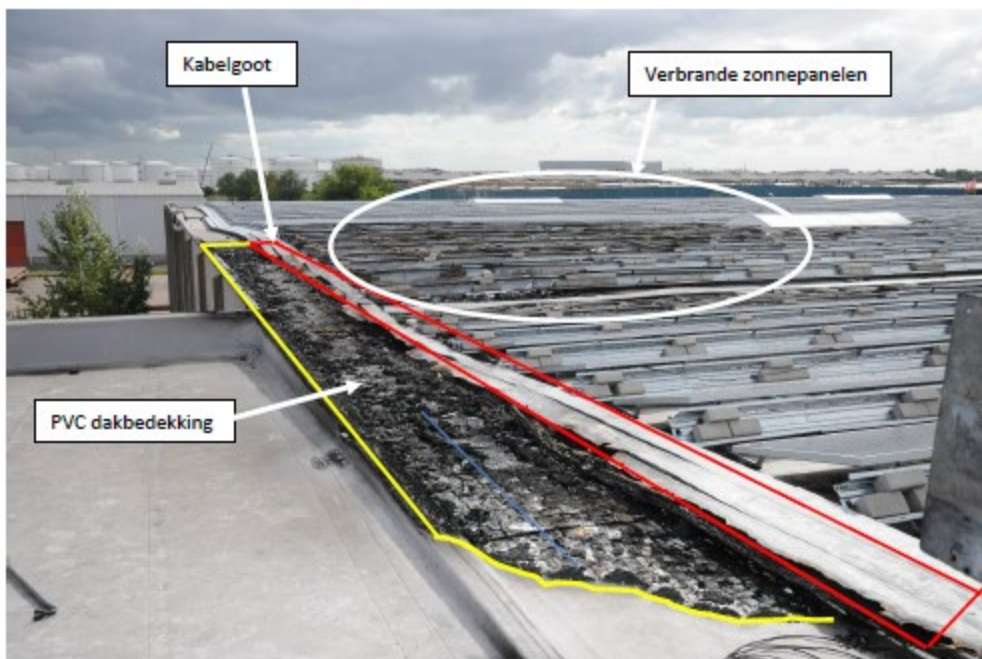


Figuur 9 Schade op het dak van de opslaghal (bron: Brandweer Amsterdam-Amstelland)

De brand is uitgebreid vanaf de schakelkast via de kabelgoot naar de zonnepanelen. Dit komt overeen met een normaal brandverloop in een elektrische installatie. De brand loopt als gevolg van het steeds opnieuw ontstaan van elektrische sluitingen in de richting van de voedingsbron (in dit geval de zonnepanelen).

SHORTLIST

TBO Brandweer Amsterdam Amstelland



Figuur 10 Schade naast de schakelkast en de kabelgoot (bron: Brandweer Amsterdam-Amstelland)

2.1.4 5 juni 2019, Dieren, Gazelle fietsfabriek

Van deze brand is van de Brandweer alleen informatie ontvangen dat in het dak steenwol-isolatie toegepast was. In nieuwsberichten op internet is sprake van alleen brand op het dak zonder uitbreiding naar binnen. Uit één van de beschikbare foto's blijkt dat als gevolg van de brand een daklicht gesmolten is, maar de brand nog niet naar binnen is geslagen.



Figuur 11 Schade op het dak van Gazelle (bron: [www.omroepgelderland.nl](http://www.omroepgelderland.nl))



Figuur 12 Schade op dak van Gazelle, waarbij de brand tot aan een daklicht gekomen is (bron: onbekend).

## 2.1.5 23 mei 2020, Veenland Wateringen

### 2.1.5.1 Dakconstructie

De dakconstructie is opgebouwd uit een bitumen laag met 15 cm EPS als isolatie wat rust op een stalen damwandprofielplaat. Het gebouw heeft een oppervlakte van 1610 m<sup>2</sup>. Er is geen indeling in brandcompartimenten.

### 2.1.5.2 Zonnepanelen

Op het magazijn waar de brand is ontstaan bevonden zich 108 zonnepanelen. Op het kantoor lagen 42 zonnepanelen (type AC 260p / 156-60 S). De omvormers bevonden zich onder het dak. Tussen de rijen zonnepanelen waren betonnen tegels met een afmeting van 30x30 cm geplaatst.

### 2.1.5.3 Brandverloop

De brand is ontstaan in een junctionbox onder een zonnepaneel (bron: TBO Brandweer Haaglanden).

De zonnepanelen waren geplaatst op een kunststof ondersteuningsconstructie (met betonnen ballasttegels) die bijgedragen heeft aan de brandontwikkeling. Onder de zonnepanelen lagen bladeren en bekabeling die hebben bijgedragen aan de eerste brandontwikkeling. Vervolgens is de bitumineuze dakbedekking mee gaan branden en is de EPS isolatie mee gaan branden. Door kieren in de dakconstructie is waargenomen dat de brand zich tussen de dakplaat en de bitumen verplaatste.

