

# Lichtgewicht zonne-energie op platte daken stormbestendig

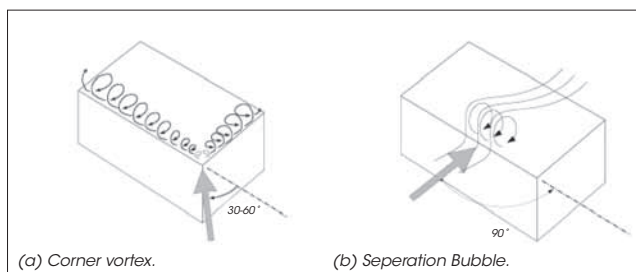
De toepassing van de NVN7250 en de ontwikkeling van montagesystemen heeft in de markt geleid tot een groot aantal vragen, op basis waarvan een uitgebreid windtunnelonderzoek is uitgevoerd door TNO, in opdracht van AgentschapNL en verschillende partners uit de zonne-energiewereld.

Prof. dr. ir. Chris Geurts, TNO/TU Eindhoven  
Ir. Carine van Bentum, TNO

Zonne-energiesystemen groeien in populariteit vanwege de gunstige prijsontwikkeling. Toepassing van zonnepanelen op platte daken neemt daarbij een grote vlucht. Al sinds het begin van deze eeuw is bekend dat deze systemen gevoelig zijn voor de belasting door wind. In 2003 is in Nederland de voornorm NVN 7250 verschenen, waarin voor het eerst waarden voor de windbelasting op plat dak systemen werden opgevoerd. Deze voornorm wordt momenteel omgewerkt tot de definitieve norm NEN 7250. Chris Geurts en Carine van Bentum gaan nader in op het windtunnelonderzoek dat is uitgevoerd n.a.v. bovenstaande ontwikkelingen.

## Windbelasting op platte daken.

De windbelasting op platte daken (met hellingen tot 5 graden) wordt bepaald door de wijze waarop de wind rondom een gebouw stroomt. Voor het platte dak is een belasting van het vlak af gericht (ook wel zuiging genoemd) maatgevend. Deze belasting wordt bepaald door twee fenomenen die op kunnen treden, zie figuur 1.



Figuur 1: illustratie van windeffecten op een plat dak bij verschillende aanstroomrichtingen.

Als de wind onder een hoek met de beide gevels aanstroomt tussen 30 en 60 graden zal er op het platte dak een wervel ontstaan, die begint vanuit de hoek en die zich

langs de beide dakranden uitstrekt. Deze 'corner vortex' gaat gepaard met grote krachten die op het dakvlak worden uitgeoefend. Het effect hiervan is met name terug te zien in de hoge waarden voor zuiging die bij de dakhoeken worden gevonden, en die in de bouwvoorschriften ook herkenbaar zijn. Als de wind loodrecht op een gevel aanstroomt, zal deze bovenlangs het gebouw willen stromen. De wind zal daar loslaten, en verder stroomafwaarts weer op het dakvlak gaan aanliggen. Er ontstaat een zogenaamde 'separation bubble', waaronder het dakvlak op hoge zuiging wordt belast. Het effect hiervan wordt in de normen in de randzones verrekend.

De grootte van de corner vortex en separation bubble, en daarmee de gedefinieerde afmetingen van de hoek- en randzones zijn afhankelijk van de hoogte, breedte en diepte van het gebouw en de vormgeving van de dakrand. Bij een hogere dakrand of borstwering worden de corner vortex en separation bubble als het ware opgetild, en is het effect op het dakvlak minder. Dit effect is ook opgenomen in de van toepassing zijnde norm EN 1991-1-4.

