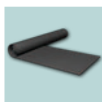


De tijd dat platte daken louter dienden om de waterdichtheid en de thermische isolatie van een gebouw te verzekeren, ligt ver achter ons. Deze daken krijgen immers steeds meer bijkomende functies toegekend en zo worden er almaar meer installaties op het platte dak geplaatst, zoals zonnepanelen met thermische collectoren of fotovoltaïsche (PV) cellen.



✍ E. Mahieu, ing., Hoofdadviseur, Technisch Advies, WTCB

1 INLEIDING

Ondanks het feit dat zonnepanelen op daken vandaag alom tegenwoordig zijn, bestaan er zeer weinig criteria en richtlijnen omtrent hun plaatsing. Het Technisch Comité Afdichtingen uit hieromtrent zijn bezorgdheid en wenst te vermijden dat onze platte daken hierdoor aan kwaliteit zouden inboeten. In afwachting van een reeds geplande Technische Voorlichtingsnota heeft het TC een werkgroep opgericht om de aandachtspunten bij het ontwerp en de plaatsing van dergelijke systemen, zowel bij nieuwbouw als op bestaande platte-dakconstructies, toe te lichten.

Het WTCB werkt momenteel bovendien mee aan het opstellen van een STS waarin de prestatiecriteria voor het plaatsen van zonnepanelen zullen worden vastgelegd.

2 KEUZE VAN HET ZONNESYSTEEM EN DE BEVESTIGINGSWIJZE

Er bestaan verschillende zonnepanelen voor de opwekking van elektriciteit of de productie van warm water op het dak [16]. Deze systemen worden ofwel rechtstreeks met de dakafdichting verbonden (dunne-filmzonnepanelen, zoals amorfe systemen), ofwel aan de draagstructuur verankerd of op de dakafdichting geplaatst en geballast. Er bestaan tevens specifieke systemen die los, zonder ballast, op de dakafdichting worden geplaatst of waarbij de verankeringsrails van het zonnepaneel op de dakafdichting worden gelast.

In het eerste geval zijn de PV-cellen al fabrieksmatig in de dakafdichting geïntegreerd

of worden ze in situ volgens de instructies van de fabrikant op de onderliggende dakafdichting verkleefd. Met betrekking tot hun weerstand dient men dezelfde richtlijnen in acht te nemen als voor de dakafdichtingen.

Wanneer de zonnepanelen op het dak worden geplaatst, dient men een windstudie uit te voeren (ofwel via berekening, ofwel via proefnemingen) voor de bepaling van de op het dak uitgeoefende krachten en de massa van de eventuele ballast om de panelen op hun plaats te houden.

Bij de mechanische bevestiging van de zonnepanelen in de draagstructuur van het gebouw dient men de verankeringen voor de op te nemen windkrachten te dimensioneren. Bovendien moet men er zich bewust van zijn dat deze bevestigingen de dakafdichting, de thermische isolatie en het damp scherm doorboren. Men zal dan ook de nodige voorzieningen moeten treffen om de waterdichtheid en de dampdichtheid ter hoogte van deze doorboringen te waarborgen, alsook om koudebruggen zo veel mogelijk te beperken.

3 INVLOED VAN HET GEKOZEN SYSTEEM OP DE DAKHELLING

Voor systemen die onmiddellijk op de afdichting verkleefd worden of in de afdichting geïntegreerd worden, moet de uiteindelijke helling 3 % bedragen (na doorbuiging van de dakvloer onder de blijvende belastingen, namelijk de eigengewichten), en dit om waterstagnaties op de PV-cellen te vermijden. De overlapverbindingen van de dakafdichting verlopen bij voorkeur evenwijdig met de dakhelling.

Voor de overige systemen die op de dakafdichting worden geplaatst, wordt conform de TV 215 [18] een afschot van het dak van 2 % aanbevolen. Men raadt aan om aanvullend advies in te winnen bij de fabrikanten van

Aandachtspunten bij de plaatsing van zonnepanelen op platte daken

de zonnepanelen, vermits sommigen een specifieke minimum- en/of maximumhelling vragen. Men dient de zonnepanelen evenwel zodanig op het dak te positioneren dat er geen risico ontstaat op waterstagnaties achter hun metalen frame. Opgelet : hoe kleiner de dakhelling, hoe frequenter men het dak zal moeten onderhouden.

4 INVLOED VAN HET GEKOZEN SYSTEEM OP DE STRUCTUUR VAN HET GEBOUW EN DE PLATTE-DAKOPBOUW

4.1 BEGAANBAARHEID VAN HET PLATTE DAK

Een dak met zonnepanelen wordt, ongeacht het gekozen plaatsingssysteem, intensief belopen, en dit niet enkel tijdens de uitvoering, maar ook ten gevolge van het onderhoud van de zonnepanelen zelf (zie § 7). We wijzen erop dat het belopen van de PV-cellen zelf (bij onmiddellijk op de afdichting verkleefde of in de afdichting geïntegreerde systemen) zo veel mogelijk vermeden dient te worden om beschadigingen van de cellen te vermijden. Deze verhoogde circulatie op het dak heeft gevolgen voor de keuze van het isolatiemateriaal en de dakafdichting in de dakopbouw.

Conform de BUtg-b-nota met betrekking tot de begaanbaarheid van platte daken [1], behoren dergelijke frequent beloopbare daken tot belastingklasse P3 (zie tabel 1, p. 2). Dit impliceert een aantal eisen voor de drukweerstand van het isolatiemateriaal. Wellicht moeten er op de plaatsen die regelmatig belopen zullen worden, bijkomende looppaden worden voorzien om schade aan het oppervlak van het isolatiemateriaal te voorkomen.

