

Windbelasting op zonne-energie

De toepassing van zonne-energiesystemen op hellende daken neemt een grote vlucht. Niet alleen nieuwe daken worden van zonnepanelen en zonneboilers voorzien, ook op reeds bestaande daken worden zonne-energiesystemen aangebracht. De bevestiging van deze systemen moet zodanig zijn ontworpen dat deze de belastingen als gevolg van het eigen gewicht, sneeuw en wind kan afdragen. Dit artikel gaat in op de bepaling van de windbelasting voor zonnepanelen op hellende daken. In eerdere bijdragen is de windbelasting voor zonnepanelen op platte daken behandeld.

Chris Geurts, TNO
Chris van der Meijden, BDA-Kiwa

BEREKENING VAN DE WINDBELASTING

De windbelasting op constructies moet in Nederland worden bepaald volgens de Eurocode NEN EN 1991-1-4. Deze norm is met de Nederlandse Nationale bijlage, sinds 2012 van kracht volgens het Bouwbesluit. Via deze Nationale Bijlage wordt de stuwdruk berekend, welke afhankelijk is van het windgebied en de ruwheid van het omliggende terrein. De belasting op een constructie of constructie-element wordt gevonden door deze stuwdruk te vermenigvuldigen met een druk- of krachtcoëfficiënt. NEN EN 1991-1-4 geeft rekenregels voor deze factoren, echter deze zijn niet in alle gevallen toepasbaar voor zonne-energiesystemen. De Nederlandse norm NEN 7250 voor de bouwkundige integratie van zonne-energiesystemen heeft daarom een uitgebreid hoofdstuk over de windbelasting opgenomen waarin deze factoren worden gespecificeerd. Een ontwerper van montagesystemen voor zonne-energiesystemen wordt daarom aangeraden deze norm als basis te hanteren voor de berekening.

NEN 7250

NEN 7250 geeft prestatie-eisen en (verwijzingen naar) beproevingsmethoden van de bouwkundige aspecten van zonne-energiesystemen als geïntegreerd onderdeel van, of als los element op, dak- en gevelconstructies van gebouwen. NEN 7250 definieert vijf montagewijzen en voor elk van die montagewijzen is aangegeven hoe de berekening op windbelasting moet worden uitgevoerd.

De montagewijze 3 is van toepassing voor platte daken. Bij montagewijzen 4 en 5 is een berekening conform NEN EN 1991-1-4 uit te voeren. Dit artikel gaat wat verder in op montagewijzen 1 en 2.



Figuur 1: Illustratie van Montagewijze 1 (op hellend dak)

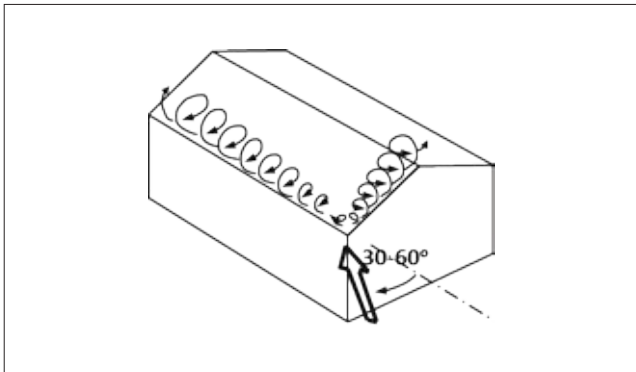


Figuur 2: Illustratie van Montagewijze 2 (op hellend dak)

Windbelasting op hellende daken

Wind die over een gebouw stroomt, wordt door het gebouw samengedrukt en rond het gebouw afgebogen. Daardoor versnelt de wind bij de randen van het gebouw, onder andere wanneer deze over een dak blaast. Deze versnelde wind laat bij de hoeken en randen van het dak los. Daardoor worden wervelingen opgewekt, die zorgen voor lokale windzuiging op het dakoppervlak. Deze windzuiging varieert snel in de tijd, en levert lokale piekbelastingen op het oppervlak op. De mate waarin deze zuiging optreedt hangt af van de aanstroomrichting van de wind en ook van de dakhelling.

