



TECHNISCHE VOORLICHTING

Nr. 280

EEN UITGAVE VAN HET WETENSCHAPPELIJK EN TECHNISCH CENTRUM VOOR HET BOUWBEDRIJF

April 2022



Het platte dak (herziening van de TV 215)



Het platte dak (herziening van de TV 215)

Deze Technische Voorlichting werd opgesteld door de werkgroep 'Herziening van de TV 215', in de schoot van het Technisch Comité Dichtingswerken onder het voorzitterschap van R. Evens.

Samenstelling van de werkgroep

Leden S. Baelen, P. Bailleul, H.-Ch. Boulanger, M. Buvé, J. Coumans, C. Coussens, F. Dejonghe, R. Jochems, M. Kersschot, P. Kerstenne, J. Klok, J.-Fr. Labrouche, B. Marynissen (†), Fr. Michiels, H. Michot, J. Moens, Th. Monbaillieu, R. Naert, L. Neirinckx, T. Overlaet, G. Peeterbroeck, S. Roelants, E. Schomus, S. Terryn, G. Timmermans (†), A. Ulens (†), P. Van Acker, L. Van Audenhaeghe, D. Van der Sype, D. Van Kerckhove, P. Van Rysseghem, J. Van Zele, Br. Verbeke, M. Wagneur, Kr. Wienen, J. Wulleman en M. Zwijsen

Ingenieur-verslaggever E. Noirfalisce, WTCB

Hebben eveneens hun medewerking verleend aan de opstelling van dit document:

E. Mahieu, coanimator van het Technisch Comité Dichtingswerken
T. de Mets, E. Douguet, L. Lassoie, Y. Martin, A. Tilmans, L. Wastiels en E. Winnepenninckx, WTCB
Chr. Bisschops, G. Curtenat, A. De Keersmaecker, B. De Keyser, P. Eyckens, D. Leus, K. Mangelschot, J.-P. Meuleman, K. Michielsens, J. Ooms, D. Van Genechten, P. Verbrugghe en G. Verschueren



WETENSCHAPPELIJK EN TECHNISCH CENTRUM VOOR HET BOUWBEDRIJF
WTCB, inrichting erkend bij toepassing van de besluitwet van 30 januari 1947
Maatschappelijke zetel: Lombardstraat 42 te 1000 Brussel

Dit is een publicatie van wetenschappelijke aard. De bedoeling ervan is de resultaten van het bouwonderzoek uit binnen- en buitenland te helpen verspreiden.

Het, zelfs gedeeltelijk, overnemen of vertalen van de tekst van deze Technische Voorlichting is slechts toegestaan na schriftelijk akkoord van de verantwoordelijke uitgever.

Inhoud

1 INLEIDING	5
1.1 Algemeen	5
1.2 Functies en opbouw van het dak	7
1.3 Energetische context	7
1.4 Coördinatie van de werken	8
2 ONTWERPEISEN	9
2.1 Klimaatgegevens	9
2.2 Brandgedrag	20
2.3 Milieu-aspecten	23
2.4 Akoestische prestaties	27
3 DAKOPBOUWEN	29
3.1 Klassieke (beproefde) dakopbouwen	29
3.2 Technisch onaanvaardbare dakopbouwen	32
3.3 Dakopbouwen die bijzondere aandacht vereisen	35
4 DAKVLOEREN	41
4.1 Types dakvloeren	41
4.2 Aanbevelingen	41
4.3 Controle van de dakvloer	48
5 AFSCHOT	49
5.1 Algemeen	49
5.2 Uitvoeringstechnieken	50
6 DAMPSCHERM	55
6.1 Functie	55
6.2 Keuze	55
6.3 Plaatsing	64
7 ISOLATIE VAN HET DAK	67
7.1 Karakteristieken van dakisolatiematerialen	67
7.2 Types isolatiematerialen voor daken	73
7.3 Plaatsing van de isolatie	76

8 DAKAFDICHTINGEN	83
8.1 Algemeen	83
8.2 Bitumineuze afdichtingen	85
8.3 Synthetische afdichtingen	96
8.4 Vloeibaar aangebrachte afdichtingen	108
8.5 Andere types afdichtingen.....	113
8.6 Controle van de waterdichtheid van de afdichting	113
9 BESCHERMING VAN DE AFDICHTING	115
9.1 Lichte schutlagen.....	115
9.2 Zware schutlagen.....	116
9.3 Windweerstand van daken met een zware schutlaag	119
10 RENOVATIE VAN PLATTE DAKEN	123
10.1 Algemeen.....	123
10.2 Onderzoek van het bestaande dak vóór de renovatie.....	124
10.3 Voorbeelden van renovatieoplossingen	124
11 ONDERHOUD EN TOEGANKELIJKHEID VAN PLATTE DAKEN	131
11.1 Inleiding	131
11.2 Stappen van het onderhoud.....	131
11.3 Onderhoudscontract.....	132
11.4 Toegankelijkheid en veiligheid	132
12 PATHOLOGIEËN VAN PLATTE DAKEN	133
Bijlage 1 Windbelasting op een plat dak	143
Bijlage 2 Inwendige condensatie – Rekenmethode en beoordelingscriteria.....	147
Bijlage 3 ATG – BENOR – ETA	148
Bijlage 4 Lijst van de gebruikte afkortingen	150
Literatuurlijst	151

1

INLEIDING

1.1 ALGEMEEN

Het succes van de in 2000 gepubliceerde Technische Voorlichting (TV) nr. 215 en de recente ontwikkelingen op een aantal gebieden hebben het Technisch Comité Dichtingswerken ertoe aangezet om de inhoud van dit document te actualiseren en aan te vullen. Deze Technische Voorlichting, die de TV 215 vervangt, is het resultaat van deze werkzaamheden.

Een *plat dak* is een dak dat waterdicht gemaakt wordt door het aanbrengen van een afdichting, d.w.z. een ononderbroken waterdicht membraan. De regendichtheid van een *hellend dak* wordt op haar beurt verzekerd door een dakbedekking of een fragmentaire laag die opgebouwd is uit discontinue materialen (pannen, leien enz.) die geplaatst worden met een overlap. Door dit verschil in opbouw vertonen platte daken en hellende daken een verschillend hygrothermisch gedrag. Het platte dak is niet noodzakelijk horizontaal en kan een steile helling vertonen.

Sinds de jaren 1960 hebben er zich twee tendensen afgetekend:

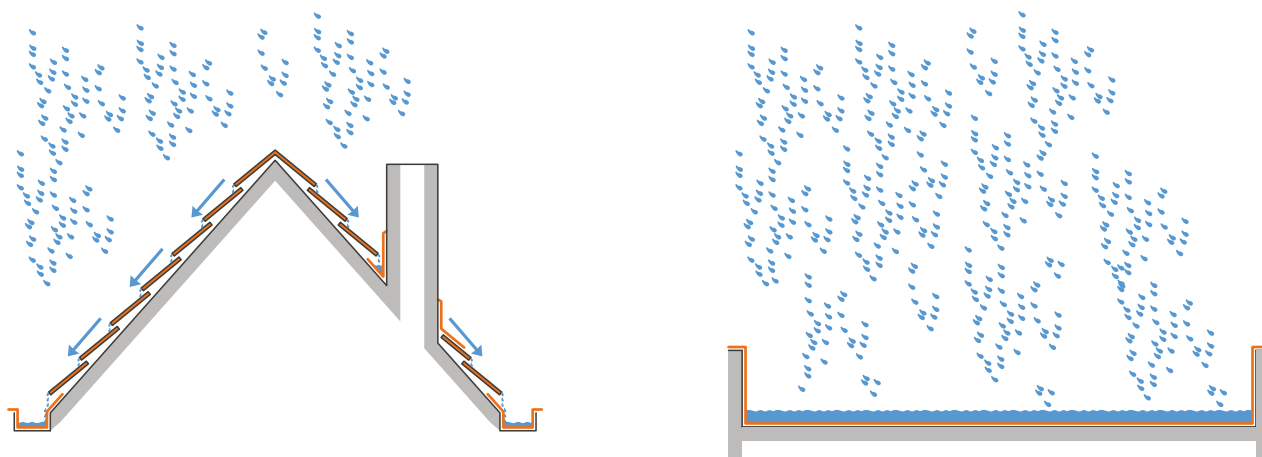
- het gebruik van soepelere (lichte) en gefractioneerde (geprefabriceerde) dakvloeren
- een sterke toename van de thermische isolatie

van de gebouwen ⁽¹⁾ sinds 1975. Aanvankelijk was dit vooral omwille van de evolutie van de oliepijzen, maar hier kwamen tal van milieu- en comfortoverwegingen bij, wat geleid heeft tot de huidige energieprestatie-eisen voor gebouwen (EPB).

Deze twee tendensen hebben de interacties tussen de verschillende dakelementen versterkt en geleid tot verhoogde hygrothermische belastingen, met name ter hoogte van de afdichting. De dakopbouw en dakmaterialen uit de jaren 1960 waren niet ontworpen om toegepast te worden onder dergelijke omstandigheden, met een sterke vermindering van de levensduur van de afdichting tot gevolg.

Vanaf het begin van de jaren 1980 kwamen er beter aangepaste materialen (polymeerbitumen met een polyesterwapening, dikkere PVC-membranen en verbeterde weekmakers ...), betere bevestigingstechnieken voor de overlapverbindingen en nieuwe regels voor de goede uitvoering (minimaal te respecteren

⁽¹⁾ De term 'isolatie' wordt in dit document gebruikt om de thermische isolatie of een warmte-isolatiemateriaal aan te duiden.



Afb. 1 Hellend dak en plat dak: principes.

dikte, gebruiksgeschiktheidsattest ...) waardoor het mogelijk was om de levensduur van de afdichting te verlengen en voornoemde problemen op een economisch verantwoorde manier op te lossen. De ervaringen met deze nieuwe materialen waren bijzonder positief.

Sedert de publicatie van de TV 215 hebben er zich drie belangrijke ontwikkelingen voorgedaan:

- de verstrenging van de eisen die aan platte daken gesteld worden, zowel op het vlak van energie (*nearly zero energy buildings*), akoestiek en milieu als op het gebied van brandpreventie ...
- de gestage vermenigvuldiging van de functionaliteiten van het platte dak, dat vaak ook fungeert als terras (toegankelijk voor voetgangers), als tuin of zelfs als parking of ruimte waar waterterugwinnings- en zonne-energiesystemen geplaatst kunnen worden
- de constante verbetering van de materialen en de plaatsingstechnieken, bijvoorbeeld met de markt-aanvaarding van vloeibaar aangebrachte afdichtingen.

Het doel van deze Technische Voorlichting is om een overzicht te geven van de huidige kennis over platte

daken. Omdat het dak steeds als een geheel bekeken moet worden, behandelt dit document niet alleen de afdichting zelf, maar ook de volledige dakopbouw, d.w.z. de dakvloer, het afschot, het damp scherm, de isolatie, de afdichting en de schutlaag (evenals de scheidingslagen). Er worden eveneens hoofdstukken gewijd aan de renovatie, het onderhoud en de mogelijke pathologieën bij platte daken.

We beschrijven hier de meest courante dakopbouwen, wat niet wegneemt dat er ook nog andere oplossingen overwogen kunnen worden. We willen echter wel onderstrepen dat de bouwprofessioneel die deze keuze maakt, hiervoor ook verantwoordelijk is (in het bijzonder wanneer hij afwijkt van de voorschriften uit het voorliggende document).

Bijzondere bouwwerken zoals balkons [W8], groendaken [W10] en parkeerdaken [W16] vallen buiten het bestek van deze publicatie.

Wat de uitvoering van de details zoals dakranden, uitzetvoegen, goten en waterafvoeren aangaat, verwijzen we naar de [Technische Voorlichting nr. 244 \[W14\]](#) evenals naar de uitvoeringsdetails die opgenomen zijn in de databank 'Bouwdetails' op de WTCB-website.



1.2 FUNCTIES EN OPBOUW VAN HET DAK

De zeven fundamentele voorschriften uit de Bouwproductenverordening (BPV) ⁽²⁾ komen aan bod in verschillende hoofdstukken uit deze Technische Voorlichting (zie tabel 1).

Zonder het belang van het esthetische aspect van het dak te ontkennen, willen we er echter wel op wijzen dat dit ondergeschikt moet blijven aan de functionaliteit van het bouwwerk (bv. uitvloeit van bitumen uit de voegen, aftekening van de voegen tussen de isolatieplaten, herstellingen ...).

1.3 ENERGETISCHE CONTEXT

Vermits het dak goed is voor zo'n 25 % van de warmteverliezen van het gebouw, dient het correct geïsoleerd en luchtdicht gemaakt te worden en dit, niet alleen om het thermische comfort te verbeteren en condensatie- en schimmelvorming tegen te gaan, maar ook en vooral om het energieverbruik en de uitstoot van broeikasgassen te verminderen en te beantwoorden aan de alsnog strengere eisen op het vlak van de energieprestatie van het gebouw (EPB).

Tabel 1 Hoofdstukken uit deze TV waarin de voorschriften uit de BPV aan bod komen.

	Fundamenteel voorschrift	Hoofdstukken uit de TV
1	Mechanische sterkte en stabiliteit	2, 3, 4
2	Brandveiligheid	2, 7, 8, 9
3	Hygiëne, gezondheid en milieu	2, 6, 7, 8
4	Gebruiksveiligheid en toegankelijkheid	2, 6, 7, 8, 11
5	Geluidswering	2
6	Energiezuinigheid en thermische isolatie	2, 7
7	Duurzaam grondstoffengebruik	2

Deze eisen hebben een niet te onderschatten invloed op de aan te brengen thermische-isolatie-diktes, die op hun beurt een impact hebben op de uitvoering van het platte dak (aanbrengen van de isolatie, details en aansluitingen ...).

Naast eisen met betrekking tot de wanden voorziet de EPB ook in eisen voor de aansluitingen tussen de wan-



⁽²⁾ Zie <https://www.wtcb.be/normalisatie-certificering/ce-markering-van-bouwproducten/ce-markering/>

den van het gebouw (bouwknopen). Deze worden uit de doeken gedaan in bijlage 1 van de [Technische Voorlichting nr. 244](#) [W14].

Wat de luchtdichtheid van de gebouwschil betreft, deze wordt kort aangehaald in de voormelde TV en maakt bovendien het voorwerp uit van een afzonderlijke TV [W17].

1.4 COÖRDINATIE VAN DE WERKEN

Indien de afdichting afgedekt moet worden met een door een andere firma uitgevoerde afwerking (terras, ballastlaag, zonnepanelen ...), dan is het ten stelligste

aanbevolen om de oplevering van de afdichtingswerken te laten plaatsgrijpen vóór de uitvoering van de afwerking. Bij afdichtingsproblemen achteraf kan de verantwoordelijkheid van de aannemer in dichtingswerken zodoende in principe niet meer in vraag gesteld worden, tenzij men kan bewijzen dat de afdichting verborgen gebreken vertoonde die bij de oplevering niet opgespoord konden worden.

De controle en het onderhoud zijn zeer belangrijk en vallen onder de verantwoordelijkheid van de bouwheer, die hiertoe eventueel een specifiek contract kan afsluiten met een firma die gespecialiseerd is in dichtingswerken (bij voorkeur de aannemer die de werken voor zijn rekening genomen heeft).

2

ONTWERPEISEN

2.1 KLIMAATGEGEVENS

Bij het ontwerp van platte daken moet er rekening gehouden worden met het buitenklimaat, meer bepaald met de neerslag, de wind en de temperatuurschommelingen.

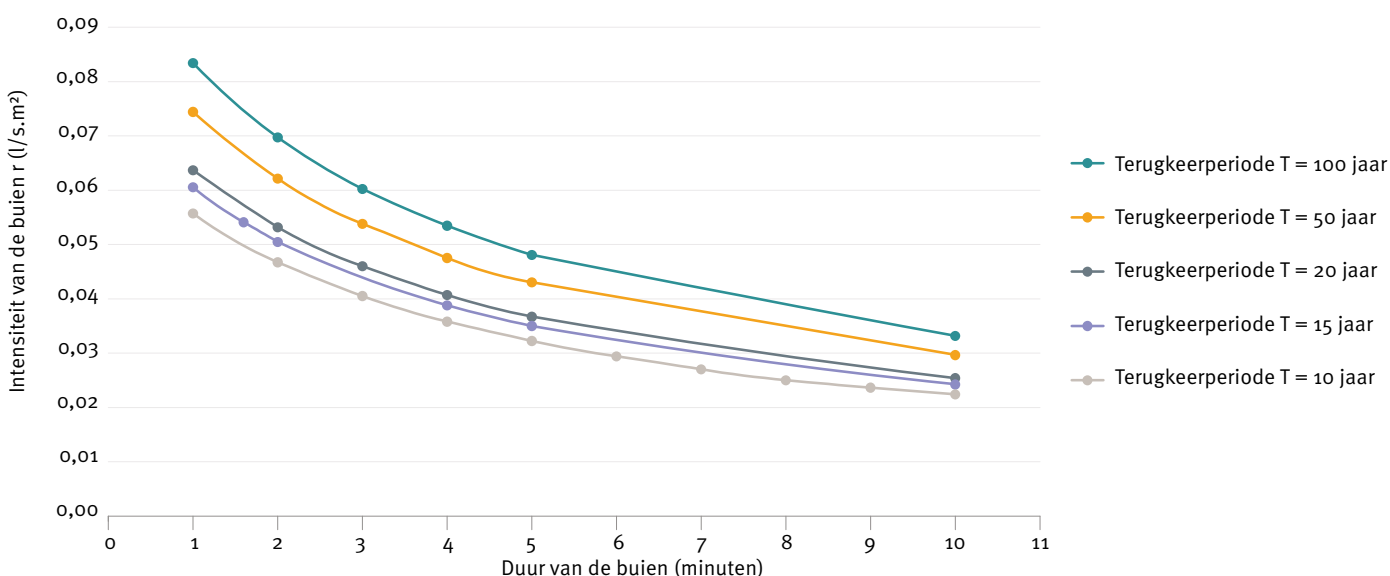
2.1.1 NEERSLAG

In België wordt er per jaar tussen 700 mm (noordelijk Haspengouw) en bijna 1400 mm (Hoge Venen) neerslag gemeten (gemiddeld: 910 mm/jaar), met op jaarbasis gemiddeld 142 dagen met een minimale neerslaghoeveelheid van 1 mm en 26 dagen met een neerslaghoeveelheid van minstens 10 mm ⁽³⁾.

Afbeelding 2 illustreert het verband tussen de duur van de buien en de regenintensiteit voor verschillende terugkeerperiodes. Zo komt een bui van 5 minu-

ten met een intensiteit van 0,050 l/s.m² gemiddeld slechts één keer om de 120 jaar voor, terwijl een bui van dezelfde duur maar met een intensiteit van 0,030 l/s.m² gemiddeld om de 7 jaar voorkomt.

Het debiet dat door de normale hemelwaterafvoervoorziening op het dak afgevoerd moet kunnen worden, wordt berekend volgens de norm NBN EN 12056-3 [B35]. De empirische regel, die stelt dat er per vierkante meter aangesloten horizontale dakoppervlakte een opening met een dwarsdoorsnede van ten minste 1 cm² aanwezig moet zijn, mag enkel toegepast worden onder welbepaalde voorwaarden [V2]. Er moet eveneens in een noodafvoerinstallatie voorzien worden, voor het geval dat de normale hemelwaterafvoer het zou laten afweten en/of wanneer de opdrachtgever of diens vertegenwoordiger (bv. de ontwerper) dit oplegt. Dit kan bijvoorbeeld het geval zijn omwille van de uitzonderlijke inhoud of functie van het gebouw (musea en dergelijke) [V3].



Afb. 2 Verband tussen de maximale intensiteit en de duur van de buien voor verschillende terugkeerperiodes T (volgens de norm NBN B 52-011) [B11].

⁽³⁾ Zie <https://www.meteo.be> (geraadpleegd op 9/2/2022).

Een tijdelijke opslag van water op het dak kan interessant zijn, vooral in stedelijke gebieden, om het afwaternet enigszins te ontlasten. Men dient uiteraard de nodige maatregelen te treffen om de stabiliteit en de duurzaamheid van het gebouw en de afdichting te waarborgen [M3]. Voor meer informatie hieromtrent kan men terecht in [WTCB-Rapport nr. 21](#) [W6] en in de [WTCB-Dossiers 2019/5.8](#) [V3].

Voor verdere ontwerprichtlijnen in verband met de regenafvoer van het dak verwijzen we naar de [TV nr. 270](#) [W21] en het voormelde WTCB-Rapport.

Voor sneeuw is het de norm NBN EN 1991-1-3 [B31] die de in aanmerking te nemen belastingen aangeeft (bv. 0,4 kN/m² op een hoogte van 100 m en 1,2 kN/m² op een hoogte van 700 m). Er zijn verschillende fenomenen die een bijkomende overbelasting kunnen teweegbrengen [P1]. Denken we hier bijvoorbeeld maar even aan de schommeling van de volumieke massa van de sneeuw (die bijna kan verdubbelen) naargelang van het aantal sneeuwdagen en de toevoeging van regen, het verglijden van sneeuw van een bovenliggend aangrenzend dak, opeenvolgende dooi- en aanvriezingsfasen (eventueel gecombineerd met een gebrekkige afvoer van het dooiwater) of de accumulatie van water op de plaats waar de dakvloer het sterkst vervormd is.

2.1.2 WIND

Op een plat dak (per definitie praktisch horizontaal) oefent de wind een onderdruk uit, waarvan de grootte voornamelijk afhankelijk is van de ligging (kust, stad ...) en de hoogte van het gebouw, evenals van de overdruk binnenin de ruimten (in functie van het al dan niet luchtdicht zijn van de dakvloer). Omwille van de wervelingen van de wind is de onderdruk op het dak niet overal even groot: deze is groter ter hoogte van de dakranden en maximaal nabij de hoeken.

De studie van het windgedrag op een plat dak kan zeer ingewikkeld zijn en moet in aanmerking genomen worden vanaf de ontwerpfase. Ze omvat:

1. de bepaling van de onderdrukken in de dakvlakken en de rand- en hoekzones (§ 2.1.2.1)
2. de bepaling van de afmetingen van voormelde zones (§ 2.1.2.2, p. 13)
3. het nazicht van het feit of de weerstand van de gekozen dakopbouw toereikend is, d.w.z. of deze groter is dan of gelijk is aan de berekende drukken (§ 2.1.2.3, p. 14).

De studie van de punten 1 en 2 dient te gebeuren volgens de Eurocode (NBN EN 1991-1-4) [B32] en zijn nationale toepassingsdocument [B33]. Ze valt onder

de verantwoordelijkheid van het studiebureau. Het derde punt behoort tot het takenpakket van de aannemer. Deze laatste moet immers een bevestigingstechniek voorstellen die moet toelaten om aan de windbelastingen te weerstaan.

Hieronder herhalen we de basisprincipes uit voornoemde norm en beschrijven we enkele frequente gevallen voor rechthoekige of L-vormige platte daken. Voor meer uitleg en een aantal toepassingsvoorbeelden verwijzen we naar bijlage 5 van de [TV nr. 239](#) [W12], naar het Informatieblad 2012/2 van de BUtgb [B4] en naar de [WTCB-Dossiers 2016/2.5](#) [Z1].

We willen erop wijzen dat platte daken in de Eurocode gedefinieerd worden als daken met een helling van minder dan 5° (8,75 %). De tekst die volgt is niet van toepassing op daken met grotere hellingen. Hiervoor dient men er de rekenmethode voor hellende daken op na te slaan. Deze laatste houdt echter geen rekening met de aanwezigheid van dakopstanden.

In het artikel, verschenen in de [WTCB-Dossiers 2020/4.4](#) [N2], wordt er een vereenvoudigde en veilige benadering voorgesteld om een bepaalde dakopbouw snel te valideren en te controleren voor kleinere bouwplaat-ten waar er geen studiebureau of projectleider aan te pas komt. De [WTCB-Dossiers 2021/2.3](#) [N5] beschrijven de procedures die gevolgd moeten worden voor platte daken met hechtende plaatsing.

2.1.2.1 Bepaling van de windbelasting op daken

De gedetailleerde berekening van de windbelasting dient te gebeuren volgens de norm NBN EN 1991-1-4 [B32] en wordt beschreven in bijlage 5 van de [TV nr. 239](#) [W12]. Hierin worden tabelwaarden opgegeven voor een snelle inschatting van de windbelasting, die hernomen zijn in de tabellen 36 tot 39 (pp. 143 tot 146). Om deze tabellen te kunnen gebruiken, dient men de volgende parameters te bepalen:

- de referentiewindsnelheid $v_{b,o}$
- de referentiehoogte voor de windberekening z_e
- de terreinruwheidscategorie
- de luchtdichtheid van de dakvloer en de gevels.

Deze elementen worden hierna kort beschreven en in detail besproken in de voormelde documenten.

■ Referentiewindsnelheid $v_{b,o}$

De referentiewindsnelheid $v_{b,o}$ is afhankelijk van de ligging van het gebouw in het land. Ze staat aangegeven op de kaart uit afbeelding 3.

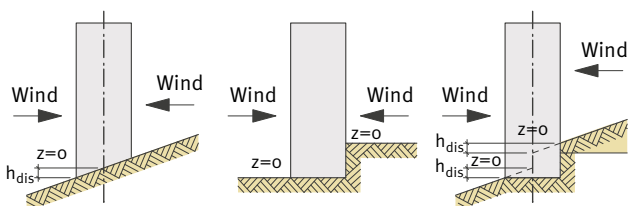


Afb. 3 Referentiewindsnelheid in België [W12].

■ Referentiehoogte voor de windberekening z_e

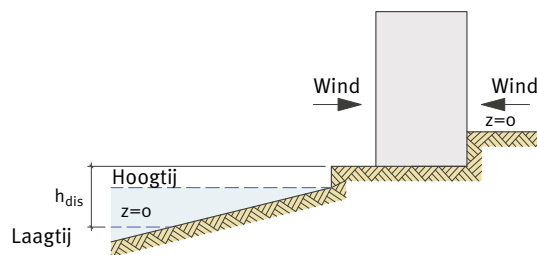
De hoogte z_e vertegenwoordigt de hoogte van het obstakel dat de wind fysiek moet overbruggen. Ze wordt berekend vanaf het referentieniveau $z = 0$. Meestal wordt dit niveau genomen aan de voet van het gebouw, maar in bepaalde situaties moet het aangepast worden met een hoogte h_{dis} . Dit geldt bijvoorbeeld:

- op een terrein met een niveaunderskil (afbeelding 4)
- in de zones o en l, in de kuststreek (hoogte begrepen tussen het niveau van het dak en het zeeniveau bij laagtij) (afbeelding 5)
- in de zone IV, in de stad (rekening houdend met de hoogte van de naburige gebouwen) (afbeelding 6).

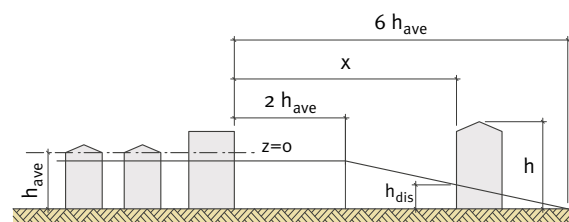


Afb. 4 Referentieniveau $z = 0$ op een terrein met een niveaunderskil.

De norm NBN EN 1991-1-4 en zijn Belgische nationale bijlage [B32, B33] geven meer details omtrent de berekening van de hoogte h_{dis} .



Afb. 5 Referentieniveau $z = 0$ aan de kust.



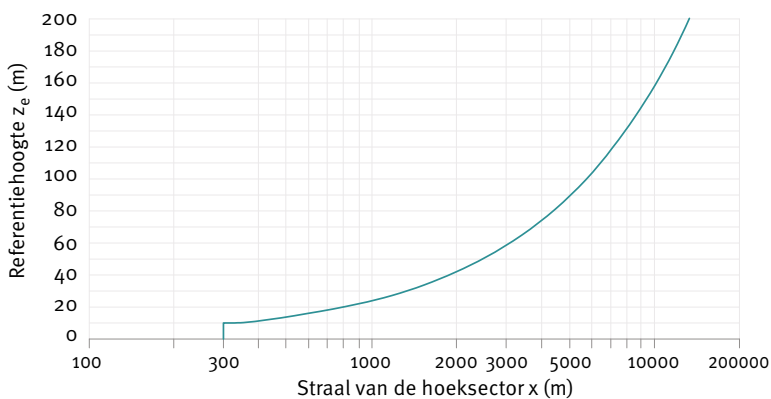
h_{ave} = obstakelhoogte (zie NBN EN 1991-1-4 en ANB) [B32, B33]

Afb. 6 Referentieniveau $z = 0$ in een stad.

Terreinruwheidscategorie

De terreinruwheidscategorieën staan beschreven in de norm en zijn nationale bijlage en zijn afhankelijk van de ligging van het gebouw, van de referentiewindhoogte en van zijn oriëntatie. Ze zijn geïllustreerd in tabel 2.

Om de ruwheidscategorie te bepalen, beschouwt men een zone met een straal van x meter rondom het gebouw. Afbeelding 7 geeft de waarde van x in functie



Afb. 7 Straal van de hoeksector x .



van de referentiehoogte z_e . In deze sector zoekt men de meest ongunstige zone, die van toepassing zal zijn voor de volledige sector. De rekenmodule **Cint**, die beschikbaar is op de website van het WTCB, laat toe om de ruwheidscategorie te bepalen.

Luchtdichtheid van de dakvloer en de gevels – Eventuele aanwezigheid van een dominante zijde – Eventuele aanwezigheid van dakopstanden en hoogte van de dakopstanden

Men maakt een onderscheid tussen:

- **luchtdichte dakvloeren:** het gaat hier om dakvloeren die opgebouwd zijn uit:
 - ter plaatse gestort beton
 - geprefabriceerde elementen met een tweede-fasebeton
 - geprefabriceerde elementen zonder tweede-fasebeton, voor zover de elementen opgevoegd worden (overeenkomstig de TV 223) [W9]
 - om het even welk type dakvloer met een hechtend dampscherm met waterdichte overlappen
- **luchtopen dakvloeren:** deze zijn opgebouwd uit hout, staalplaten zonder dampscherm of met een

Tabel 2 Terreinruwheidscategorieën.

Ruwheids-categorieën	Beschrijving van de zone	Voorbeelden
0	Zee of kuststreek die blootstaat aan zeewinden	
I	Meer of zone met uiterst weinig vegetatie die vrij is van obstakels	
II	Zone met lage vegetatie (zoals gras), met of zonder enkele alleenstaande obstakels (bomen, gebouwen) op een onderlinge afstand van minstens 20 keer hun hoogte	
III	Zone met een regelmatige begroeiing, met alleenstaande gebouwen of obstakels op een onderlinge afstand van maximaal 20 keer hun hoogte (bv. dorpen, voorsteden en permanente bossen)	
IV	Stedelijke zone waar minstens 15 % van het oppervlak ingenomen wordt door gebouwen met een gemiddelde hoogte van meer dan 15 m	

losliggend dampscherm of niet-opgevoegde geprefabriceerde elementen.

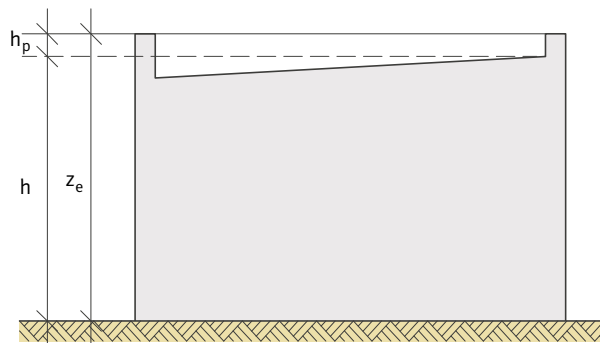
Wat de gevels betreft, wordt er een onderscheid gemaakt tussen:

- gebouwen met een dominante zijde, waarbij de oppervlakte van de openingen groter is dan of gelijk is aan 2 of 3 maal de oppervlakte van de openingen en luchtlekken in de andere zijden
- gebouwen zonder dominante zijde.