Conform deze BUtg-b-eisen dienen de dakafdichtingsmembranen minimum een statische ponsweerstand L20 ⁽¹⁾ en maximum een dynamische ponsweerstand I15 ⁽²⁾ te bezitten.

⁽¹⁾ De statische ponsweerstand L20 wordt behaald (conform de EN 12730 [6]) wanneer een staal van de afdichting, geplaatst op een zachte thermische isolatie (EPS 100) en een harde ondergrond (beton) en belast met een puntkracht van 20 kg, niet wordt beschadigd.

⁽²⁾ De dynamische ponsweerstand I15 wordt behaald (conform de EN 12691 [5]) wanneer een staal van de afdichting, geplaatst op een zachte ondergrond (EPS 100), niet wordt geperforeerd door het vallen van een kogel met een diameter van 15 mm op 60 cm hoogte.

Tabel 1 Technische karakteristieken van de thermische isolatiematerialen in functie van de belastingsklasse en hun beoelbaarheid, aanbevolen door de BUTgb in de Technische Goedkeuringen (ATG).

Belastings-klasse	MW NBN EN 13162 [7]	EPS NBN EN 13163 [8]	PUR/PIR NBN EN 13165 [10]	PF NBN EN 13166 [11]	CG NBN EN 13167 [12]	EPB NBN EN 13169 [13]	XPS NBN EN 13164 [9]
P3 : toegankelijk voor voetgangers en geschikt voor frequent onderhoud aan het dak en aan de installaties op het dak	80/60 °C, 40 kPa, 7 d ≤ 5 %	DLT(1)5 ≤ 5 %, 20 kPa, 80 °C, 48 u of DLT(2)5 ≤ 5 %, 40 kPa, 70 °C, 7 d	DLT(2)5 ≤ 5 %, 40 kPa, 70 °C, 7 d	80/60 °C, 40 kPa, 7 d ≤ 5 %	–	DLT(1)5 ≤ 5 %, 20 kPa, 80 °C, 48 u of DLT(2)5 ≤ 5 %, 40 kPa, 70 °C, 7 d	DLT(2)5 ≤ 5 %, 40 kPa, 70 °C, 7 d
	CS(10\Y) ≥ 40 kPa	CS(10) ≥ 120 kPa	CS(10\Y) ≥ 120 kPa	CS(10\Y) ≥ 120 kPa	CS(10\Y) ≥ 400 kPa	CS(10\Y) ≥ 150 kPa	CS(10\Y) ≥ 300 kPa
	PL(5) ≥ 500 N ≤ 5 mm vervorming	–	–	–	PL(P)2 ≥ 1000 N ≤ 2 mm vervorming	PL(P)2 ≥ 1000 N ≤ 2 mm vervorming	–

Legende :

DLT : dimensionale stabiliteit bij een verdeelde belasting, bij een hoge temperatuur en gedurende een bepaalde tijd (%).

CS : drukspanning bij een vervorming van 10 % of drukweerstand (kPa).

PL : puntbelasting die een bepaalde druk of indrukking (N) teweegbrengt.

– : niet van toepassing.

4.2 BIJKOMENDE BELASTINGEN DOOR DE PLAATSING VAN ZONNEPANELEN OP HET PLATTE DAK

Op het dak geplaatste zonnepanelen zorgen voor een extra belasting op het dak en/of de structuur. Afhankelijk van het gekozen plaatsingssysteem, bijvoorbeeld zonnepanelen op frames met ballast of een verankerung in de draagstructuur, zal men bij de keuze van de draagstructuur en de materialen in de dakopbouw rekening moeten houden met deze extra belasting. Voor de dimensionering van de bevestigingen van de zonnepanelen of de nodige hoeveelheid ballast dient men een windlastberekening uit te voeren.

Bij de stabiliteitsberekening van de constructie en/of de dakvloer volgens de NBN EN 1990 [4] – zeker bij lichte dakvloeren zoals geprofileerde staalplaten – dient men niet enkel rekening te houden met het eigengewicht van de zonnesystemen en het eventuele ballastgewicht, maar ook met de bijkomende drukkrachten die de wind en de sneeuw op de constructie kunnen veroorzaken. Zo kunnen de bijkomende drukkrachten van de wind in de middenzone van het dak variëren van 800 tot 1000 N/m² per paneel. In sommige omstandigheden kunnen deze krachten zelfs nog veel hoger liggen.

4.2.1 Plaatsing van zonnepanelen op frames met ballast

Zoals hierboven vermeld, worden er door de plaatsing van geballaste systemen op de

dakafdichting naast het eigengewicht en het ballastgewicht ook winddrukkrachten en sneeuwbelastingen op de dakopbouw uitgeoefend. Men dient bijgevolg te controleren of de materialen in de dakopbouw deze krachten kunnen opvangen.

Voor een optimale spreiding van de lasten op geprofileerde staalplaten worden de steunprofielen van zonnepanelen op frames met ballast nooit evenwijdig met de cannelerurichting geplaatst. Wanneer de metalen frames van zonnepanelen op een dakafdichting worden geplaatst, is er een mechanische beschermingslaag tussen beiden noodzakelijk. Deze vormt tevens een glijlaag die de thermische uitzetting van de metalen frames opvangt ⁽³⁾.

De beschermingslagen kunnen bijv. bestaan uit matten van rubbergranulaat, rubbermatten (met een dikte in functie van de belasting en samendrukbaarheid van de isolatie) of van leislslag voorziene bitumineuze stroken. Ze moeten uiteraard compatibel zijn met de dakafdichting : zo mogen rubbergranulaat matten en bitumineuze stroken niet rechtstreeks in contact worden gebracht met monomere plastomeren ⁽⁴⁾. Kunststofafdichtingen hebben bij voorkeur een minimale dikte van 1,5 mm.