iesystemen op hellende daken

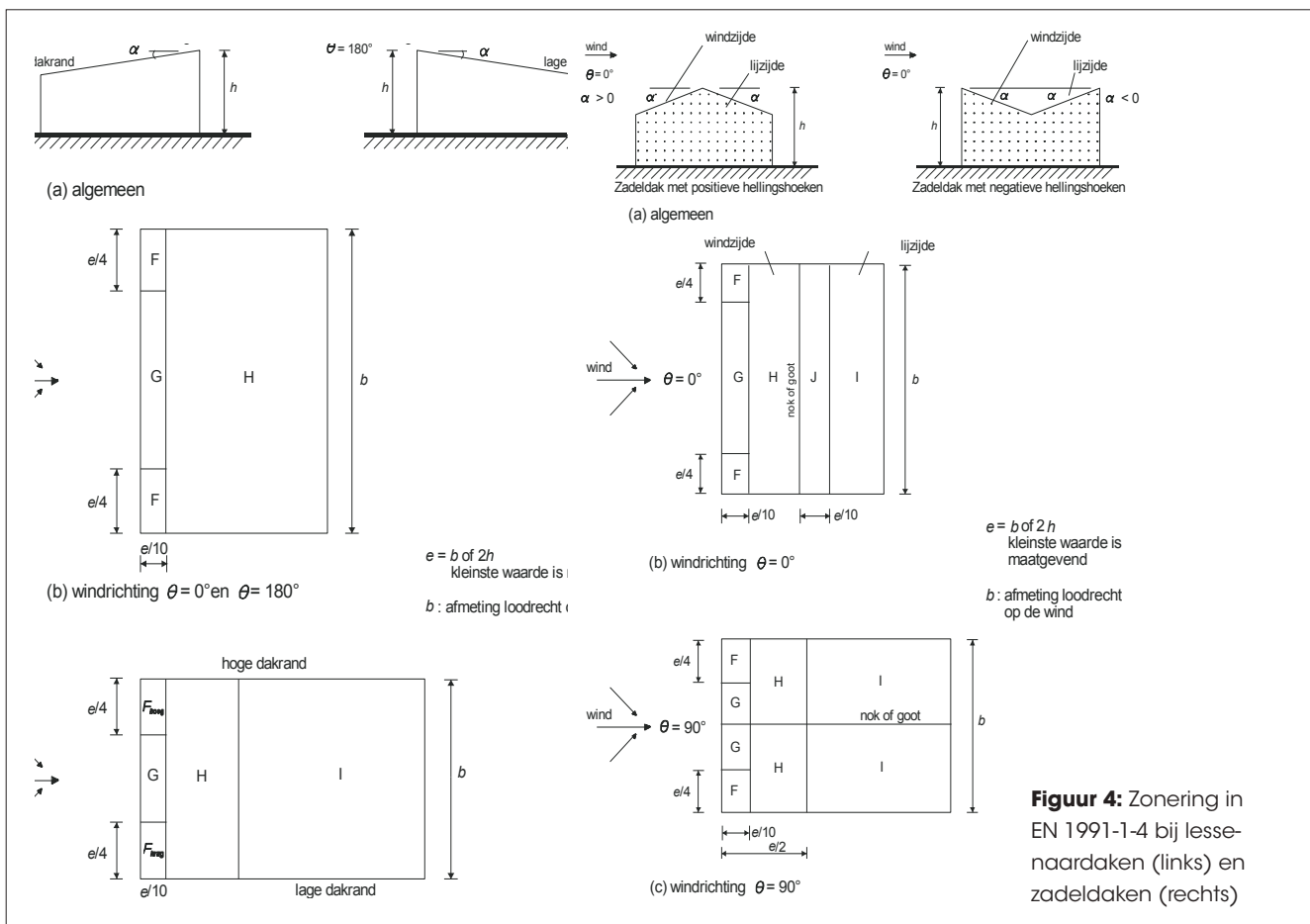


Figuur 3: illustratie van de windeffecten over een hellend dak bij een schuine aanstroming. Getoond is de vorming van wervels bij de dakrand, welke leiden tot hoge zuigkrachten op het dakvlak in de zones die onder deze wervels liggen.

De windzuiging op het dakvlak is ook niet overal even sterk. In de Eurocode wordt rekening gehouden met die effecten door gebruik te maken van dakzones, en ook door verschillende waarden voor de vormfactoren te geven afhankelijk van de dakhelling en aanstroomhoek.

In tegenstelling tot in NEN 6702, geeft NEN EN 1991-1-4 geen zone-indeling die onafhankelijk is van de windrichting. NEN EN 1991-1-4 specificeert zones bij verschillende aanstroomrichtingen. Een zonnepaneel zal dan, afhankelijk van de aanstroming, in verschillende zones kunnen liggen. Omdat alle windrichtingen van belang zijn in het ontwerp, moet de maatgevende belasting bepaald worden door van alle aanstroomrichtingen de ongunstigste waarde te bepalen.

De grootte van de zones is in NEN EN 1991-1-4 afhankelijk van de gebouwhoogte en breedte. In **figuur 4** is weergegeven hoe deze zijn gedefinieerd. De breedte is altijd gespecificeerd voor de windrichting die wordt beschouwd.