De gevallen 1a tot 3 uit de tabellen 36 tot 39 (pp. 143 tot 146) stemmen overeen met de verschillende voormelde dakvloer-gevelcombinaties:

- geval 1a = luchtopen dakvloer, dominante luchtopen gevel (2 x)
- geval 1b = luchtopen dakvloer, dominante luchtopen gevel (3 x)
- geval 2 = luchtopen dakvloer, gevels met een gelijkmatige luchtdoorlaatbaarheid
- geval 3 = luchtdichte dakvloer.

De aanwezigheid van een dakopstand heeft een positieve invloed op de windbelasting in de rand- en hoekzones. In de voormelde tabellen wordt er bijgevolg een onderscheid gemaakt tussen daken met en zonder dakopstand. In het eerste geval wordt er een verder onderscheid gemaakt naargelang van de hoogte van de dakopstand h_p : 0,025, 0,05 of 0,10 x de gebouw-

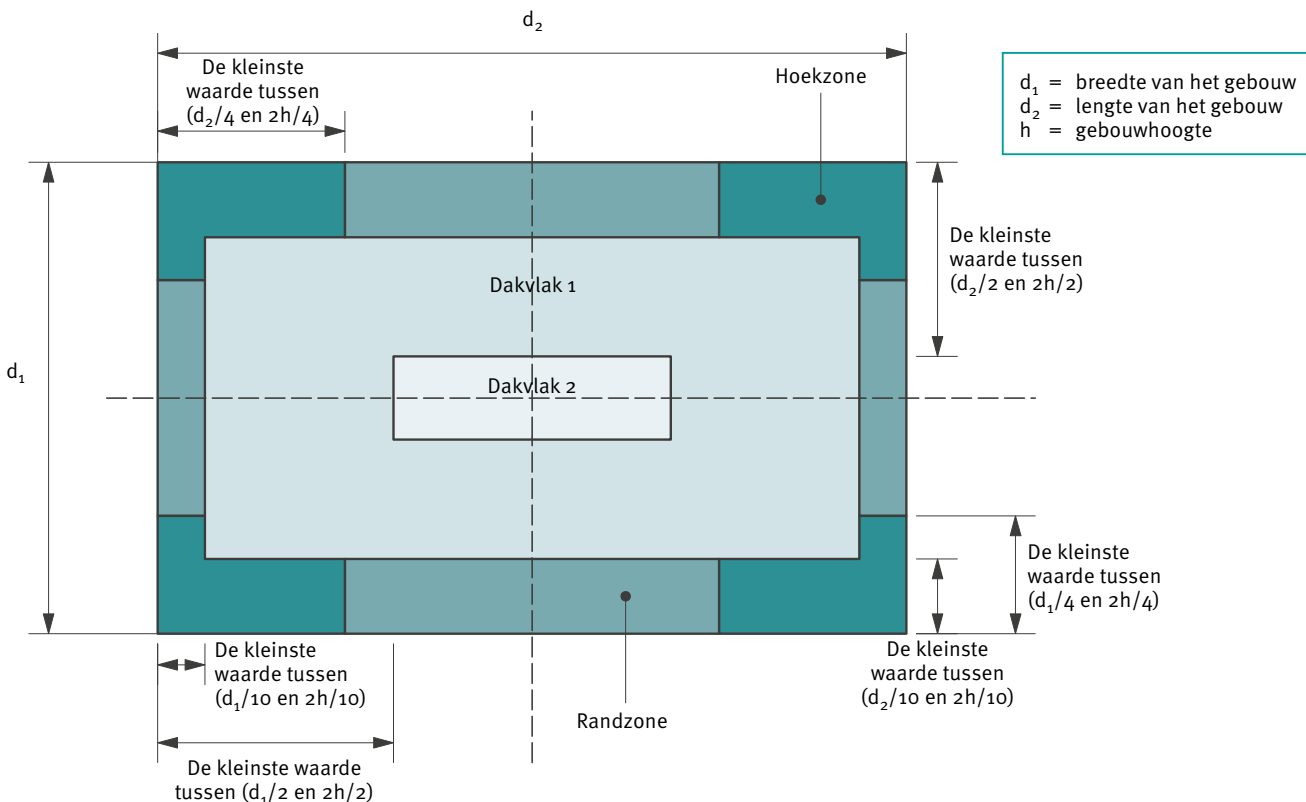


Afb. 8 Gebouwhoogte tot de dakvloer h – Hoogte van de dakopstand h_p – Referentiehoogte voor de windberekening z_e .

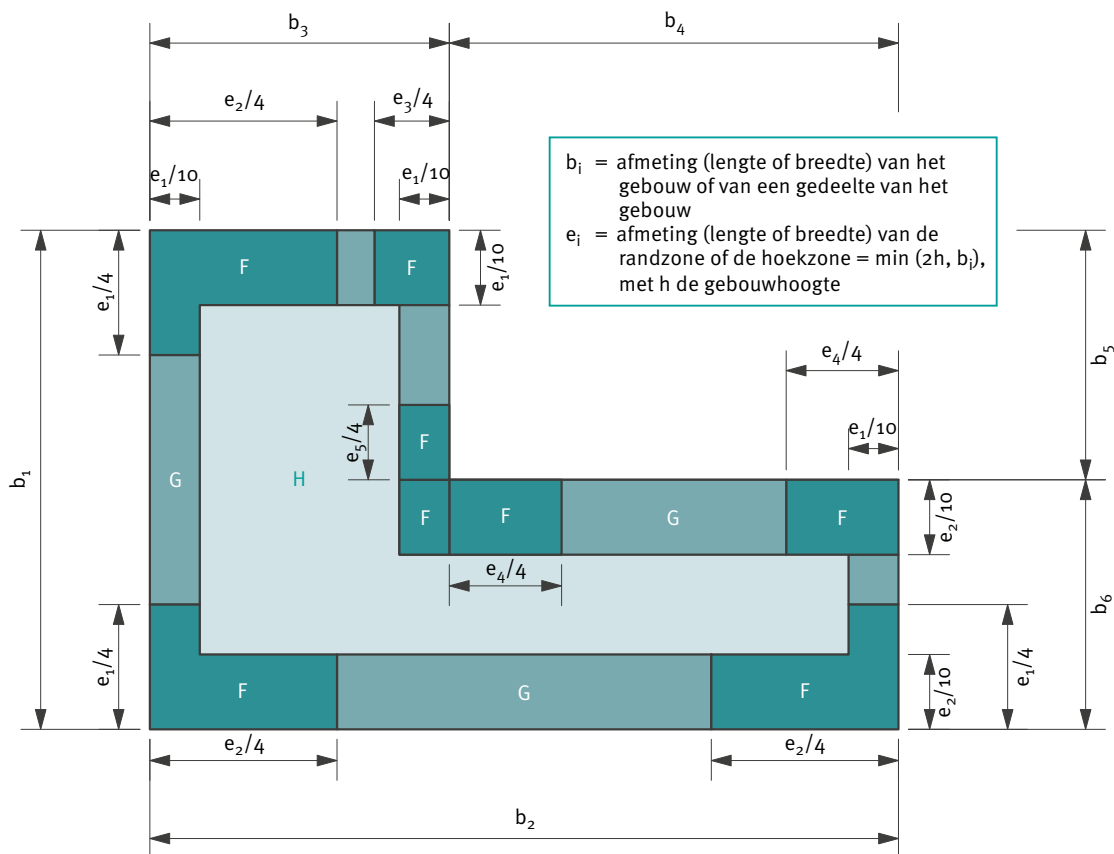
hoogte tot de dakvloer h (afbeelding 8); voor tussenliggende waarden kan er een lineaire interpolatie gemaakt worden. De waarden van h_p en h worden genomen aan de omtrek van het gebouw alwaar de hoogte van de dakopstand het laagst is (het meest ongunstige geval).

2.1.2.2 Bepaling van de randzones en de hoekzones

De hoekzones en de randzones staan bloot aan sterkere belastingen dan het dakvlak. Voor een rechthoekig gebouw kunnen deze zones gedefinieerd worden op basis van afbeelding 9. Het strekt tot aanbeveling om de randzones steeds een breedte ≥ 1 m te geven.



Afb. 9 Bepaling van de randzones, de hoekzones en de dakvlakken 1 en 2.



Afb. 10 Bepaling van de randzones (G), de hoekzones (F) en het dakvlak (H) van een gebouw met een complexe vorm.

Bij de uitbreiding van een gebouw dient men rekening te houden met de afmetingen van het gebouw in zijn geheel en niet enkel met deze van de uitbreiding. De toevoeging van een uitbreiding kan leiden tot een wijziging van de randzones en de hoekzones van het bestaande bouwwerk.

Afbeelding 10 illustreert het geval van een gebouw met een complexe vorm, zoals een rechthoekig gebouw waaraan een rechthoekige uitbreiding toegevoegd werd. In de [WTCB-Dossiers 2016/2.5 \[Z1\]](#) worden er nog een aantal andere gebouwen met complexe vormen behandeld.

2.1.2.3 Windweerstand

De windstabiliteit van een plat dak wordt verzekerd door:

- een voldoende **verkleving** van de lagen onderling, hun cohesie en hun hechting aan de ondergrond (adhesie).
Mogelijke schade: loskomen van het dampscherm, loskomen van de afdichting, loskomen of delami-

neren van het isolatiemateriaal, loskomen van de cachering (4) van het isolatiemateriaal

- een **toereikende mechanische bevestiging** van de isolatie en/of de afdichting en om het even welke andere laag die deel uitmaakt van de dakopbouw.
Mogelijke schade: loskomen van de schroeven of de verdeelplaatjes, scheuren van de afdichting, loskomen of doorpensen van de isolatie, delamineren of loskomen van de cachering van het isolatiemateriaal
- een voldoende zware (of geballaste) **schutlaag**.
Mogelijke schade: losrukken van de isolatie en/of de afdichting door de wind omwille van de ontoereikende massa van de zware schutlaag, of wegwaaien of verplaatsen van de schutlaag zelf (zie hoofdstuk 9, p. 115)
- een ononderbroken **ballastlaag** in de betreffende zones in aanwezigheid van een verkleefd systeem waarvan de windweerstand ontoereikend is (een mechanische bevestiging mag bijvoorbeeld niet gecombineerd worden met een andere bevestigingstechniek; het aantal bevestigingen moet afgestemd worden op de windbelasting en mag niet aangevuld worden met een ballastlaag).

(4) In deze context worden ook vaak de termen 'bekleding' of 'afwerking' gebruikt.

In de gebruiksgeschiktheidsattesten van de isolatiematerialen en de dakafdichtingen staat de nuttige windweerstand van de hechtende of mechanisch bevestigde systemen aangegeven. Het gaat hier om rekenwaarden die gebaseerd zijn op de resultaten van windproeven op daken [B55, E2, E8, E9, E10, E11, E12].

De uit de proef afgeleide nuttige windweerstandswaarde omvat niet alleen een veiligheidscoëfficiënt van 1,5 op de materialen, maar ook geometrische en statistische correctiefactoren die rekening houden met de afmetingen van de proefzone, het aantal isolatieplaten en, in voorkomend geval, het aantal bevestigingen van deze platen. De berekening van de nuttige weerstand van de schroeven (mechanisch bevestigde systemen) wordt in detail beschreven in bijlage 3 van de [Technische Voorlichting nr. 239](#) [W12].

In het geval van hechtend geplaatste systemen is de weerstand in de eerste plaats afhankelijk van de kleefmiddelen (verenigbaarheid, uitvoering) en de delaminatiesterkte van de isolatieplaten.

Bij gebrek aan proefresultaten voor de afdichting of het dampscherm past men de forfaitaire windweerstandswaarden uit de tabellen 3 en 4 toe. Deze tabellen gaan uit van een correcte uitvoering en geschikte weersomstandigheden tijdens en na de plaatsing (droging). De waarden die vermeld staan in de documentatie of het gebruiksgeschiktheidsattest van een product zijn doorgaans een stuk hoger dan de veilige forfaitaire waarden.

Om de windweerstand van de dakopbouw te kunnen bepalen, dient men de windweerstand van alle samen-

Tabel 3 Nuttige windweerstand van bitumineuze dakafdichtingen (met veiligheidscoëfficiënt van 1,5 inbegrepen).

Bevestiging op de ondergrond (dakvloer of isolatie)	Forfaitaire windweerstand	
	Totale hechting	Partiële hechting
Lassen	3000 Pa	2000 Pa
Koudverlijming (bitumineuze lijm) ⁽¹⁾	2500 Pa ⁽²⁾	– ⁽³⁾
Zelfklevend membraan	– ⁽³⁾	– ⁽³⁾
Warm bitumen	3000 Pa	2000 Pa (VP 45/30)
Mechanische bevestiging in geprofileerde staalplaten van de onderlaag van een tweelaags systeem (gelijmatig verdeelde bevestiging) of van een isolatielaag waarop de afdichting verkleefd is	400 N/bevestiging ⁽⁴⁾	
Mechanische bevestiging in geprofileerde staalplaten van een eenlaags systeem	300 N/bevestiging ⁽⁵⁾	
Mechanische bevestiging in beton of houten platen	– ⁽⁶⁾	

⁽¹⁾ Vloeibaar mengsel van bitumen (minstens 45 % in de droogrest) en oplosmiddelen of polymeren, dat aangepast is aan de verkleefing in totale of partiële hechting (in strepen of noppen) van een dakafdichting.
⁽²⁾ 2000 Pa op minerale wol (MW), 1500 Pa op geëxpandeerd perliet (EPB); beperkte initiële weerstand voor bitumineuze koudlijmen.
⁽³⁾ Te weinig informatie beschikbaar (men dient er de documentatie of het gebruiksgeschiktheidsattest op na te slaan).
⁽⁴⁾ Deze waarde is van toepassing indien de treksterkte van de schroeven ≥ 1200 N; indien ze ≥ 1350 N, dan mag men een waarde van 450 N/bevestiging aannemen.
⁽⁵⁾ Deze waarde is van toepassing indien de treksterkte van de schroeven ≥ 1200 N.
⁽⁶⁾ Er moet een proef uitgevoerd worden.

Tabel 4 Nuttige windweerstand van aan de onderzijde gecacheerde synthetische dakafdichtingen (met veiligheidscoëfficiënt van 1,5 inbegrepen).

Bevestiging op de ondergrond	Forfaitaire windweerstand
Koudverlijming in totale hechting ⁽²⁾	2000 Pa
Zelfklevend membraan	– ⁽¹⁾
Warm bitumen	– ⁽¹⁾
Mechanische bevestiging in geprofileerde staalplaten van een eenlaags systeem	300 N/bevestiging ⁽³⁾
Mechanische bevestiging in beton of houten platen	– ⁽¹⁾

⁽¹⁾ Er moet een proef uitgevoerd worden.
⁽²⁾ De lijm moet aangepast zijn aan het voorziene gebruik.
⁽³⁾ Deze waarde is van toepassing indien de treksterkte van de schroeven ≥ 1200 N.

stellende lagen te onderzoeken (dakvloer, damp-scherm, isolatie, afdichting). De laagste waarde zal doorslaggevend zijn (tenzij deze geen invloed heeft op de bovenliggende lagen, zoals in het geval van de lagen die zich onder een mechanisch bevestigde laag bevinden).

Om de windweerstand van geballaste dakopbouwen veilig te stellen, dient men na te gaan of de ballastlaag toereikend is om de windbelasting op te nemen (hetzij op zichzelf, hetzij als aanvulling op een andere bevestigingstechniek dan een mechanische bevestiging) en of de windstabiliteit van de ballastlaag zelf toereikend is. Er moet een veiligheidscoëfficiënt toegepast worden op het gewicht van de ballastlaag. Voor de eenvoud wordt het gewicht vermenigvuldigd met 1,1. Men dient er bovendien op toe te zien dat de dakvloer in staat is om de overbelasting door de ballastlaag op te nemen.

2.1.2.4 Vergelijking tussen de windweerstand en de windbelasting

De windweerstand die vermeld staat in de gebruiksgeschiktheidsattesten (of in de tabellen 3 en 4, p. 15) moet groter zijn dan de windbelasting, berekend volgens de norm NBN EN 1991-1-4 [B32] of bepaald op basis van de tabellen 36 tot 39 (pp. 143 tot 146).

2.1.2.5 Windbelasting en windweerstand: voorbeelden

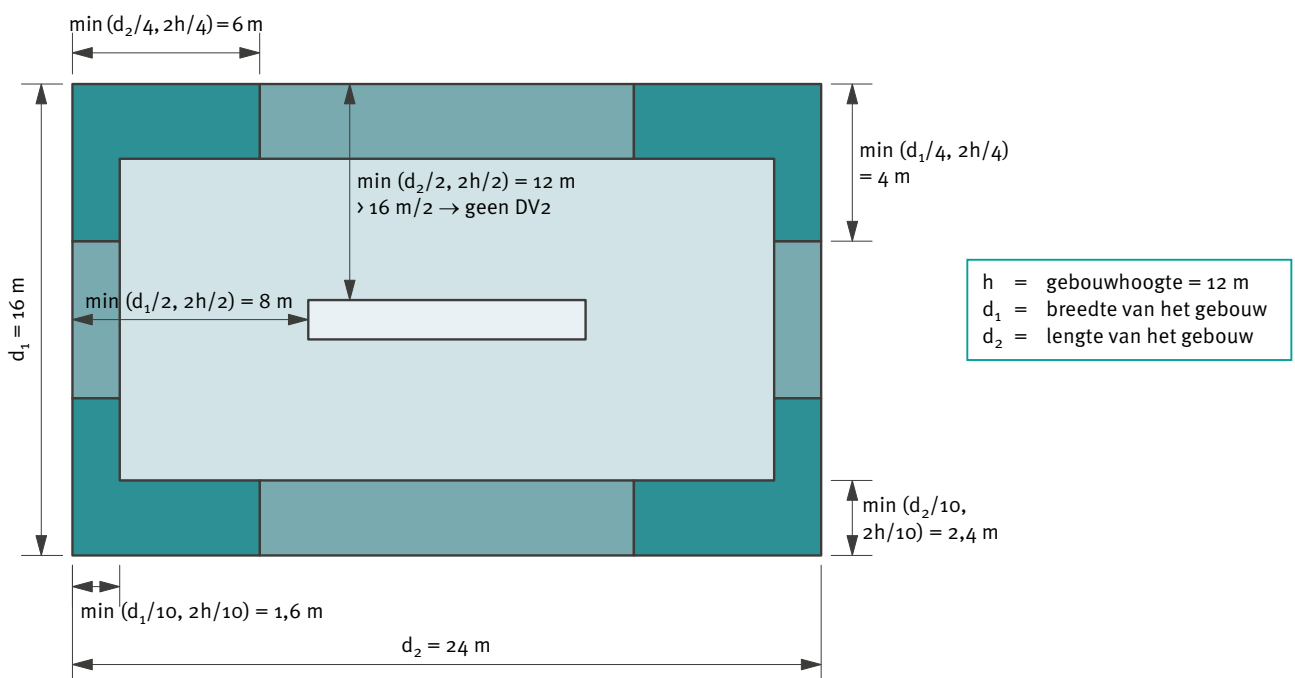
We gaan uit van de volgende gegevens:

- vrijstaand rechthoekig gebouw in een voorstedelijke zone (ruwheidscategorie III)
- gebouwhoogte: $h = 12$ m ($z_e = 12$ m; $z = 0$ aan de voet van het gebouw)
- afmetingen van het gebouw: breedte (d_1) = 16 m, lengte (d_2) = 24 m
- ligging in de buurt van Namen (referentiewindsnelheid $v_{b,0} = 24$ m/s → tabel 37, p. 144)
- luchtdichte dakvloer (beton) (geval 3 uit tabel 37)
- dakopstanden met een hoogte van 60 cm ($h_p/h = 0,05$).

In de tekst die volgt komen enkel geballaste daksystemen of hechtend geplaatste daksystemen aan bod. Mechanisch bevestigde systemen worden in detail beschreven in de [Technische Voorlichting nr. 239 \[W12\]](#).

2.1.2.5.1 Bepaling van de randzones en de hoekzones

Afbeelding 11 geeft de afmetingen van de hoekzones, de randzones en de dakvlakken weer. De breedte van de randzone is inderdaad ≥ 1 m. In dit voorbeeld is er geen dakvlak 2.



Afb. 11 Afmetingen van de hoekzones, de randzones en de dakvlakken (zie afbeelding 9, p. 13, voor de afbakening van de verschillende zones).

2.1.2.5.2 Controle van de nuttige windweerstand van een verkleefde dakafdichting

Uit geval 3 van tabel 37 (p. 144) blijkt dat de door de wind teweeggebrachte onderdruk gelijk is aan:

- - 910 Pa in dakvlak 1
- -1213 Pa in de randzone
- -1517 Pa in de hoekzone.

Volgens tabel 3 (p. 15) leveren alle plaatsingstechnieken voor een bitumineuze afdichting in totale hechting een windweerstand op die groot genoeg is om deze belastingen op te nemen.

In het geval waarbij de afdichting geplaatst zou worden op een isolatie en een damp scherm die eveneens hechtend geplaatst zijn, dient men rekening te houden met de interne cohesie van de isolatie en met de hechting van het damp scherm op de dakvloer (technische documentatie, proefresultaat). Indien de isolatie opgebouwd is uit geëxpandeerd perliet, dan is de forfaitaire windweerstandswaarde beperkt tot 1500 Pa en zal deze in de hoekzone dus lichtjes overschreden worden: hier zal er bijgevolg een bijkomende ballastlaag aangebracht moeten worden of zal er een andere dakoplossing gekozen moeten worden, tenzij de gebruikte producten beschikken over een gebruiksgeschiktheidsattest waarin een windweerstandswaarde vermeld staat die hoger is dan de forfaitaire waarde.

Men dient te verifiëren of de bevestiging van elk van de onderliggende lagen (eventueel damp scherm, isolatie) en hun cohesie (isolatie) toereikend zijn om de windbelasting op te nemen. De laagste waarde zal doorslaggevend zijn (behalve voor lagen die zich onder een mechanisch bevestigde laag bevinden).

2.1.2.5.3 Hoeveelheid ballast op een losliggende afdichting

Indien de platen of het grind in staat moeten zijn om de windbelasting op het losliggende dak op te nemen, dan moet de rekenwaarde van hun gewicht ten minste gelijk zijn aan de windbelasting. Hierbij moet er een bijkomende veiligheidscoëfficiënt van 1,1 toegepast worden op het gewicht van de plaat- of grindlaag:

- dakvlak 1: $|- 910| \text{ Pa} \rightarrow 910 \text{ Pa} / 9,81 \text{ m/s}^2 * 1,1 = 102 \text{ kg/m}^2$ ⁽⁵⁾

⁽⁵⁾ $910 \text{ Pa} = 910 \text{ N/m}^2 = 910 \text{ kg.m/s}^2. 1 \text{ m}^2 = 910 \text{ kg/m.s}^2$

$g = 9,81 \text{ m/s}^2 = \text{valversnelling} (9,81 \text{ N} = 1 \text{ kg})$

$910 \text{ Pa} / 9,81 \text{ m/s}^2 = 910 \text{ kg/m.s}^2 / 9,81 \text{ m/s}^2 = 93 \text{ kg/m}^2$

⁽⁶⁾ Volumieke massa van de granulaten in bulk (grootteorde): rolgrind of halfgerold grind: 1,4 T/m³; kalksteenslag: 1,25 tot 1,65 T/m³ naargelang van het kaliber; porfier: 1,35 tot 1,45 T/m³ naargelang van het kaliber.

- randzone: $|- 1213| \text{ Pa} \rightarrow 1213 \text{ Pa} / 9,81 \text{ m/s}^2 * 1,1 = 136 \text{ kg/m}^2$
- hoekzone: $|- 1517| \text{ Pa} \rightarrow 1517 \text{ Pa} / 9,81 \text{ m/s}^2 * 1,1 = 170 \text{ kg/m}^2$.

Als men voor de betonplaten bijvoorbeeld uitgaat van een volumieke massa van 1800 kg/m³ en voor het rolgrind van 1400 kg/m³ ⁽⁶⁾, dan verkrijgt men de volgende diktes:

- dakvlak 1: $102 \text{ kg/m}^2 / 1800 \text{ kg/m}^3 = 5,7 \text{ cm}$ platen of $102 \text{ kg/m}^2 / 1400 \text{ kg/m}^3 = 7,3 \text{ cm}$ grind
- randzone: $136 \text{ kg/m}^2 / 1800 \text{ kg/m}^3 = 7,7 \text{ cm}$ platen of $136 \text{ kg/m}^2 / 1400 \text{ kg/m}^3 = 9,7 \text{ cm}$ grind
- hoekzone: $170 \text{ kg/m}^2 / 1800 \text{ kg/m}^3 = 9,4 \text{ cm}$ platen of $170 \text{ kg/m}^2 / 1400 \text{ kg/m}^3 = 12,1 \text{ cm}$ grind.

Men dient te verifiëren of de beoogde dakopbouw (dakvloer, isolatie ...) deze belastingen kan opnemen. Zo niet, dan dient men te opteren voor een andere dakopbouw of een andere bevestigingstechniek.

Men moet zich er bovendien van vergewissen dat het gewicht van de ballastlaag toereikend is om te weerstaan aan de windbelasting om te vermijden dat deze naar omhoog zou komen en zou verplaatsen. De vereiste hoeveelheid ballast kan bepaald worden aan de hand van de tabellen 33 en 34 (pp. 120 en 121), waarin de veiligheidscoëfficiënt van 1,1 inbegrepen is. Voor het hier beschouwde voorbeeld leveren de tabellen de volgende resultaten op (zie § 3 van Informatieblad 2012/2 van de BUTgb [B4] voor meer details omtrent de aannames en de voorwaarden):

- dakvlak 1: 32 kg/m²
- randzone: 54 kg/m²
- hoekzone: 67 kg/m².

Deze hoeveelheden zijn veel lager dan de hoeveelheden die nodig zijn om de windbelasting op te nemen (tabel 5, p. 18).

Indien de ballastlaag opgebouwd is uit grind, dan dient men bovendien de minimale diameters uit tabel 34 (p. 121) in acht te nemen. In dit voorbeeld zijn de minimale diameters gelijk aan 44 mm in de hoekzones en aan 17 mm in de dakvlakken en de randzones. Het is *a priori* redelijker om platen te gebruiken, aangezien granulaten van een dergelijk kaliber vrij moeilijk te verkrijgen zijn, hetzij dan onder de vorm van bijvoorbeeld keien (tabel 6, p. 18).

Tabel 5 Minimaal vereist gewicht (in kg/m², veiligheidscoëfficiënt $\gamma_G = 1,1$) voor windbestendige ballastplaten (wind $v_{b,0} = 24$ m/s, veiligheidscoëfficiënt $\gamma_Q = 1,25$, $c_{prob} = 0,959$ en helling van het terrein ≤ 5 %).

Ligging	Dakhoogte (m)																				
o Zee	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4,3	5,2	6,2	8,2	11,5	14,0	16,5	19,3
I Meer of zone met uiterst weinig vegetatie	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4,3	5,4	6,6	7,9	9,2	11,9	16,3	19,4	22,6	25,9	
II Zone met lage vegetatie	-	-	-	-	-	-	4,6	5,4	6,1	6,9	9,0	11,0	13,2	15,4	17,6	22,2	29,2	34,1	39,0	44,1	
III Zone met een regelmatige begroeiing	6,0	7,0	8,0	9,0	10,0	12,0	14,0	16,0	18,0	20,0	25,0	30,0	35,0	40,0	45,0	55,0	70,0	80,0	90,0	100,0	
IV Gebouwen > 15 m	16,3	18,8	21,3	23,7	26,2	30,9	35,7	40,4	45,0	49,6	61,0	72,0	83,3	94,3	105,0	-	-	-	-	-	
Hoekzone	51	55	58	60	63	67	71	75	78	80	87	92	96	100	103	109	116	121	124	128	
Randzone	41	44	46	48	50	54	57	60	62	64	69	73	77	80	83	87	93	97	100	102	
Dakvlak 1	24	26	28	29	30	32	34	36	37	39	42	44	46	48	50	52	56	58	60	61	
Dakvlak 2	4	4	5	5	5	5	6	6	6	6	7	7	8	8	8	9	9	10	10	10	

Tabel 6 Minimaal vereiste diameter (in mm) voor een windbestendige ballastlaag uit grind (wind $v_{b,0} = 24$ m/s, veiligheidscoëfficiënt $\gamma_Q = 1,25$, $c_{prob} = 0,959$ en helling van het terrein ≤ 5 %).

Ligging	Dakhoogte (m)																				
o Zee	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4,3	5,2	6,2	8,2	11,5	14,0	16,5	19,3
I Meer of zone met uiterst weinig vegetatie	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4,3	5,4	6,6	7,9	9,2	11,9	16,3	19,4	22,6	25,9	
II Zone met lage vegetatie	-	-	-	-	-	-	4,6	5,4	6,1	6,9	9,0	11,0	13,2	15,4	17,6	22,2	29,2	34,1	39,0	44,1	
III Zone met een regelmatige begroeiing	6,0	7,0	8,0	9,0	10,0	12,0	14,0	16,0	18,0	20,0	25,0	30,0	35,0	40,0	45,0	55,0	70,0	80,0	90,0	100,0	
IV Gebouwen > 15 m	16,3	18,8	21,3	23,7	26,2	30,9	35,7	40,4	45,0	49,6	61,0	72,0	83,3	94,3	105,0	-	-	-	-	-	
Hoekzone	34	36	38	39	41	44	46	49	51	52	56	59	62	64	67	70	75	78	80	82	
Randzone	13	14	15	15	16	17	18	19	20	20	22	23	24	25	26	27	29	30	31	32	
Dakvlak 1	13	14	15	15	16	17	18	19	20	20	22	23	24	25	26	27	29	30	31	32	
Dakvlak 2	13	14	15	15	16	17	18	19	20	20	22	23	24	25	26	27	29	30	31	32	

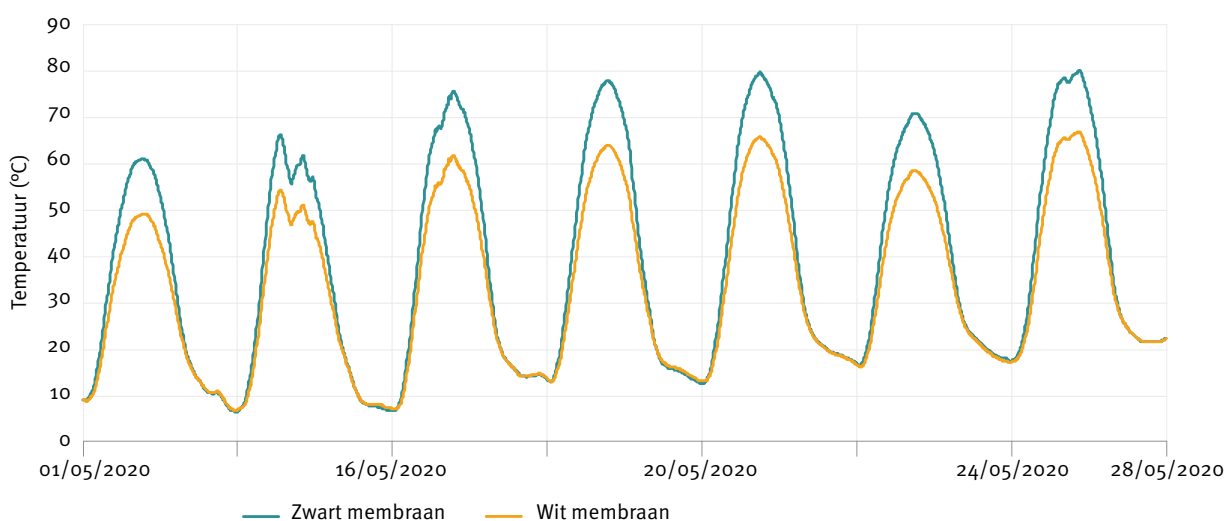
2.1.3 TEMPERATUUR

Metingen die uitgevoerd werden in het proefstation van het WTCB in Limelette hebben aangetoond dat de oppervlaktetemperatuur van een geïsoleerd warm dak bij afwezigheid van wind en bewolking kan oplopen tot extreme waarden. Op zonnige dagen in de zomermaanden kan deze temperatuur hoger worden dan 70 °C op lichtgrijze afdichtingsmaterialen, en zelfs hoger worden dan 80 °C op zwarte materialen. Een ballastlaag uit lichtgekleurd grind laat toe om de temperatuur te beperken tot ongeveer 55 °C. In het geval van een plotse bui kan de afdichting in enkele minuten sterk afkoelen, wat kan leiden tot thermische schokken die des te groter zullen zijn naarmate het dak uitgerust is met een dikkere isolatielaag. Tijdens de nacht kan de afdichting door onderkoeling een temperatuurverschil van ongeveer 12 °C ten opzichte van de luchttemperatuur vertonen.