Men dient er tevens rekening mee te houden dat de micro-organismen in bepaalde ballastlagen bij sommige plastomeren, zoals mono-meer weekgemaakt PVC, een versnelde weekmakermigratie in de hand kunnen werken. In dat geval dient men een aangepaste scheidingslaag te voorzien, vb. een geplastificeerd PVC onderaan voorzien van een polyestervilt

of een plastomeer die wel bestand is tegen micro-organismen (zie ATG's).

Men moet ook controleren of de te verwachten druklasten op het thermische isolatiemateriaal geen aanleiding kunnen geven tot een te grote vervorming of een verbrijzeling van de isolatieplaten. Tot op heden is er geen algemeen aanvaardbare rekenmethode beschikbaar om een dergelijke controle te verrichten. In afwachting van een specifiek referentiedocument zou men de hieronder toegelichte werkwijze kunnen volgen.

De toegelaten kruipweerstand bij druk wordt volgens de NBN EN 1606 [3] bepaald door de CC(2/1,5/20) σ_c -waarde van het isolatiemateriaal. Deze waarde geeft de belasting waarbij de vervorming na 20 jaar tot 2 % beperkt blijft, maar wordt echter niet vaak in de technische fiche van het isolatiemateriaal vermeld. Men zal dan wellicht extra inlichtingen bij de fabrikant van het isolatiemateriaal moeten opvragen.

Bij de beoordeling van de drukweerstand van het thermische isolatiemateriaal (met het oog op de beperkte vervorming ervan), kan men voor de samenstelling van de vermelde krachten volgens de gebruiksgrenstoestand rekenen, voor zover deze krachten gelijkmatig verdeeld zijn over de isolatieplaten. De partiële veiligheidscoëfficiënten γ zijn dan gelijk aan 1 [4] :

$$F_d = G + \sum_i \psi_{0,i} \times Q_{k,i} \quad (1)$$

waarbij :

- G : de som van de permanente lasten (eigengewicht en ballastgewicht)

⁽³⁾ Men kan bijvoorbeeld berekenen dat een aluminiumframe van 6 m lang bij een temperatuurverschil van 50 °C een lengteverandering van ongeveer 7 mm zal ondergaan.

⁽⁴⁾ De aangewezen beschermingslagen voor dergelijke dakafdichtingen zijn terug te vinden in hun ATG's.

- Q : de veranderlijke bijkomende lasten, hier de wind- (w) en sneeuwbelasting (s_k)
- $\Psi_{0,i}$: de quasipermanente coëfficiënten van de variabele belastingen.

Bij deze beoordeling dient men enkel met de langdurige belastingen rekening te houden (krachten die door het eigengewicht van de installatie en door het ballastgewicht uitgeoefend worden op de thermische isolatie). Hieruit volgt dat :

$$F_d = G \quad (2)$$

Deze waarde dient men bijgevolg te vergelijken met de $CC(2/1,5/20)$ σ_c -waarde van het isolatiemateriaal :

$$G/S \leq \text{de spanning die overeenkomt met de } CC(2/1,5/20) \sigma_c \quad (3)$$

Met S als het oppervlak waarop de belasting op het isolatiemateriaal aangrijpt.

Bij niet-elastische isolatiematerialen is de vervorming niet van belang, maar dient men na te gaan of de te verwachten belasting ze niet kan verbrijzelen. Hiervoor voeren we een berekening in de uiterste grenstoestand uit :

$$F_d = \gamma_G \times G + \gamma_Q \times Q_{k,1} + \gamma_Q \sum_i \Psi_{0,i} \times Q_{k,i} \quad (4)$$

In het beschouwde geval dienen we bijgevolg de volgende combinaties na te rekenen :

$$F_d = \gamma_G \cdot G + \gamma_Q (w + \Psi_0 \times s_k) \quad (5)$$

$$F_d = \gamma_G \cdot G + \gamma_Q (s_k + \Psi_0 \times w) \quad (6)$$

waarbij :

- $\gamma_G = 1,35$
- $\gamma_Q = 1,2$
- $\Psi_0 = 0,3$

Men kan deze waarden vergelijken met de $CS(X/Y)$ -waarde (die de drukspanning Y bij breuk geeft) bepaald volgens de NBN EN 826 [2]. Het is mogelijk dat men het contactoppervlak moet vergroten om deze krachten te spreiden of dat men (plaatselijk) een isolatiemateriaal met een hogere drukweerstand moet kiezen.

Op dakvloeren van geprofileerde staalplaten dient men er rekening mee te houden dat het draagvlak van de isolatieplaten beperkt is tot de bovenflenzijde van de geprofileerde staalplaten. De rekenwaarde van de drukweerstand waarmee men de vervorming van de thermische isolatie kan beperken, wordt daarom recht evenredig verminderd met het percentage oplegoppervlak van de isolatieplaat op de bovenflenzijde van de geprofileerde staalplaat. Bij dergelijke dakvloeren dient men bovendien in

principe de toegelaten overbelasting na te gaan waarbij de isolatieplaten nog boven de golven van de staalplaten kunnen uitkragen.

Voor richtlijnen hieromtrent kan men de ATG's van het isolatiemateriaal raadplegen, waarin rekening wordt gehouden met een drukkracht op de platen van 1000 N. De krachten die door de zonnepanelen worden overgedragen, kunnen echter groter zijn (ballast, eigengewicht, sneeuw en wind).

Wanneer de steunprofielen van de metalen frames dwars op de cannelures worden geplaatst, worden de lasten niet alleen optimaal gespreid (zie p. 2), maar zal het oppervlak van de steunen steeds een aantal golven overbruggen. Dit zorgt ervoor dat de eventuele uitkraging van de isolatieplaten een beperkte invloed heeft.