De brand heeft zich niet verder over het dak of naar binnen toe uitgebreid.



Figuur 13 Brand in de zonnepanelen (bron: Regio15.nl)



Figuur 14 Schade op het dak (bron: TBO Brandweer Haaglanden)



Figuur 15 Kunststof ondersteuningsconstructie

#### 2.1.6 21 juni 2019, Sporthal Buitenpost

Over deze brand is geen informatie ontvangen van de Brandweer. Op basis van onderstaande foto en nieuwsartikelen op internet is het volgende vast te stellen:

De brand heeft zich beperkt tot twee rijen zonnepanelen. Er heeft geen verdere uitbreiding over het dak of in het gebouw plaatsgevonden.

Op basis van de foto lijkt op het dak een PVC dakbedekking toegepast te zijn. De toegepaste isolatie is niet bekend.



Figuur 16 Brand op dak sporthal te Buitenpost (bron: <https://www.omropfryslan.nl/>)

#### 2.1.7 27 september 2017, Wellensiekstraat 4, Ede

Over deze brand is al ten behoeve van een eerder onderzoek door Efectis informatie van de Brandweer ontvangen.

##### 2.1.7.1 Dakconstructie

De dakconstructie is opgebouwd uit een stalen dakplaat met 65 mm PIR isolatie (Kingspan TR26 FM) en een Alkorplan F 35176 (PVC) dakbedekking.

##### 2.1.7.2 Zonnepanelen

De zonnepanelen waren geplaatst op schuin oplopende dakdelen met een vrije ruimte van 8 cm tussen het dak en het zonnepaneel.

##### 2.1.7.3 Brandverloop

De brand werd opgemerkt door een voorbijganger, waarna een succesvolle bluspoging met een handbrandblusser is uitgevoerd. De brand is beperkt gebleven tot één zonnepaneel. De brand heeft zich uit kunnen breiden langs een opstaande dakrand, maar is niet naar binnen uitgebreid.



Figuur 17 Brandschade beperkt tot enkele panelen en een klein deel van het dak.

#### 2.1.8 30-12-2021, Sporthal Elst.

##### 2.1.8.1 Dakconstructie

De dakconstructie is opgebouwd uit een stalen dakplaat met steenwolisolatie (dikte onbekend) en een bitumineuze dakbedekking. Op diverse plaatsen op het dak waren ventilatoren in kunststof behuizing aanwezig.



Figuur 18 80% van het dak is bedekt met zonnepanelen (bron: Gelrenieuws)

##### 2.1.8.2 Zonnepanelen

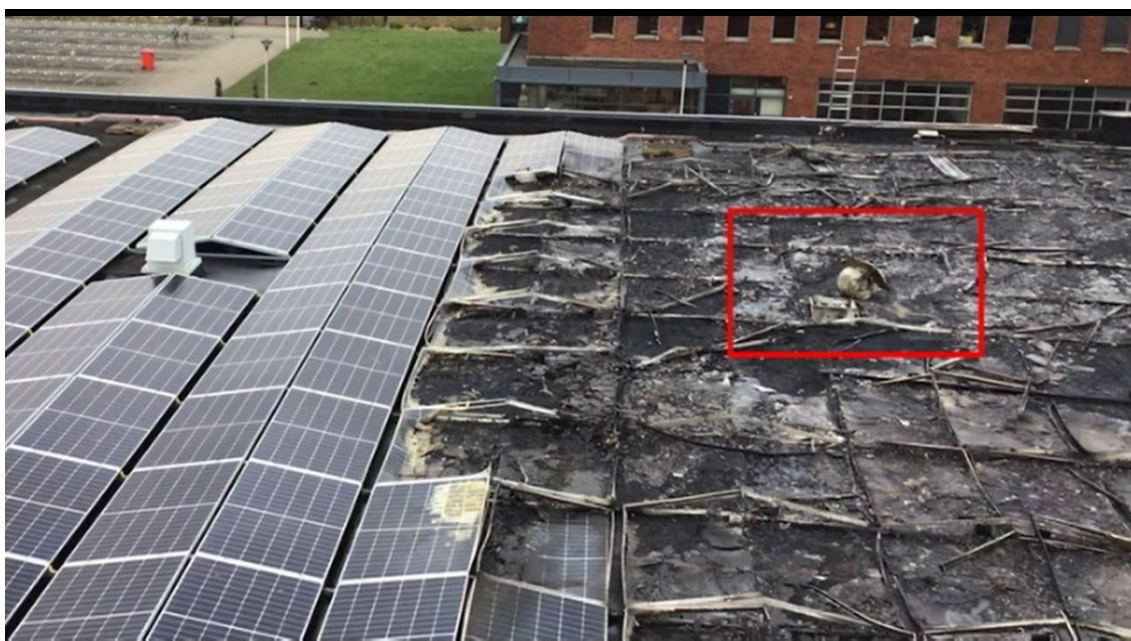
Ongeveer 80% van het dak was bedekt met zonnepanelen. De panelen lagen in een oost-west oriëntatie op een aluminium ondersteuningsconstructie. De installatie was nog niet aangesloten

op het stroomnet. De afstand tot de ventilatoren wordt op basis van de foto's ingeschat op maximaal 1 meter.