Afbeelding 12 toont de temperaturen die in mei 2020 tijdens een zonnige periode zonder regen in het proefstation opgetekend werden op zwarte en witte afdichtingsmembranen. We kunnen bijvoorbeeld vaststellen dat de maximale temperaturen op het zwarte membraan oplopen tot 70 °C, terwijl deze op het witte membraan oplopen tot 60 °C. Bij vergelijkbare metingen die in 2003 uitgevoerd werden op een zwart membraan werden gelijkaardige waarden opgetekend. De maximale temperaturen op een dak met een ballastlaag uit grind liepen op hun beurt op tot 55 °C en tot 35 °C op een licht groendak.

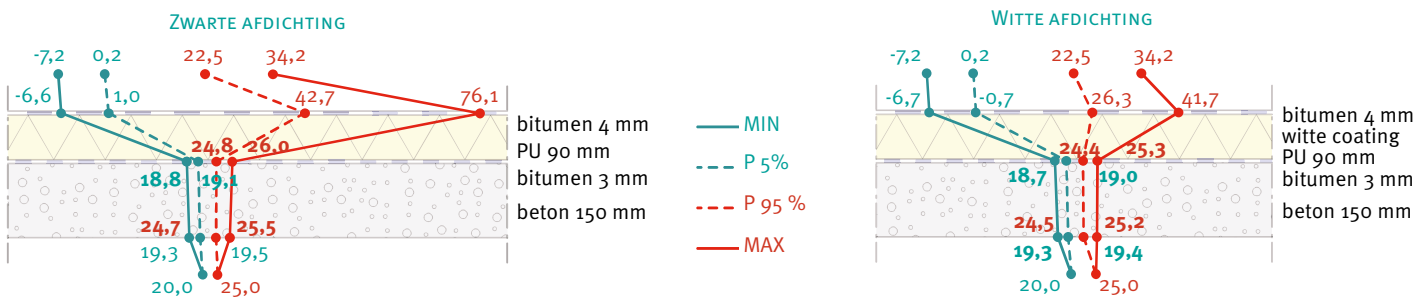
Er werden lichtgekleurde membranen en reflecterende verven (zogenoemde reflecterende daken of *cool roofs*) ontwikkeld om de oppervlaktetemperaturen te beperken, om de prestaties van de hierop geplaatste fotovoltaïsche installaties te verbeteren en om de levensduur van de afdichting te verlengen. Volgens bepaalde bronnen [A1, H1] zouden ze zelfs toelaten om de koelbehoeften in de zomer te verminderen. Deze potentiële winsten zijn echter vaak klein in vergelijking met de winsten die geboekt zouden kunnen worden door een verhoging van de isolatiedikte, en hebben zo goed als geen effect op de binnentemperatuur. Bovendien kunnen ze gecompenseerd worden door de (doorslaggevende) invloed van de koepels en lichtstraten op het thermische gedrag van het dak of door de meerkosten die gepaard gaan met de uitvoering en het onderhoud van een witte dakafdichting [S2]. Afbeelding 13 (p. 20) stelt de thermische simulaties voor die uitgevoerd werden op twee identieke dakopbouwen, hetzij dan wat de kleur van de afdichting betreft. We stellen vast dat de maximale temperatuur van de witte afdichting 34 °C lager is dan deze van de zwarte afdichting.

Voormelde extreme waarden worden slechts enkele uren per jaar opgetekend. Het verschil tussen de nachten en de dagtemperatuur van de afdichting kan oplopen tot 65 à 70 °C. Bij lichte kleuren en reflecterende materialen zijn de oppervlaktetemperaturen gunstiger, voor zover de afdichting na verloop van tijd niet verdonkert en het reflecterende effect niet verdwijnt (uit data van het *Cool Roof Rating Council* is gebleken dat de initiële reflectie na drie jaar met zo'n 6 à 30 % vermindert) (7).



Afb. 12 Temperaturen aan het oppervlak van zwarte en witte afdichtingsmembranen (metingen uitgevoerd in het WTCB).

(7) zie <https://www.coolroofs.org>, geraadpleegd op 20/01/2015.



Afb. 13 Thermische simulaties uitgevoerd op twee identieke dakopbouwen met een afdichting met een verschillende kleur.

2.2 BRANDGEDRAG

Brandveiligheid is één van de zeven fundamentele voorschriften uit de Bouwproductenverordening (BPV). Bouwwerken moeten zodanig ontworpen en opgebouwd zijn dat in geval van brand:

- de stabiliteit van de dragende elementen gedurende een bepaalde tijd gewaarborgd blijft
- het ontstaan en de verspreiding van vuur en rook binnen het bouwwerk beperkt blijven
- de uitbreiding van de brand naar de aanpalende bouwwerken vermeden wordt
- de gebruikers het bouwwerk ongedeerd kunnen verlaten of op een andere manier in veiligheid gebracht kunnen worden
- de veiligheid van de hulpdiensten niet in het gedrang komt.

Het koninklijk besluit van 7 juli 1994 inzake brandveiligheid en zijn wijzigingen [F2] (ook aangeduid als het KB 'Basisnormen') leggen de eisen vast waaraan het ontwerp en de uitvoering van alle nieuwe gebouwen (met inbegrip – in bepaalde gevallen – van gebouwen die een bestemmingswijziging ondergaan) moeten voldoen, met uitzondering van eengezinswoningen en gebouwen van minder dan 100 m² met maximaal twee bouwlagen. Deze schikkingen kunnen aangevuld worden door reglementen uitgevaardigd door de gewesten, de gemeenschappen, de provincies of de gemeenten.

2.2.1 BRANDWEERSTAND

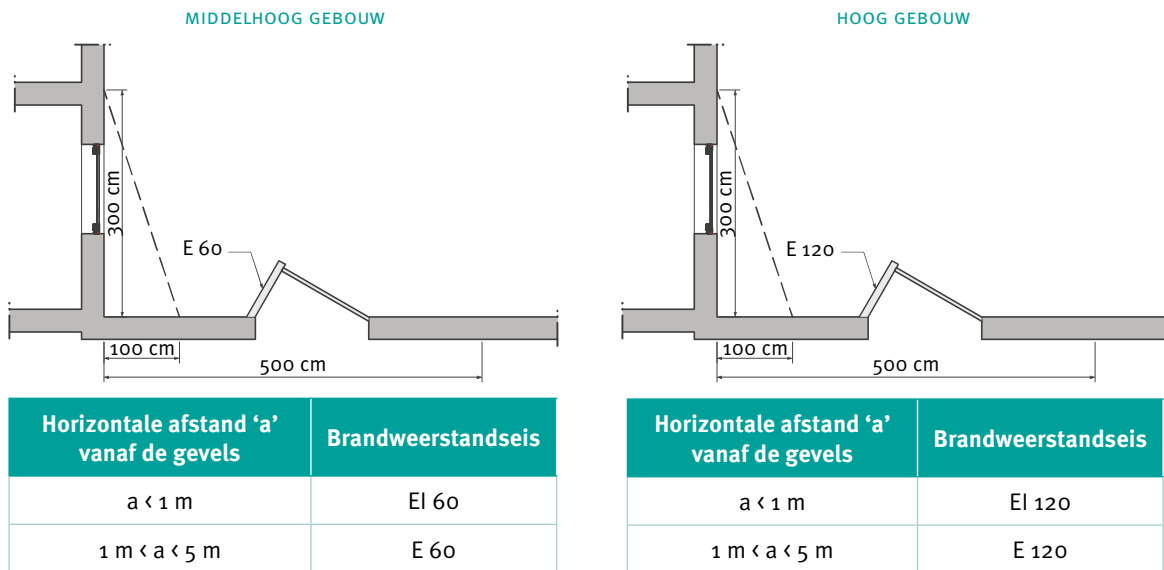
De brandweerstand is het vermogen van een bouwelement om gedurende een welbepaalde tijdsduur te blijven voldoen aan de eisen inzake brandstabiliteit, vlamdichtheid en thermische isolatie en/of om het even welke andere vereiste functie. Deze criteria worden getest door een genormaliseerde brandweerstandsproof volgens de normen NBN EN ISO 13943 [B59] en NBN EN 13501-2 [B48]. De brandweerstand wordt in klassen ingedeeld volgens de norm NBN EN 13501-2 en aangeduid met de letters 'REI', waarbij 'R' staat voor de stabiliteit, 'E' voor de vlamdichtheid en 'I' voor de ther-

mische isolatie. De eisen met betrekking tot de brandweerstand die vastgelegd zijn in het KB 'Basisnormen' zijn verschillend in functie van de gebouwhoogte (hoog gebouw: > 25 m, middelhoog gebouw: 10 tot 25 m, laag gebouw: < 10 m) en ook indien het een industrieel gebouw betreft. Een structureel dakelement (zie definitie hierna) moet een brandweerstand hebben van:

- 30 minuten – R 30 – voor een laag gebouw (LG)
- 60 minuten – R 60 – voor een middelhoog gebouw (MG)
- 120 minuten – R 120 – voor een hoog gebouw (HG)
- 15 minuten tot twee uur – R 15 tot R 120 – voor een industrieel gebouw.

'Structurele elementen' zijn bouwelementen die de stabiliteit van het geheel of van een gedeelte van het gebouw verzekeren, zoals kolommen, dragende wanden, hoofdliggers, afgewerkte vloeren en andere essentiële delen die het geraamte of skelet van het gebouw vormen, en die bij bezwijken leiden tot een voortschrijdende instorting. Er is sprake van voortschrijdende instorting wanneer het bezwijken van een constructieonderdeel leidt tot het bezwijken van onderdelen van het gebouw die zich niet in de onmiddellijke nabijheid van het beschouwde onderdeel bevinden en indien de draagkracht van het overblijvende bouwwerk ontoereikend is om de optredende belasting op te nemen [F1]. Voor meer informatie hieromtrent verwijzen we naar de TV nr. 256 [W18]. Geprofileerde staalplaten (*steeldeck*) of de houten plaatmaterialen van een dak met een houten dakvloer zijn doorgaans geen structurele elementen. De balken waarop deze opgelegd zijn, zijn dit daarentegen wel. Deze laatste moeten voldoen aan de hierboven vermelde stabiliteitseisen.

Volgens het KB 'Basisnormen' moeten de platte daken of de daken met een geringe helling ($\leq 10^\circ$) van middelhoge en hoge gebouwen respectievelijk een brandweerstand R 60 en R 120 vertonen. Deze eis is niet van toepassing indien de dakvloer voldoet aan het criterium EI 60 (middelhoog gebouw – MG) / EI 120 (hoog gebouw – HG) en indien de eventuele toegang tot de ruimte onder het dak (die leeg moet zijn) tot stand



Afb. 14 Brandweerstandseisen E en I voor glasopeningen in een middelhoog en een hoog gebouw.

gebracht wordt door deuren of luiken EI 130 (middelhoog gebouw – MG) / EI 160 (hoog gebouw – HG).

In bepaalde gevallen moeten daken beantwoorden aan brandweerstandseisen voor de criteria 'E' en 'I'. Indien de beglaseerde gevels van middelhoge en hoge gebouwen rechtstreeks uitgeven op bouwwerken die al dan niet deel uitmaken van het gebouw (artikel 1.2 van de bijlagen 2/1, 3/1 en 4/1 van voornoemd KB):

- dan moeten ofwel de gevels van het gebouw aan bepaalde voorwaarden voldoen
- of moeten de daken van deze bouwwerken aan de volgende voorwaarden beantwoorden: EI 60 (middelhoog gebouw – MG) of EI 120 (hoog gebouw – HG) over een horizontale afstand van 1 meter vanaf de voet van de gevel en E 60 (middelhoog gebouw – MG) of E 120 (hoog gebouw – HG) over de vier volgende meters (tussen 1 en 5 m ten opzichte van de gevel) (zie afbeelding 14). In dit deel van het dak mogen geen openingen met een oppervlakte van meer dan 100 cm² (lichtstraten, rookafvoeren ...) voorkomen, tenzij ze van de gevel afgeschermd zijn door een brandwerend element (afbeelding 14).

De brandweerstand van de structurele gebouwelementen valt onder de verantwoordelijkheid van de opdrachtgever en niet van de aannemer in dichtingswerken.

In andere gevallen kan het noodzakelijk zijn dat het dak over een zekere brandweerstand beschikt, met name ter hoogte van de compartimentswanden van industriële gebouwen (zie § 5.6 van de [Technische Voorlichting nr. 256](#)) [W18].

2.2.2 BRANDREACTIE

De brandreactie is het gedrag van een bouwproduct dat – door zijn eigen ontbinding – het vuur waaraan het blootgesteld is aanwakkert in specifieke omstandigheden (zie NBN EN ISO 13943 en NBN EN 13501-1) [B47, B59]. Ze kenmerkt de brandbaarheid van een bouwproduct. De Europese brandreactieclassificatie onderscheidt zeven hoofdklassen (A1, A2, B, C, D, E en F) waaraan men de klassen 's' toevoegt voor de rookontwikkeling (s1 en s2 voor vloerbekledingen en s1, s2 en s3 voor andere bouwproducten) en de klassen 'd' voor de vorming van brandende druppels en deeltjes (d0, d1 en d2 voor alle producten, behalve vloerbekledingen).

De klasse A1 met betrekking tot de brandreactie van dakafdichtingen zoals gedefinieerd in de oude Belgische reglementering werd vervangen door een eis inzake het brandgedrag van een aan een externe brand blootgesteld dak (zie § 2.2.3 hierna). De aannemer in dichtingswerken kan dus niet verplicht worden om te voldoen aan bepaalde brandreactie-eisen, tenzij dan in bijzondere gevallen voor wat de dakisolatie betreft.

2.2.3 GEDRAG VAN EEN DAKOPBOUW TEN AANZIEN VAN EEN EXTERNE BRAND

Het betreft hier de beproeving van het gedrag van de buitenafwerking (bovenste laag) van een dakopbouw die blootgesteld is aan vliegvuur. De klasse B_{ROOF}(t1) of F_{ROOF}(t1) waar deze beoordeling toe leidt, staat beschreven in de classificatienorm NBN EN 13501-5

[B49] en wordt verkregen overeenkomstig de proefnorm NBN CEN/TS 1187 [B14].

De proef wordt uitgevoerd op een volledige dakopbouw (afdichting, isolatie, dakvloer ...) en bestaat er voornamelijk in om de verspreiding van de brand aan het dakoppervlak, onder het oppervlak en naar de onderliggende lagen te beoordelen. De letters 'B' en 'F' uit de classificatie betekenen respectievelijk dat de proef geslaagd is of faalde (of niet uitgevoerd werd); de index 't1' geeft de toegepaste proefmethode aan (t1 voor test 1). Er bestaan nog drie andere methoden (t2, t3, t4) die in ons land echter niet gebruikt worden. Volgens de in België van kracht zijnde regelgeving moeten dakopbouwen tot de klasse $B_{ROOF}(t1)$ behoren (voor de gebouwen waarop het koninklijk besluit van toepassing is). We willen erop wijzen dat er geen hiërarchie, noch een rechtstreekse vergelijkingsmogelijkheid bestaat tussen de in de norm NBN EN 13501-5 [B49] gedefinieerde klassen $B_{ROOF}(t1)$, $B_{ROOF}(t2)$, $B_{ROOF}(t3)$ en $B_{ROOF}(t4)$, aangezien er hierbij steeds andere proeven en classificatiecriteria gehanteerd worden.

Het KB 'Basisnormen' stelt dat de prestaties van een aan een externe brand blootgestelde dakafdichting geattesteerd moeten worden door de CE-markering. Bij gebrek aan een dergelijke markering of bij gebrek aan informatie omtrent het brandgedrag van de dakopbouw die aan de CE-markering toegevoegd is, moeten deze prestaties geattesteerd worden door een classificatieverslag of door de informatie die aan het gebruiksgeschiktheidsattest toegevoegd is en die gebaseerd is op een beoordeling volgens het classificatiesysteem van de norm NBN EN 13501-5 [B49].

De klasse $B_{ROOF}(t1)$ heeft trouwens betrekking op de volledige dakopbouw en niet op het afdichtingsmembran alleen. Het proefresultaat is op zijn beurt in principe louter geldig voor de beproefde configuratie. Om het aantal uit te voeren proeven te beperken, definieert het technische voorschrift CEN/TS 16459 [B8] een aantal extrapolatieregels (die de eerder door de BUTgb opgestelde regels vervangen). In de ATG's van de afdichtingsmembranen vindt men dan ook fiches die onder meer aangeven of een toepassing die in overeenstemming is met de brandeisen technisch uitvoerbaar is.

Voor bepaalde dakopbouwen hoeft er geen proef uitgevoerd te worden: men gaat ervan uit dat ze sowieso beantwoorden aan de klasse $B_{ROOF}(t1)$. Dit is het geval voor opbouwen die bestemd zijn om volledig bedekt te worden met grind (50 mm dik of minimum 80 kg/m², korrelgrootte van maximaal 32 mm en minimaal 4 mm; in de praktijk bedraagt de minimale diameter gewoon-

lijk 16 mm), een dekvloer uit cementmortel (minimale dikte van 30 mm), kunststeen of minerale platen met een dikte van minstens 40 mm. Beschikking 2000/553 van de Commissie van 6 september 2000 [E6] bevat de officiële lijst hiervan.

Zelfs indien dit niet duidelijk vermeld staat in de regelgeving zouden de afdichtingsmembranen van de dakopstanden net zoals de dakvlakken tot de klasse $B_{ROOF}(t1)$ moeten behoren. We willen er niettemin op wijzen dat de proeven doorgaans gebeuren in het laboratorium op daken met een helling van 15°. Volgens de norm gelden deze proefresultaten enkel voor daken met een helling $\leq 20^\circ$. In de praktijk gebruikt men voor de dakopstanden echter gewoonlijk hetzelfde afdichtingsmembran als voor het dakvlak, zelfs indien dit laatste niet beproefd werd voor de klasse $B_{ROOF}(t1)$, die van toepassing is op verticale elementen. Daar de dakopstanden in de regel een beperkte hoogte hebben (≤ 1 m), is het risico op brandoverslag hier verwaarloosbaar.

Voor meer informatie omtrent het brandgedrag van platte daken kan men er de verschillende voormelde documenten op naslaan, evenals de [WTCB-Dossiers 2014/4.6](#) [M15] en [2019/4.3](#) [M16]. Wat het brandgedrag van groendaken betreft, verwijzen we de geïnteresseerde lezer naar de [WTCB-Dossiers 2011/4.7](#) [M13] en naar het KB van 12/07/2012 [F1].

2.2.4 BRANDRISICO'S TIJDENS DE WERKEN

De ontvlambaarheid van bepaalde materialen en hun uitvoeringswijze (vlamlassen, oplosmiddelgedragen primers, ketelverwarming ...) verhogen het risico op brand en ontploffing tijdens de uitvoering van het dak. Men dient dan ook bijzondere voorzorgen te nemen op de bouwplaats om deze risico's te vermijden.

De brandveiligheid tijdens de dichtingswerken maakte het voorwerp uit van een brochure die gepubliceerd werd door de Belgische Vereniging van Aannemers van Dichtingswerken (BEVAD) [B5]. In dit document komen de verschillende uitrustingen die een risico inhouden aan bod (autogeenbrander, vlam, gasfles, bitumenketel ...) en worden er voor elke uitrusting fiches opgesteld waarin de te nemen voorzorgen en de bijzondere aandachtspunten vermeld staan. Ook de veiligheidsfiches van de producten (MSDS), het risico op explosie, de (oplosmiddelgedragen) primers, de veiligheidskledij, de vuurvergunning (zie het Technische Dossier ANPI ST 148) [N1] en de manier waarop een gebeurlijke brand geblust moet worden, worden hierin besproken.

2.3 MILIEU-ASPECTEN

De milieu-aspecten worden alsmaar belangrijker. De voornaamste aandachtspunten zijn de keuze van de materialen (milieu-impact), de sloop, de recyclage, de afvalverwerking en de renovatiemogelijkheden. In deze context dient men de gewestelijke regelgeving na te leven.

2.3.1 DUURZAAM BOUWEN EN DUURZAME BOUWMATERIALEN

Duurzaam bouwen impliceert dat er aandacht besteed wordt aan de technische, milieugerelateerde, economische en maatschappelijke aspecten van het bouwgebeuren [12].

Een gebouw kan echter enkel duurzaam zijn indien het eerst gedurende zijn volledige levensduur aan de verwachte **technische en functionele prestaties** voldoet. In duurzame bouwprojecten moet er bovendien gestreefd worden naar een beperkte impact op het milieu en op de menselijke gezondheid (bv. door de CO₂-uitstoot en andere schadelijke emissies te beperken), een maximale maatschappelijke duurzaamheid (goede werkvoorwaarden bij de productie van de materialen ...) en een optimale economische duurzaamheid (bv. betaalbare materialen waarvan de levenscyclus weinig kosten genereert).

2.3.2 WAT VERSTAAT MEN ONDER LCA EN EPD?

De **levenscyclusanalyse** (LCA voor *Life Cycle Assessment*) wordt gebruikt om de milieu-impact van een materiaal, een gebouwelement of een volledig gebouw te becijferen. Een LCA houdt rekening met de verschillende levenscyclusfasen: de productie, de installatie, het gebruik, de afbraak en de verwerking van het afval. De **milieu-impact** wordt ofwel uitgedrukt onder de vorm van indicatoren (klimaatverandering, verzuring van de bodem en het water, fijnstofvorming en uitputting van de grondstoffen), ofwel onder de vorm van een eengetalscore die bekomen wordt na normalisatie, weging en aggregatie van de resultaten. Er bestaan Europese geharmoniseerde normen waarmee het mogelijk is om de milieu-impact van bouwproducten (NBN EN 15804+A2) en gebouwen (NBN EN 15978) te beoordelen [B53, B54]. Voor meer informatie hieromtrent verwijzen we naar de **Infofiche nr. 64** van het WTCB [14].

Een **milieuproductverklaring** of **EPD** (*Environmental Product Declaration*) is een gestandaardiseerde fiche met objectieve milieu-informatie over een specifiek

product, die gebaseerd is op de levenscyclusanalyse ervan. Een EPD houdt dus geen waardeoordeel in en kan bouwprofessionelen helpen bij de keuze van milieuvriendelijke materialen. Sinds de publicatie van het koninklijk besluit van 22 mei 2014 tot vaststelling van de minimumeisen voor het aanbrenge van milieubooschappen op bouwproducten [F5], is elke fabrikant die een milieubooschapp op zijn producten wenst aan te brengen ertoe verplicht om een EPD op te stellen en om deze te laten registreren in de **publiek toegankelijke federale EPD-databank** (www.b-epd.be) [F5, W2]. Op deze manier heeft elke consument toegang tot de achterliggende milieu-informatie van een product. Deze databank staat open voor alle EPD's van bouwproducten die opgesteld werden volgens de Belgische en Europese rekenregels. Er zijn verschillende Europese landen die beschikken over EPD-databanken waarin bouwproducten opgenomen zijn. Denken we hierbij maar even aan de INIES-referentiedatabank in Frankrijk, de *Environmental Profiles* in Groot-Brittannië, de *Umwelt Produktdeklarationen* in Duitsland, het *International EPD® System* in Scandinavië en de Nationale Milieudatabase in Nederland.

Het doel ervan is niet om de milieu-impact van de producten te vergelijken op basis van de EPD's. Dit zou immers enkel mogelijk zijn binnen eenzelfde EPD-systeem en in het geval van een equivalente functionele eenheid. De impact van één kilo van een product kan bijvoorbeeld niet vergeleken worden met deze van één vierkante meter van een alternatief product.

Hoewel de EPD's ontwikkeld werden voor bouwproducten, kunnen ze ook gebruikt worden als basis voor de milieubeoordeling van bouwelementen of volledige gebouwen. De beoordeling van een bouwproduct is evenwel niet beperkt tot het product *an sich*, maar houdt tevens rekening met de **toepassing ervan in het gebouw**. Het is bijvoorbeeld mogelijk dat het gebruik van materialen met een geringe milieu-impact in een gebouw ertoe leidt dat het gebouw minder goede milieuprestaties begint te vertonen omwille van het feit dat ze bijkomende bevestigingen of meer onderhoud vergen in de loop van de levensduur van het bouwwerk.

Om de Belgische bouwsector te helpen bij het evalueren en optimaliseren van de **milieuprestatie van bouwelementen en gebouwen**, hebben de drie gewesten de **TOTEM-tool** (*Tool to Optimise the Total Environmental impact of Materials* of tool voor het optimaliseren van de totale milieu-impact van materialen) gelanceerd [W3]. Deze tool berust op een Europese methodologie en is vrij toegankelijk voor iedere bouwprofessioneel met enige kennis inzake levenscyclusanalyses (www.totem-building.be).

2.3.3 MILIEU-IMPACT VAN PLATTE DAKEN

In de *WTCB-Dossiers nrs. 2013/3.6* [J1] en *2015/2.19* [J3] worden er een aantal plattedakopbouwen besproken die onderworpen werden aan LCA's, gebaseerd op generieke milieudata (en dus niet op EPD's). De resultaten van deze analyses werden geactualiseerd op basis van de Belgische in TOTEM gebruikte methodologie. Deze steunt op de Europese normen en vervangt de in de voormelde dossiers gehanteerde Recipe-methode. De resultaten zijn weergegeven in de grafieken van de afbeeldingen 15 tot 17, die respectievelijk de impact van de afdichtingslagen (en hun vervangingsscenario's), de dakvloer en het energieverbruik illustreren.

Tabel 7 geeft een kort overzicht van de toegepaste methoden en scenario's (voor meer details verwijzen we de lezer naar voormelde artikels).

Voor de analyse van de resultaten maken we een onderscheid tussen de milieu-impact van het dak zonder vervanging (volle balken) en de bijkomende milieu-impact van de mogelijke vervangingen tijdens de geschatte levensduur van het dak (gearceerde balken).

■ Milieu-impact van de afdichtingslaag en haar vervangingen

De volle balken (zonder vervangingen) uit afbeelding 15 tonen dat de daken, ongeacht het type afdichting, een vergelijkbare milieu-impact hebben en dit, rekening houdend met een foutenmarge van 20 %, die niet representatief is voor de LCA's. Het zijn veeleer de

vervangingsscenario's die een belangrijke invloed lijken te hebben op de milieu-impact gedurende de levenscyclus van het dak.

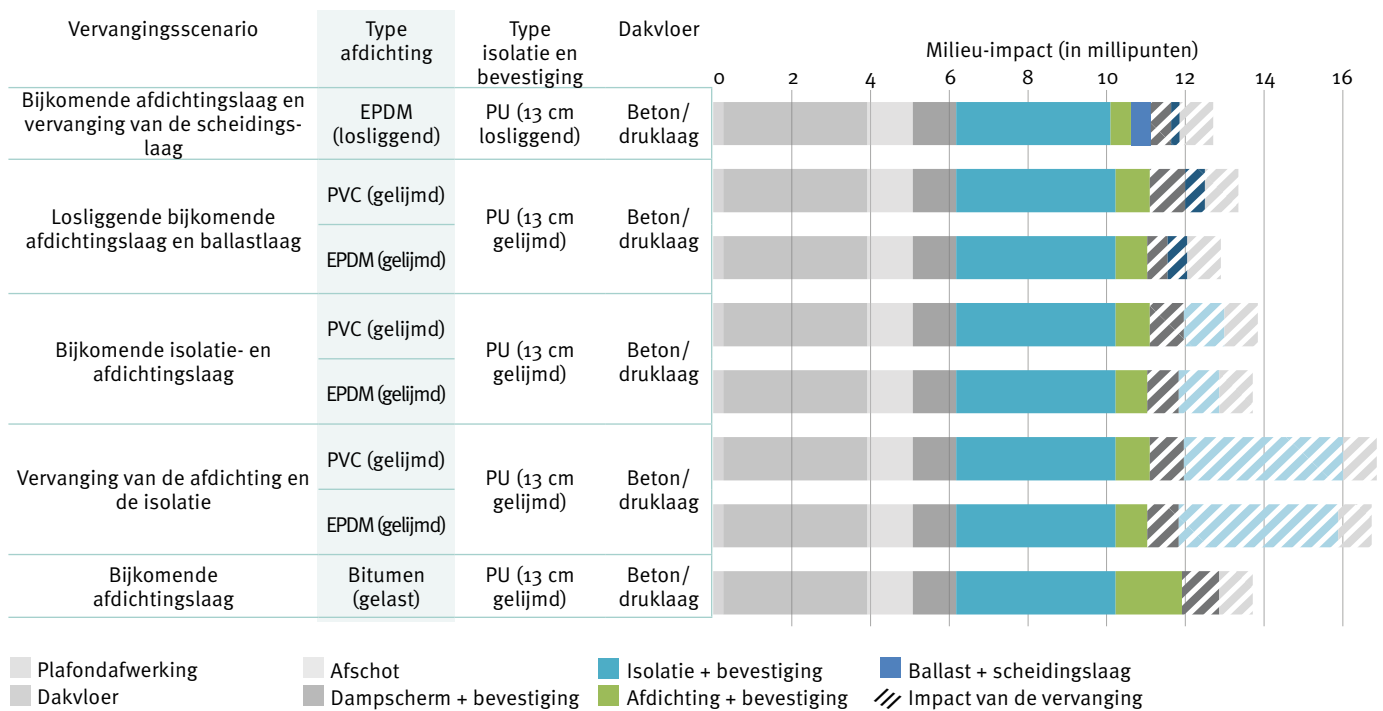
Hoewel de keuze van de draagstructuur en de thermische isolatie een belangrijke rol speelt bij de milieu-impact van het dak (zie hieronder), is het enkel wanneer men de levensduur van het volledige dak en de eventuele vervangingen beschouwt dat de verschillen in milieu-impact tussen de daken duidelijk worden. Indien de afdichting tijdens de beoogde levensduur één of meerdere keren vervangen moet worden, dan moet er namelijk rekening gehouden worden met een bijkomende milieu-impact. Deze bijkomende impact hangt in sterke mate af van het gekozen vervangingsscenario. In het geval van een gelijkde afdichting zou de impact van de vervanging al naargelang van het weerhouden scenario bijvoorbeeld kunnen overeenstemmen met de impact van de vervangen afdichting, vermeerderd met de impact ten gevolge van de vervanging van de volledige onderliggende isolatielaag. De impact van de vervanging hangt dan sterk af van de vervangingsfrequentie en het gekozen vervangingsscenario.