Wanneer men minder drukvaste isolatiematerialen gebruikt (vb. minerale wol), dient men bij een mechanisch bevestigde dakafdichting te vermijden dat de bevestigingen de dakafdichting doorboren ten gevolge van de door de zonnepanelen uitgeoefende drukkrachten. Hiertoe moet men speciaal afgestemde bevestigingen gebruiken (zoals verzonken bevestigingen of verdeelplaatjes met schroeven met extra schroefdraad onder de schroefkop, zie afb. 1) [15].

4.2.2 Verankering van zonnepanelen in de draagstructuur

Zonnepanelen die doorheen de dakopbouw in de draagconstructie worden verankerd, oefenen in principe nauwelijks extra krachten uit op de verschillende materialen in de dakopbouw : de krachten worden namelijk via de draadstangen of verankeringsstaven rechtstreeks op de draagconstructie overgedragen. De doorboring van de dakafdichting, de thermische isolatie en het dampscherm heeft daarentegen wel gevolgen voor de waterdicht-

heid en de bouwfysische eigenschappen van het platte dak. De aansluiting van de afdichting met deze dakdoorboringen gebeurt bij voorkeur tot 15 cm boven het afgewerkte dakoppervlak. Hiervoor zal men sokkels moeten voorzien waartegen de dakbedekking wordt opgetrokken.

De bijkomende warmteverliezen (ten gevolge van de doorboring van de isolatielaag door de mechanische bevestigingen), kunnen in principe nauwkeurig bepaald worden met behulp van een driedimensionale eindigelementenberekening volgens de norm NBN EN ISO 10211 [14]. In het kader van de EPB-regelgeving zullen deze bouwknopen ook in rekening moeten worden gebracht.

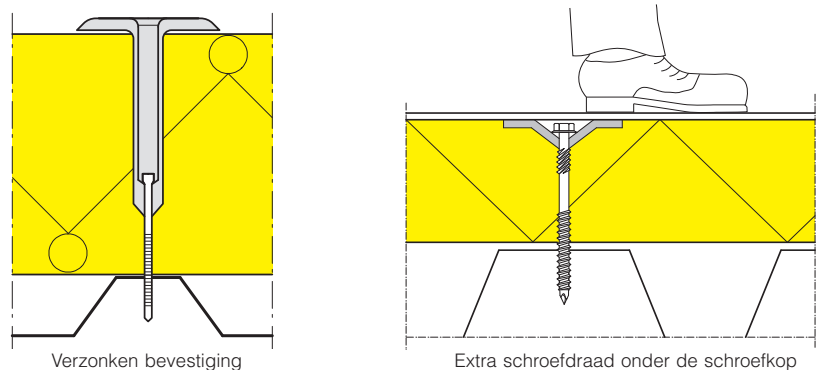
De EPB-verslaggever zal hierbij kunnen kiezen tussen een nauwkeurige berekening (die de gunstigste resultaten geeft) en meer forfaitaire methoden op basis van ontstenteniswaarden, waarbij het effect op het K-peil (van het gebouw) groot kan zijn.

Bij de berekening van de bevestigingen zal niet enkel rekening gehouden worden met de trek- en drukbelastingen (uitgeoefend door de panelen en de op- en neerwaartse component van de windbelasting), maar ook met de horizontale component van de windbelasting. Deze horizontale verschuiving van de bevestiging moet natuurlijk beperkt blijven om het inscheuren van de dakafdichting te voorkomen.

Hierna volgt een bespreking van drie mogelijke principedetails.

4.2.2.1 Overdracht via betonnen sokkel

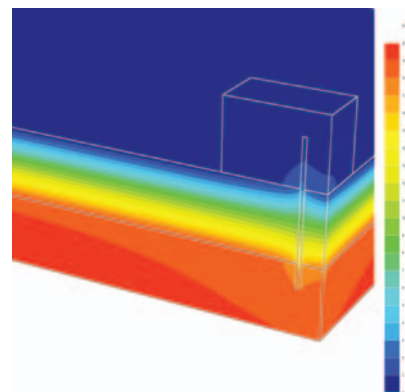
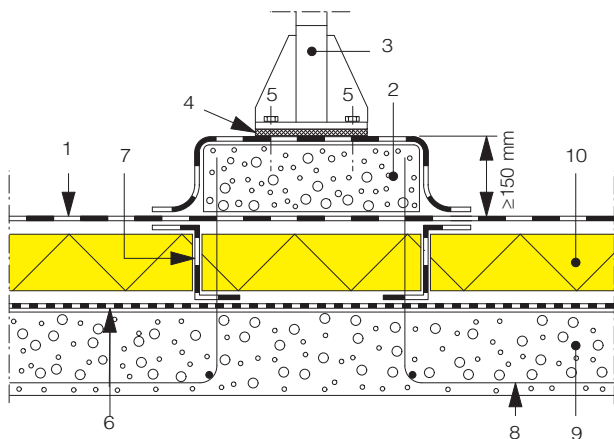
Bij dit principe worden de krachten van het zonnepaneel via een betonnen sokkel naar de verankeringen met de betonnen draagvloer overgedragen (zie afb. 2, pag. 4). Deze oplossing kan worden uitgevoerd met wachstaven in de dakplaat (°) of met verankeringen die na



Afb. 1 Voorkomen van indrukking van de schroefkop.