### 2.1.8.3 Brandverloop

De Brandweer heeft vastgesteld dat de brand ontstaan is in één van de ventilatoren. De kunststof behuizing van de ventilator heeft vervolgens vlam gevat en daardoor is de brand overgeslagen naar het dakoppervlak en de zonnepanelen.

Iets meer dan een kwart van het oppervlak aan zonnepanelen is bij de brand betrokken. De brand heeft zich niet naar binnen uitgebreid. Wel is er aanzienlijke waterschade in de sporthal. De sporthal bestond uit één brandcompartiment, dus de brand kon zich niet naar een ander compartiment uitbreiden.

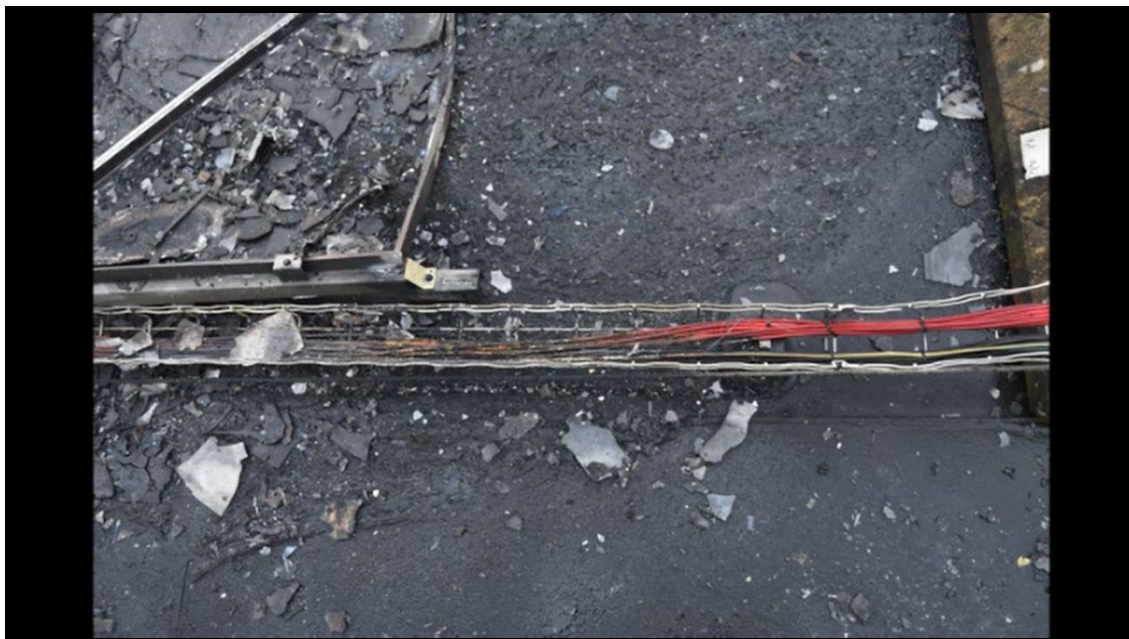


Figuur 19 De plaats van ontstaan van de brand in rood gemarkeerd met links een vergelijkbare ventilator. (Bron: Brandweer Gelderland-Midden)



Figuur 20 Schade aan de PV installatie en het dak (Bron: Brandweer Gelderland-Midden)





Figuur 21 Schade aan de kabels (Bron: Brandweer Gelderland-Midden)

## 2.2 ONDERZOEKEN NAAR BRANDVERLOOP OP PLATTE DAKEN MET PV SYSTEMEN

De onderzoeken die uitgevoerd zijn richten zich over het algemeen op het ontstaan van brand in het paneel of de bijbehorende installatie-onderdelen. Het behandelen van de brandoorzaak in zonnepanelen valt buiten de scope van dit onderzoek.

Het aantal onderzoeken naar brandontwikkeling onder zonnepanelen is beperkt. Door Efectis zijn drie relevante onderzoeken gevonden. Hieronder worden in het kort de bevindingen van die onderzoeken samengevat.