De **vervangingsfrequentie** wordt bepaald door de verwachte levensduur van het dak en het beschouwde materiaal. Voor de LCA's van residentiële gebouwen gaat men gewoonlijk uit van een levensduur van 60 jaar. Voor industriële gebouwen en kantoorgebouwen zou er eventueel een kortere levensduur beschouwd kunnen worden. Het is daarentegen niet gemakkelijk om de levensduur van de afdichting te bepalen, gelet op het gebrek aan duidelijke gegevens en een genormaliseerde methode. Uit de informatie die

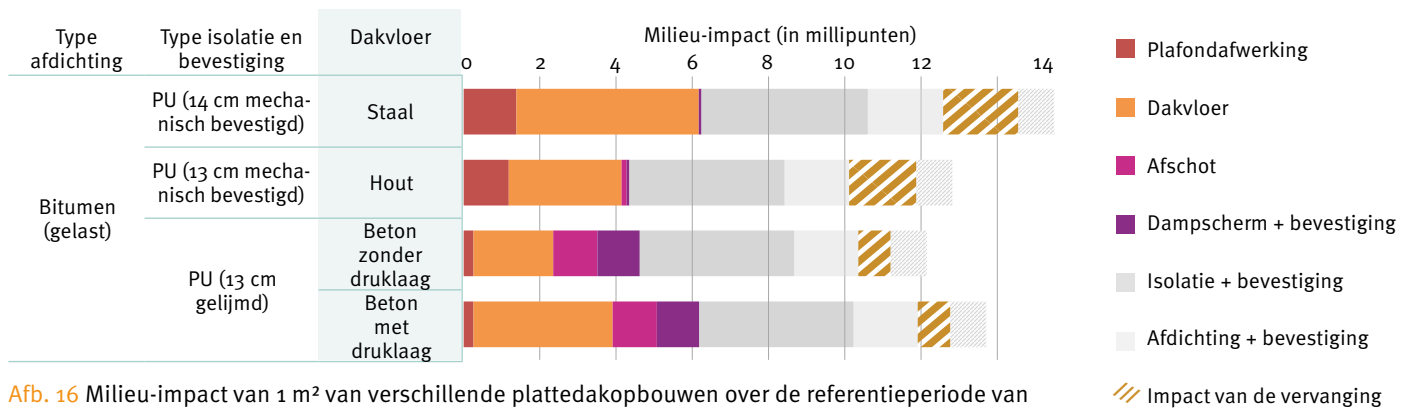
(vervolg van de tekst op p. 26)

Tabel 7 Benadering van de LCA's die uitgevoerd werden op de platte daken [J1, J3].

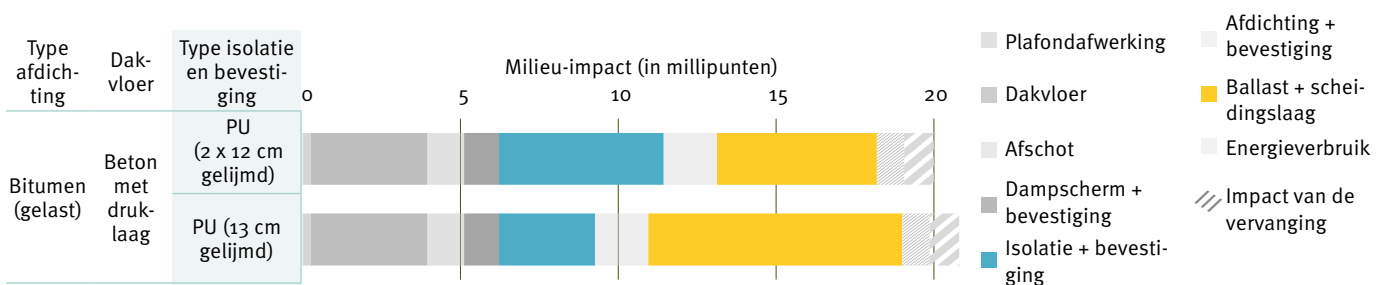
Functionele eenheid	1 m ² van een ontoegankelijk plat dak met een overspanning van 6 m en een U-waarde van 0,20 W/m ² .K (afbeeldingen 15 en 16), van 0,24 W/m ² .K of van 0,15 W/m ² .K (afbeelding 17)
Evaluatieperiode	60 jaar
Systeemgrenzen	'Van-wieg-tot-graf'-analyse (<i>cradle-to-grave</i>): productie, transport, installatie op de bouwplaats, gebruik (vervangingen, energieverbruik voor de verwarming ...), afbraak, transport en afvalverwerking
Databank en scenario's	Aan de Belgische context aangepaste generieke databank Ecoinvent v3.7 (www.ecoinvent.ch). Scenario's voor het transport en het levenseinde die representatief zijn voor de Belgische situatie (jaar 2017)
Energieverbruik voor de verwarming	Ten gevolge van de verliezen doorheen het element: <ul style="list-style-type: none"> – methode van de equivalente graaddagen (1200 equivalente graaddagen) – verwarmingssysteem uitgerust met een gascondensatieketel, globaal rendement van de installatie van 68 %
Analysemethode voor de milieu-impact	NBN EN 15804+A2 [B53]: verschillende milieu-impactindicatoren Normalisatie en weging EF _{3.0} 11/2019: eengetalscore (in punten). De EF-wegingsmethode die men terugvindt in de Belgische LCA-tool TOTEM laat toe om de impact op 16 afzonderlijke milieu-indicatoren te berekenen en de resultaten samen te voegen tot een eengetalscore (uitgedrukt in punten). Hoe hoger de score, hoe groter de milieu-impact.
Datum van de analyses	2021



Afb. 15 Milieu-impact van 1 m² van verschillende plattedakopbouwen over de referentieperiode van 60 jaar – Benadrukking van de afdichtingslagen en de vervangingsscenario's (methode MMG2014, december 2017).



Afb. 16 Milieu-impact van 1 m² van verschillende plattedakopbouwen over de referentieperiode van 60 jaar – Benadrukking van de dakvloer (methode MMG2014, december 2017).



Afb. 17 Milieu-impact van 1 m² van verschillende plattedakopbouwen over de referentieperiode van 60 jaar – Benadrukking van de isolatiewaarde (energieverbruik) (methode MMG2014, december 2017).

(vervolg van p. 24)

opgenomen is in de Belgische en buitenlandse referentiedocumenten blijkt dat de **resultaten een grote spreiding vertonen**, met een levensduur die varieert tussen 14 en 50 jaar voor elk van de beschouwde afdichtingen [B6, B7, S4, W24]. Voormelde levensduren stemmen overigens overeen met deze, gedeclareerd door de fabrikanten. In de praktijk is de levensduur uiteraard afhankelijk van de ligging van het gebouw, van het plat-tedaksysteem, van de atmosferische factoren, van de kwaliteit van de uitvoering en het onderhoud van de afdichting, evenals van het gemak waarmee het onderhoud en de herstellingen uitgevoerd kunnen worden. We willen erop wijzen dat een regelmatig onderhoud noodzakelijk is om de goede werking van de afdichting in de tijd te waarborgen (zie hoofdstuk 11, p. 131).

■ Milieu-impact van de dakvloer

De keuze van de dakvloer heeft een rechtstreekse invloed op het gamma van producten die aangebracht kunnen worden aan weerszijden van de dakvloer. De aangrenzende producten moeten immers verenigbaar zijn met de bijzonderheden van de weerhouden structuur. Zelfs wanneer de milieu-impact van de structuur aanzienlijk kan variëren in functie van het type, zal het bijgevolg nodig zijn om voormelde impact tegelijkertijd te analyseren met deze van de specifieke aangrenzende lagen die eveneens een invloed uitoefenen op de totale impact van het dak. In afbeelding 16 (p. 25) is de milieu-impact van de **betonnen dakvloer** zonder druklaag bijvoorbeeld kleiner dan die van de **houten dakvloer**. Dit verschil in impact wordt echter gecompenseerd door de milieu-impact van de plafondafwerking, van het afschot en van het dampscherm van elk van beide dakvloeren.

De opbouw met de **stalen dakvloer** vertoont de grootste impact onder de bestudeerde oplossingen. Dit is hoofdzakelijk te wijten aan de grotere impact van de stalen componenten, maar ook aan de impact van de eventuele binnenafwerking, die voor een stalen dakvloer groter is dan voor andere dakvloeren. Indien er geen binnenafwerking aanwezig is (wat meestal het geval is in industriële gebouwen en kantoorgebouwen), dan kan dit effect evenwel verminderen.

■ Milieu-impact van het energieverbruik voor de verwarming

Een goede isolatie van het dak is evenzeer gunstig voor het milieu: uit afbeelding 17 (p. 25) blijkt duidelijk dat de negatieve impact die voortvloeit uit de toename van de isolatiedikte ruim gecompenseerd wordt door het verminderde energieverbruik voor de verwarming gedurende de gebruiksduur van het dak.

2.3.4 DUURZAAM GEBRUIK VAN MATERIALEN

Naast de milieu-impact van de materialen zijn er ook nog andere aspecten die een rol te spelen hebben bij de beoordeling van de duurzaamheid van platte daken: lager energieverbruik en verhoogd thermisch comfort door de bijkomende isolatie van het dak, beter water- en biodiversiteitsbeheer in aanwezigheid van een groendak, vermindering van het hitte-eilandeffect bij een wit of reflecterend afdichtingsmembraan of een groendak, productie van groene energie door zonnepanelen ...

Ook de algemene principes voor een **weldoordacht gebruik, hergebruik en recyclage van materialen** zijn van belang in de context van duurzaam grondstoffen-gebruik en circulaire economie. De intelligente assemblage van de materialen en bouwelementen en de verantwoorde exploitatie van de gebouwen vormen de sleutel van deze benadering. Met name voor platte daken zijn de losliggende plaatsing (met ballast) en de mechanische bevestiging van de verschillende lagen (afdichting, isolatie, dampscherm) perfect compatibel met het streven naar demontabel en flexibel bouwen.

2.3.5 RECUPERATIE VAN REGENWATER

Water is een kostbare grondstof die rationeel gebruikt moet worden. Ruim 50 % van het water dat door een huishouden verbruikt wordt, is bestemd voor de was, de schoonmaak en het doorspoelen van het toilet. Voor deze toepassingen kan er probleemloos regenwater gebruikt worden in de plaats van drinkwater. De 80 m³ regenwater die op jaarbasis op een dak van 100 m² verzameld worden, kunnen voor deze toepassingen immers volstaan.

Om het gebruik van regenwater aan te moedigen, worden er in bepaalde gemeenten of gewesten premies uitgereikt of reglementeringen uitgevaardigd. Regenwater mag alleen gebruikt worden voor niet-sanitaire doeleinden en nooit in de keuken of de badkamer. Het regenwaterdistributiesysteem moet bovendien volledig gescheiden zijn van het drinkwatersysteem. De recuperatie en het hergebruik van regenwater (filtratie, opslag, distributiesysteem, kwaliteit van het gerecupereerde water ...) zullen binnenkort behandeld worden in een nieuwe Technische Voorlichting.

De kwaliteit van het gerecupereerde water kan variëren naargelang van de materialen waarmee het in contact komt. Dit kwaliteitsverschil kan te wijten zijn aan uitloging, hetzij van bij de vervaardiging van het membraan gebruikte producten, hetzij van door veroudering in het membraan gevormde stoffen, hetzij van op

het membraan gevormde afzettingen. In het geval van een groendak wordt er vaak een besmetting van het door het substraat sijpelende water vastgesteld [D1].

Bij het gerecupereerde regenwater worden vaak de volgende kwaliteitsproblemen vastgesteld [W5]:

- een **onaangename geur**: na verloop van enkele jaren, vaak na een periode van sterke hitte en een beperkt regenwaterverbruik (bv. vakantie) en/of wanneer de regenput bijna leeg is, kan er door de vermenigvuldiging van bacteriën een slechte geur ontstaan. Een andere mogelijke oorzaak is een teveel aan stuifmeel of uitwerpselen (bv. van duiven). De behandeling bestaat erin om het reservoir evenals de leidingen en toestellen die met dit water gevoed worden te reinigen, te spoelen en te ontsmetten
- een **geelbruine verkleuring**: deze kan optreden op groendaken door het oplossen van bepaalde onderdelen van het substraat (de recuperatie van water vanop groendaken is echter eerder uitzonderlijk vermits de beschikbare hoeveelheden in dit geval beperkter zijn). Dit verschijnsel kan men ook waarnemen op klassieke daken waarvan de materialen afgebroken worden onder invloed van UV-straling; in dit geval kunnen er stoffen vrijkomen en meegevoerd worden door het water. De verkleuring varieert in functie van de materialen en de periode. Ze is meer uitgesproken na een lange zonnige periode zonder regen. Om dit verschijnsel te voorkomen, kan men de materialen beschermen (leischilfers, coating ...) of een actievekoolfilter gebruiken
- bruinwitte **slibafzettingen** in de spoelbakken en de verdeelleidingen: deze afzettingen vormen zich bij water dat afkomstig is van daken met een ballastlaag uit granulaten waaruit uiterst fijne partikeltjes meegevoerd worden door de regen en vervolgens

afgezet worden in het reservoir. Deze afzettingen zijn niet alleen onesthetisch, ze kunnen ook de goede werking van de installatie in het gedrang brengen. Dit kan men verhelpen door de ballast te vervangen door goed gespoelde granulaten die geen kalksteen bevatten (die door contact met zure regen geërodeerd kan worden) of door het waterrecuperatiesysteem gedurende een voldoende lange periode (ongeveer een jaar) niet te gebruiken (zie ook § 9.2.1, p. 116).

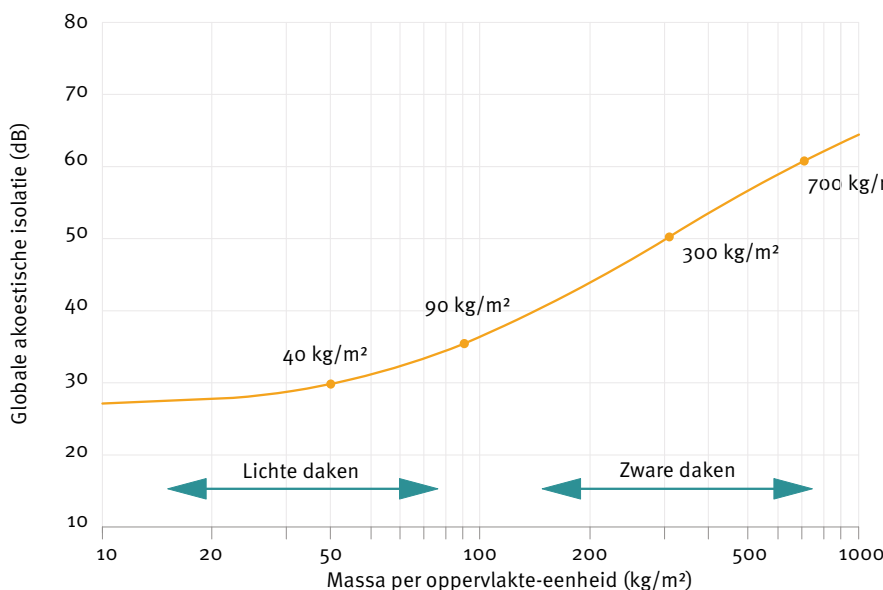
We willen erop wijzen dat er vooralsnog geen reglementaire eisen van toepassing zijn op recuperatiewater.

2.4 AKOESTISCHE PRESTATIES

De akoestische prestaties en de eventuele desbetreffende eisen moeten in aanmerking genomen worden vanaf de ontwerpfase en moeten het voorwerp uitmaken van een gespecialiseerde studie door een akoestisch ingenieur.

De globale akoestische-isolatieprestatie van een wand wordt uitgedrukt in decibels (dB). Ze is in de eerste plaats afhankelijk van de oppervlaktemassa van de wand (naarmate deze hoger is, zal ook de luchtgeluidsisolatie beter zijn), maar ook van de aansluitingen tussen de verschillende componenten: een massa-veer-massasysteem met soepele aansluitingen zorgt voor een goede isolatie tegen luchtgeluiden en contactgeluiden. De akoestische prestaties van het dak spelen een belangrijke rol voor de globale akoestische prestatie van de gebouwschil.

Uit afbeelding 18 blijkt bijvoorbeeld dat een licht dak



Afb. 18 Luchtgeluidsisolatie in functie van de oppervlaktemassa: empirische relatie in het geval van enkelvoudige wanden.

(~40 kg/m²; dakvloer uit hout of geprofileerde staalplaten) beduidend slechtere akoestische prestaties oplevert dan een zwaar dak (~300 kg/m²; dakvloer uit beton), waarbij het eerste een globale akoestische isolatie van 30 dB vertoont en het tweede van 50 dB. Voor dit type 'zware' constructies is de isolatie tegen lawaai van buitenaf dan ook meestal voldoende. Kamers, salons of om het even welke andere geluidsgevoelige ruimten die zich onder een lichte dakconstructie bevinden, kunnen daarentegen bijkomende maatregelen vereisen ter verbetering van de geluidsisolatie teneinde een adequate bescherming te bieden tegen lawaai van buitenaf indien hun niveau dit rechtvaardigt.

Voor residentiële gebouwen en schoolgebouwen dient men de akoestische-isolatiecriteria voor gevels toe te passen die respectievelijk vastgelegd zijn in de normen NBN S 01-400-1 [B61] en NBN S 01-400-2 [B62]. Voor de andere gebouwtypes dient men de gevelisolatiecategorïeën te respecteren die gedefinieerd zijn in de norm NBN S 01-400 [B60].

Om de isolatie van lichte platte daken ten aanzien van zowel luchtgeluid (bv. verkeer) als contactgeluid door regen te verbeteren, kunnen dezelfde aanbevelingen

geformuleerd worden als voor traditionele hellende daken met gordingen of sporensparren (zie de [TV 240](#) en de [TV 251](#)) [W13, W15]. Het gebrek aan massa in vergelijking met een zware dakconstructie kan op het vlak van akoestiek immers ruimschoots gecompenseerd worden door het dak te ontwerpen volgens een massa-veer-massasysteem. In deze context dient men ervoor te zorgen dat de binnenafwerking in de mate van het mogelijke gescheiden wordt van de dakvloer (minder stijve verbindingen om een massa-veer-massasysteem te creëren), dat de massa van de buitenste lagen verhoogd wordt (bv. door de platen aan de binnenzijde te ontdebelen), of dat de structuur verzaagd wordt door deze te combineren met een groendak of een ballastlaag (voor zover de dakvloer dit toelaat, wat in het geval van een licht dak eerder uitzonderlijk zal zijn).

Deze laatste maatregel zou eveneens interessant kunnen zijn om het contactgeluid door regen te dempen. Er bestaan bovendien specifieke producten (membranen, platen ...) die toelaten om de akoestische isolatie van lichte platte daken aanzienlijk te verbeteren.

Voor meer informatie omtrent de akoestische isolatie van daken verwijzen we de geïnteresseerde lezer naar de [WTCB-Dossiers 2010/2.5](#) [1].

3

DAKOPBOUWEN

In § 3.1 van deze Technische Voorlichting worden twee types klassieke (beproefde) dakopbouwen besproken die zich van elkaar onderscheiden door de ligging van de isolatie ten opzichte van de afdichting en de dakvloer, meer bepaald:

- warme daken (waarbij de isolatie gelegen is tussen de afdichting en de dakvloer) (§ 3.1.1)
- omkeerdaken (waarbij de isolatie op de afdichting ligt) (§ 3.1.2, p. 30).

In § 3.2 (p. 32) worden een aantal dakopbouwen besproken die onaanvaardbaar zijn vanuit een technisch oogpunt. Het gaat hier om:

- daken waarbij de isolatie zich onder de dakvloer bevindt (§ 3.2.1, p. 32)
- koude daken (§ 3.2.2, p. 33)
- daken waarbij de isolatie zich onder de afschotlaag bevindt (§ 3.2.3, p. 34).

In § 3.3 worden er ten slotte vier dakopbouwen beschreven die bijzondere aandacht vereisen, met name:

- daken waarbij de isolatie zich op en onder de dakvloer bevindt (§ 3.3.1, p. 35)
- zogenoemde compactdaken (§ 3.3.2, p. 36)
- daken waarbij de afschotlaag opgebouwd is uit een isolerende cementgebonden mortel en geïntegreerde isolatieplaten (§ 3.3.3, p. 37)
- daken van koelruimten (§ 3.3.4, p. 38).

3.1 KLASSIEKE (BEPROEFDE) DAKOPBOUWEN

3.1.1 WARME DAKEN

Warme daken zijn de meest courant gebruikte oplossing. Ze bestaat erin om de isolatie op de dakvloer aan te brengen zonder in een luchtspouw tussen de verschillende lagen te voorzien. De afdichting wordt op de isolatie aangebracht met of zonder scheidingslaag en kan eventueel voorzien worden van een ballastlaag (afbeelding 19). De dakvloer moet gewoonlijk vooraf bekleed worden met een dampscherm (hoofdstuk 6, p. 55).

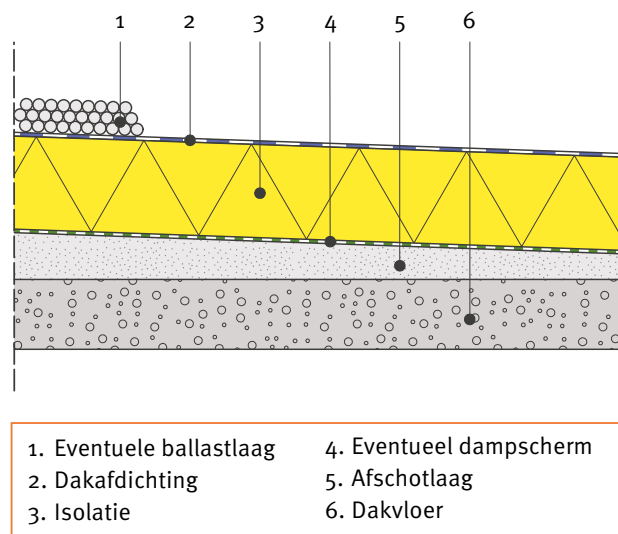
Onder warme daken verstaat men tevens dakopbouwen die voorzien zijn van een afschotlaag die opge-

bouwd is uit isolatieplaten die omhuld zijn met een mortel, samengesteld uit isolerende granulaten en cement. Deze systemen vereisen bijzondere aandacht op een aantal punten, waarop we dieper zullen ingaan in § 3.3.3 (p. 37).

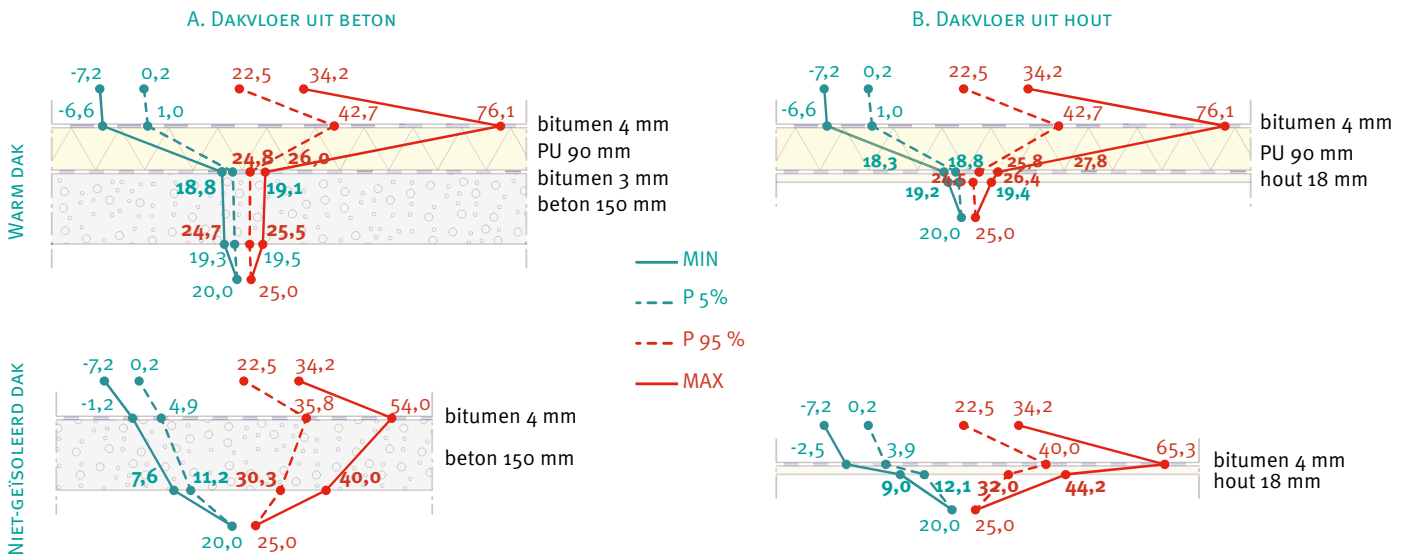
Daken waarvan de dakvloer opgebouwd is uit elementen van bijvoorbeeld cellenbeton of uit dunne sandwichpanelen en dergelijke, die tegelijkertijd dienst doen als dakvloer en als isolatie, vereisen vaak een bijkomende isolatie. Voor meer informatie hieromtrent verwijzen we naar § 3.2.1 (p. 32) aangezien de thermische isolatie in dit geval verdeeld is op en onder (in) de dakvloer.

Afbeelding 20 en tabel 8 (p. 30) tonen de verschillen in de evolutie van de temperatuur tussen een niet-geïsoleerd warm dak (150 mm beton) en een geïsoleerd warm dak (U-waarde $\approx 0,24 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$).

In een warm dak beschermt de isolatie de dakvloer tegen sterke temperatuurschommelingen, waardoor het risico op bewegingen van en scheurvorming in de dakvloer en de muren beperkt wordt. Op daken zonder ballastlaag kunnen de thermische belastingen op de afdichting echter aanzienlijk zijn (zie afbeeldingen 20 A en B, p. 30, respectievelijk voor een dakvloer uit beton en een dakvloer uit hout).



Afb. 19 Warm dak.



Afb. 20 Uiterste temperaturen op een niet-geïsoleerd dak en een warm dak, voorzien van een dakvloer uit beton of hout.

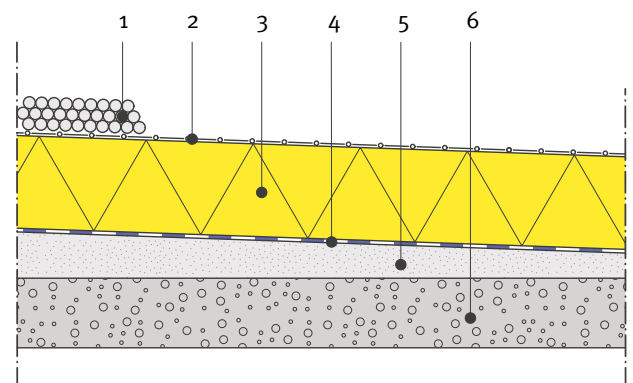
Tabel 8 Temperaturen van platte daken (grootteorde).

Temperatuur	Niet-geïsoleerd dak	Geïsoleerd warm dak	Invloed van de isolatie
Van de afdichting	-3 tot 65 °C	-7 tot 76 °C	Verhoging van de thermische belasting op de afdichting
Aan het oppervlak van de dakvloer	-3 tot 65 °C	18 tot 28 °C	Sterke daling van de temperatuurschommelingen in de dakvloer
Aan de binnenzijde van de dakvloer	8 tot 44 °C	19 tot 26 °C	Verhoogd thermisch comfort en beperking van de oppervlaktecondensatie

3.1.2 OMKEERDAK

In het geval van een omkeerdak wordt de afdichting losliggend op de dakvloer geplaatst of hierop verkleefd/mechanisch bevestigd. De isolatie wordt losliggend op de afdichting geplaatst (afbeelding 21). De isolatie bestaat uit platen van geëxtrudeerd polystyreen (XPS) die geballast worden met grind of tegels (eventueel op tegeldragers). Voor dit type toepassing kan er XPS gebruikt worden omdat het weinig vocht absorbeert bij een rechtstreekse blootstelling aan het regenwater dat onder en tussen de platen vloeit, voor zover deze niet op permanente basis onder water staan.

Meer nog dan op een warm dak moet de helling van het dak en van de dakgoten toereikend zijn (minimum 2 %) om een snelle waterafvoer te waarborgen, om de warmteverliezen door het aflopende water te beperken en om het risico op condensatie in de isolatie tegen te gaan. Voor dit laatste aspect is het belangrijk dat de lagen die boven de isolatie gelegen zijn damp-



1. Ballast
2. Filter
3. Dakisolatie
4. Afdichting
5. Afschotlaag
6. Dakvloer

Afb. 21 Omkeerdak.

open zijn. Het is dan ook onmogelijk om meerdere isolatielagen boven elkaar aan te brengen.

Het gewicht van de ballastlaag moet voldoende groot zijn om het afwaaien of opdrijven van de isolatieplaten te voorkomen (hoofdstuk 9, p. 115). De ballast beschermt de isolatieplaten daarenboven tegen UV-straling. Men dient bijzondere aandacht te besteden aan luchtoppen dakvloeren en/of losliggende afdichtingen, omdat de windbelasting in deze gevallen veel groter is (hoofdstuk 2, p. 9).

Er bestaan platen uit geëxtrudeerd polystyreen die fabrieksmatig voorzien worden van een dunne laag mortel die dienst doet als ballast en die bescherming biedt tegen UV-straling (met name ter hoogte van de opstanden). Deze ballast is echter niet altijd toereikend en moet – overeenkomstig de voorschriften uit het van kracht zijnde gebruiksgeschiktheidsattest – aangevuld worden met een bijkomende ballastlaag in de dakzones die onderhevig zijn aan een sterke windbelasting.

Het water dat onder de isolatie doorsijpelt (regen, smeltwater van sneeuw of ijs) leidt tot warmteverliezen die in aanmerking genomen moeten worden bij de bepaling van de isolatiedikte⁽⁸⁾. We willen erop wijzen dat het grootste deel van het regenwater afvloeit langs de bovenzijde van de isolatielaag en dat slechts een klein deel ervan naar onder infiltreert. De isolatie wordt bovendien steeds geballast en de druk die uitgeoefend wordt door de ballastlaag beperkt de hoeveelheid water die wegstroomt langs de onderzijde.

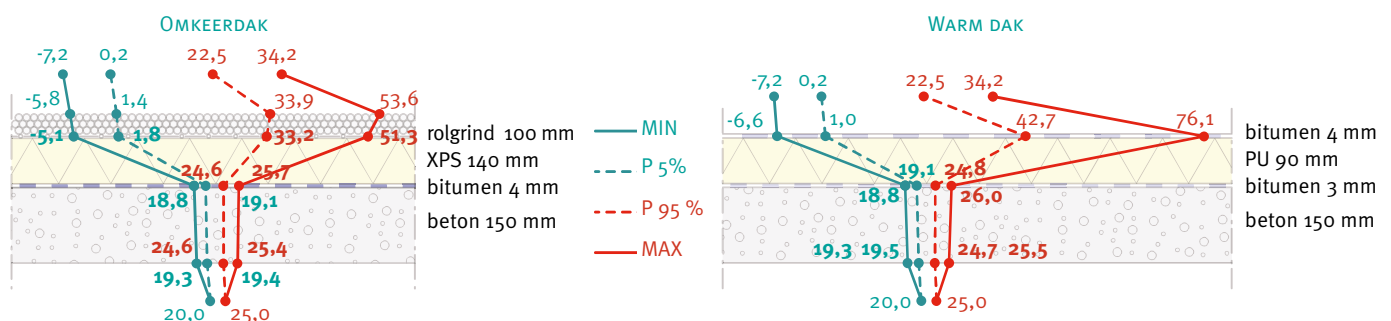
Men dient zich er daarenboven van te vergewissen dat de dakconstructie onder de afdichting over een toereikende warmteweerstand en/of warmtecapaciteit beschikt om het optreden van oppervlaktecondensa-

tie te vermijden. Er kunnen zich condensatieproblemen voordoen in ruimten die behoren tot de binnenklimaatklasse IV (zie hoofdstuk 6, p. 56). Het hygrothermische gedrag van het dak moet in dit geval het voorwerp uitmaken van een afzonderlijke studie, omdat het nodig kan zijn om te opteren voor een andere opbouw. Er is evenzeer een gespecialiseerde studie nodig bij een toepassing boven een koel- of diepvriesruimte (risico op condensatie en ijsvorming op de afdichting). Over dit onderwerp ontbreekt het vooralsnog aan naslagwerken.

Een omkeerdak vereist geen dampscherm omdat de afdichting deze rol vervult.