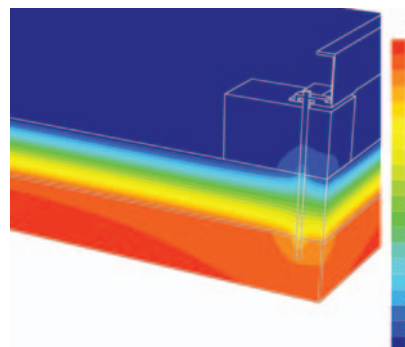
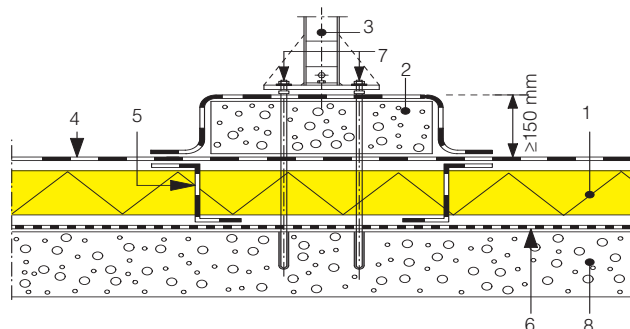
■ (°) Dit impliceert dat men de betonnen sokkel na de uitvoering van de dakwerken in situ dient te storten, wat om praktische redenen minder aangewezen is.

1. Dakafdichting
2. Sokkel
3. Steun van de zonne-installatie
4. Neopreenplaat (minstens 5 mm dik) of opgietsmortel
5. Aangepaste bouten
6. Dampscherm [18]
7. Eventuele compartimentering van de thermische isolatie
8. Verankering van de sokkel met de draagvloer
9. Betonnen dakvloer
10. Thermische isolatie

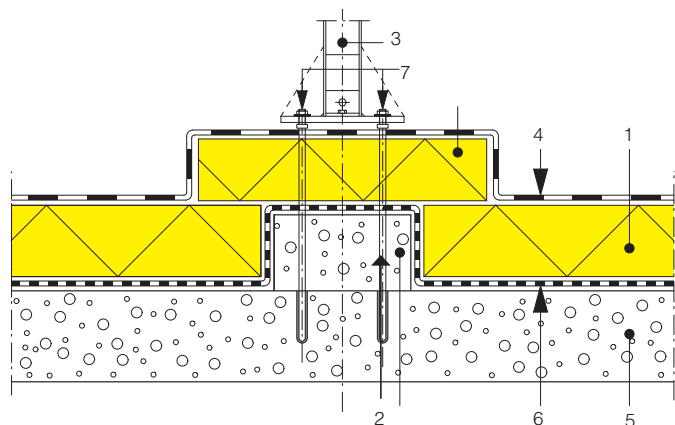


Afb. 2 Belastingoverdracht via betonnen sokkel.

1. Thermische isolatie
2. Sokkel
3. Steun van de zonne-installatie
4. Dakafdichting
5. Eventuele compartimentering van de thermische isolatie
6. Dampscherm [18]
7. Chemische verankeringen
8. Betonnen dakvloer

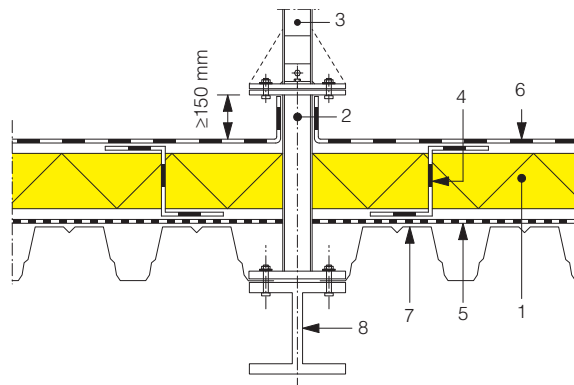


Afb. 3 Belastingoverdracht via verankeringen.



1. Thermische isolatie
2. Betonnen sokkel
3. Steun van de zonne-installatie
4. Dakafdichting
5. Betonnen dakvloer
6. Dampscherm [18]
7. Chemische verankeringen

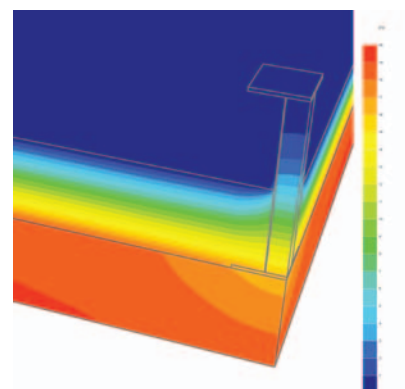
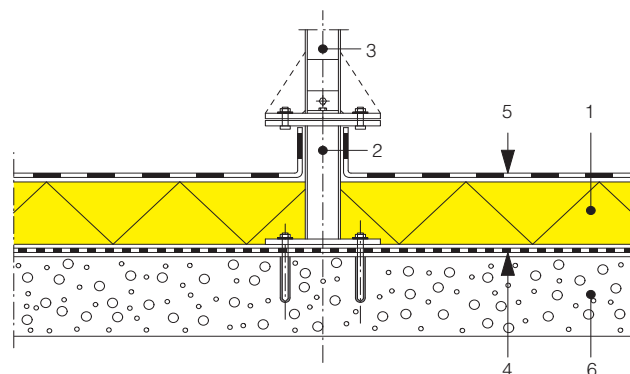
Afb. 4 Thermisch geïsoleerde betonnen sokkel.



1. Thermische isolatie
2. Koker
3. Steun van de zonne-installatie
4. Eventuele compartimentering van de thermische isolatie
5. Dampscherm [18]
6. Dakafdichting
7. Geprofileerde staalplaten
8. Stalen profiel

Afb. 5 Belastingoverdracht via koker naar stalen dakstructuur.

1. Thermische isolatie
2. Koker
3. Steun van de zonne-installatie
4. Dampscherm [18]
5. Dakafdichting
6. Betonnen dakvloer



Afb. 6 Belastingoverdracht via koker naar betonnen dakstructuur.

de afdichtingswerken worden aangebracht. De dakafdichting op de sokkel wordt onvermijdelijk doorboord en moet opnieuw worden afdicht met specifieke kitten of een vloeibare afdichting.