### **Experimental Study of the Fire Behaviour on Flat Roof Constructions with Multiple Photovoltaic (PV) Panels, J. Steemann Kristensen and G. Jomaas.**

Het onderzoek is uitgevoerd op stukken plat dak met een afmeting van 2,4 x 6 meter en 4,8 x 6 meter met daarop 6 zonnepanelen. De dakconstructie was opgebouwd uit stalen damwandprofielplaat, 150 mm EPS isolatie en daarbovenop een laag van 40 mm PIR of een laag van 30 mm steenwol. Op de isolatie was een PVC dakbedekking aangebracht. Onder de zonnepanelen werd een houten crib met een vermogen van 30kW gestookt. De test werd buiten uitgevoerd, waardoor de wind invloed had op het verloop van de test.

Branduitbreiding vanaf de crib naar het dak vond plaats na ongeveer 7 minuten. De brand breidde zich uit over het veld van zonnepanelen en breidde zich bij alle testen uit tot ongeveer 1 meter buiten het oppervlak van de zonnepanelen, waarbij omvang en richting onder invloed van de wind verschillen.

In alle testen is waargenomen dat de kunststof onderdelen van de ondersteuningsconstructie mee gingen branden en bleven branden gedurende de hele test.

Op de plaats waar de houtcrib geplaatst was brandde de PIR isolatie (na een uur en 3 minuten) door en vanuit die plaats is de EPS isolatie gaan smelten en branden. Onder een groot deel van de steenwol isolatie was de EPS isolatie weggesmolten, maar niet ontstoken. De toegepaste EPS isolatie voldeed niet aan brandklasse E in overeenstemming met NEN 13501-1.

### **Effect of Rack Mounted Photovoltaic Modules on the Fire Classification Rating of Roofing Assemblies, Bob Backstrom, Mahmood Tabaddor, PhD, UL.**

In dit onderzoek is gekeken naar de effecten van de aanwezigheid van zonnepanelen bij een standaardtest ter bepaling van het brandgedrag van een dak in overeenstemming met UL790.

Uit het onderzoek blijkt dat de afstand tussen de zonnepanelen en het dak invloed heeft op de brandontwikkeling en de temperatuur tussen de zonnepanelen en het dak. Bij een afstand van minder dan 5 cm wordt de vlamuitbreiding en temperatuur beperkt. Bij een afstand van 25 cm en 10 cm verplaatsen vlammen zich op ongeveer dezelfde wijze onderlangs de panelen tussen de panelen en het dak, maar bij een afstand van 10 cm wordt de temperatuur hoger omdat er minder koeling plaats kan vinden door een beperkte luchttoevoer. De brandontwikkeling is mede afhankelijk van het brandgedrag van de zonnepanelen. De test is uitgevoerd met de zonnepanelen in een opstelling op een hellend dak, waarbij de zonnepanelen parallel aan het dakoppervlak bevestigd zijn.

**Flame Propagation Between Flat Roofing and Photovoltaic Installations, Farah Binte Mohd Faudzi, University of Edinburgh.**

In dit onderzoek is gekeken naar de invloed van de afstand tussen het zonnepaneel en het dak op de vlamuitbreiding in de ruimte tussen zonnepaneel en dak.

In het onderzoek is een strook PMMA met een breedte van 300 mm gekozen als representatie van brandbare materialen in het dak en een staalplaat als representatie van het zonnepaneel.

Bij de testen met een opening van meer dan 20 cm tussen zonnepanelen en dak vond de branduitbreiding plaats met een snelheid van 0,15-0,2 mm/s, wat vergelijkbaar is met de branduitbreidingsnelheid over een oppervlak zonder zonnepanelen erboven.

Bij een afstand van minder dan 17 cm ontstaat een snellere vlamuitbreiding tot wel 10x de snelheid van de vlamuitbreiding zonder zonnepaneel boven het dak.

### 3. ANALYSE

---

#### 3.1 BRANDOORZAAK

Uit de in hoofdstuk twee beschouwde branden blijkt dat de oorzaak van de branden vaak ligt in de zonnepanelen installatie. De brand kan ontstaan als gevolg van een defect in de panelen zelf, in de apparatuur onder de zonnepanelen of de installatiedelen onder het dak of in een schakelkast of omvormer waarop de zonnepanelen zijn aangesloten. Eén van de branden ontstond in een ventilator met kunststof behuizing, waarna de brand zich naar de zonnepanelen kon uitbreiden.

#### 3.2 BRANDVERLOOP

Bij de analyse van het brandverloop is het van belang om onderscheid te maken tussen de verschillende onderdelen die bij de brand betrokken zijn.

In de dakconstructie gaat het om de volgende onderdelen:

- De onderzijde van de dakconstructie en eventuele openingen daarin;
- Het type dakisolatie;
- Het type dakbedekking;
- De aanwezigheid van een ballast, zoals grind of tegels;
- De ondersteuningsconstructie van de zonnepanelen (materiaal);
- De zonnepanelen (materiaal, oriëntatie);
- Omvormers/schakelkasten;
- Bekabeling.