Omkeerdaken bieden het voordeel dat ze snel regendicht gemaakt kunnen worden en dat de plaatsing van de isolatie in een later stadium kan plaatsgrijpen. Een ander voordeel is de mogelijkheid tot hergebruik van de isolatie, die soms na de vervanging van de afdichting opnieuw op het dak aangebracht kan worden.

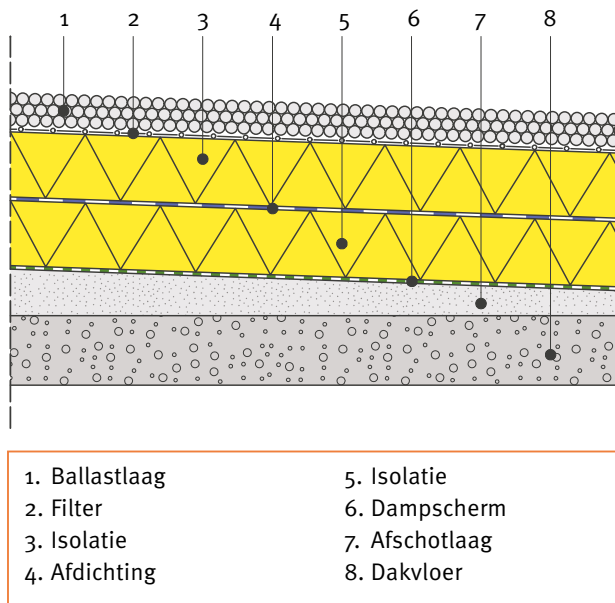
Afbeelding 22 toont de uiterste temperaturen die op een omkeerdak bereikt kunnen worden. De dakvloer en de afdichting zijn beschermd tegen temperatuurschommelingen (op een warm dak is de afdichting niet beschermd, zie afbeelding 19, p. 29), tegen thermische schokken en tegen andere klimatologische invloeden (bv. UV-straling)⁽⁹⁾. Dit betekent echter geenszins dat er bespaard mag worden op de kwaliteit van de afdichting. Deze wordt immers langer dan bij een warm dak blootgesteld aan een hoge vochtigheidsgraad die, gecombineerd met een constante temperatuur, aanleiding kan geven tot de ontwikkeling van micro-organismen. Bovendien hangt er een kostenplaatje vast aan de gebeurlijke herstellingen (bv. opsporen van lekken) en renovaties.



Afb. 22 Uiterste temperaturen op een omkeerdak (en op een warm dak bij wijze van vergelijking).

⁽⁸⁾ Voor de berekening van de warmteverliezen verwijzen we naar bijlage D van de NBN EN ISO 6946 [B56], naar § 7.4.5.2 van de NBN B 62-002 [B12] evenals naar hoofdstuk 7 van voorliggende TV (p. 67).

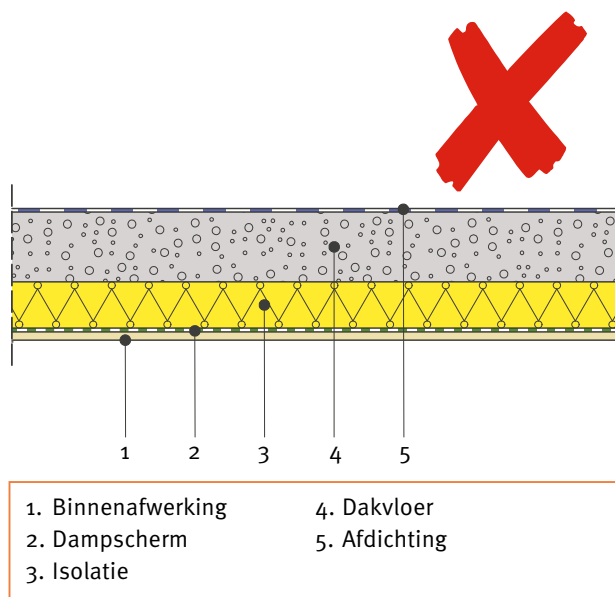
⁽⁹⁾ Er moet bijzondere aandacht besteed worden aan de opstanden omdat deze vaker blootgesteld worden aan UV-straling.



Afb. 23 Duodak.

De warmteverliezen die veroorzaakt worden door het doorsijpelen van water tussen en onder de isolatieplaten kunnen beperkt worden door een zogenoemd duodak te realiseren dat de voordelen van een warm dak en een omkeerdak combineert: een deel van de isolatie bevindt zich hierbij onder de afdichting, een ander deel erboven (afbeelding 23). Dit type dak moet onderworpen worden aan een hygrothermische controle (eventuele plaatsing van een dampscherm).

Tussen de isolatie en de ballastlaag wordt er in een filterlaag (geotextiel) voorzien om het doorsijpelen van fijne elementen te vermijden.



Afb. 24 Isolatie onder de dakvloer (af te raden).

In aanwezigheid van een afdichting uit PVC moet de verenigbaarheid gecontroleerd worden (soms kan het nodig zijn om een scheidingslaag aan te brengen).

Sinds een aantal jaren is het mogelijk om de warmteverliezen te beperken door een (niet-geweven ondoorlaatbaar) regenscherm tussen de isolatie en de ballastlaag aan te brengen. De vermindering van de verliezen (zie § 7.1.1.3, p. 68) kan becijferd worden met behulp van de proef die beschreven staat in bijlage C van de Europese technische goedkeuringsleidraad ETAG 031 [E4]. Het strekt tot aanbeveling om te beschikken over een gebruiksgeschiktheidsattest voor het product. Bij dit systeem is het mogelijk om verschillende isolatielagen boven elkaar aan te brengen, wat anders niet toegelaten is.

3.2 TECHNISCH ONAANVAARBARE DAKOPBOUWEN

Bepaalde daktypes die vroeger regelmatig toegepast werden, vertonen een opbouw die ongeschikt is vanuit een bouwfysisch oogpunt en zijn dus technisch onaanvaardbaar. Nieuwe daken die uitgevoerd worden volgens de hierna beschreven principes moeten dan ook beschouwd worden als foute dakopbouwen.

3.2.1 ISOLATIE ONDER DE DAKVLOER

Bij deze opbouw bevindt de isolatie zich aan de onderzijde van de dakvloer (afbeelding 24). Dit heeft als gevolg dat het dampscherm langs de binnenzijde van het dak aangebracht moet worden, onder de thermische isolatie. Zodoende verliest men het voornaamste voordeel van platte daken, namelijk het feit dat het dampscherm op een ononderbroken ondergrond geplaatst kan worden. Het zal dan ook moeilijk worden om inwendige condensatie te vermijden, aangezien:

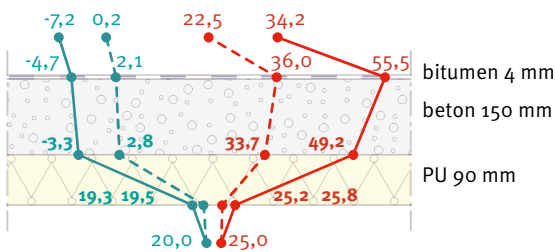
- het in de praktijk zo goed als onmogelijk is om een perfect dampscherm uit te voeren
- de functionaliteit van het dampscherm moeilijk gewaarborgd kan worden na de plaatsing ervan (risico op beschadiging achteraf door de gebruiker)
- er in nieuwe gebouwen in de zomer bouwvocht in het isolatiemateriaal kan dringen als gevolg van condensatie ('omgekeerde condensatie').

■ Voor **dakvloeren uit beton** kan deze inwendige condensatie bijdragen tot het ontstaan van wapeningscorrosie (cellenbeton en onvoldoende beschermde wapening). Bovendien staat de dakvloer bloot aan sterke temperatuurschommelingen

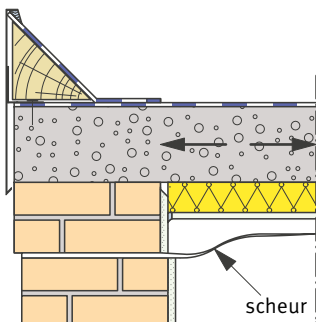
(afbeelding 25) die kunnen leiden tot scheurvorming, bv. in de draagmuur ter hoogte van de oplegging van de dakvloer (afbeelding 26). Verder is het moeilijk om de continuïteit van de isolatie te waarborgen en koudebruggen te vermijden. De dakvloer verliest ten slotte ook zijn thermische inertie.

- Bij **dakvloeren uit hout** kan er bouwvocht ingesloten raken tussen twee waterdichte lagen.

Een dergelijke dakopbouw is dan ook technisch onaanvaardbaar. Om dezelfde reden moet men opletten met sterk isolerende verlaagde plafonds, waarvoor een specifieke hygrothermische studie noodzakelijk is.



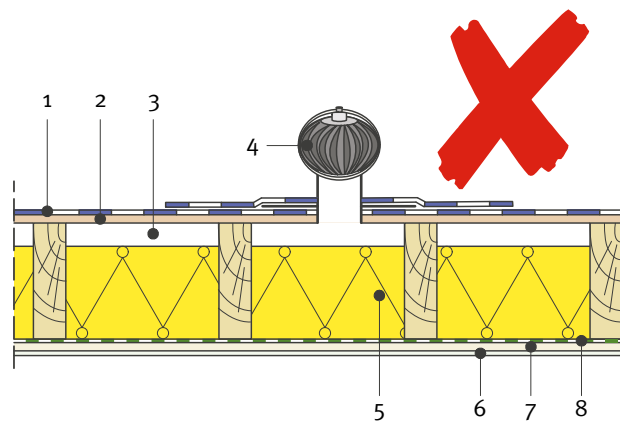
Afb. 25 Uiterste temperaturen op een dak dat voorzien is van isolatie onder de dakvloer.



Afb. 26 Scheurvorming ten gevolge van de thermische uitzetting van de langs de onderzijde geïsoleerde dakvloer.

3.2.2 KOUDE DAKEN

Het vroeger toegepaste ‘koude dak’ is een dakopbouw waarbij de isolatie zich onder de draagvloer van de afdichting bevindt en waarbij deze twee lagen van elkaar gescheiden zijn door een met buitenlucht geventileerde spouw (afbeelding 27). Deze ventilatie had als oogmerk om het in de structuur ingesloten (bouw)vocht of het vocht ten gevolge van inwendige condensatie op te drogen. Deze condensatie was te wijten aan de zo goed als onvermijdelijke lucht- en dampklekken, gelet op de moeilijkheid om een dampscherm (vaak afwezig) uit te voeren onder het dak en dus om de continuïteit en het behoud ervan in de tijd te waarborgen.



- | | |
|-----------------------------|-------------------------|
| 1. Afdichting | 5. Isolatie |
| 2. Dakvloer | 6. Binnenafwerking |
| 3. Geventileerde luchtspouw | 7. Latwerk |
| 4. Ventilatiekanaal | 8. Eventueel dampscherm |

Afb. 27 Koud dak (technisch onaanvaardbaar).

Deze techniek bleek echter ondoeltreffend te zijn omwille van verschillende redenen:

- de ventilatie is nooit toereikend om de droging van de dakopbouw toe te laten
- de draagvloer van de afdichting is soms veel kouder dan de ventilatiebuitenlucht, zodat er een reëel risico op onderkoelingscondensatie onder het afdichtingsmembraan bestaat
- inwendige condensatie treedt op gedurende de koudste periodes van het jaar. Aangezien koude lucht slechts een geringe hoeveelheid vocht kan bevatten, is het drogingsvermogen ervan dus gering
- de ventilatie met buitenlucht creëert onderdrukken in de dakopbouw (schoorsteeneffect) omdat er warme (vochtige) binnenlucht aangezogen wordt die via de openingen van het dampscherm binnendringt en in het dak condenseert



Afb. 28 Koud dak dat beschadigd is door het verrotten van de dakvloer.

- zelfs indien de ventilatie stopgezet wordt door de openingen af te dichten, blijft er een luchtlaag boven de thermische isolatie bestaan, alwaar een zekere circulatie niet uitgesloten kan worden (eventuele doorboringen van het dampscherm, luchtlekken via de opstanden, de gevels ...).

Condensatie kan verschillende schadebeelden teweegbrengen: verrotten van de dakvloer (afbeelding 28), beschadiging van de isolatie (waarvan de doeltreffendheid tot nul herleid wordt), bevriezen van de materialen, beschadiging van gebonden materialen, ontwikkeling van schimmels ... Deze configuratie,

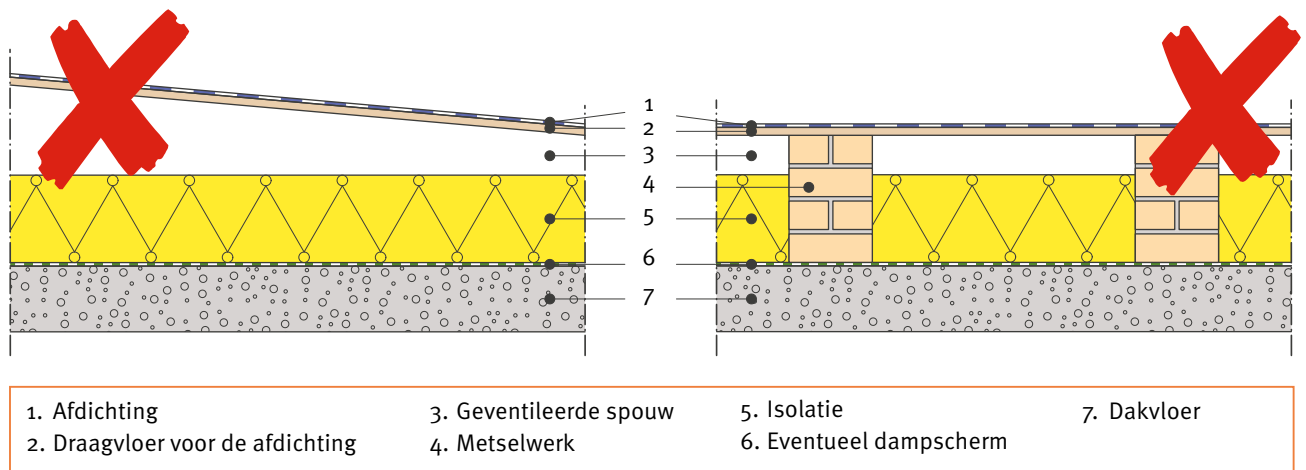
die door het WTCB reeds afgeraden wordt sinds 1978, is technisch onaanvaardbaar bij nieuwbouw.

In het geval van een renovatie is het sterk aanbevolen om dit type dakopbouw om te vormen tot een warm of een omkeerdak (zie § 3.3.1, en hoofdstuk 10, p. 123).

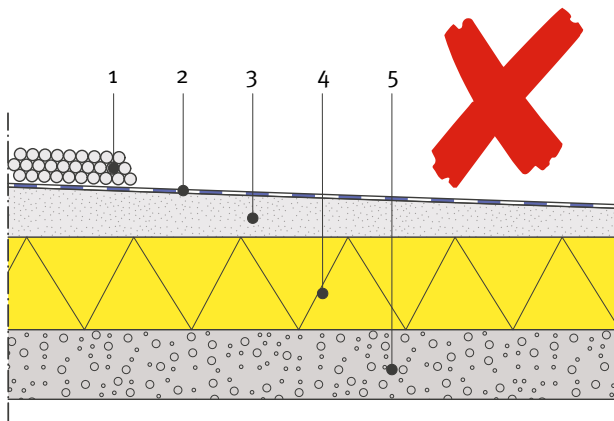
Een variant op het hierboven beschreven lichte koude dak is het zware koude dak. De dakvloer uit beton wordt hier (in uitzonderlijke gevallen) bedekt met een damp-scherm waarop een draagstructuur uit hout of metselwerk aangebracht wordt met daarboven een hellend uitgevoerde draagvloer voor de afdichting, bestaande uit welfsels of uit hout. Zodoende wordt er een geventileerde spouw gecreëerd waarin de isolatie zich bevindt. De afdichting is boven dit geheel geplaatst (afbeelding 29). Hoewel het minder problematisch lijkt dan bij een houten dakvloer, is ook dit systeem technisch onaanvaardbaar en heeft het in het verleden aanleiding gegeven tot verschillende schadegevallen. Gelet op de sterke temperatuurschommelingen waaraan de draagvloer voor de afdichting blootgesteld wordt, kan deze scheuren of aangetast worden door vorst en kunnen koudebruggen slechts moeilijk vermeden worden.

3.2.3 BETONNEN AFSCHOTLAAG OP DE ISOLATIE

In deze configuratie bevindt de isolatie zich tussen de dakvloer en de betonnen afschotlaag (afbeelding 30). Dit systeem is technisch onaanvaardbaar, omdat het onvermijdelijk leidt tot het vasthouden van het bouwvocht en de bevochtiging van de isolatie. Net zoals in het geval dat beschreven wordt in § 3.3.2 (p. 36) kunnen de aanzienlijke thermische bewegingen aanleiding geven tot scheurvorming in de betonnen afschotlaag en de afdichting (afbeelding 31).

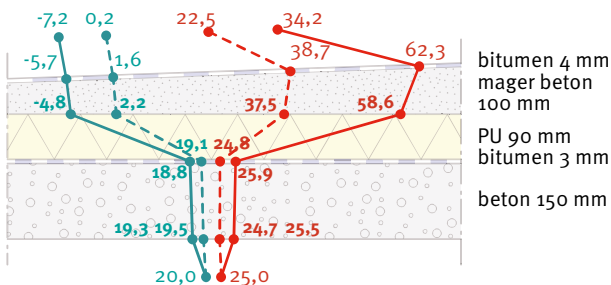


Afb. 29 Zwaar koud dak (technisch onaanvaardbaar).



1. Ballastlaag
2. Afdichting
3. Afschotlaag
4. Isolatie
5. Dakvloer

Afb. 30 Isolatie onder de betonnen afschotlaag (technisch onaanvaardbaar).



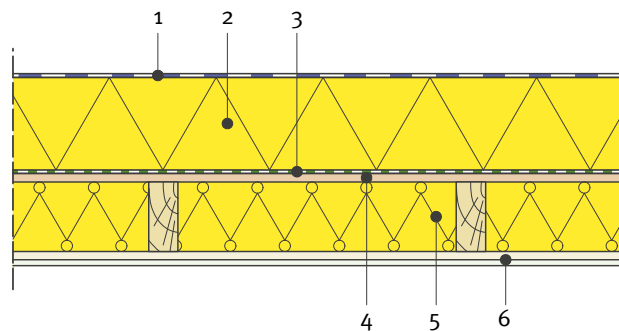
Afb. 31 Uiterste temperaturen op een dak waarbij de isolatie zich onder de betonnen afschotlaag bevindt.

In het geval van een renovatie strekt het tot aanbeveling om dit type dakopbouw om te vormen tot een warm dak of een omkeerdak bovenop de bestaande afdichting.

3.3 DAKOPBOUWEN DIE BIJZONDERE AAN- DACHT VEREISEN

3.3.1 THERMISCHE ISOLATIE OP EN ONDER DE DAKVLOER [M7]

Terwijl het afgeraden is om de thermische isolatie enkel onder de dakvloer aan te brengen (zie § 3.2.1, p. 32) kan men er in het geval van renovatiewerken of een akoestische optimalisatie voor opteren om de thermische isolatie zowel boven als onder de dakvloer



1. Afdichting
2. Isolatie (warmteweerstand $\geq 1,5 R$)
3. Dampscherm
4. Houten dakvloer
5. Isolatie (warmteweerstand R)
6. Binnenafwerking

Afb. 32 Thermische isolatie op en onder de dakvloer (warmteweerstand $R_{\text{bovenste laag}} \geq 1,5 \times R_{\text{onderste laag}}$).

aan te brengen (afbeelding 32), op voorwaarde dat men een aantal voorzorgen neemt.

Het dampscherm zou in theorie onder de isolatie (dus onder de dakvloer) geplaatst moeten worden, maar zoals uitgelegd in § 3.2.1 (p. 32), verliest men dan het voordeel om het dampscherm op een ononderbroken ondergrond te kunnen aanbrengen. Deze uitvoering is bovendien zeer moeilijk en biedt hoegenaamd geen garanties met betrekking tot de prestaties van het dampscherm en de duurzaamheid ervan in de tijd.

Men dient het dampscherm bijgevolg boven de dakvloer (in het hier beschouwde geval betekent dit tussen beide isolatielagen) aan te brengen. Bij een dergelijke configuratie brengt de isolatie onder de dakvloer een temperatuurdaling ter hoogte van het dampscherm teweeg. Om de vorming van condensatie ter hoogte van het dampscherm te vermijden, dient men ervoor te zorgen dat de warmteweerstand (R -waarde) van de isolatielaag die zich boven de dakvloer bevindt hoger is dan deze van de onderliggende laag. Het risico op inwendige condensatie is in principe verwaarloosbaar indien de warmteweerstand van de isolatielaag die zich boven de dakvloer bevindt minstens 1,5 keer groter is dan deze van de laag die zich onder de dakvloer bevindt en indien de binnenklimaatklasse lager is dan of gelijk is aan III. Vermits de warmteweerstand (R -waarde) berekend wordt door de dikte van het isolatiemateriaal te delen door zijn warmtegeleidbaarheid (λ -waarde), is het dan ook aanbevolen om voor de bovenste isolatielaag zijn toevlucht te nemen tot een materiaal met een grotere dikte en/of een lagere λ -waarde (afbeelding 32).

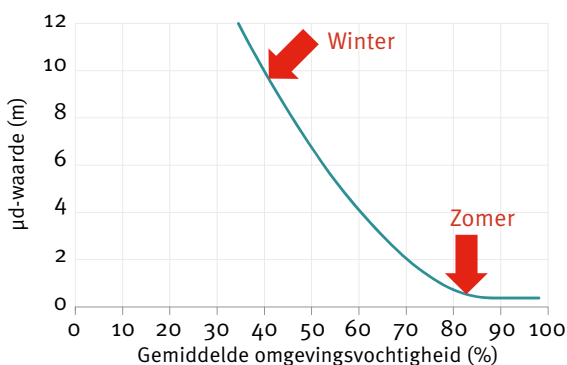
Indien het onmogelijk is om deze factor van 1,5 te respecteren, dan zou men het condensatierisico dat eventueel teweeggebracht zou kunnen worden, moeten controleren aan de hand van een computersimulatie (bv. een Glaserberekening).

Ten slotte willen we erop wijzen dat de insluiting van luchtlagen in een plattedakopbouw vermeden moet worden. Deze kunnen immers aanleiding geven tot luchtstromingen die de prestaties van de thermische isolatie kunnen verminderen en het risico op condensatie doen toenemen

3.3.2 ZOGENOEMDE COMPACTDAKEN

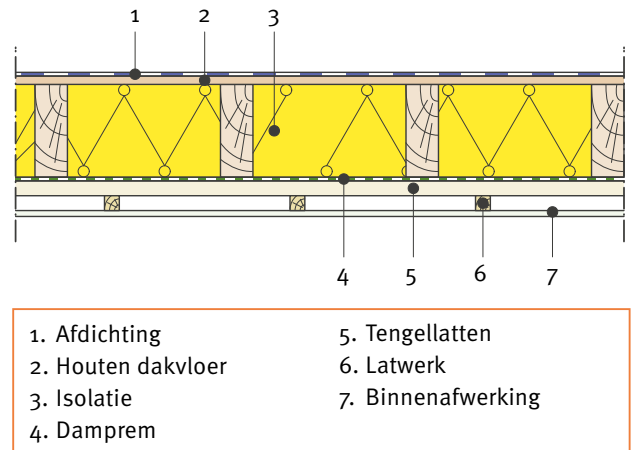
Sinds het begin van de eeuw zien we de opkomst van een nieuwe dakopbouw voor platte daken die voorzien zijn van een houten dakvloer: het zogenoemde compactdak⁽¹⁰⁾. In deze configuratie wordt de isolatie tussen het luchtscherm/de damprem (zie verder) en de draagvloer voor de afdichting geplaatst, d.w.z. tussen de balken die deel uitmaken van de draagstructuur (zie afbeelding 33). Deze manier van werken is vergelijkbaar met deze van de vroegere koude daken (technisch onaanvaardbaar, zie § 3.2.2, p. 33), maar het feit dat de ruimte tussen de balken volledig opgevuld wordt met een thermisch isolatiemateriaal en niet geventileerd wordt met buitenlucht, heft een groot deel van de nadelen van het koude dak op.

Dit systeem biedt het voordeel dat de continuïteit van de luchtdichtheid tussen het dak en de muren in het geval van een houten dakvloer eenvoudiger tot stand gebracht kan worden. Er is echter wel nog het probleem van de uitvoering van het dampscherm. Het compactdak wordt in detail beschreven in de *WTCB-Dossiers 2012/2.6* [M12], waarvan de belangrijkste punten hierna samengevat worden.



Afb. 34 Compactdak – Damptransport in de winter en de zomer.

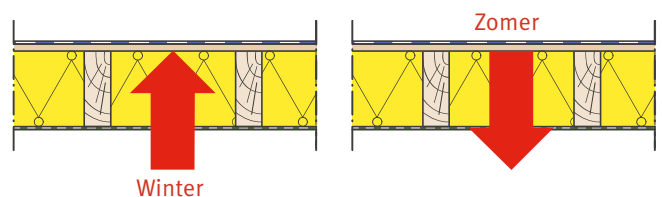
⁽¹⁰⁾ Dit mag niet verward worden met de term ‘compactdak’ die door een fabrikant van een isolatie uit cellenglas gebruikt wordt om een warmedakopbouw aan te duiden die volledig bedekt wordt met warm bitumen.



Afb. 33 Zogenoemd compactdak.

Zoals uiteengezet in § 3.2.1 (p. 32) brengt de aanwezigheid van de isolatie onder de dakvloer een verhoogd risico op inwendige condensatie teweeg. Bovendien kan het vasthouden van bouwvocht in een compactdak snel problemen opleveren, temeer omdat de houten dakvloer gedurende een bepaalde tijd blootgesteld is aan de weersomstandigheden. Het vochtgehalte van het houtwerk kan daarenboven redelijk hoog zijn indien het kort na de eventuele houtverduurzaming geplaatst wordt.

Om de droging van het bouwvocht of van de inwendige condensatie toe te laten, stellen de promotoren van dit systeem voor om hygrovariabele dampremmen te gebruiken, d.w.z. dampschermen waarvan de waterdampdiffusieweerstand μd varieert in functie van de relatieve vochtigheid die heerst aan weerszijden van het membraan (naarmate de relatieve vochtigheid groter is, zal de waterdampdiffusieweerstand lager zijn en zal het materiaal dus meer waterdamp doorlaten): indien aan de voorwaarden voldaan is, dan zouden ze dus een zekere droging in de zomer moeten toelaten en een bevochtiging in de winter moeten beperken (zie afbeelding 34). Indien het gaat om een traditioneel dampscherm, dan bevinden we ons in de situatie,



Het compactdak in het kort

- Een compactdak is zeer gevoelig voor de insluiting van bouwvocht en het risico op inwendige condensatie. Om tot een performant dak te komen, moet er tijdens en na de werkzaamheden aan een aantal voorwaarden voldaan zijn. Om uitvoeringstechnische redenen is het niet altijd mogelijk om hier in de praktijk aan te beantwoorden; het is denkbaar dat er bepaalde voorwaarden niet langer gerespecteerd worden door wijzigingen die doorgevoerd werden door de eigenaar of door een bestemmingswijziging van het gebouw.
- Bovendien zijn de prestaties van de dakopbouw volledig afhankelijk van deze van de hygrovariabele damprem. Om duidelijk de mogelijkheden en de beperkingen van een compactdak te kunnen vastleggen, zou men een gebruiksgeschiktheidsattest (bv. een technische goedkeuring) moeten aanvragen. Hiertoe is het noodzakelijk om aan de hand van een vooronderzoek de eisen, de toepassingsvoorwaarden, het klimaat en de te gebruiken materialen te definiëren.
- Zowel de opvatting als de uitvoering van een dergelijke dakopbouw vereisen een specifieke deskundigheid, aanpak en ervaring. Een veralgemening van het compactdak is bijgevolg afgeraden. Een warm of omkeerdak (of duodak, combinatie van een warm en een omkeerdak) blijft vooralsnog de beste waarborg bieden tegen vochtproblemen.

beschreven in § 3.2.1 (onaanvaardbare oplossing, zie p. 32).

De technische aanbevelingen voor compactdaken vereisen dat er aan een aantal voorwaarden voldaan wordt om de goede werking van voormelde principes te waarborgen. Enerzijds moet men trachten om het vochtgehalte in het dak te beperken door het treffen van de volgende maatregelen:

- binnenklimaatklasse III of lager
- de isolatie en de damprem moeten onmiddellijk na elkaar geplaatst worden gedurende een periode waarin de relatieve luchtvochtigheid niet hoger wordt dan 75 %
- de dakvloer moet droog zijn (maximum 18 % voor massief hout), wat onder andere een snelle plaatsing van de afdichting impliceert
- de kwaliteit van de uitvoering van het luchtscherm of de damprem moet gecontroleerd worden aan de hand van een pressurisatieproef.

Anderzijds moet de droging van de dakopbouw bevorderd en niet tegengewerkt worden. Hiertoe dient men de volgende maatregelen te treffen:

- men dient te opteren voor een dampopen vezelachtig isolatiemateriaal
- men dient de opwarming van de afdichting door de zon te stimuleren om de droging in de zomer in de hand te werken (bezonning over de volledige dakoppervlakte, donker membraan, geen groendak of zonnepanelen ...)
- er mogen geen dampdichte binnenafwerkingen aangebracht worden (geen OSB-platen of multiplex)

- men dient ervoor te zorgen dat de helling van het dak na vervorming ten minste 2 % bedraagt (om waterstagnaties te vermijden).

De specifieke voorwaarden met betrekking tot de plaatsing van de damprem, de inwendige condensatie, de werking van het hygrovariabele dampscherm, het bouwvocht en de bestemmingswijziging van het gebouw staan beschreven in het voormelde artikel.

3.3.3 AFSCHOTLAAG BESTAANDE UIT EEN ISOLERENDE MORTEL EN GEÏNTEGREERDE ISOLATIE-PLATEN

Deze variant van het warme dak, beschreven in § 5.2.6 (p. 52), vergt bijzondere aandacht, gelet op het feit dat er bouwvocht ingesloten zit in het systeem. Indien het rechtstreeks op de betonnen dakvloer aangebracht wordt, dan kan de droging naar binnen toe gebeuren. Als er een dampscherm nodig is of in het geval van een renovatie, dan zal er een lange drogingstermijn vereist zijn om te vermijden dat het vocht ingesloten zou raken.

Om de vochttoevoer te beperken en om de prestaties van het systeem (thermische prestaties, toereikende hechting van de bovenste mortellaag, afwezigheid van schade als gevolg van vorst-dooicycli, toereikende oppervlaktecohesie ...) veilig te stellen, moet er aan strikte plaatsingsvoorwaarden voldaan worden.

Wanneer men opteert voor dit systeem, dan strekt het tot aanbeveling om er de technische documentatie en het gebruiksgeschiktheidsattest op na te slaan.

3.3.4 DAKEN VAN KOELRUIMTEN

We willen er eerst en vooral op wijzen dat er twee types koelruimten bestaan:

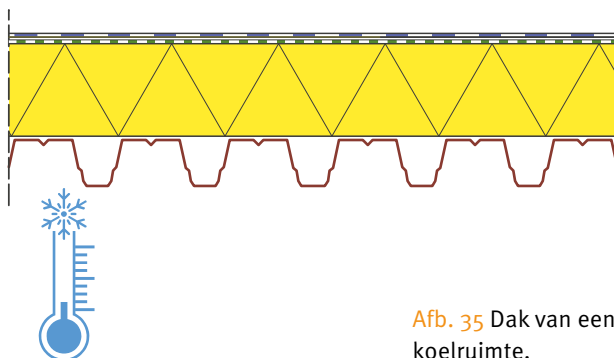
- positieve koelruimten (koelkasten): positieve temperatuur, gewoonlijk 3 °C en 90 % RV
- negatieve koelruimten (diepvriezers): negatieve temperatuur, gewoonlijk -20 °C, soms kouder tot temperaturen van minder dan -30 °C.