Alle krachten worden nagenoeg opgenomen door de wapeningsstaven. De sokkel en de rest van de volledige zonne-installatie oefenen, afhankelijk van de wijze waarop de verankeringen de krachten overdragen, een extra belasting uit op de dakdichting en het isolatiepakket.

De wapeningsstaven zullen over het algemeen redelijk klein uitvallen vanwege de korte afstand tussen beide inklemmingen. Het effect op de U-waarde van het volledige dak blijft redelijk beperkt.

4.2.2.2 Overdracht via verankeringen

Bij dit principe worden de krachten van het zonnesysteem via de verankeringen rechtstreeks naar de betonnen draagvloer overgedragen (zie afb. 3, pag. 4).

Bij deze oplossing kan men draadstangen doorheen de dakafdichting aanbrengen en vervolgens chemisch verankeren. De trekkrachten worden in elk geval door de verankeringen opgenomen. Voor de opname van de drukkrachten zou men kunnen rekenen op de sokkels, maar dan moeten het isolatiemateriaal van de sokkel, alsook de dakdichting en onderliggende isolatiemateriaal voor deze drukkrachten worden voorzien.

Het lijkt beter om de drukkrachten ook te laten opnemen door de verankeringen (zoals op afb. 3 en 4 (pag. 4) met een tegenmoer), waardoor de sokkel uit een goed isolerend, maar niet noodzakelijk draagkrachtig, materiaal kan worden vervaardigd.

Ook hier wordt de dakafdichting op de sokkel onvermijdelijk doorboord en moet ze opnieuw worden afdicht met specifieke kitten of een vloeibare afdichting. Wanneer de sokkel uit beton is vervaardigd, is de situatie (ook op thermisch gebied) erg vergelijkbaar met § 4.2.2.1. In dit geval zou men als alternatieve oplossing de sokkel op de draagvloer kunnen plaatsen en deze nadien met het thermische isolatiemateriaal inpakken (zie afb. 4, pag. 4). Dit biedt als voordeel dat niet enkel de doorboringen van de dakafdichting, maar ook die van het dampscherm boven het dakvlak liggen.

Wanneer de sokkel uit een relatief zacht materiaal bestaat (bijvoorbeeld hout of XPS), zal men de verankeringen veel dikker moeten dimensioneren om een overmatige doorbuiging van de draadstangen te vermijden. Op thermisch gebied geeft dit een ongunstigere situatie.

4.2.2.3 Overdracht via kokers

Bij dit principe worden de krachten van het zonnesysteem via een koker rechtstreeks naar de stalen of betonnen dakstructuur overgedragen (zie afb. 5 en 6, pag. 4).

Ook bij deze oplossing moet men de dakdichting minimum 15 cm kunnen optrekken. Op thermisch gebied kan het effect op het K-peil echter, afhankelijk van de gebruikte methode voor de bouwknopen, tamelijk groot zijn. Men kan de situatie verbeteren door isolatie in en rond de buis aan te brengen. Er bestaan ook prefabsystemen met een thermische onderbreking.

Hoewel de temperatuur in de uiteinden van de bevestigingen aan de binnenzijde van de dakopbouw doorgaans iets lager ligt wegens de grotere plaatselijke warmteverliezen in de winter, hebben simulaties aangetoond dat dit in gebouwen behorende tot klimaatklasse 1 tot 3 geen enkel condensatierisico op de schroeven met zich meebrengt.

We moeten niet enkel op het gebied van waterdichting en koudebrugwerking rekening houden met doorboringen voor bevestigingen en leidingen doorheen het dakcomplex, maar we moeten ook aandacht besteden aan de luchtdichte aansluiting van het onderliggende dampscherm. Het type dampscherm dat gebruikt moet worden, kan afgeleid worden uit de tabellen 13 en 14 van TV 215 [18].

Voor eenvoudige dampschermen van het type E1 (vb. PE-folie = 0,2 mm) is het doorboren van het dampscherm, zelfs zonder aanvullende afdichting, toegestaan. Voor alle andere types (E2 tot E4) is er wel een degelijke afdichting van het dampscherm vereist. Dit moet gebeuren in gecontroleerde omstandigheden :

- de plaats van de perforatie moet goed toegankelijk zijn
- er wordt een zuivere doorboring gemaakt die met aangepaste middelen wordt afgedicht, bijvoorbeeld met behulp van tweedelige hulpstukken.

Wanneer de isolatie en de definitieve dakdichting geplaatst zijn, kan het dampscherm bij doorboring mogelijk niet meer correct afdicht worden : men dient deze werkzaamheden en aansluitingen bijgevolg tijdig in te plannen.

5 AANDACHTSPUNTEN BIJ DE UITVOERING VAN DE ZONNESYSTEMEN OP HET DAK

Tijdens de uitvoering dient men het op het dak aangebrachte materiaal oordeelkundig te positioneren. Bij lichte dakvloeren, zoals geprofileerde staalplaten of hout, worden de paletten boven de draagbalken van de dak-

structuur geplaatst. Dit dient met de nodige voorzichtigheid te gebeuren om beschadigingen aan de dakafdichting te vermijden. Veiligheidshalve wordt er een drukverdelende beschermingslaag onder de paletten (vb. multiplexplaten) geplaatst.

Bij deze werkzaamheden mag men nooit de veiligheid van personen die de werken uitvoeren uit het oog verliezen.

6 AANDACHTSPUNTEN VOOR DE PLAATSING VAN DE LEIDINGEN

Elektriciteitsleidingen kunnen onder of op de dakafdichting lopen, naargelang van het PV-systeem. In het eerste geval dient men er rekening mee te houden dat de leidingen nadien moeilijker bereikbaar zijn voor eventuele herstellingen of aanpassingen. Leidingen die op het dak lopen, moeten beschermd worden door ze bijvoorbeeld in kabelgoten te plaatsen. De looppaden moeten over deze leidingen doorlopen zonder dat deze kunnen worden beschadigd (eventueel brugjes voorzien over te brede of te hoge kabelgoten).