Daarnaast spelen uiteraard ook externe factoren als ontdekkingstijd, blusmogelijkheden en weersomstandigheden een belangrijke rol in het brandverloop. Deze factoren vallen buiten de scope van dit onderzoek.

##### 3.2.1 Brandontwikkeling in de zonnepanelen

Uit de onderzochte branden blijkt dat wanneer zonnepanelen (ongeacht het merk en type) op een afstand van minder dan ongeveer 0,5 meter afstand van elkaar liggen verwacht mag worden dat de brandontwikkeling (ongeacht het type dakbedekking en isolatie) doorloopt over en onder de panelen. In veel zonnepanelen is een brandbare folie aanwezig die zorgt voor de brandontwikkeling in het zonnepaneel zelf.

##### 3.2.2 Branduitbreiding over het dak

Bij de meeste branden is de brandontwikkeling beperkt gebleven tot het gebied waar de zonnepanelen aanwezig waren. Bij de brand in Opmeer is de brand beperkt gebleven tot het deel van het dak waar geen ballast in de vorm van grind aanwezig was. Bij de brand in Denekamp is de brand tot ongeveer 4 meter vanaf de rand van de zonnepanelen uitgebreid. Op dit dak was een EPS isolatie met een PVC dakbedekking toegepast op een geperforeerde staalplaat.

Bij de brand in Wateringen is sprake van EPS isolatie met bitumineuze dakbedekking. Bij deze brand heeft geen branduitbreiding over het dak buiten het veld zonnepanelen plaatsgevonden. Van geen van de daken is bekend aan welke brandklasse voldaan werd en wat de invloed hiervan was op de brandontwikkeling over het dak. De branduitbreiding over het dak is bij de onderzochte branden ongeacht het type isolatie dat is toegepast vergelijkbaar. De brand is beperkt gebleven tot het veld zonnepanelen.

##### 3.2.3 Branduitbreiding naar binnen

De brand in Denekamp is de enige brand waarbij branduitbreiding naar binnen toe heeft plaats gevonden als gevolg van het brandend druipen van materialen door de geperforeerde dakplaat. De Brandweer stelt dat de branduitbreiding het gevolg is van brandend druipend EPS.

De vraag is of er ook nog andere onderdelen in de dakconstructie of de zonnepanelen aanwezig zijn die brandend kunnen druipen, zoals een mogelijke PE folie rond de cannelurevulling en een dampremmende folie. Van de PVC dakbedekking mag verwacht worden dat deze niet brandend gaat druipen.

Aan de ondersteuningsconstructie van de zonnepanelen zijn kunststof delen aanwezig. Van welke kunststof deze delen gemaakt zijn is niet bekend, maar over het algemeen worden deze onderdelen gemaakt van kunststoffen die brandend kunnen druipen. Het is dan ook niet volledig uit te sluiten dat delen hiervan brandend in het gebouw terecht zijn gekomen. Hiervoor moet echter wel als eerste de dakbedekking en isolatie weggebrand/gesmolten zijn.

#### 3.2.4 Brandontwikkeling in overige installatiedelen

Bij de brand in Amsterdam is de brand ontstaan in een schakelkast en vervolgens via de kabelgoot uitgebreid naar de zonnepanelen. Deze brand laat zien dat in een elektrisch systeem de brandontwikkeling zich in de richting van de voedingsbron beweegt. De brand ontstaat in de schakelkast, waardoor sluiting ontstaat in de kabels naar de zonnepanelen. Omdat de zonnepanelen altijd spanning blijven geven verplaatst de sluiting zich langs de kabel naar het paneel en als gevolg van de hitte die vrijkomt bij de sluiting zullen materialen in de omgeving in brand raken. De ontstekingsbron is pas weg wanneer het zonnepaneel niet meer functioneert. Dit betekent dat ongeacht de toegepaste dakbedekking of dakisolatie een brand zich (overdag, wanneer de panelen stroom opwekken) altijd zal uitbreiden via de kabels naar de zonnepanelen en over het veld zonnepanelen. Of verdere uitbreiding van brand over het dak plaatsvindt is afhankelijk van de in het dak toegepaste materialen en de daaraan gestelde eisen met betrekking tot het brandgedrag.

#### 3.2.5 Brandontwikkeling in de ondersteuningsconstructie van de zonnepanelen

Bij veel ondersteuningsconstructies is sprake van enkele kunststof onderdelen die bij kunnen dragen aan de brandontwikkeling. In het geval van de brand in Wateringen was sprake van ondersteuningsconstructie die volledig van kunststof gemaakt is. Welk type kunststof toegepast is en of deze constructie getest is op brandgedrag, is niet bekend. Uit de beelden blijkt dat de kunststof ondersteuningsconstructie aan de brandontwikkeling heeft deelgenomen.