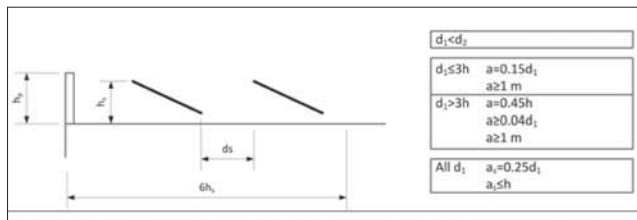
## Windbelasting op zonne-energiesystemen op platte daken

Platte daken zijn bijzonder geschikt voor plaatsing van zonne-energiesystemen omdat deze in een optimale opstelling (hellingshoek en oriëntatie) kunnen worden geplaatst. Bovendien zijn de systemen aan het zicht onttrokken. Veel bestaande daken vormen een potentiële opstelruimte voor deze systemen. Een nadeel is dat veel platte daken, met name die met grote oppervlakte, liggen op gebouwen met een relatief lichte constructie, die vaak precies is afgestemd op de belastingen die volgen uit de voorschriften, met name het eigen gewicht en de sneeuwbelasting. Vaak is er weinig reserve om daar nog een extra belasting aan toe te voegen. Zonne-energiesystemen moeten daarom licht worden uitgevoerd om toepasbaar te zijn. Het gewicht van de zonne-energiesystemen wordt bepaald door het eigen gewicht, maar ook door de hoeveelheid ballast die nodig is om het systeem

# iesystemen

stormvast te kunnen plaatsen. De belasting door de wind is derhalve een kritische ontwerpparameter.

De belasting op deze systemen wordt, net als op een "kaal" plat dak, bepaald door het optreden van een corner vortex en een separation bubble. Omdat echter de systemen boven het dakvlak zijn aangebracht, treden er andere effecten op dan op een kaal dak. De wind die wordt opgewekt kan namelijk ook onder de systemen aangrijpen en zo een extra belasting leveren. De belasting op de zonne-energiesystemen hangt zowel af van de bouwparameters hoogte, breedte en diepte, als van systeemgebonden parameters, zoals de opstelhoogte, hellingshoek, afstand tussen panelen en afstand tot de dakrand.



Afmetingen en definities van zonnepanelen op een plat dak.

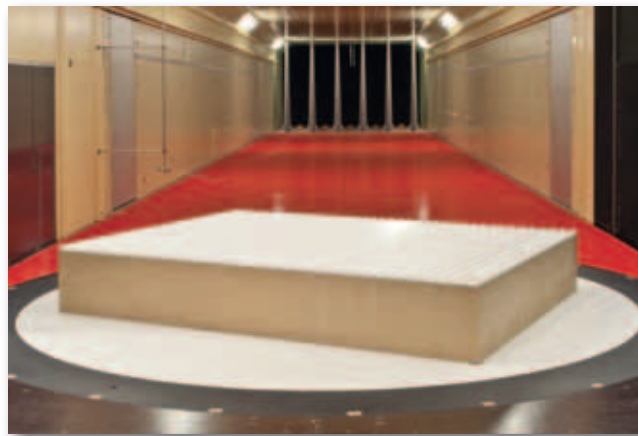
$d_1$  en  $d_2$  zijn de horizontale afmetingen van het gebouw,  $h$  is de hoogte van het gebouw.

Bovendien kunnen systemen die gekoppeld zijn de krachten herverdelen, wat een gunstiger belasting kan opleveren. Ook kan in de vormgeving worden gevarieerd, bijvoorbeeld door het toepassen van een achterpaneel. Deze grote variatie aan parameters maakt het veel complexer om uniforme regels op te stellen voor de bepaling van de windbelasting. De regels in NVN 7250 waren een goed begin, maar inmiddels niet meer voldoende voor het huidige toepassingsgebied.