De leidingen van thermische zonnepanelen lopen steeds boven de dakafdichting. Watervoerende leidingen zullen op afschot worden geplaatst, wat een regelmatige ondersteuning noodzakelijk maakt. De minimaal vereiste helling is afhankelijk van het gekozen hydraulisch systeem, namelijk onder druk of met terugloop. De onderlinge afstand van deze ondersteuning wordt bepaald in functie van het materiaal en de diameter. De leidingen worden vervolgens stevig bevestigd aan de frames zelf of aan bijkomende ondersteuning, bijvoorbeeld op betonblokken.

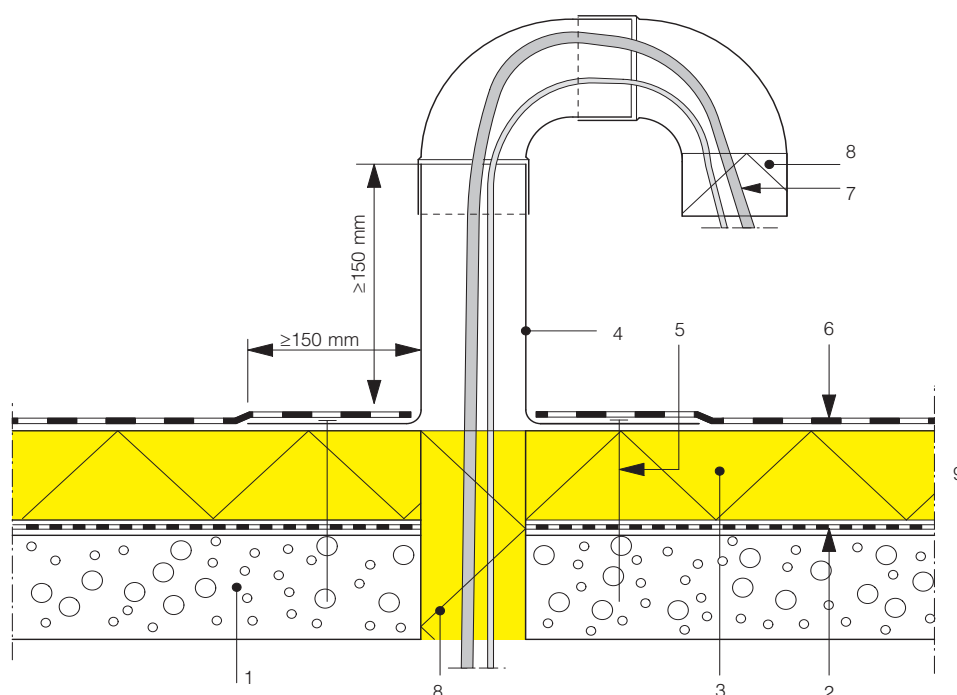
De watervoerende leidingen moeten thermisch geïsoleerd worden volgens de voorgeschreven dikte. De isolatie moet watervast (beschermd) zijn en dient bovendien te worden beschermd tegen :

- UV-veroudering
- vogelschade
- mechanische schade door onderhoud of het belopen van het dak.

Voor het plaatsen van de leidingen van zonnesystemen dient men de dakafdichting op bepaalde (bij voorkeur gecentraliseerde) plaatsen te doorboren. Als alternatief zou men ze eveneens via een niet-gebruikte schouw op het dak naar binnen kunnen leiden. Net als bij de aan de dakstructuur verankerde systemen (zie § 4.2.2) moet men hier ook de nodige voorzieningen treffen om infiltraties, damplekken en koudebruggen ten gevolge van de leidingdoorvoeren te vermijden.

Afbeelding 7 geeft het principedetail weer dat hiervoor in de herziening van de TV 191 [17] wordt voorgesteld.

1. Dakvloer
2. Dampscherm [18]
3. Thermische isolatie
4. Metalen of kunststofbuis met plakplaat
5. Mechanische bevestiging
6. Dakafdichting
7. Door te voeren leiding(en)
8. Afsluiting met gespoten PUR-schuim (kan als onvoldoende luchtdicht worden beschouwd in gebouwen met zeer hoge luchtdichtheidseisen)
9. Eventuele compartimentering van de thermische isolatie



Afb. 7 Doorboring van dakafdichting voor leidingen.

7 ONDERHOUD EN VEILIGHEID

Conform de TV 215 [18] dient men voor een plat dak twee maal per jaar een onderhoudsbeurt te voorzien. Bijkomend zal men rekening moeten houden met een regelmatig onderhoud van de zonnepanelen zelf, zodat men extra aandacht dient te besteden aan de veiligheid van personen die dit onderhoud moeten uitvoeren. De uitwerking van deze veiligheidsaspecten behoort in principe tot de taken van de veiligheidscoördinator.

De personen die voor het onderhoud van het dak instaan, dienen voldoende geïnformeerd te zijn over de gevaren die de op het dak geplaatste installaties met zich meebrengen (hoge temperaturen bij zonnepanelen, elektrocutiegevaar, enz.).

Het is aangewezen om reeds bij het ontwerp :

- te opteren voor dakopstanden die aan de geldende normeringen inzake borstwering voldoen
- een permanente balustrade langs de dakranden te voorzien.

Naast het voorzien van een permanente valbeveiliging is het bovendien raadzaam om geen zonnepanelen te plaatsen die zich te dicht bij deze dakranden bevinden. Bij voorkeur respecteert men de benodigde minimumafstand (80 cm à 1 m) om het onderhoud veilig te kunnen uitvoeren.