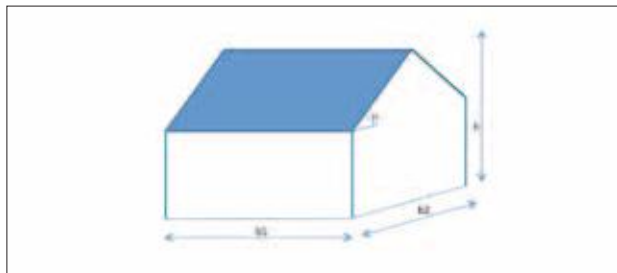
Figuur 4: Zoning in EN 1991-1-4 bij lessenaardaken (links) en zadeldaken (rechts)

Opmerking: De figuren met de zoning zijn getekend alsof het horizontale projecties zijn. Dit zou betekenen dat de grootte van de zones F, en G voor een aanstroomrichting van nul graden afhankelijk is van de hellingshoek van het dak. Bij nadere bestudering van de data die ten grondslag hebben gelegen aan de Eurocodes blijkt dat dit niet juist is. De afmeting $e/10$ moet worden gelezen in het dakvlak, waarmee de grootte van de zones niet afhangt van de hellingshoek

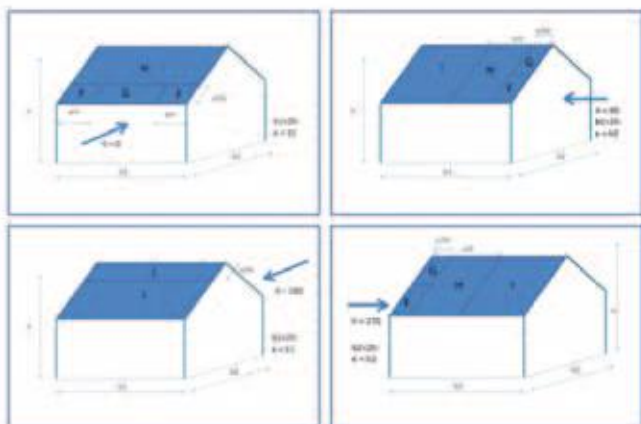
Voorbeeld van zonebepaling voor een zonnepaneel op een hellend dak

De bepaling van de zones wordt geïllustreerd aan de hand van een voorbeeld:

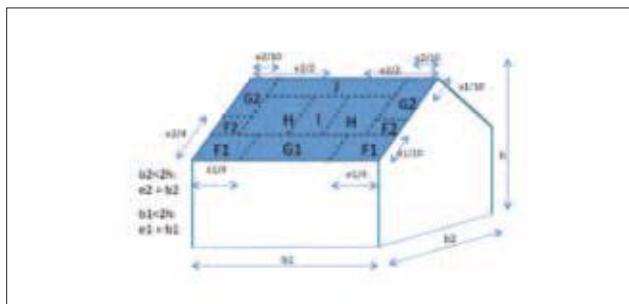
In figuur 5 is een hellend dak gegeven voorzien van zonnepanelen.



Figuur 5: voorbeeld huis met zadeldak, voorzien van zonnepanelen: afmetingen: hoogte (nok) $h = 10$ meter, $b1 = 10$ meter, $b2 = 8$ meter en een hellingshoek α gelijk aan 35 graden. De afmetingen van de zones worden bepaald voor elk van de vier aanstroomrichtingen loodrecht op de gevels. De resulterende zones zijn hieronder gegeven in figuur 6.



Figuur 6: bepaling van de zones per hoofdwindrichting
 Voor een zonnepaneel geldt dat de in rekening te brengen windbelasting bepaald wordt door de ongunstigste waarde voor alle beschouwde windrichtingen. Om deze te bepalen kunnen de zones voor alle windrichtingen over elkaar gelegd worden, en is die zone van belang die de hoogste belasting oplevert. Er geldt dat de zones F en G de hoogste belastingen geven. Daarbij moet worden aangetekend dat de waarde behorend bij zones F en G bij aanstroomrichting van nul graden vaak anders is dan de waarde die hoort bij 90 of 270 graden. Welke aanstroomrichting maatgevend is, hangt vervolgens ook weer af van de hellingshoek van het dak. Voor ons voorbeeld zie figuur 7.



Figuur 7: Resulterende zones op het hellende dak in het voorbeeld.

Dit levert dus een lappendeken aan zones op, waarbij de afmetingen zowel worden bepaald door de breedte $b1$ als de diepte $b2$.

(afmeting $e1 = 10$ meter, dus $e1/4 = 2,5$ meter en $e1/10$ is 1 meter)

(afmeting $e2 = 8$ meter, dus $e2/4$ is 2 meter en $e2/10$ is 0,8 meter; In Nederland is een minimumafmeting van 1 meter voorgeschreven, $e2/2$ is 4 meter).

In de volgende bijdrage wordt ingegaan op de in rekening te brengen waarden op de zonnepanelen van verschillende montagewijzen en wordt het beschreven voorbeeld verder uitgewerkt. ●

Dit artikel kunt u lezen op www.roofs.nl