## Windtunnelonderzoek

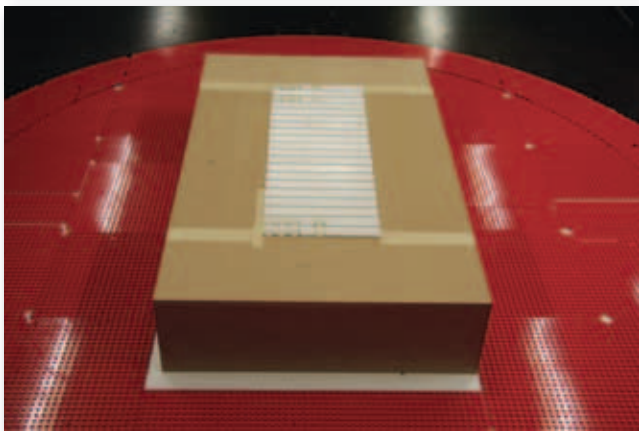
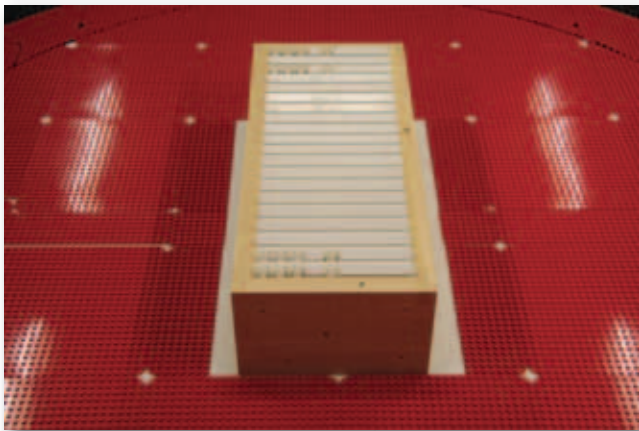
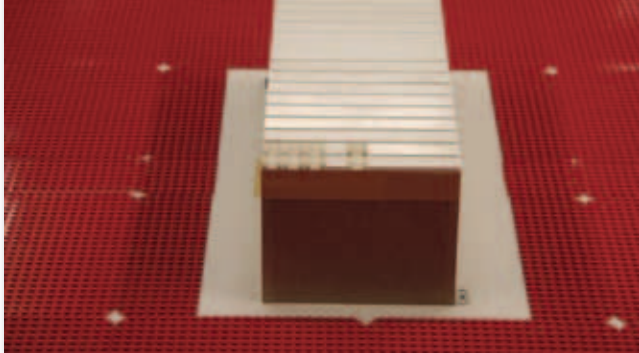
In 2013 wordt de NVN 7250 vervangen door de NEN 7250. Omdat de waarden voor de windbelasting in de NVN 7250 niet goed toegesneden zijn op de systemen die thans in de markt zijn, is een aanvullend windtunnelonderzoek uitgevoerd. Agentschap NL en de deelnemende bedrijven hebben in onderling overleg bepaald welke parameters in dit onderzoek zijn gevarieerd. Het onderzoek richtte zich in eerste instantie op systemen met hellingshoeken van 10 en 25 graden. Dit is lager dan de hellingshoek van 35 graden uit het eerdere onderzoek. Daarnaast is de invloed van het toepassen van een zogeheten deflector (achterplaat) onderzocht. Ook de invloed van de dakrand is meegenomen. Verschillende bouwafmetingen zijn onderzocht, en ook

de invloed van plaatsing van de zonne-energiesystemen op verschillende afstanden van de dakranden is meegenomen. De basis van het onderzoek was een gebouw van 12 meter hoog met een lengte en breedte van 80 en 60 meter. Uitgangspunt waren grote daken die volledig bedekt zijn met zonne-energiesystemen. Daarvoor zijn zowel systemen met een hoek van 25 graden als systemen met een hoek van 10 graden gebruikt. De panelen zijn open aan de onderzijde. Een foto van de basisconfiguratie in de windtunnel is hieronder gegeven.



Het gebouw is op een schaal 1:50 gemaakt. Deze afmeting past nog juist in de windtunnel, en is groot genoeg om de relevante details van de zonnepanelen nog weer te geven. Op het model zijn meetlocaties gekozen, in de hoeken, aan de randen en in het midden van het dak. Op deze meetlocaties zijn voorzieningen getroffen om de drukken, zowel aan bovenzijde als aan onderzijde van de panelen te meten. Een foto van een detail is hier gegeven.





Dit model is ook voorzien van een dakrand, en er zijn metingen uitgevoerd waarbij de achterkant van de zonnepanelen dicht is gemaakt door het toevoegen van een achterpaneel (ook wel deflector geheten, omdat het idee is dat deze de wind afbuigt). Een dakrand heeft vooral effect bij de direct erachter liggende panelen. Een deflector kan de belasting reduceren, waarbij in het midden van het dak reducties van zo'n 50% worden gevonden.