8 BIJKOMENDE AANDACHTSPUNTEN VOOR DE PLAATSING OP BESTAANDE DAKOPBOUWEN

Bij plaatsing op een bestaande dakopbouw hoort men de voornoemde aandachtspunten uiteraard eveneens in rekening te brengen.

Bij renovaties dient men dus na te rekenen of de structuur en/of de dakvloer de door de zonnepanelen uitgeoefende bijkomende krachten kunnen opvangen. Men toetst de materialen in de dakopbouw bovendien aan de eerder vermelde eisen en indien nodig verandert men ze of past men ze aan. Zo kan het nodig blijken om een drukvaster isolatiemateriaal bij te plaatsen en de dakafdichting te vernieuwen.

De dakhelling moet gecontroleerd worden en wanneer er een risico op waterstagnaties bestaat, moet deze ook aangepast worden. Men controleert eveneens of men de doorboringen bij de verankering van de zonnepanelen tot in de draagconstructie opnieuw dampdicht kan afwerken.

Men hoort in ieder geval steeds te controleren of het bestaande platte dak voldoende thermisch geïsoleerd is : hierbij moet minstens de wettelijk geldende maximale U-waarde behaald worden. Het is immers paradoxaal om een zonnepaneel te installeren op een dakopbouw met een ontoereikende thermische isolatie. De thermische isolatie van daken vormt de meest efficiënte energiebesparende maatregel.

De geschatte resterende levensduur van de dakafdichting dient eveneens groter te zijn dan die van het zonnepaneel⁽⁶⁾, want na de plaatsing van het zonnepaneel kan de dakafdichting niet meer gerenoveerd worden of zal de eventuele renovatie in elk geval heel kostelijk uitvallen. ■

⁽⁶⁾ Opgelet : de geschatte levensduur van de dakafdichting verschilt van de door de fabrikanten geboden waarborg.



1. Belgische Unie voor de technische goedkeuring in de bouw
BUtgb-nota met betrekking tot de begaanbaarheid van platte daken. Brussel, BUtgb, 2006.
2. Bureau voor Normalisatie
NBN EN 826 Materialen voor de thermische isolatie van gebouwen – Bepaling van het gedrag bij samendrukking. Brussel, NBN, 1996.
3. Bureau voor normalisatie
NBN EN 1606 Materialen voor de thermische isolatie van gebouwen – Bepaling van de kruip bij drukbelasting. Brussel, NBN, 1997.
4. Bureau voor Normalisatie
NBN EN 1990 Eurocode – Grondslagen van het constructief ontwerp. Brussel, NBN, 2002.
5. Bureau voor Normalisatie
NBN EN 12691 Flexibele banen voor waterafdichtingen – Bitumen, kunststof en rubber dakbanen voor waterafdichtingen – Bepaling van de weerstand tegen stootbelasting. Brussel, NBN, 2006.
6. Bureau voor Normalisatie
NBN EN 12730 Flexibele banen voor waterafdichtingen – Bitumen, kunststof en rubber dakbanen voor waterafdichtingen – Bepaling van de weerstand tegen statische belasting. Brussel, NBN, 2001.
7. Bureau voor Normalisatie
NBN EN 13162 Producten voor thermische isolatie van gebouwen – Fabrieksmatig vervaardigde producten van minerale wol – Specificatie. Brussel, NBN, 2009.
8. Bureau voor Normalisatie
NBN EN 13163 Producten voor thermische isolatie van gebouwen - Fabrieksmatig vervaardigde producten van geëxpandeerd polystyreen (EPS) – Specificatie. Brussel, NBN, 2009.
9. Bureau voor Normalisatie
NBN EN 13164 Producten voor thermische isolatie van gebouwen - Fabrieksmatig vervaardigde producten van geëxtrudeerd polystyreenschuim (XPS) – Specificatie. Brussel, NBN, 2009.
10. Bureau voor Normalisatie
NBN EN 13165 Producten voor thermische isolatie van gebouwen - Fabrieksmatig vervaardigde producten van hard polyurethaanschuim (PUR) – Specificatie. Brussel, NBN, 2009.
11. Bureau voor Normalisatie
NBN EN 13166 Producten voor thermische isolatie van gebouwen - Fabrieksmatig vervaardigde producten van hard fenolschuim (PF) – Specificatie. Brussel, NBN, 2009.
12. Bureau voor Normalisatie
NBN EN 13167 Producten voor thermische isolatie van gebouwen - Fabrieksmatig vervaardigde producten van cellulair glas (CG) – Specificatie. Brussel, NBN, 2009.
13. Bureau voor Normalisatie
NBN EN 13169 Producten voor thermische isolatie van gebouwen - Fabrieksmatig vervaardigde producten van geëxpandeerd perliet (EPB) – Specificatie. Brussel, NBN, 2009.
14. Bureau voor Normalisatie
NBN EN ISO 10211 Koudebruggen in gebouwen – Warmtestromen en oppervlaktetemperaturen – Gedetailleerde berekeningen. Brussel, NBN, 2008.
15. Lassoie L.
Mechanisch bevestigde platte daken. Brussel, WTCB, WTCB-Contact, nr. 3, 2010.
16. Van den Bossche P. en Dobbels F.
Integratie van zonnepanelen in daken. Brussel, WTCB, WTCB-Contact, nr. 2, 2009.
17. Wetenschappelijk en Technisch Centrum voor het Bouwbedrijf
Het platte dak. Deel 2 : Aansluitingen en afwerking. Brussel, WTCB, Technische Voorlichting, nr. 191, 1994.
18. Wetenschappelijk en Technisch Centrum voor het Bouwbedrijf
Het platte dak : Opbouw, materialen, uitvoering, onderhoud. Brussel, WTCB, Technische Voorlichting, nr. 215, 2000.