#### 3.2.6 Conclusies met betrekking tot het brandverloop

Daar waar de zonnepanelen op een afstand van minder dan 0,5 meter van elkaar liggen mag verwacht worden dat de brand over en onder de panelen ongeacht het type dakbedekking en isolatie door ontwikkelt.

Daar waar de zonnepanelen branden en er geen ballast op het dak aanwezig in de vorm van grind zal de dakbedekking aan de verbranding deelnemen en (ongeacht het type dakbedekking en isolatie) de isolatie beschadigd raken of aan de verbranding deelnemen. Buiten het gebied waar de zonnepanelen liggen is de brandontwikkeling over het dak gelijk aan een normale brandontwikkeling op een plat dak en afhankelijk van de toegepaste materialen.

Wanneer sprake is van openingen in de dakplaat, maar ook bij doorvoeringen en daklichten (zoals bij de brand in Dieren), in combinatie met een EPS isolatie en/of een bitumineuze dakbedekking in combinatie met een ander type isolatie kan branduitbreiding naar binnen plaatsvinden.

Bij brand in de installatie behorende bij de zonnepanelen kan de brand zich ongeacht het type dakbedekking en isolatie langs de kabels uitbreiden naar de zonnepanelen en andere delen van het gebouw.

Bij geen van de branden is de brand uitgebreid tot voorbij een brandwerende scheiding.

### 3.3 ONDERZOEKEN

Het aantal onderzoeken dat ingaat op de brandontwikkeling tussen zonnepanelen en dak is zeer beperkt. Het onderzoek dat is uitgevoerd op een veld van 6 zonnepanelen met een EPS isolatie met PIR en steenwol laag erop geeft een beeld van de brandontwikkeling onder de panelen, maar heeft enkele beperkingen. De combinatie van isolatiematerialen zoals in de test gebruikt, wordt in Nederland in de praktijk zelden of nooit toegepast. De ontstekingsbron voor de brand is een houten crib met een vermogen van 30 kW. Een houten crib geeft warmtestraling naar onder, waardoor het dak aangetast wordt. Bij de test is dan ook te zien dat op de plaats van de crib de zwaarste schade ontstaan is. Hierbij moet ook opgemerkt worden dat het doorbranden van de PIR isolatie pas na een uur plaatsvond. Bij een brand in zonnepanelen zijn voornamelijk kunststoffen betrokken die zich (als gevolg van het smelten) meer als een vloeistofbrand gedragen en daardoor minder straling op het onder gelegen oppervlak geven.

Door de aanwezigheid van zonnepanelen boven het dak worden vlammen omgebogen en zal het dak daardoor juist meer aan warmtestraling blootgesteld worden dan zonder zonnepanelen. Uit het onderzoek van de University of Edinburg blijkt dat de branduitbreidingsnelheid met een factor 10 kan toenemen. Overigens is in dit onderzoek op een zeer beperkte schaal uitgevoerd en is de vertaling naar een daadwerkelijk brand onder zonnepanelen niet één op één te geven.

Uit de onderzoeken blijkt dat de aanwezigheid van zonnepanelen een effect heeft op de branduitbreidingsnelheid in de ruimte tussen de zonnepanelen en het dak. De afstand tussen de zonnepanelen en het dak is van grote invloed op de temperatuur en de snelheid van vlamuitbreiding.

### 3.4 EISEN AAN DE DAKCONSTRUCTIE EN DE ZONNEPANELEN

Het Bouwbesluit 2012 stelt op nieuwbouw niveau de volgende eisen aan een dakconstructie van een industriefunctie:

*Artikel 2.71. Dakoppervlak*

*1. De bovenzijde van een dak van een bouwwerk is, bepaald volgens NEN 6063, niet brandgevaarlijk. Dit geldt niet indien het bouwwerk geen voor personen bestemde vloer heeft die hoger ligt dan 5 m boven het meetniveau, en de brandgevaarlijke delen van het dak ten minste 15 m vanaf de perceelsgrens liggen. Indien het perceel waarop het bouwwerk ligt, grenst aan een openbare weg, openbaar water, openbaar groen, of een perceel dat niet is bestemd voor bebouwing of voor een speeltuin, een kampeerterrain of opslag van brandgevaarlijke stoffen of van brandbare niet milieugevaarlijke stoffen wordt die afstand aangehouden tot het hart van de weg, dat water, dat groen of dat perceel.*

Voor bestaande bouw geldt deze eis niet en voor verbouw is het rechtens verkregen niveau van belang.