Naast metingen op het standaard model zijn ook andere gebouwafmetingen doorgemeten, met een kleinere plattegrond, met een grotere hoogte, en met toenemende afstand tussen de dakrand en de zonnepanelen.

Het blijkt dat een paneel aan de noordzijde op de hoek (met de hoge kant direct aan de dakrand), verreweg het zwaarst wordt belast. Wanneer echter een afstand van ongeveer tweemaal de hoogte van deze panelen tussen de dakrand en het paneel aanwezig is, wordt deze belasting met ongeveer 40% gereduceerd. Vervolgens blijkt dat een toenemende afstand niet meer leidt tot een verdere reductie. Een afstand van 12 meter levert dezelfde belastingen op de panelen als een afstand van ongeveer 1 meter.

### Toepassing in de normen

Naar aanleiding van de metingen is een voorstel gemaakt

voor de nieuwe NEN 7250, die later dit jaar zal verschijnen. De windbelasting op systemen op platte daken wordt in deze norm bepaald door de volgende parameters:

- Ligging en terreinruwheid, zich vertalend in een extreme waarde van de stuwdruk. Deze wordt bepaald aan de hand van de Eurocode met nationale bijlage.
- Gebouwafmetingen (hoogte, breedte, diepte). De gebouwafmetingen worden voor het platte dak gebruikt om de zones in de hoeken en randen vast te stellen. Deze afmetingen zijn niet dezelfde als die in de Eurocode worden gebruikt, maar zijn breder gekozen. Deze zones wijken niet of nauwelijks af van die in de oude NEN 6702, en NVN 7250.
- Aanwezigheid van een dakrand en obstakels op een dak. Deze kunnen de belasting op de zonne-energiesystemen reduceren of vergroten.
- Locatie van de zonnepanelen ten opzichte van de randen van het gebouw, maar ook ten opzichte van elkaar.
- De vorm en afmetingen van de zonne-energiesystemen. In de norm zijn de hellingshoek, de afstand tussen systeem en dak, en ook de aanwezigheid van een deflector met name van belang.
- Het al dan niet constructief gekoppeld zijn van de systemen. Een systeem dat constructief is gekoppeld, zal een kortdurende, lokaal optredende windbelasting kunnen herverdelen over de constructie, waardoor deze minder makkelijk zal verschuiven of omkiepen. Niet gekoppelde systemen, maar bijvoorbeeld ook de bevestigingen van individuele panelen, moeten wel deze lokale belasting op kunnen nemen.

In de norm is voor de zonerings gekozen voor een twee-stappen aanpak. Allereerst worden de zones bepaald voor het dak. Vervolgens wordt voor het oppervlak dat is bezet met zonnepanelen ook een zone-indeling bepaald. In de norm zijn vervolgens waarden gegeven voor de opwaartse en neerwaartse belasting, in de verschillende zones. Vallen de zones van dak en bezet oppervlak samen, dan geldt de ongunstigste waarde.

### Slot

Een uitgebreid windtunnelonderzoek levert nieuwe informatie op die opgenomen wordt in NEN 7250. Daarmee is het voor ontwerpers en ontwikkelaars van zonne-energiesystemen mogelijk nog beter de effecten van de wind in te schatten, en daarmee oplossingen te ontwerpen die economisch verantwoord zijn en voldoende veiligheid bieden. ●

*Dit artikel kunt u downloaden op [www.dakweb.nl](http://www.dakweb.nl)*

### PARTNERS

*HET ONDERZOEK IS UITGEVOERD IN SAMENWERKING MET DE VOLGENDE PARTIJEN:*

- AGENTSCHAP NL ● IBC SOLAR BV ● FLAMCO GROUP ● VAN DER VALK SOLAR SYSTEMS BV ● SOLARNRG ● SOLARACCESS ● OSKOMERA ● SOLAR POWER SOLUTIONS B.V. ● ZEN RENEWABLES ● MOUNTING SYSTEMS GMBH ● RENUSOL GMBH ● ENERGIEBAU SOLAR POWER BENELUX BV ● DERBIGUM