In het geval van dergelijke ruimten zal de buitenlucht in de regel warmer zijn dan de binnenlucht en bijgevolg meer vocht kunnen bevatten (de dampdruk zal dus hoger zijn). Het damptransport zal van boven naar onder plaatsgrijpen en niet van onder naar boven zoals het geval is bij klassieke gebouwen die verwarmd worden tijdens de koudere periodes. Het dampscherm bevindt zich dus steeds ter hoogte van de afdichting, boven de isolatie, langs de buitenzijde van het gebouw (afbeelding 35). De uitvoering van een gespecialiseerde hygrothermische berekening is aanbevolen.

We willen hieraan toevoegen dat dergelijke daken eerder uitzonderlijk uitgevoerd worden. Dit gebeurt door gespecialiseerde firma's, gelet op de bijzonderheid van deze opbouw, de details en de aansluitingen. Er bestaan ook geprefabriceerde systemen (*box in box*) die in het gebouw geïntegreerd kunnen worden en die geen enkele invloed hebben op de dakopbouw. Deze systemen zijn aan te bevelen.

Een warmedakopbouw is aan te raden omdat het risico op condensatie in het geval van een omkeerdak te groot zou worden. Hierna wordt er een overzicht gegeven van de verschillen ten opzichte van een klassiek dak en de belangrijkste aandachtspunten.

- Het risico op condensatie langs de koude zijde (binnen) is aanzienlijk, en dan vooral in de zomer wanneer het verschil in dampdruk tussen de buitenomgeving en de binnenomgeving groot is. De afdichting bevindt zich aan de warme zijde van het dak. Ze moet ofwel beschikken over een toereikende intrinsieke waterdampdiffusieweerstand (bv. bitumineus



Afb. 35 Dak van een koelruimte.

membraan), ofwel aangevuld worden met een dampscherm.

- Binnen het WTCB werden er simulaties uitgevoerd op een plattedakopbouw, samengesteld uit geprofileerde staalplaten, een PU-isolatie van 16 cm in een positieve koelruimte aan 6 °C en in een negatieve koelruimte aan -18 °C en een afdichtingsmembraan uit bitumen of PVC. Hieruit bleek dat er in het merendeel van de gevallen condensatie optreedt, zij het in zeer beperkte hoeveelheden, maar dat deze slechts zeer moeilijk droogt gelet op het geringe drogende vermogen van de binnenlucht (koud en vochtig). Bij temperaturen ≤ 0 °C zal er zich steeds condensatie vormen tussen de isolatie en de staalplaten. Gelet op het feit dat men beducht moet zijn voor een beschadiging van de isolatie door vocht en vorst, moet het isolatiemateriaal dienovereenkomstig gekozen worden. Bij temperaturen > 0 °C zal er zich tijdens warme periodes condensatie vormen tussen de isolatie en de staalplaten. Tijdens koude periodes zal deze condensatie naar de afdichting migreren (omkering van het damptransport).
- Om condensatie te vermijden, zou het afdichtingssysteem een μ d-waarde van 4000 m moeten vertonen voor een binnentemperatuur van -18 °C en van 1000 m voor een binnentemperatuur van 6 °C. Deze karakteristieken kunnen behaald worden met een met een metaalfolie gewapend dampscherm (ALU3).
- Aangezien de hoeveelheid condensatiewater beperkt is, is het echter denkbaar dat er aangenomen wordt dat deze aanvaardbaar is, op voorwaarde dat de isolatie vorstbestendig is en er regelmatig overgegaan wordt tot een ontthooiing.
- De isolatiedikte zal over het algemeen groter zijn dan bij een klassiek warm dak.
- Er moet bijzondere zorg besteed worden aan de continuïteit van de luchtdichtheid van de gebouwschil. Dit geldt met name voor dakvloeren uit staal waarbij deze moeilijker te verwezenlijken is tussen het dak en de gevels: een luchtplek naar de binnenzijde van de koelruimte zou kunnen leiden tot de vorming van condensatie die op haar beurt omgevormd zou kunnen worden tot ijs (afbeelding 36).
- De afdichting moet evenzeer uiterst zorgvuldig uitgevoerd worden. In geval van lekken zou het binnendringende water zich immers kunnen omvormen tot ijs en zich kunnen opstapelen in de dakopbouw, wat ernstige gevolgen zou kunnen hebben voor de stabiliteit. Uit veiligheidsoverwegingen zou men moeten opteren voor een tweelaagse afdichting.

- De gekende referentie-opbouwen bevatten een dakvloer uit geprofileerde staalplaten. Een dakvloer uit beton zou in principe ook mogelijk zijn, maar daarvoor ontbreekt het vooralsnog aan referenties.



Afb. 36 Omvorming van condensatie tot ijs ten gevolge van een luchtlek in een koelruimte.

4

DAKVLOEREN

4.1 TYPES DAKVLOEREN

De dakvloer waarop het damp scherm, de isolatie en de afdichting aangebracht worden, moet gekozen worden in functie van de rol die aan het dak toebedeeld is (enkel toegankelijk voor het onderhoud, terras, parking ...) evenals in functie van andere karakteristieken zoals het vervormingsgedrag, de brandveiligheid, de luchtdichtheid of het hygrothermische gedrag.

De dakvloer kan opgebouwd zijn uit:

- monolithische (ter plaatse gestorte) betonplaten
- geprefabriceerde elementen uit gewoon beton, uit gebakken aarde of uit licht beton, die monolithisch gemaakt worden door een tweedefasebeton en/of een afschotlaag (welfsels, ribbenvloeren, breedplaten, balkjes en potten ...)
- staal-betonvloerplaten (waarbij de geribde staalplaten die aanvankelijk dienst deden als blijvende bekisting structureel gaan samenwerken met het verharde beton om als trekwapening te fungeren in de afgewerkte vloer)
- geprefabriceerde elementen uit gewoon beton zonder tweedefasebeton of uit licht beton (welfsels, ribbenvloeren ...)
- balken die een houten beplanking of platen uit een plantaardig materiaal of uit organische of minerale vezels die gebonden zijn met een bindmiddel (OSB, multiplex, vezelcement, CLT, gewapende cementgebonden houtvezels ...) ondersteunen
- geprofileerde staalplaten
- composietdakplaten met een thermisch isolerende kern (sandwichpanelen of dergelijke).

Deze verschillende dakvloertypes worden voorgesteld in § 4.2.2 (p. 45) en staan in detail beschreven in de [Technische Voorlichtingen nr. 223](#), [nr. 236](#) en [nr. 239](#) [W9, W11, W12]. Ze kunnen al dan niet een helling vertonen. In het tweede geval dient men in een afschotlaag te voorzien (zie hoofdstuk 5, p. 49). De helling kan ook in de isolatielaag geïntegreerd worden (zie hoofdstuk 7, p. 67).

4.2 AANBEVELINGEN

Om het goede gedrag van het dak te waarborgen, dient

men toe te zien op de droogheid, de vlakheid, de ruwheid, de cohesie en indien nodig ook de luchtdichtheid van de dakvloer.

Hieronder volgen een aantal nuttige weetjes en aanbevelingen evenals enkele kwalitatieve criteria met betrekking tot verschillende draagstructuren met of zonder helling. In voorkomend geval zijn de aanbevelingen van toepassing op de afschotlaag die de dakvloer bedekt. De term 'ondergrond' duidt hier op het oppervlak van de dakvloer of van de afschotlaag waarop de aannemer in dichtingswerken zijn werkzaamheden dient uit te voeren.

4.2.1 EIGENSCHAPPEN VAN DE ONDERGROND

4.2.1.1 Droogheid

Het oppervlak van de ondergrond moet luchtdroog zijn om de werkzaamheden op het dak toe te laten en in voorkomend geval een goede hechting tussen de verschillende lagen te waarborgen (bv. vermijden van blaasvorming onder het damp scherm). Bij de opbouw van het dak moet men ermee rekening houden dat een ondergrond een aanzienlijke hoeveelheid bouwvocht kan bevatten, vooral indien het gaat om ter plaatse gestort beton of een cementgebonden afschotlaag.

Onder een 'luchtdroog oppervlak' verstaan we een oppervlak dat vrij is van zichtbaar vocht zoals stagnerend water. Het vocht, afkomstig van een bui, kan bijvoorbeeld gedroogd worden met een brander, na het verwijderen van de eventuele plassen.

Welke ondergronden al dan niet als voldoende luchtdroog beschouwd mogen worden, maakt vaak het voorwerp uit van discussies, maar het is steeds de aannemer in dichtingswerken die, op basis van zijn ervaring, de beslissing neemt om de ondergrond waarop hij dient te werken te aanvaarden of niet.

Bij wijze van informatie:

- om als luchtdroog beschouwd te kunnen worden, mag een [cementgebonden dakvloer](#) niet opnieuw een donkere tint aannemen nadat hij een lichtere kleur kreeg na een gedwongen droging (bv. met een

brander). Indien de dakopbouw losliggend geplaatst wordt of mechanisch bevestigd wordt, dan is dit criterium niet van toepassing, maar moet het beton wel zichtbaar droog zijn

- voor **platen uit hout of op basis van hout** dient men er de technische documentatie van de fabrikant op na te slaan. In het algemeen wordt er een maximaal massavochtgehalte van 14 à 15 % aanbevolen.

4.2.1.2 Vlakheid van en onregelmatigheden in de ondergrond

De ondergrond waarop de werkzaamheden uitgevoerd worden (dakvloer of afschotlaag) moet voldoende vlak zijn en vrij zijn van al te grote onregelmatigheden en dit, teneinde de correcte plaatsing van het dampscherm of de afdichting en de isolatie toe te laten. De vereiste vlakheid is afhankelijk van het aan te brengen type membraan of isolatie en van de plaatsingstechniek.

Wat de plaatsing van het dampscherm en – in voorkomend geval – de afdichting betreft, dient men de onregelmatigheden in de ondergrond te beperken om schade te vermijden. Daar waar ze geen belemmering vormen voor de plaatsing van het dampscherm, kunnen ze wel de correcte uitvoering van de isolatieplaten (die hierdoor uit evenwicht kunnen raken) in het gedrang brengen (schommelen van de platen). Door mechanische bevestiging of het gebruik van een opschuimende lijm is het mogelijk om iets grotere afwijkingen in de ondergrond op te nemen dan met een dunnere lijmlaag zoals bijvoorbeeld een vloeibare lijm. Wanneer de isolatie hechtend aangebracht wordt, dan moet de vlakheid van de ondergrond bovendien zodanig zijn dat de goede hechting tussen beide elementen gewaarborgd is.

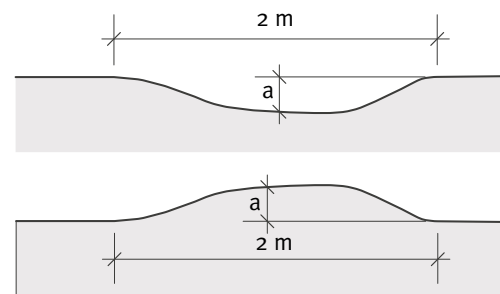
Het is aan de aannemer in dichtingswerken om te bepalen of de onregelmatigheden in de ondergrond (dakvloer of afschotlaag) verenigbaar zijn met een correcte uitvoering van de werken. De criteria uit tabel 9 kunnen als referentie gebruikt worden voor wat betreft de minimale eisen waaraan voldaan moet worden.

4.2.1.2.1 Vlakheid onder de lat van 2 meter

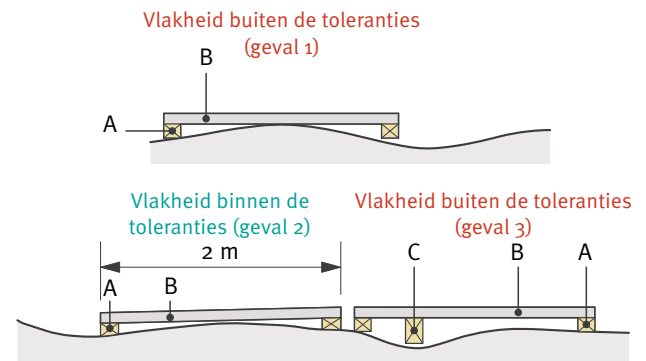
De vlakheid wordt gemeten met behulp van een lat van 2 meter lang, die aan haar uiteinden voorzien is van twee vaste blokjes waarvan de dikte gelijk is aan de vooropgestelde tolerantie. Voorts is de lat voorzien van een derde los blokje waarvan de dikte gelijk is aan het dubbel van de dikte van de vaste blokjes. Over het algemeen laat men een vlakheidsafwijking van maximum 10 tot 12 mm ('a' in tabel 9 en in afbeelding 37) toe, behalve dan voor cellenglas.

De vlakheid kan gecontroleerd worden zoals aangegeven in afbeelding 38. Men plaatst de lat met haar twee vaste blokjes op het te controleren oppervlak:

- **geval 1:** een blokje en een punt van de lat raken de ondergrond, terwijl het tweede blokje de ondergrond niet raakt. De vlakheid valt buiten de toleranties
- **geval 2:** de twee vaste blokjes raken de ondergrond, terwijl de lat de ondergrond niet raakt; het losse blokje gaat niet onder de lat door. De vlakheid ligt binnen de toleranties
- **geval 3:** de twee vaste blokjes raken de ondergrond, terwijl de lat de ondergrond niet raakt; het losse blokje gaat onder de lat door. De vlakheid valt buiten de toleranties.



Afb. 37 Vlakheid van de ondergrond onder de lat van 2 meter.



- A. Blokje met een dikte gelijk aan de tolerantie
- B. Lat van 2 meter lang
- C. Los blokje (dikte gelijk aan het dubbel van de dikte van blokje A)

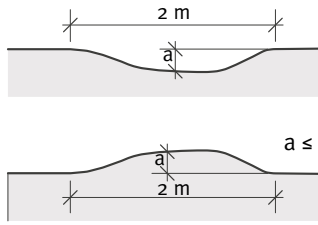
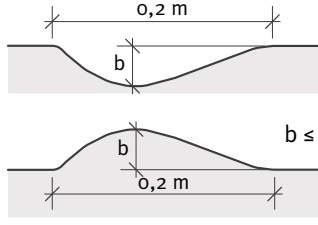
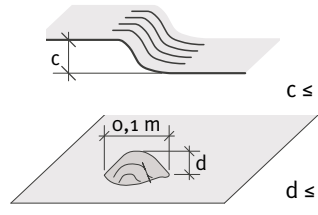
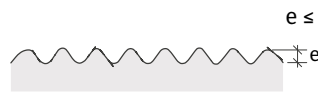
Afb. 38 Controle van de vlakheid van de ondergrond.

4.2.1.2.2 Vlakheid onder de lat van 0,2 meter

De plaatselijke vlakheidsafwijkingen moeten naargelang van het geval beperkt blijven tot 2 à 5 mm en worden gemeten met een lat van 0,2 m (zie 'b' in de schema's uit tabel 9 en in afbeelding 39).

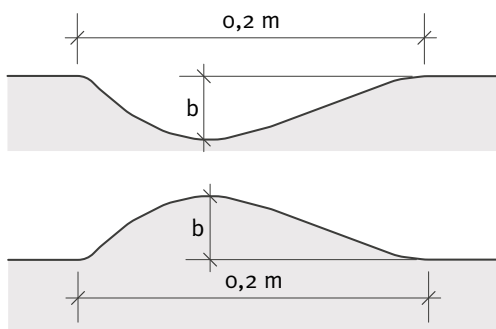
De vlakheid kan gecontroleerd worden volgens de hiervoor beschreven procedure.

Tabel 9 Referentiewaarden voor de toleranties op de ondergrond.

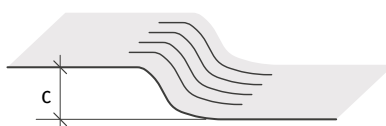
Karakteristiek	Lassen of losliggende plaatsing van een dampscherm of een bitumineuze afdichting	Verkleven (met koudlijm of met warm bitumen) van een dampscherm of een bitumineuze afdichting	Plaatsing van een dampscherm of een kunststofafdichting	Aanbrengen van een vloeibare afdichting	Plaatsing van de isolatie (1)	
					CG	MW/ EPS/ EPB/ PU
Vlakheid 	10 mm	12 mm	10 mm	10 mm	5 mm	10 mm
		2 mm	5 mm	2 mm	4 mm	3 mm/0,6m
Oneffenheden 	D (2)	5 mm V50/16 : 2 mm	1 mm	1,5 mm	3 mm	5 mm
Ruwheid 	0,25 D (2) (lassen) 2 mm (losliggende plaatsing)	5 mm V50/16 : 2 mm	1 mm	1,5 mm	3 mm	5 mm

(1) De betekenis van de afkortingen wordt gegeven in bijlage 4 (p. 150).

(2) D is de dikte van de bitumineuze massa onder de wapening.



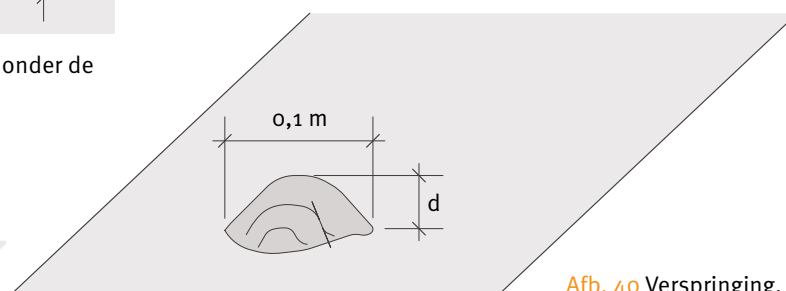
Afb. 39 Vlakheid van de ondergrond onder de lat van 0,2 meter.



4.2.1.2.3 Verspringingen

De verspringing moet naargelang van het geval beperkt blijven tot 1,5 à 5 mm (zie 'c' en 'd' in de schema's van tabel 9 en afbeelding 40).

Men meet de verspringingen over een afstand van 0,1 m met behulp van een profiometer met naalden.



Afb. 40 Verspringing.

4.2.1.2.4 *Verbetering van de vlakheid van de ondergrond*

Indien de voormelde toleranties overschreden worden, dan dient men de holtes in de ondergrond op te vullen of de oneffenheden als volgt weg te werken:

- **holtes**: opvulling met behulp van een harsgemodificeerde mortel, een harsmortel, een bitumineuze massa ...
- **oneffenheden**: mechanisch afkappen en bijwerken, afslijpen, aanbrengen van een uitvullaag ...

4.2.1.3 **Ruwheid van de ondergrond**

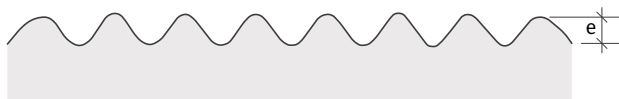
Er wordt een onderscheid gemaakt tussen opbouwen met en zonder toevoeging van materiaal (lijm, warm bitumen). In het geval van gelaste of niet-hechtende membranen, d.w.z. zonder toevoeging van materiaal, moet de ruwheid beperkt blijven om het optreden van doorboringen tijdens de plaatsing te vermijden. In het geval van een niet-hechtende afdichting (losliggende plaatsing of mechanische bevestiging) kan het nodig zijn om een scheidingslaag (bv. niet-geweven textiel) aan te brengen.

In het geval van gevlamlaste membranen moet de ruwheid bovendien zodanig beperkt blijven dat er zich tijdens het lassen vóór de rol steeds een bitumenkoord kan vormen en dat deze massa niet volledig in de holten van de ondergrond verdwijnt.

In aanwezigheid van een met koudlijm of warm bitumen geplaatste isolatie of afdichting, d.w.z. met toevoeging van materiaal, mag de ruwheid daarentegen groter zijn, waardoor men minder strenge criteria kan hanteren. Wanneer de ruwheid van de ondergrond te groot is, dan zal men inderdaad meer lijm of warm bitumen moeten gebruiken om een goede hechting te verkrijgen. Ook voor vloeibare afdichtingen moet er rekening gehouden worden met een bijkomend productverbruik.

Om de haalbaarheid van de beoogde werken te beoordelen, dient men er de toelaatbare afwijkingen die vermeld staan in tabel 9 (p. 43) op na te slaan. Voor de controle van de ruwheid van de dakvloer verwijzen we naar § 4.1.2.3 van de [TV nr. 253](#) [W16].

Indien de ruwheid bijzonder groot is, dan kan het noodzakelijk zijn om deze te corrigeren, bijvoorbeeld



Afb. 41 Ruwheid van de ondergrond.

door gebruik te maken van een gemodificeerde mortel, warm bitumen of door het lassen van een onderlaag van het type V₄ of analoog.

4.2.1.4 **Cohesie en hechtsterkte**

In het geval van een hechtende afdichting of een hechtend damp scherm dient men aan het oppervlak van het zware of lichte beton na te gaan of er geen cementmelk aanwezig is die de goede hechting in het gedrang zou kunnen brengen. De oppervlaktecohesie moet toereikend zijn om de windbelasting op te nemen en de goede hechting van de bovenste laag toe te laten. Voor bepaalde materialen kan er een sterkere cohesie noodzakelijk zijn (bv. 50 kPa voor harsgebonden afdichtingen) [E3].

Zo nodig kan men de cementschud verwijderen door een reiniging met water onder druk, door mechanisch afkappen of door afslijpen (voor kleine oppervlakken).

Voor andere materialen zonder hydraulische bindmiddelen dient men de aanbevelingen van de fabrikant op te volgen (voorbereiding van de dakvloer, aanbrengen van een geschikte primer ...) teneinde de goede hechting van de bovenste laag veilig te stellen.

4.2.1.5 **Luchtdichtheid**

Er dient in de eerste plaats een onderscheid gemaakt te worden tussen de **luchtdichtheid van de dakvloer**, die een sterke invloed heeft op de windbelasting van de dakopbouw (zie § 2.1.2.1, p. 10) en het risico op inwendige condensatie (§ 4.1, p. 41), enerzijds, en de **luchtdichtheid van de gebouwschil**, waarvan de dakvloer deel uitmaakt, anderzijds.

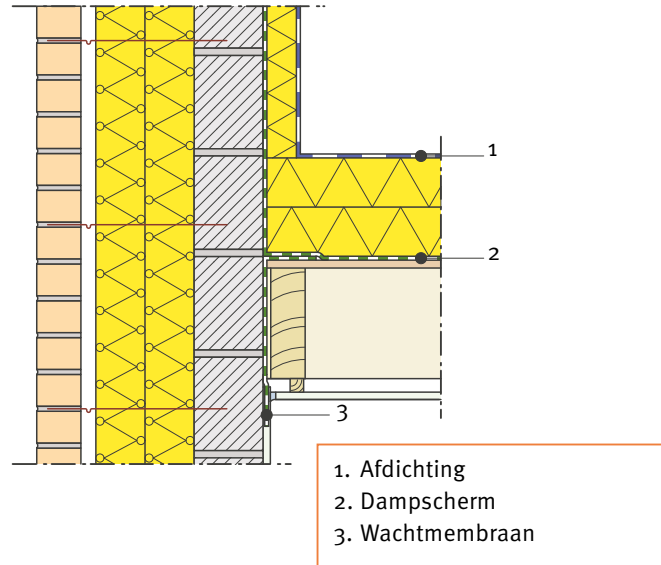
Voor wat betreft de windstabiliteit van de dakopbouw en het risico op condensatie wordt een ter plaatse gestort beton als luchtdicht beschouwd. In aanwezigheid van een afschotlaag zal de luchtdichtheid afhankelijk zijn van de dakvloer.

De meeste andere dakvloertypes zijn luchtoppen, omdat er voegen tussen de elementen aanwezig zijn. Ze kunnen luchtdicht gemaakt worden met behulp van een ononderbroken damp scherm dat hechtend aangebracht moet worden om te kunnen bijdragen tot het opnemen van de windbelastingen (zie de [TV 239](#)) [W12].

Opdat de gebouwschil luchtdicht zou zijn, dient men erop toe te zien dat de continuïteit tussen het luchtscherm van het dak en dat van de buitenmuren gewaarborgd wordt. De luchtdichtheid van de buitenmuren



Afb. 42 Wachtmembraan.



1. Afdichting
2. Dampscherm
3. Wachtmembraan

wordt doorgaans tot stand gebracht door de binnenbepleistering of door te voorzien in een luchtdichtheidsmembraan langs de binnenzijde van de wanden [W7]:

- in het geval van een **dakvloer uit beton**, die intrinsiek luchtdicht is, vormt de continuïteit van het luchtscherm doorgaans geen probleem. Deze wordt tot stand gebracht door de luchtdichte aansluiting tussen de (bepleisterde) dakvloer en het luchtscherm van de verticale wanden. In het uitzonderlijke geval dat er toch nog interventies door de aannemer in dichtingswerken nodig zouden zijn, moet de ontwerper specifiek de aandacht vestigen op dit punt en dit laten opnemen in de contractuele documenten
- voor **lichte dakvloeren** (uit hout of geprofileerde staalplaten), die niet intrinsiek luchtdicht zijn, zal het noodzakelijk zijn om een luchtdichte aansluiting tussen het dampscherm of de dakafdichting en het luchtscherm van de muren tot stand te brengen. Men dient er met andere woorden voor te zorgen dat de aansluiting tussen de luchtschermen die zich respectievelijk boven en onder de dakvloer bevinden verzekerd is. Hiertoe moet er in wachtmembranen voorzien worden tijdens de ruwbouwwerken die door de aannemer in dichtingswerken aangesloten moeten worden op het dampscherm of op de afdichting (afbeelding 42).

Voor meer informatie over de luchtdichtheid verwijzen we naar de [WTCB-Dossiers 2012/1.7](#) [W7] evenals naar de [Technische Voorlichting nr. 255](#) [W17].

4.2.2 TYPES DAKVLOEREN EN HUN EIGENSCHAPPEN

De verschillende types dakvloeren worden hierna kort beschreven. Voor meer gedetailleerde informatie verwijzen we de geïnteresseerde lezer naar de [Technische](#)

[Voorlichtingen nr. 223](#), [nr. 236](#) en [nr. 253](#) [W9, W11, W16] voor dakvloeren uit beton, geprefabriceerde elementen en staal-betonelementen evenals naar de [Technische Voorlichting nr. 239](#) [W12] voor dakvloeren uit geprofileerde staalplaten.

4.2.2.1 Ter plaatse gestort beton of afschotbeton

Het gebruik van ter plaatse gestort beton is een betrouwbare technische oplossing die het voordeel biedt dat er een ononderbroken ondergrond gevormd wordt voor de plaatsing van de opeenvolgende lagen en dat er complexe vormen mee uitgevoerd kunnen worden. Het eigengewicht ervan is echter hoog en de aanzienlijke hoeveelheid bouwvocht die erin vervat zit (droogtermijn), kan de toepasbaarheid ervan beperken.

Er moet toegezien worden op de droogheid en de vlakheid van de dakvloer evenals op de ruwheid en de cohesie ervan. De luchtdichtheid vormt slechts zelden een probleem.

4.2.2.2 Geprefabriceerde elementen, bedekt met een tweedefasebeton

Deze dakvloeren zijn samengesteld uit een reeks geprefabriceerde elementen uit gewoon beton, gebakken aarde of licht beton (welfsels, omgekeerde U-elementen, T-elementen, dubbele-T-elementen, balkjes en potten) die bedekt worden met een tweedefasebeton van minstens 30 mm dik, bestemd om de structurele prestaties te verbeteren.

We willen er ook hier op wijzen dat men dient toe te zien op de droogheid (hoewel de hoeveelheid bouw-

vocht normaalgesproken minder hoog is dan bij een ter plaatse gestort beton), de vlakheid, de ruwheid en de cohesie. De luchtdichtheid wordt tot stand gebracht met behulp van de laag tweedefasebeton, waarbij men bijzondere aandacht dient te besteden aan de afdichting van de uiteinden van de welfsels.

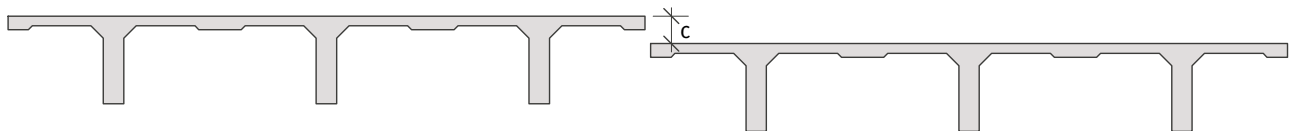
4.2.2.3 Geprefabriceerde elementen zonder tweedefasebeton

Het gaat hier om welfsels of ribbenvloeren uit gewoon beton of licht beton (cellenbeton):

- aangezien deze elementen geprefabriceerd zijn, vormen de ruwheid en het vochtgehalte ervan doorgaans geen probleem. Cellenbeton kan daarentegen wel een aanzienlijke hoeveelheid vocht bevatten. Het moet dan ook droog genoeg zijn aan het oppervlak alvorens men van start gaat met de dakwerken
- de langsvogen tussen de geprefabriceerde elementen uit gewoon beton of cellenbeton zonder druklaag moeten steeds opgevuld worden. Desgevallend wordt de dakvloer voor de berekening van de windbelastingen als luchtdicht beschouwd. Indien er specifieke eisen gesteld worden aan de luchtdichtheid van de gebouwschil, dan zal deze maatregel echter niet volstaan en zal men moeten rekenen op het dampscherm of de dakafdichting om het luchtscherm tot stand te brengen
- na de plaatsing kan men geconfronteerd worden met aanzienlijke niveaoverschillen tussen de geprefabriceerde elementen (afbeelding 43), in het bijzonder wanneer het TT-elementen betreft. Voor de uitvoering van het dampscherm, de isolatie en het luchtscherm zal men dan ook een specifieke benadering moeten hanteren (zie de [WTCB-Dossiers 2017/4.5](#)) [M6].

4.2.2.4 Staalplaat-betonvloeren

Deze dakvloeren zijn opgebouwd uit een geribde staalplaat waarop er een ter plaatse gestort gewapend beton aangebracht wordt. De staalplaat dient tijdens het betonstorten als werkvloer, verloren bekisting en dragend element. In het geval van een staalplaat-betonvloer worden het staal en het beton na het verharden van het beton samengehouden dankzij de ribben, waarbij het staal ook dient om de trekkrachten op te nemen.



Afb. 43 Niveaoverschillen tussen geprefabriceerde elementen (zie 'c' in de schema's van tabel 9, p. 43).

Voor dit type dakvloeren moet men toezien op de droogheid, de vlakheid, de ruwheid en de cohesie. De luchtdichtheid levert daarentegen zelden problemen op.

Voor meer details omtrent staalplaat-betonvloeren verwijzen we naar de [TV nr. 236](#) [W11].

4.2.2.5 Balken die een beplanking of een plaatmateriaal ondersteunen

Deze dakvloeren bestaan uit:

- een beplanking (in het bijzonder bij daken met complexe vormen)
- spaanplaten, multiplexplaten, OSB-platen, vezelcementplaten of gewapende houtwolcementplaten.

Deze verschillende materialen moeten beantwoorden aan de schikkingen uit de STS'en 31 en 32 [F3, F4]. De eisen voor en de classificatie van massief hout en plaatmaterialen op basis van hout zijn gedefinieerd in de normen NBN EN 338 [B18] (massief hout), NBN EN 300 [B16] (OSB), NBN EN 636 [B24] (multiplex), NBN EN 312 [B17] (spaanplaten) en NBN EN 622-1 tot 5 [B19 tot B23] (vezelplaten).

Om een geschikt plaattype te kunnen kiezen in functie van de toepassing en de blootstelling, kan men er de [WTCB-Dossiers 2015/2.20](#) [W5] op naslaan. Dit artikel preciseert bij wijze van voorbeeld dat de dakvloer van een warm dak aangepast moet zijn aan de gebruiksklasse 1b en dat een plaatmateriaal van de klimaatklasse 1 (zoals een OSB2-plaat of een multiplexplaat van de klasse 1) hier in principe aan zou moeten voldoen. Bij de constructie van een plat dak is het echter niet altijd mogelijk te garanderen dat het plaatmateriaal tijdens de werken niet bevochtigd wordt. Uit veiligheidsoverwegingen dient men bijgevolg te opteren voor een plaatmateriaal van de klimaatklasse 2 (OSB3- of OSB4-plaat en multiplex van de klasse 2).