In de toelichting van het Bouwbesluit wordt gesteld dat dit artikel ten doel heeft te voorkomen dat het dak van een bouwwerk door vlieg vuur uit de omgeving in brand vliegt. Vlieg vuur (of vonkenregen) kan worden veroorzaakt door bijvoorbeeld een open haard of een brand in een nabijgelegen bouwwerk.

Aan elektrische leidingen worden op nieuwbouw niveau de volgende eisen gesteld:

*Artikel 2.69a. Elektrische leidingen en pijpisolatie*

*1. In afwijking van artikel 2.67 geldt voor een elektrische leiding die grenst aan de binnenlucht:*

- a. in extra beschermde vluchtroutes rookklasse s1(ca) en in overige ruimten rookklasse s2(ca), beide bepaald volgens NEN-EN 13501-6; en*
  - b. de in tabel 2.66 aangegeven brandklasse, bepaald volgens NEN-EN 13501-6.*
- 2. In afwijking van artikel 2.67 geldt voor pijpisolatie die grenst aan de binnenlucht:*

- a. in extra beschermde vluchtroutes rookklasse s1(L) en in overige ruimten rookklasse s2(L)), beide bepaald volgens NEN-EN 13501-1; en*
- b. de in tabel 2.66 aangegeven brandklasse, bepaald volgens NEN-EN 13501-1.*
- 3. In afwijking van artikel 2.68 geldt voor een elektrische leiding die grenst aan de buitenlucht de in tabel 2.66 aangegeven brandklasse, bepaald volgens NEN-EN 13501-6. (klasse B, C of D)**
- 4. In afwijking van artikel 2.68 geldt voor pijpisolatie die grenst aan de buitenlucht de in tabel 2.66 aangegeven brandklasse, bepaald volgens NEN-EN 13501-1.*

Voor bestaande bouw geldt deze eis niet en voor verbouw is aangaande lid 3 en 4 het rechtens verkregen niveau van belang. Bij verbouw zijn lid 1 en 2 wel één op één van toepassing.

Verder geeft de NEN 1010 verschillende eisen voor elektrische systemen en de brandveiligheid van de toegepaste onderdelen.

Het Bouwbesluit geeft geen prestatie-eisen voor het brandgedrag van zonnepanelen en de bijbehorende ondersteuningsconstructie. De eisen die het Bouwbesluit aan een dak stelt zijn gebaseerd op het scenario van een vonkenregen vanuit een schoorsteen of een naburig brandend gebouw. De daarvoor gebruikte testmethode met de vuurkorf is niet toereikend voor een brandscenario waarbij de zonnepanelen of de bijbehorende installatie in brand raken en de brand zich tussen de zonnepanelen en het dak kunnen uitbreiden.

## 4. OPLOSSINGSRICHTINGEN VOOR VERBETEREN VAN BRANDVEILIGHEID

---

Ondanks dat er eisen gesteld worden aan de installatie van zonnepanelen en de bijbehorende apparatuur, is het niet volledig te voorkomen dat er brand ontstaat. In onderstaand hoofdstuk wordt ingegaan op het voorkomen van escalatie van een eenmaal ontstane brand. Hierbij wordt gekeken naar de eerste ontwikkeling en de verdere uitbreiding van de brand.

### 4.1 BRANDONTWIKKELING

#### 4.1.1 Brandoorzaak in schakelkast/omvormer

Wanneer brand ontstaat in een schakelkast kan een brand zich van daaruit ontwikkelen over het oppervlak van het dak. De eerste ontwikkeling kan tegengehouden worden door het plaatsen van de kast op een onbrandbare ondergrond zoals betontegels. Rondom de kast kan bijvoorbeeld met twee stroken betontegels van 30x30cm het dakoppervlak afgeschermd worden en de eerste brandontwikkeling beperkt worden.

Vanuit de schakelkast zal de brand zich als gevolg van een sluiting in de kabels zich vrijwel altijd in de richting van de zonnepanelen ontwikkelen. Daarom is het van belang om ervoor te zorgen dat de kabels vrijgehouden worden van het dakoppervlak en er bij voorkeur een brandwerende voorziening aangebracht wordt tussen de kabelgoot en het dakoppervlak. Dit kan vormgegeven worden door de kabelgoot bijvoorbeeld op een strook betontegels te plaatsen.

#### 4.1.2 Brandoorzaak in de zonnepanelen en de apparatuur onder de zonnepanelen

Wanneer de brand in de zonnepanelen of de apparatuur onder de panelen ontstaat moet ervan uitgegaan worden dat de brand ongehinderd zal uitbreiden over het veld zonnepanelen en dat de dakbedekking en isolatie (ongeacht het type isolatie) beschadigd raken. Om de brandontwikkeling met name onder de panelen zoveel mogelijk te beperken zou het gebruik van kunststoffen in de ondersteuningsconstructie van de zonnepanelen beperkt kunnen worden. Wanneer metalen ondersteuningsconstructies gebruikt worden, wordt de ontwikkeling van de brand beperkt. In de lijn met de filosofie achter de uitzonderingen in het Bouwbesluit zou er dan maximaal 5% kunststof in de ondersteuningsconstructie toegepast mogen worden, hoewel het onbekend is of een ondersteuningsconstructie zonder kunststof praktisch toepasbaar zou zijn.