In het geval van een dak dat gebruikt wordt als terras moet de minimale dikte van de platen berekend worden in functie van de overspanning en de aangrijpende belastingen op basis van de norm NBN EN 1995-1-1 [B34] en de [Technische Voorlichting nr. 269](#) [W20]. In voorkomend geval wordt de dikte tevens bepaald door de minimale dikte die nodig is om er mechanische bevestigingen in aan te brengen.

Men dient de nodige voorzorgsmaatregelen te treffen voor wat betreft de verspringingen tussen de platen (vlakheidseis: zie 'c' in de schema's uit tabel 9, p. 43). De verschillende platen moeten minstens op drie punten opgelegd zijn.

Om hun hygrothermische vervormingen toe te laten, kan men in een speling van ± 2 mm aan de omtrek van de platen voorzien. In het geval van een hechtende plaatsing van het dampscherm of de afdichting op een dakvloer die opgebouwd is uit platen, kan men losliggende stroken boven deze voegen aanbrengen. Deze maatregelen zijn echter niet altijd nodig, aangezien de vervormingen van dakplaten uit hout meestal vrij beperkt zijn.

In aanwezigheid van een dakvloer, opgebouwd uit een beplanking, zal er bovenop vooraf steeds een polyesterewapende onderlaag vernageld moeten worden (bv. P3).

Indien de gebouwschil aan bepaalde luchtdichtheidseisen moet beantwoorden, dan dient men rekening te houden met het feit dat dakvloeren die opgebouwd zijn uit plaatmaterialen of een beplanking luchtopen zijn omwille van de voegen tussen de elementen. De lucht- en dampdichtheid kan gewaarborgd worden door een ononderbroken dampscherm. Bij het aanbrengen ervan dient er bijzondere aandacht besteed te worden aan de aansluitingen ter hoogte van de discontinuïteiten [W7] (zie § 4.2.1.5, p. 44).

We willen erop wijzen dat houtspaanplaten, gelet op hun geringe draagvermogen, niet altijd in staat zijn om het gewicht van een persoon te dragen. Het gebruik ervan is bijgevolg delicaat.

4.2.2.6 Geprofileerde staalplaten

Geprofileerde staalplaten onderscheiden zich van elkaar door hun golfhoogte en golfopening (ribben), hun modulus (golfbreedte), de breedte van hun bovenflenzen, de staaldikte en het staaltype, evenals door hun oppervlaktebehandeling en/of oppervlakteafwerking.

Voor courante overspanningen (± 6 meter) gebruikt men vooral elementen van het type 106/250/3 en 135/310/3 (golfhoogte in mm / modulus in mm / aantal golven per plaat). Door gebruik te maken van grotere hoogtes of diktes is het mogelijk om grotere overspanningen te realiseren. Deze keuze moet echter wel gebaseerd zijn op een stabiliteitsstudie. In afwezigheid van een vervormingsgevoelige binnenafwerking zou het gecombineerde effect van de verschillende

belastingen niet mogen leiden tot een vervorming van meer dan 1/250e van de overspanning [B9] (bv. maximum 24 mm voor een overspanning van 6 meter).

De platen zijn meestal opgebouwd uit gegalvaniseerd staal, bekleed met zink en/of aluminium en eventueel met een coating. Soms zijn ze voorzien van doorboringen.

Voor het hier beschouwde type toepassing – mechanische bevestiging zonder ballast – bedraagt de nominale dikte (eventueel met inbegrip van een coating of galvanisatielaag) ten minste 0,75 mm voor overspanningen van 1,5 m of meer. Deze dikte van 0,75 mm is technisch aanvaardbaar. De extreme dunheid van de platen leidt echter vaak tot een aantasting van (deuken in) de isolatie- en afdichtingsplaten tijdens de plaatsing. Deze dikte is bijgevolg enkel toegelaten in zones waar het visuele aspect slechts weinig belang heeft. Indien het visuele aspect van de onderzijde een belangrijk criterium is, dan dient men de voorkeur te geven aan een nominale dikte van 0,88 mm, wat bovendien een optimale mechanische bevestiging van de langsvoegen tussen de platen toelaat en zorgt voor een grotere stabiliteit en stijfheid van de dakvloer.

Om de stabiliteit en de vlakheid van de dakvloer bij het plaatsen van de geprofileerde platen te waarborgen, dient men de volgende aanbevelingen in acht te nemen:

- de geprofileerde platen zouden bij voorkeur op minstens drie punten opgelegd moeten worden; indien ze slechts op twee punten opgelegd zijn (eindvelden, dakdoorboringen), dan zal het vaak nodig zijn om in een dikkere plaat te voorzien teneinde de vervormingen te beperken. Men kan eveneens in een dubbele plaat voorzien voor zover de elementen geassembleerd worden met behulp van klinknagels of zelfborende schroeven. De dimensionering moet gebaseerd zijn op een stabiliteitsstudie
- de geprofileerde platen worden bij voorkeur geschrant geplaatst: de belasting en de doorbuiging worden zodoende gelijkmatiger doorgegeven aan de structuur, terwijl de doorbuiging in de eindvelden beperkt zal blijven.
- de platen moeten tijdens de installatie spanningsvrij zijn (niet uitgerekt of samengedrukt)
- de bovenflenzen moeten evenwijdig blijven met het draagvlak van de opleggingen en dit, teneinde een optimaal contact met de isolatieplaten te verzekeren
- de platen moeten over de volledige omtrek van het dak ondersteund worden; ter plaatse van de dakdoorboringen moeten ze bijkomend ondersteund worden of voldoende verstevigd worden
- de platen moeten ten minste om de meter in de langsvoeg aan elkaar bevestigd worden
- wanneer de golven loodrecht lopen op de helling,

dan zal in geval van regen tijdens de uitvoering een zekere accumulatie van water in het dal van de golven onvermijdelijk zijn. Dit kan verholpen worden door elke golf in het midden van de overspanning te doorboren.

Voor meer informatie over geprofileerde staalplaten, hun karakteristieken en hun plaatsing verwijzen we naar hoofdstuk 2 van de [Technische Voorlichting nr. 239](#) [W12].

Geprofileerde staalplaten zijn in theorie lucht- en dampopen. De longitudinale overlappen en de open uiteinden van de elementen vormen inderdaad punten waarlangs de lucht en de damp kunnen doorstromen. De luchtdichtheid (voor de windweerstand) en de dampdichtheid kunnen gewaarborgd worden door de plaatsing van een ononderbroken damp scherm (in totale hechting) of door de ononderbroken plaatsing van isolatieplaten die aan beide zijden voorzien zijn van een cachering en van sponningen of dichtgemaakte voegen.

Indien de gebouwschil moet beantwoorden aan bepaalde luchtdichtheidseisen, dan mag men hiervoor niet rekenen op de dakvloer uit staalplaten. De continuïteit tussen het luchtscherm van de muren en het luchtscherm van het dak (dampscherm of afdichting) moet daarom verzekerd worden door middel van wachtmembranen die aangebracht worden tijdens de ruwbouwwerken (zie § 4.2.1.5, p. 44).

4.2.2.7 Composietdakplaten met een geïntegreerde thermische isolatie (hout of metaal)

Zoals reeds vermeld in hoofdstuk 3, kan dit dakvloer-type, dat ook een isolerende functie heeft, een bijkomende isolatie vereisen wanneer de dikte ervan beperkt is. Er bestaan echter ook dikkere platen die voldoende isolerend zijn en waarop vervolgens een dakafdichting aangebracht kan worden.

Deze dakvloeren zijn damp- en luchtoppen gelet op het feit dat er voegen tussen de elementen aanwezig zijn.

De plaatser van dergelijke platen moet rekening houden met het feit dat er langs de binnenzijde een zekere dampdichtheid vereist kan zijn om condensatieproblemen te vermijden (zie hoofdstuk 6, p. 55). Hiertoe moeten de voegen tussen de platen gewoonlijk dampdicht gemaakt worden volgens de voorschriften van de fabrikant.

Om de vlakheid te waarborgen, dient men de platen onderling te verbinden teneinde differentiële bewegingen en verspruingen tegen te gaan.

4.3 CONTROLE VAN DE DAKVLOER

Vooraleer hij van start gaat met de dakwerken, moet de aannemer in dichtingswerken de zichtbare toestand van de ondergrond (dakvloer of afschotlaag) onderzoeken en zich ervan vergewissen of het oppervlak ervan voldoende droog is en beantwoordt aan de eisen inzake cohesie, vlakheid en ruwheid die vermeld werden in § 4.2.1 (p. 41). De hellingen en peilen kunnen daarentegen niet visueel beoordeeld worden. Deze controle valt onder de verantwoordelijkheid van de aannemer die ze uitgevoerd heeft (zie hoofdstuk 5).

De dakvloer en de conformiteit ervan met de contractuele schikkingen moeten aanvaard worden door de bouwheer of diens vertegenwoordiger. Het zichtbare oppervlak van de dakvloer moet volledig afgewerkt worden, met inbegrip van de opstanden, de uitzetvoegen, de goten en de openingen voor de afvoeren.

Al het afval moet van de dakvloer verwijderd worden door borstelen, de uitsteeksels, verspruingen en deuken die buiten de toleranties vallen moeten weggevoerd worden en de gebeurlijke holtes moeten opgevuld worden met geschikte materialen.

5

AFSCHOT

5.1 ALGEMEEN

De materialen en technieken waarover we vandaag de dag beschikken, stellen ons in staat om – mits enkele bijzondere voorzorgen – daken zonder helling uit te voeren (bv. indien men de waterafvoer wenst te vertragen). Hieraan zijn echter een aantal nadelen verbonden waarvan men zich bewust moet zijn:

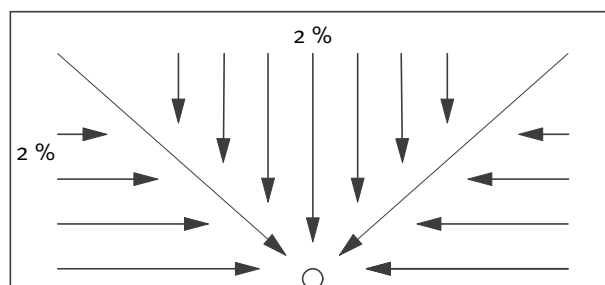
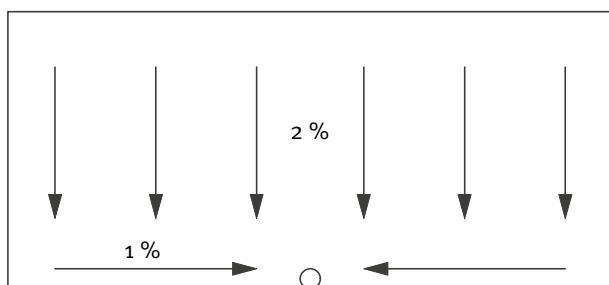
- het bijkomende gewicht van het stagnerende water moet in aanmerking genomen worden, want dit kan de vervormingen van lichte draagconstructies verhogen
- de gebeurlijke lekken kunnen ernstige waterinfiltraties veroorzaken
- ijs kan trekspanningen in de afdichting veroorzaken
- de herstellingen en het onderhoud vergen meer werk (het stagnerende water moet verwijderd worden)
- er kan zich vuil opstapelen dat vervolgens de UV-bescherming of de materialen zelf kan gaan aantasten [N₄]
- het dakoppervlak kan glad worden (wat desgevallend gevaarlijk kan zijn voor voetgangers).

Om al deze redenen raden wij aan om het dak een zodanige helling te geven dat het water na de vervorming van de dakvloer (eventuele doorbuiging) op een normale wijze kan afvloeien naar de afvoerpunten. Bij het ontwerp van de dakvloer en zelfs van de draagconstructie dient men er dan ook op toe te zien dat er een toereikend afschot aanwezig is om de correcte waterafvoer te waarborgen en dit, niet alleen in de dakvlakken en de goten, maar ook rondom de dakdoorbrekingen en dakdoorvoeringen (voornamelijk koepels en lichtstraten).

Bepaalde marktspelers proberen momenteel daken zonder helling te promoten met het oog op de retentie en het eventuele hergebruik van regenwater. Omwille van voormelde redenen mag een helling van 0 % enkel overwogen worden onder welbepaalde voorwaarden, met name door het nemen van een reeks maatregelen, zoals beschreven in de [WTCB-Dossiers 2019/6.4 \[M₃\]](#).

Hoewel het doorgaans niet mogelijk is om waterstagnaties op een plat dak volledig uit te sluiten, kunnen deze wel beperkt worden. Hiertoe zou de helling op elk punt van het dak (in de eindtoestand, na de eventuele doorbuiging) bij nieuwe constructies bij voorkeur 2 % of meer moeten bedragen (zie afbeelding 44). Voor kielgoten en binnengoten wordt er een helling van minstens 1 % aanbevolen, maar dit is niet altijd haalbaar. Het strekt eveneens tot aanbeveling om deze principes in acht te nemen bij de renovatie van bestaande daken. Dit is echter vaak niet zo evident. Men kan bijgevolg in een bijkomende isolatie voorzien volgens de uitvoeringstechnieken, beschreven in de §§ 5.2.4, 5.2.5 en 5.2.6 (pp. 51 tot 53).

Waterstagnaties kunnen nooit volledig vermeden worden en vormen bijgevolg geen afdoende reden voor de afkeuring van de werken. De meeste vragen die hieromtrent gesteld worden, hebben betrekking op het esthetische uitzicht of andere niet-gerechtigde bezorgdheden. Er bestaan in België geen criteria omtrent de toelaatbare waterstagnatie. Het lijkt ons echter redelijk om aan te nemen dat een beperkte en plaatselijke stagnatie aanvaardbaar is. We willen er eveneens op wijzen dat er op plaatsen waar er een zekere waterstagnatie te vrezen is, bepaalde maatre-



Afb. 44 Nominale helling van daken en dakgoten.

gelen getroffen kunnen worden (een tweelaags in plaats van een eenlaags systeem, gelaste in plaats van verlijmd overlapverbindingen, dikkere synthetische membranen ...). Voor meer informatie hieromtrent verwijzen we naar de [WTCB-Dossiers 2013/4.7](#) [N4].

Het voorkomen van waterstagnaties maakt deel uit van het ontwerp. Deze opdracht behoort tot het takenpakket van de aannemer die de dakvloer en/of de afschotlaag uitvoert, evenals tot het takenpakket van de bouwheer (bv. architect), die in voldoende plaats moet voorzien om de hellingen te kunnen uitvoeren (onder meer dankzij voldoende hoge opstanden).

Om een overbelasting van het dak te vermijden en te voorkomen dat er water naar binnen zou stromen in het geval van een verstopping van het afvoersysteem, kunnen er nooduitlaten aangebracht worden op het dak (hoger gelegen noodafvoerkolken en/of overlaten doorheen de opstanden) [V3]. In de opstanden moeten er ook op een voldoende groot aantal goed zichtbare plaatsen spuwers aangebracht worden en dit, net boven de maximaal toelaatbare waterhoogte op het dak. Deze spuwers oefenen een signaalfunctie uit indien het gewone afvoersysteem het zou laten afweten. Voor meer informatie hieromtrent verwijzen we naar de [TV nr. 270](#) [W21] en naar het [WTCB-Rapport nr. 21](#) [W6].

We willen erop wijzen dat, indien de isolatie en/of de afdichting mechanisch bevestigd worden, deze bevestiging moet gebeuren in de dakvloer en niet in de afschotlaag. De sterkte van deze laatste is immers ontoereikend of ongekend, wat de uitvoering in het geval van een dikke afschotlaag bemoeilijkt. Een onderzoek *in situ* is overigens noodzakelijk om de treksterkte van de dakvloer te beoordelen.

5.2 UITVOERINGSTECHNIKEN

De helling kan op verschillende manieren verwezenlijkt worden :

1. door de ter plaatse gestorte dakvloer zelf (monolithische betonplaat) in helling uit te voeren
2. door geprefabriceerde elementen (elementen uit beton of hout, geprofileerde staalplaten ...) in helling te plaatsen
3. door een cementgebonden afschotlaag uit te voeren,

d.w.z. uit gewoon beton, uit mager beton (beperkte cementhoeveelheid), uit licht beton (waarbij men de granulaten deels vervangt door lichte granulaten zoals geëxpandeerde klei), uit schuimbeton (met een schuimvormend middel), uit dekvloermortel of uit isolerende mortel (lichte isolerende granulaten)

4. door gebruik te maken van isolatieplaten met een geïntegreerde helling (afschotisolatieplaten)
5. door plaatselijk bitumengebonden isolerende granulaten te gebruiken
6. door een afschotlaag uit isolerende mortel met geïntegreerde isolatieplaten uit te voeren.

5.2.1 MONOLITHISCHE DAKVLOER UIT BETON MET EEN GEÏNTEGREERDE HELLING

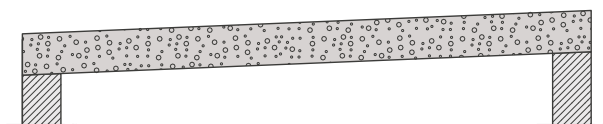
De realisatie van een in helling uitgevoerde dakvloer vormt in theorie een aantrekkelijke oplossing, omdat er hierbij geen bijkomend afschot (hellingsbeton) geplaatst dient te worden. Deze oplossing biedt het voordeel dat het gewicht van de dakopbouw vermindert (in het geval van een dakvloer met een constante dikte die in helling uitgevoerd wordt) en dat de hoeveelheid bouwvocht beperkt wordt. In de praktijk is het echter niet altijd mogelijk om een perfecte waterafvoer te waarborgen zonder plaatselijk in een bijkomende afschotlaag te voorzien. De helling moet zowel in de langs- als de dwarsrichting verzekerd zijn. Men dient hier dan ook reeds van bij het ontwerp rekening mee te houden.

5.2.2 IN AFSCHOT GEPLAATSTE GEPREFABRICEERDE ELEMENTEN

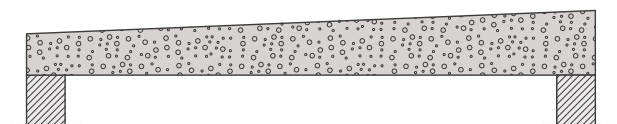
Men realiseert het afschot door de geprefabriceerde elementen (beton, geprofileerde staalplaten, hout) op een structuur te plaatsen die de helling tot stand brengt.

De spanten of balken van een dergelijke constructie beschikken meestal over een toereikende helling in één richting, maar de doorbuiging van de dakvloer brengt dikwijls een waterstagnatie in de goten teweeg. Om een dergelijke waterstagnatie te beperken, is het dus aanbevolen om vanaf het ontwerp ook in een helling in de andere richting te voorzien, door bijvoorbeeld gebruik te maken van kolommen met variabele hoogte. Deze techniek is vooral aangewezen bij

DAKVLOER MET EEN CONSTATE DIKTE

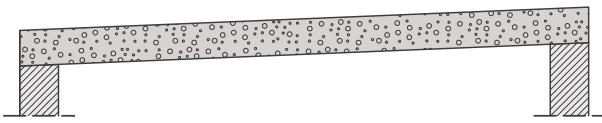


DAKVLOER MET EEN TOENEMENDE DIKTE



Afb. 45 Dakvloeren uit monolithisch beton met een geïntegreerde helling.

A. ELEMENTEN UIT BETON



Afb. 46 In helling geplaatste geprefabriceerde elementen.

gebruik van (niet-geschrante) geprofileerde staalplaten. Daarbij kunnen de platen ter hoogte van de goten ondersteund worden of kan er een helling gegeven worden aan de goten. Bij niet-geschrante geprofileerde staalplaten kan men er ook voor zorgen dat het middelste steunpunt hoger ligt dan de uiteinden, om op die manier een tegenpeil te bekomen.

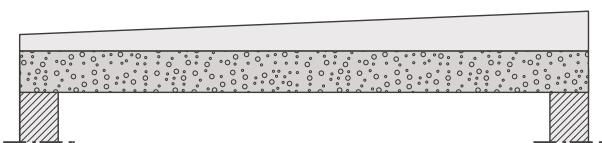
5.2.3 CEMENTGEBONDEN AFSCHOTLAAG

De uitvoering van een cementgebonden afschotlaag laat toe om eenvoudig een helling in meerdere richtingen te creëren, maar zorgt wel voor een toename van het gewicht van de dakopbouw en gaat gepaard met een zekere hoeveelheid bouwvocht, vooral indien het gaat om een afschot met een aanzienlijke dikte. De afschotlaag moet beschouwd worden als een onderdeel van de dakvloer. Indien ze opgebouwd is uit licht beton, dan vervult ze tevens een licht isolerende functie (zonder evenwel de isolatielaag te vervangen).

De cementgebonden afschotlaag wordt rechtstreeks (zonder scheidingslaag) op de dakvloer aangebracht om geen bouwvocht in te sluiten en om een droging naar binnen toe mogelijk te maken.

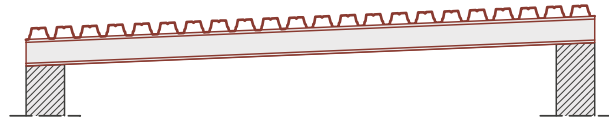
De vochtafvoer naar buiten toe via tijdelijke pijpjes zal enkel doeltreffend zijn in uitzonderlijke gevallen en is overigens niet toegelaten. Om de afvoer van overtollig aanmaakwater te bevorderen, kan het aangewezen zijn om enkele gaten te boren in het beton van de dakvloer en dit, op de (laagste) punten waar er een waterophoping te verwachten is. Deze doorboringen worden achteraf afgedicht en zullen geen invloed hebben op de windbelasting of de luchtdichtheid.

Met bepaalde materialen zal het niet mogelijk zijn om rechtstreeks een bevredigende ruwheid en vlakheid te bekomen, met name in het geval van een licht beton



Afb. 47 Cementgebonden afschotlaag.

B. GEPROFILEERDE STAALPLATEN



(geëxpandeerde kleikorrels). Een goed hechtende rechtstreeks geplaatste afstrijklaag, opgebouwd uit 20 mm cementmortel, laat in voorkomend geval toe om de ruwheid en/of de vlakheid te corrigeren en kan eveneens helpen om de waterabsorptie te beperken door een meer gesloten oppervlak te bieden. Aangezien deze laag na bepaalde tijd kan beginnen los te komen omwille van de krimp en de thermische belastingen (zelfs indien deze beperkt zijn in aanwezigheid van een toereikende thermische isolatie), mag deze enkel uitgevoerd worden onder een isolatielaag.

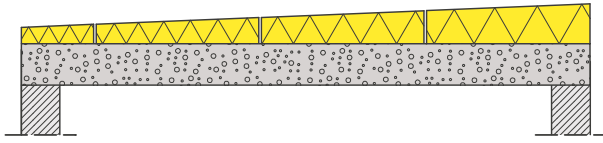
Wanneer de dakopbouw hechtend geplaatst is, dan zal het verkrijgen van een goede hechting zeer belangrijk zijn. Op poreuze cementgebonden afschotlagen (schuimbeton, licht beton ...) zal dit echter niet altijd mogelijk zijn omwille van de ontoereikende oppervlactcohesie die toe te schrijven is aan verschillende factoren (zie ook de [WTCB-Dossiers 2014/2.5](#)) [M10]:

- een te snelle droging van het oppervlak (sterke bezonning), waardoor de goede hydratatie van het cement in het gedrang komt en het oppervlak kan beginnen te verpulveren
- de gevoeligheid voor nachtvorst van licht beton en schuimbeton (die veel aanmaakwater bevatten)
- de aanwezigheid van een niet-hechtend laagje cementmelk na buien tijdens of net na de uitvoering en de absorptie van een grote hoeveelheid water door de poreuzere lagen (bv. schuimbeton).

De uitvoeringsomstandigheden zijn dus erg belangrijk en er moeten voorzorgen genomen worden om de beoogde prestaties te kunnen bereiken. Dit is in de praktijk niet altijd even eenvoudig en zorgt ervoor dat een hechtende plaatsing op deze materialen soms onmogelijk wordt. In dit geval kan men ervoor opteren om een losliggend (met ballast) of een mechanisch bevestigd systeem uit te voeren.

5.2.4 ISOLATIEPLATEN MET EEN GEÏNTEGREERDE HELLING (AFSCHOTISOLATIEPLATEN)

Isolatieplaten met een geïntegreerde helling bieden het voordeel dat er slechts een beperkt bijkomend gewicht gecreëerd wordt en dat er geen water toegevoegd moet worden. Een ander voordeel ligt in de toename van de warmteweerstand van het dak.



Afb. 48 Afschot, gecreëerd met behulp van isolatieplaten met een geïntegreerde helling.

In het geval van lange hellingslijnen kan de isolatiedikte plaatselijk echter soms zeer hoog worden. Bij het gebruik van isolatieplaten met een geïntegreerde helling om een afschot in beide richtingen te verwezenlijken, is er een gedetailleerd legplan nodig. De voorbereiding en de uitvoering van deze werkzaamheden vereisen vakkundig personeel. Het eventuele dampscherm moet steeds onder het totale isolatiepakket aangebracht worden.

De helling die uiteindelijk bekomen wordt, is eveneens afhankelijk van de vlakheid en de horizontaliteit van de dakvloer.

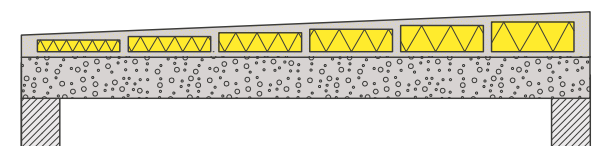
5.2.5 BITUMENGEBONDEN ISOLERENDE GRANULATEN

Bitumengebonden isolerende granulat (bv. perliet of vermiculiet) bieden eveneens het voordeel dat ze slechts een beperkt bijkomend gewicht teweegbrengen, dat ze geen watertoevoer vereisen en dat ze de warmteverstand van het dak verhogen.

Men dient echter rekening te houden met de vochtgevoeligheid van deze materialen, die dus niet blootgesteld mogen blijven aan de weersomstandigheden en eerder gebruikt worden om plaatselijke correcties aan het afschot uit te voeren.

5.2.6 AFSCHOTLAAG OPGEBOUWD UIT EEN CEMENTGEBONDEN ISOLERENDE MORTEL EN GEÏNTEGREERDE ISOLATIEPLATEN

Deze variant van het warme dak wordt behandeld in § 3.3.3 (p. 37) bij de opbouwen die bijzondere aandacht vereisen.



Afb. 49 Isolatieplaten met verschillende diktes en isolerende mortel.

Het gebruik van een cementgebonden mortel en isolerende granulat (EPS, geëxpandeerd vermiculiet ...) waarin men isolatieplaten kan integreren (afbeelding 49), is een redelijk lichte oplossing die minder bouwvocht bevat dan een hellingsbeton en die de uitvoering van een helling in beide richtingen vereenvoudigt.

Om een optimale thermische isolatie te garanderen, vorstschade te vermijden en de goede hechting van de aangebrachte laag (indien van toepassing) toe te laten, moeten de bestanddelen kunnen drogen. In het geval van een nieuwe constructie, waarbij het systeem rechtstreeks aangebracht wordt op de betonnen dakvloer, kan de droging plaatsgrijpen naar binnen toe. Men moet zich dus in een binnenklimaatklasse I of II bevinden. Een klasse III is evenzeer mogelijk voor zover men via een hygrothermische studie kan aantonen dat er geen dampscherm nodig is. Indien er een dampscherm vereist is (binnenklimaatklassen III en IV) of in het geval van een renovatie dient men rekening te houden met het feit dat het systeem een zekere hoeveelheid vocht bevat en een aanzienlijke droogtermijn vergt.

De plaatsing moet gebeuren op een dakvloer die vrij is van stagnerend water en bij droog weer.

De samenstelling van de isolerende mortel moet zodanig zijn dat de in § 3.2.3 (p. 34) beschreven problemen uitgesloten zijn. We willen erop wijzen dat de hechtsterkte van de bovenste mortellaag toereikend moet zijn en dat het systeem niet beschadigd mag worden door vorst-dooicycli. Een te hoog vochtgehalte kan niet alleen een negatieve invloed hebben op de thermische prestaties, maar ook op de oppervlaktecohesie. Een hechtende plaatsing van de aangebrachte laag is dus niet altijd mogelijk.



Opmerking

De helling van bestaande daken kan verbeterd worden zonder al te hoge bijkomende spanningen en dit, door een beroep te doen op de oplossingen, besproken in § 5.2.4 (p. 51) en § 5.2.6. Bij dergelijke werkzaamheden zal het veelal nodig zijn om de dakranden en de opstanden te verhogen. Men dient dus bijzondere voorzorgen te nemen voor wat betreft de toegangen tot het dak (dorpelhoogte, spouwdrainering ...).

Wanneer men opteert voor een dergelijk systeem, dan strekt het tot aanbeveling om er de technische documentatie en het gebruiksgeschiktheidsattest op na te slaan. Men dient zich in het bijzonder te vergewissen van de verenigbaarheid met de aangrenzende lagen (bv. aanwezigheid van oplosmiddelen in de lijmen of de primers).

5.2.7 EIGENSCHAPPEN VAN DE VERSCHILLENDE AFSCHOTSISTEMEN

Tabel 10 geeft een overzicht van enkele kenmerkende eigenschappen van de verschillende afschotsystemen.

Tabel 10 Kenmerkende eigenschappen van de afschotsystemen.

Afschotsysteem	Risico op waterstagnatie	Toename van het gewicht	Toename van de hoeveelheid bouwvocht	Isolerend vermogen in verhouding tot het totale isolerende vermogen	Vereist competentieniveau voor de uitvoering
In helling uitgevoerde dakvloer	Reëel	Geen ⁽¹⁾ / Aanzienlijk ⁽²⁾	Geen ⁽¹⁾ / Aanzienlijk ⁽²⁾	Gering	Hoog
Geprefabriceerde elementen in afschot	Gering (behalve in de goten)	Geen	Geen	Gering (vrij goed in het geval van cellenbeton)	Normaal
Cementgebonden hellingslaag	Zeer laag	Aanzienlijk	Aanzienlijk of zelfs zeer groot ⁽³⁾	Gering	Hoog
Isolatieplaten met een geïntegreerde helling	Laag	Heel beperkt	Geen	Goed tot zeer goed	Hoog
Isolerende mortel en isolatieplaten	Zeer laag	Beperkt	Aanzienlijk	Goed	Zeer hoog

⁽¹⁾ In het geval van een constante dikte (links in afbeelding 45, p. 50)
⁽²⁾ In het geval van een toenemende dikte (rechts in afbeelding 45, p. 50).
⁽³⁾ Naargelang van het type.

6

DAMPSCHERM

6.1 FUNCTIE

Om een ontoelaatbare hoeveelheid inwendige condensatie (zie § 7.1.8, p. 72) te voorkomen, dient men te vermijden dat er door dampdiffusie en/of convectie vochtige binnenlucht of bouwvocht zou binnendringen in het isolatiemateriaal. De aanwezigheid van een – doorgaans dampdichte – dakafdichting langs de buitenzijde van de dakopbouw kan leiden tot het insluiten van vocht in de isolatie door condensatie.

Het is bijgevolg nodig om erop toe te zien dat de onderzijde van de isolatie voldoende dampdicht is. Hiertoe zal het gewoonlijk vereist zijn om een damp-scherm te plaatsen. Dit moet enerzijds de luchtdichtheid van de luchtopen dakvloeren (geprofileerde staalplaten ...) en anderzijds de luchtdichtheid van de dakranden veiligstellen. In het uitzonderlijke geval dat een hygrothermische studie zou uitwijzen dat een damp-scherm niet nodig is, kan de aanwezigheid ervan toch noodzakelijk blijken om de luchtdichtheid te garanderen en convectie bij een luchtopen dak-vloer te voorkomen (zie § 4.2.1.5, p. 44). Een dergelijk vochttransport moet vermeden worden omdat dit, in vergelijking tot vochtdiffusie, leidt tot een snellere verspreiding van grotere hoeveelheden vocht in de dakopbouw.