Een andere mogelijkheid is om de zonnepanelen en de ondersteuningsconstructie in combinatie met de dakbedekking te beoordelen door middel van een nog te ontwikkelen testmethode. Uitgaande van de op het moment van schrijven van dit rapport beschikbare testmethodes adviseert Efectis in aanvulling op bovenstaande suggesties de dakconstructie ten minste te laten voldoen aan klasse B<sub>roof</sub> t1 in overeenstemming EN 13501-5 of aan de classificatie niet brandgevaarlijk conform NEN 6063.

Wanneer een dak voorzien is van ballast grind adviseert Efectis het grind of als alternatief betontegels ook onder de zonnepanelen aan te brengen om zo de aanstraling van de dakbedekking te voorkomen en zo de verdere brandontwikkeling te beperken.

Een andere mogelijkheid is om tussen de zonnepanelen en het dak een plaat aan te brengen waardoor directe warmtestraling naar en vlamcontact met de dakbedekking voorkomen wordt.

Daarnaast wordt gewezen op de NEN 7250 die prestatie-eisen formuleert aan het zonne-energiesysteem als geheel in zijn bouwkundige toepassing en op dit moment wordt gereviseerd. Hoewel deze norm niet is aangewezen in het Bouwbesluit, stelt de norm zelf dat het voldoet aan de beginselen en eisen ten aanzien van veiligheid en bruikbaarheid van constructies. En, dat met toepassing van deze norm in beginsel wordt voldaan aan het Bouwbesluit 2012. Voor zover de in dit rapport beschouwde casussen niet al aanleiding gaven tot het uitbrengen van een bepaald advies, wordt (in aanvulling hierop) geadviseerd de prestatie-eisen uit NEN 7250 te hanteren.

## 4.2 BRANDUITBREIDING

### 4.2.1 Branduitbreiding naar binnen

Ongeacht het type isolatie dat is toegepast kan er uitbreiding naar binnen toe plaatsvinden via doorvoeringen, openingen in de dakplaat en via daklichten en lichtstraten. Wanneer een geperforeerde dakplaat is toegepast in combinatie met bij brand smeltende materialen kan er een open verbinding ontstaan tussen de zonnepanelen en de binnenruimte en bestaat er kans op branduitbreiding naar binnen.

Bij toepassing van een geperforeerde dakplaat adviseert Efectis om een barrière aan te brengen waardoor een brandwerend dak ontstaat en geen branduitbreiding naar de binnenruimte kan plaatsvinden. Gedacht kan worden aan het aanbrengen van een vlamdichte plaat tussen zonnepanelen en dak of een brandwerende beplating aan de onderzijde van de isolatie of aan de onderzijde van de dakplaat.

Uit het onderzoek blijkt dat bij een gesloten stalen dakplaat, ongeacht de toegepaste isolatie, geen uitbreiding naar binnen toe plaatsvindt.

### 4.2.2 Rondom daklichten en doorvoeringen adviseer Efectis om de zonnepanelen op een voldoende veilige afstand te plaatsen en doorvoeringen bij voorkeur te voorzien van een brandwerende voorziening. Branduitbreiding naar andere brandcompartiment

Bij geen van de branden was sprake van branduitbreiding naar een ander brandcompartiment. Branduitbreiding naar een ander compartiment kan voorkomen worden door de gebruikelijke brandwerende scheidingen in een dakconstructie (Onderbreking van brandbare isolatie door middel van steenwol en een strook betontegels boven de brandwerende scheiding). Voor nieuwbouwsituaties kan de breedte van de tegelstrook worden bepaald aan de hand van een NEN 6068 beschouwing.

### 4.2.3 Vervolgonderzoek

Om meer inzicht te krijgen in het verloop van een brand op een industrieel plat dak met zonnepanelen kan gedacht worden aan de volgende vervolgonderzoeken:

- Via de brandonderzoeksteams van de Brandweer informatie verzamelen over branden op industriële platte daken met zonnepanelen;
- Praktijktesten met verschillende zonnepanelen systemen op verschillende daktypes om het brandverloop te bepalen;
- Praktijktesten in combinatie met warmtestralingsberekeningen om de veilige afstand tussen zonnepanelen en openingen in het dak te bepalen.



Ing. M.P. de Feijter  
Projectleider brandonderzoek



ir. T.G. van der Waart van Gulik  
Projectleider fire engineering