Opmerking

Wat de dampdiffusie betreft, is het de ontwerper (nieuwbouw) of de projectverantwoordelijke (renovatie) die het nut van het damp-scherm dient te bepalen en dit, ofwel door berekening, dan wel door gebruik te maken van vooraf berekende gemiddelde gegevens, zoals opgenomen in tabel 13 (p. 62).

Wanneer de dakvloer luchtopen is, dan kan het damp-scherm eveneens bijdragen tot de verbetering van de windweerstand (zie hoofdstuk 8 van de TV 239) [W12].

In bepaalde gevallen kan het damp-scherm ook gebruikt worden als tijdelijke afdichting tijdens de bouwwerken. In voorkomend geval moet het damp-

scherm opgebouwd zijn uit een afdichtingsmateriaal en moeten de overlapverbindingen en opstanden perfect waterdicht gemaakt worden. De keuze van het damp-scherm zal dan ook hoofdzakelijk bepaald worden door deze tijdelijke afdichtingsfunctie (geen poly-ethyleenfolie, geen V3-membraan op geprofileerde staalplaten ...). Alvorens de werken verder te zetten, dient men te controleren of het damp-scherm mechanische schade opgelopen heeft en deze indien nodig te herstellen. Bij de renovatie van een warm dak (bijkomende isolatie) kan de bestaande afdichting gebruikt worden als damp-scherm voor de nieuwe dakopbouw. Ze moet eveneens gecontroleerd en – indien nodig – hersteld worden.

In het kader op pagina 56 wordt de compartimentering van de isolatie meer in detail beschreven.

Bij een omkeerdak wordt de damp-schermfunctie verzekerd door de afdichting onder de isolatie (§ 3.1.2, p. 30). In het geval van het dak van een koelruimte bevindt het damp-scherm zich steeds ter hoogte van de afdichting, boven de isolatie, langs de buitenzijde van het gebouw (zie § 3.3.3, p. 37).

6.2 KEUZE

De noodzaak van een damp-scherm en het te gebruiken type zijn afhankelijk van verschillende factoren, waaronder het buiten- en het binnenklimaat, de aanwezigheid van bouwvocht (in de constructie), de karakteristieken van de samenstellende materialen van het dak, hun gedrag bij blootstelling aan vocht, de bezonning van het dak en de zonneabsorptiefactor van de afdichting of de schutlaag.

De keuze van het damp-scherm moet gebaseerd zijn op een hygrothermische studie. Bij de berekening wordt er uitgegaan van voornoemde factoren en wordt er rekening gehouden met proefondervindelijk bepaalde en/of gecertificeerde of genormaliseerde materiaalgegevens. Hierna wordt er een vereenvoudigde benadering voorgesteld die aanvaardbaar is in het merendeel van de gevallen. De ontwerper dient te bepalen of verder onderzoek noodzakelijk is.

Compartimentering van de isolatie

De aanwezigheid van een dampscherm – in het bijzonder wanneer het waterdicht is (bv. indien het gebruikt werd als tijdelijke afdichting) – heeft als gevolg dat de opsporing van gebeurlijke waterinfiltraties vertraagd en verhinderd wordt en dat de droging van het ingesloten vocht in het gedrang gebracht wordt (zie § 7.1.8, p. 72). De eerste moeilijkheid kan overwonnen worden door de isolatie op regelmatige afstanden te compartimenteren. Zodoende vermijdt men de verspreiding van het geïnfilterde water in het dak en kan men in bepaalde gevallen de gebeurlijke lekken gemakkelijker opsporen. Deze compartimentering gebeurt door de afdichting te verbinden met het dampscherm (indien ze verenigbaar zijn) (afbeelding 50) of door het dampscherm op te trekken zonder het met de afdichting te verbinden (indien ze niet-verenigbaar zijn) (afbeelding 51). Afbeelding 52 toont het geval van een tweelaagse isolatie.

Een dergelijke compartimentering verschilt van de afsluiting aan het einde van de dag. Deze laatste is immers een tijdelijke maatregel om de isolatie te beschermen tegen de weersomstandigheden en volstaat niet noodzakelijk om de hier beoogde functies te vervullen.

De compartimentering kan een aantal bijkomende kosten met zich meebrengen. Hierin moet voorzien worden vanaf het ontwerp en de afmeting van de compartimenten moet door de ontwerper gespecificeerd worden in het bestek. Ze moet tevens op de *as-built*plannen aangeduid worden door de in het bestek vermelde verantwoordelijke. De oppervlakte van de compartimenten moet gespecificeerd worden door de ontwerper die hierbij in het bijzonder rekening dient te houden met:

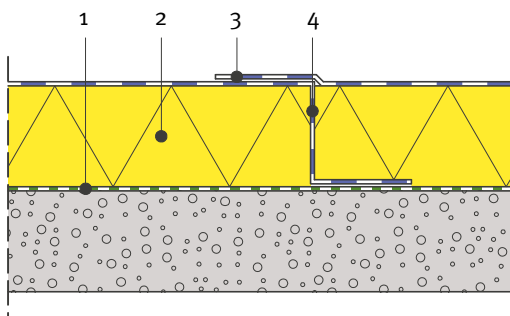
- het risico op waterstagnaties: dit is groter aan de randen en in de hoeken, zodat het op deze plaatsen aangewezen is om in kleinere compartimenten te voorzien, evenals ter hoogte van de dakdoorboringen zoals waterafvoeren (zie TV 244) [W14]
- de afmetingen van het dak
- het plaatsingstempo: dit zal bijvoorbeeld hoger zijn bij mechanisch bevestigde industriële daken.

De compartimentering is vooralsnog geen courante techniek. De keuze om al dan niet over te gaan tot een compartimentering en de bepaling van de oppervlaktes en overeenstemmende locaties van de compartimenten vallen onder de verantwoordelijkheid van de ontwerper en moeten geval per geval beoordeeld worden, in functie van de impact van een gebeurlijke verspreiding van vocht in het dak en de gevolgen ervan voor de latere opsporing van mogelijke lekken.

Een compartimentering is in het bijzonder gerechtvaardigd wanneer de afdichting moeilijk toegankelijk is (bv. terras, tuin, technische installaties, zonnepanelen of parking).

Ze heeft steeds tot doel om de verspreiding van het geïnfilterde water en de bevochtiging van de isolatie tegen te gaan en dit, ongeacht het feit of de dakopbouw hechtend geplaatst is, in partiële hechting geplaatst is, geballast is of mechanisch bevestigd is. Hoe meer het dampscherm de functie van een afdichting benadert, hoe beter de vochtverspreiding tegengegaan kan worden. Bij de keuze van het dampscherm dient men dit aspect in het achterhoofd te houden.

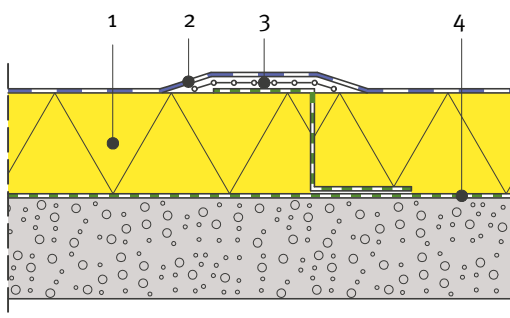
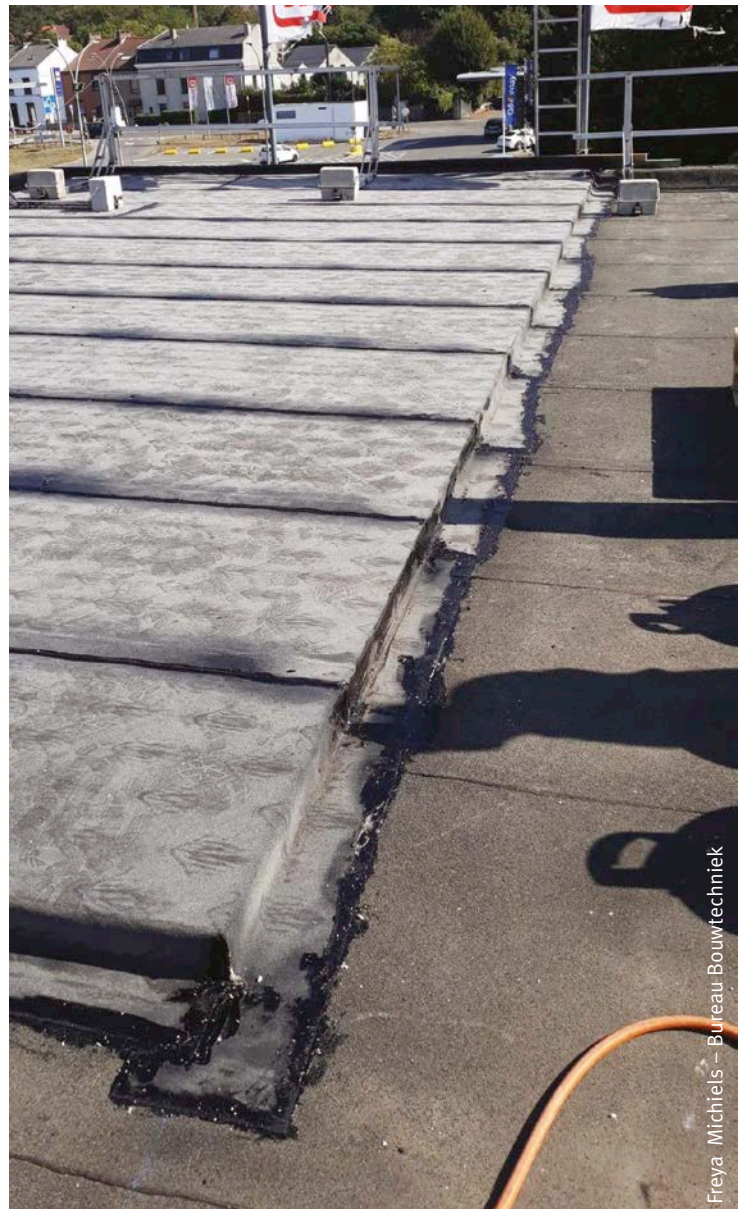
De compartimentering kan ook helpen bij het opsporen van gebeurlijke lekken indien ze gepaard gaat met niet-destructieve lekdetectiemaatregelen en/of indien het dampscherm waterdicht is (geen PE-folie of geen mechanische bevestiging die het dampscherm doorboort) en in totale hechting geplaatst wordt op een materiaal dat geen watercirculatie toelaat, d.w.z. op een gewoon beton in plaats van op een meer poreuze afschotlaag zoals een schuimbeton of een dekvloer.



1. Dampscherm uit een materiaal dat verenigbaar is met de afdichting
2. Isolatie
3. Afdichting
4. Compartimentsgrens

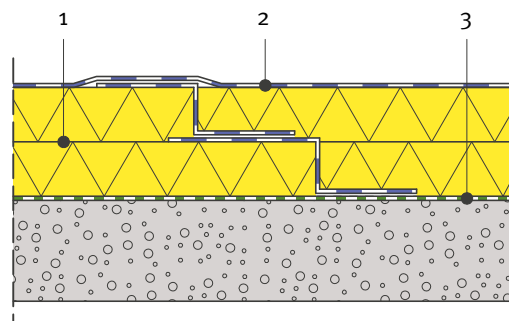


Afb. 50 Compartimentering van de isolatie indien de afdichting en het dampscherm verenigbaar zijn. →



1. Isolatie
2. Afdichting
3. Scheidingsstrook (bv. niet-geweven polyester)
4. Dampscherm

Afb. 51 Compartimentering van de isolatie indien de afdichting en het dampscherm niet-verenigbaar zijn.



1. Tweelaagse isolatie
2. Afdichting
3. Dampscherm

Afb. 52 Compartimentering van een tweelaagse isolatie.

6.2.1 BINNENKLIMAATKLASSEN

Men dient eerst en vooral de binnenklimaatklasse van het gebouw te bepalen. Deze hangt hoofdzakelijk af van de dampdruk binnen, die op zijn beurt beïnvloed wordt door de vochtproductie in het gebouw. Er worden vier binnenklimaatklassen onderscheiden in functie van de jaargemiddelde dampdruk binnen p_i (in Pa).

De binnenklimaatklasse I stemt overeen met gebouwen waarvan het condensatiepotentieel door diffusie van de in de binnenlucht vervatte waterdamp dermate klein is dat gebeurlijke problemen door inwendige condensatie uitgesloten zijn. De binnenklimaatklasse IV is van toepassing op gebouwen waar men zich, bij gebrek aan geschikte maatregelen, kan verwachten aan een jaarlijkse resulterende vochttopstapeling als gevolg van de inwendige condensatie in de dakopbouw.

Tabel 11 geeft de binnenklimaatklasse aan die in een courant gebouw zou moeten heersen.

De grenzen tussen deze klassen worden beoordeeld op basis van de jaargemiddelde dampdruk van de binnenlucht (afbeelding 53) of op basis van het gemiddelde dampdrukverschil tussen de binnenlucht en de buitenlucht gedurende een korte periode (afbeelding 54). Indien men de binnenklimaatklasse van een bestaand gebouw wenst te controleren (bv. vóór een renovatie) of deze van een gebouw wil beoordelen dat niet opgenomen is in tabel 11, dan kan men deze laatste verhouding gebruiken.

In de praktijk kan men de binnenklimaatklasse van een bepaalde zone van een bestaand gebouw dat gekarakteriseerd is door een redelijk constante vochtproductie redelijk snel bepalen aan de hand van de gemiddelde waarden van klimatologische metingen ⁽¹⁾ en dit, met behulp van afbeelding 54 of de gegevens uit tabel 11.

Tabel 11 Binnenklimaatklassen.

Binnenklimaatklassen	Voorbeelden	Jaargemiddelde dampdruk in het gebouw p_i [Pa]	Gemiddeld dampdrukverschil gedurende 4 weken $(p_i - p_e)$ [Pa] ⁽¹⁾
I. Gebouwen met weinig tot geen permanente vochtproductie	Stapelplaatsen voor droge goederen Kerken, toonzalen, garages, werkplaatsen	$1100 \leq p_i < 1165$	$< 159 - 10 \cdot \theta_e$ ⁽²⁾
II. Gebouwen met een goede ventilatie en een beperkte vochtproductie per m³	Volgens de norm geventileerde woningen ⁽³⁾ Scholen Winkels Niet-geklimatiseerde kantoren Sportzalen en polyvalente hallen	$1165 \leq p_i < 1370$	$< 436 - 22 \cdot \theta_e$ ⁽²⁾
III. Gebouwen met een matige tot voldoende ventilatie en een belangrijke vochtproductie per m³	Niet volgens de norm geventileerde woningen ⁽³⁾ Ziekenhuizen, rusthuizen Verbruikszalen, restaurants, feestzalen, theaters Laaggeklimatiseerde gebouwen ($RV \leq 60$ %)	$1370 \leq p_i < 1500$	$< 713 - 22 \cdot \theta_e$ ⁽²⁾
IV. Gebouwen met een hoge vochtproductie	Hooggeklimatiseerde gebouwen ($RV > 60$ %) Hydrotherapieruimten Zwembaden (overdekt) Vochtige industriële ruimten zoals wasserijen, drukkerijen, brouwerijen, papierfabrieken ...	$p_i \geq 1500$, beperkt tot 3000 Pa in het kader van deze TV	$> 713 - 22 \cdot \theta_e$ ⁽²⁾

Opmerking: gebouwen in overdruk, gebouwen met een sterk wisselend vochtgehalte (bv. dancings) of daken met een geïsoleerd verlaagd plafond vergen een speciale bouwfysische studie.

⁽¹⁾ Zie afbeelding 54.
⁽²⁾ θ_e = buitentemperatuur.
⁽³⁾ De norm NBN D 50-001 [B15] beschrijft de verschillende ventilatiesystemen (A tot D) voor residentiële gebouwen en legt de debieten ervan vast. Het is belangrijk dat alle ruimten met een toereikend debiet geventileerd worden.

⁽¹⁾ Deze metingen moeten representatief zijn voor het normale gebruik van het gebouw. Ze moeten bij voorkeur uitgevoerd worden tijdens het stookseizoen, wanneer het gebouw op normale wijze geventileerd wordt en het dampdrukverschil zeer uitgesproken is en dus niet in de zomerperiode, wanneer de temperaturen hoog zijn en er dermate veel verlucht wordt dat het gemeten dampdrukverschil quasi gelijk zou kunnen zijn aan nul.

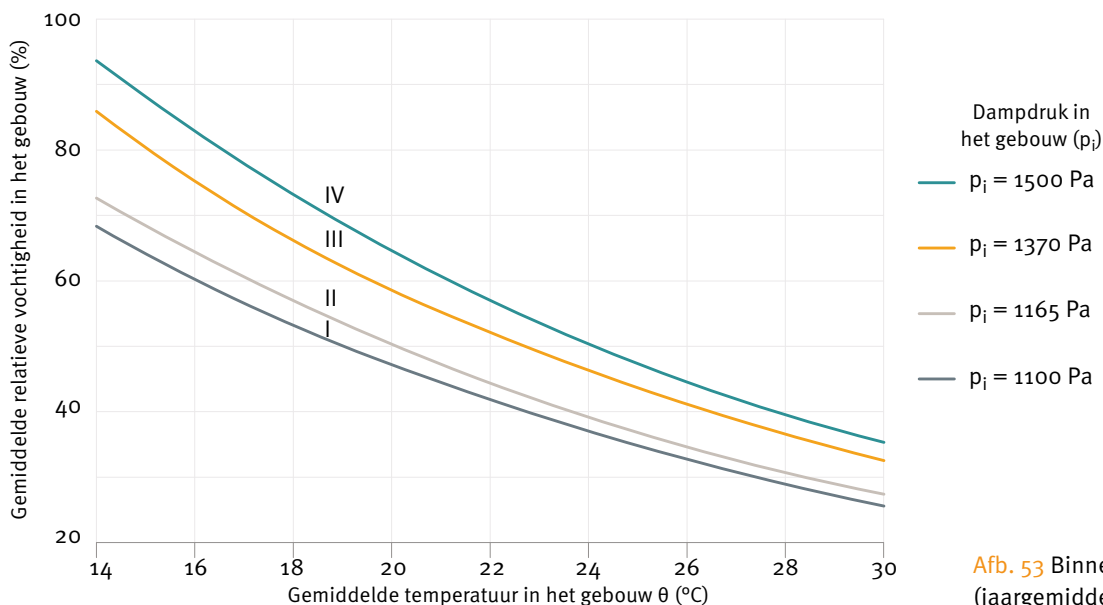
Men meet gedurende vier weken de temperatuur en de relatieve vochtigheid van de binnenlucht en de buitenlucht. Vervolgens berekent men op basis hiervan het gemiddelde dampdrukverschil tussen de binnenlucht en de buitenlucht over deze periode. Om de binnenklimaatklasse van het gebouw te vinden, volstaat het om deze waarde uit te zetten op de grafiek van afbeelding 54 in functie van de gemiddelde buitentemperatuur gedurende de meetperiode.

Het feit dat het dampdrukverschil tussen de binnenomgeving en de buitenomgeving afhankelijk is van de buitentemperatuur heeft te maken met de hygrische inertie van het gebouw en met het gedrag van de bewoners.

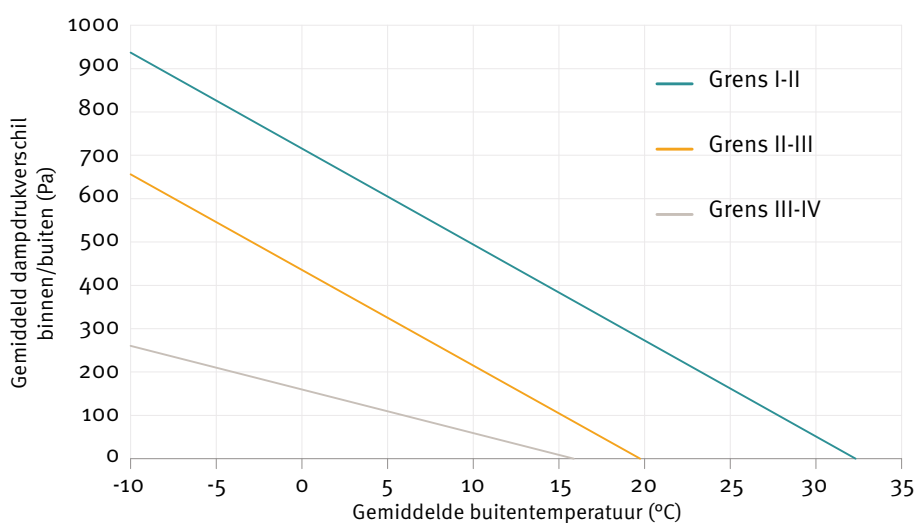
Bij het bepalen van de binnenklimaatklasse dient men steeds met de nodige voorzichtigheid te werk te gaan. Een mechanisch geventileerde woning kan bijvoorbeeld een hogere vochtigheid vertonen als gevolg van de slechte werking van het ventilatiesysteem. En ook een bestemmingswijziging van het gebouw kan tot een hogere vochtbelasting leiden.

We willen erop wijzen dat de norm NBN EN ISO 13788 [B58] in zijn (informatieve en niet-normatieve) bijlage A andere dan de hier beschreven en aan het Belgische klimaat aangepaste binnenklimaatklassen ⁽¹²⁾ aangeeft.

Op de volgende pagina wordt er een voorbeeld gegeven van de bepaling van de binnenklimaatklasse.



Afb. 53 Binnenklimaatklassen (jaargemiddelden).



Afb. 54 Grenzen van de binnenklimaatklassen in functie van de buitentemperatuur en het dampdrukverschil tussen de binnen- en de buitenomgeving, gemeten over een periode van 4 weken.

⁽¹²⁾ In deze bijlage wordt ook een vereenvoudigde benadering aangereikt voor de inschatting van de temperatuur en de relatieve vochtigheid die heersen in woon- en kantoorgebouwen, wanneer men hieromtrent niet over informatie of meetresultaten beschikt. De waarden worden bepaald op basis van de temperatuur van de buitenlucht en in functie van de bezettingsgraad.

Voorbeeld van de bepaling van de binnenklimaatklasse

In het kader van een meetcampagne om de doeltreffendheid van verschillende ventilatiesystemen te beoordelen, werden de temperatuur en de relatieve vochtigheid in twee gelijkaardige woningen gemeten gedurende vier weken. De eerste woning werd op natuurlijke wijze (en ontoereikend) geventileerd, de tweede woning werd op mechanische wijze geventileerd volgens de norm. De opgetekende gemiddelden zijn 56 % RV en 18,7 °C voor de eerste woning en 41 % RV en 20,0 °C voor de tweede woning. De buitenklimaatomstandigheden die gedurende dezelfde periode gemeten werden, zijn 88 % RV en 6,7 °C in de buurt van de slecht geventileerde woning en 92 % RV en 1,6 °C in de buurt van de correct geventileerde woning.

Op natuurlijke wijze (en ontoereikend) geventileerde woning

- Verzadigingsdruk van de lucht die overeenstemt met de binnentemperatuur $p_{100\%RV, 20\text{ °C}} = 2340,0 \text{ Pa}$
 - Dampdruk binnen $p_i = p_{41\%RV, 20\text{ °C}} = 0,41 \cdot 2340,0 = 959,4 \text{ Pa}$
 - Verzadigingsdruk van de lucht die overeenstemt met de buitentemperatuur $p_{100\%RV, 1,6\text{ °C}} = 685,8 \text{ Pa}$
 - Dampdruk buiten $p_e = p_{92\%RV, 1,6\text{ °C}} = 0,92 \cdot 685,8 = 630,9 \text{ Pa}$
 - Het dampdrukverschil tussen de buiten- en de binnenomgeving is gelijk aan $p_i - p_e = 959,4 - 630,9 = 328,5 \text{ Pa}$. Deze waarde moet vergeleken worden met de grenswaarden tussen de binnenklimaatklassen voor een buitentemperatuur van 1,6 °C (laatste kolom van tabel 11, p. 58):
 - grens I-II = $159 - 10 \cdot 1,6 = 143 \text{ Pa}$
 - grens II-III = $436 - 22 \cdot 1,6 = 401 \text{ Pa}$.
 - Het gemeten dampdrukverschil (328,5 Pa) situeert zich tussen deze twee grenzen.
- Binnenklimaatklasse II.

Mechanisch geventileerde woning

- Verzadigingsdruk van de lucht die overeenstemt met de binnentemperatuur $p_{100\%RV, 18,7\text{ °C}} = 2157,4 \text{ Pa}$
 - Dampdruk binnen $p_i = p_{56\%RV, 18,7\text{ °C}} = 0,56 \cdot 2157,4 = 1208,1 \text{ Pa}$
 - Verzadigingsdruk van de lucht die overeenstemt met de buitentemperatuur $p_{100\%RV, 6,7\text{ °C}} = 981,9 \text{ Pa}$
 - Dampdruk buiten $p_e = p_{88\%RV, 6,7\text{ °C}} = 0,88 \cdot 981,9 = 864,1 \text{ Pa}$
 - Het dampdrukverschil tussen de buiten- en de binnenomgeving is gelijk aan $p_i - p_e = 1208,1 - 864,1 = 344,0 \text{ Pa}$. Deze waarde moet vergeleken worden met de grenswaarden tussen de binnenklimaatklassen voor een buitentemperatuur van 6,7 °C (laatste kolom van tabel 11, p. 58):
 - grens I-II = $159 - 10 \cdot 6,7 = 92 \text{ Pa}$
 - grens II-III = $436 - 22 \cdot 6,7 = 289 \text{ Pa}$
 - grens III-IV = $713 - 22 \cdot 6,7 = 566 \text{ Pa}$.
 - Het gemeten dampdrukverschil (344,0 Pa) situeert zich tussen deze twee laatste grenzen.
- Binnenklimaatklasse III.

6.2.2 BOUWFYSISCHE EIGENSCHAPPEN VAN DE MATERIALEN

Bij het ontwerp van het dak dient men rekening te houden met de karakteristieken van de dakvloer, de thermische isolatie, het dampscherm en de afdichting. De eigenschappen van de isolatie komen uitvoerig aan bod in hoofdstuk 7, terwijl dampschermen hieronder besproken worden.

Een eerste materiaalkarakteristiek is de (intrinsieke) coëfficiënt van de waterdampdiffusieweerstand μ (zonder eenheid). In de norm NBN EN ISO 10456 [B57] zijn er een aantal tabelwaarden voor de μ -waarde van de materialen opgenomen. Tabel 12 geeft de μ -waarde van een aantal courante materialen met een gebruikelijke dikte.

Een tweede karakteristiek is de dampdiffusieweerstand μd of S_d (in meter), die de dikte van een laag aanduidt waarvan de dampdiffusieweerstand gelijk is aan deze van het beschouwde element. Ze is gelijk aan de factor μ , vermenigvuldigd met de materiaaldikte in meter (tabel 12). Een derde karakteristiek is de equivalente dampdiffusieweerstand $(\mu d)_{eq}$ of de gecorrigeerde dampdiffusieweerstand $(\mu d)_{corr}$ (in meter), die de μd -waarde voorstelt die gewijzigd werd door het in aanmerking nemen van de uitvoering. Deze oefent immers een invloed uit op de prestaties van de beschouwde laag (al dan niet gelijkde/gelaste overlapverbindingen van membranen, open of gesloten voegen tussen de isolatieplaten ...).

De dampschermen kunnen in klassen ingedeeld worden volgens de equivalente/gecorrigeerde dampdiffu-

Tabel 12 μ - en μd -waarden van enkele courante materialen (*).

Materiaal of gas	μ [-]	Dikte [m]	μd [m]
Lucht	1	1	1
Beton (2200 kg/m ³)			
- droog	120	0,2	24
- vochtig	70	0,2	14
Zuiver bitumen	50.000	0,003	150
Polyethyleen	100.000	0,0002	20
Cellenglas	∞	0,2	∞
Polyurethaanschuim	60	0,2	12
Minerale wol	1	0,2	0,2
Geëxpandeerd polystyreen	60	0,2	12
Geëxtrudeerd polystyreen	150	0,2	30
PVC	15.000	0,0015	22,5
EPDM	65.000	0,0015	97,5

(*). Deze tabelwaarden zijn ontleend aan de norm NBN EN ISO 10456 [B57]. Voor synthetische afdichtingen zijn ze ontleend aan de BRL 1511 [K1] en marktgegevens, of werden ze berekend aan de hand van een hygrothermische software.

sieweerstand $(\mu d)_{eq}$ of $(\mu d)_{corr}$ (m), die afhankelijk is van de aard en de dikte van de materiaallaag evenals van de uitvoering (doorboringen, afdichting van de voegen ...).

Er kunnen vier dampschermklassen onderscheiden worden. Deze staan vermeld in tabel 13 (p. 62), die informatie geeft omtrent de materialen die gebruikt worden in de samenstelling van dampschermen, evenals omtrent hun equivalente dampdiffusieweerstand $(\mu d)_{eq}$ (voor de uitvoering, zie § 6.3, p. 64). Het gaat hier om indicatieve waarden die gebaseerd zijn op de ervaring. Het is immers zeer moeilijk om de $(\mu d)_{eq}$ of $(\mu d)_{corr}$ van reeds geplaatste materialen in te schatten of te meten. De minste onderbreking (doorboring door een bevestiging, plooi in een overlapverbinding ...) kan namelijk leiden tot een groot verschil tussen μd en $(\mu d)_{corr}$ in het geval van een polyethyleenfolie of andere

dunne materialen. Om deze reden zal een polyethyleenfolie ten hoogste tot de dampschermklasse E2 ($5 m \leq (\mu d)_{corr} < 25 m$) behoren, zelfs indien deze een hoge μd -waarde vertoont. Voor andere materialen dan PE-folies (bv. bitumen of een zelfklevend membraan uit aluminium) zal het verschil tussen μd en $(\mu d)_{eq}$ minder groot zijn ⁽¹³⁾ (zie ook de [WTCB-Dossiers 2019/2.3](#)) [N6].

De invloed van de uitvoering is doorslaggevend en het is moeilijk om de $(\mu d)_{eq}$ -waarde van een geplaatst product te becijferen, tenzij dan door zeer grootschalige proeven.

De verenigbaarheid van de samenstellende materialen van het dampscherm en de afdichting moet geverifieerd worden. Het is niet uitgesloten om een synthetisch dampscherm te combineren met een bitumineuze afdichting of omgekeerd, voor zover de nodige maatregelen getroffen worden (opstanden, compartimentering ...; zie [TV 244](#)) [W14]. Een dampscherm dat opgebouwd is uit een PE-folie mag bijvoorbeeld nooit in contact komen met warm bitumen. Indien het dampscherm niet verenigbaar is met het materiaal van de afdichting (bv. PE-membraan en bitumineuze afdichting of bitumineus dampscherm en afdichting uit PVC), dan moeten de opstanden beëindigd worden ter hoogte van de bovenzijde van de isolatie, alwaar ze tegen de muur gehouden moeten worden en verlijmd moeten worden vanaf een klasse E2.

Sandwichpanelen met een isolerende kern behoren gewoonlijk vanaf hun fabricage tot de dampschermklasse E1. De maatregelen in verband met de waterdampdoorgangsweerstand die genomen moeten worden in functie van de binnenklimaatklasse zijn opgenomen in het gebruiksgeschiktheidsattest van de panelen (er moeten gewoonlijk maatregelen getroffen worden aan de binnenzijde, zoals het lucht- en dampdicht maken van de voegen tussen de panelen). In de klimaatklasse IV is dit type panelen uitgesloten.

Hygrovariabele dampremmen hebben een μd -waarde die varieert in functie van de gemiddelde omgevingsvochtigheid (zie afbeelding 34, p. 36). Ze worden aangebracht onder de dakvloer van een compactdak (zie § 3.3.2, p. 36, en de [WTCB-Dossiers 2021/2.6](#)) [M12]

⁽¹³⁾ Voor de geïnteresseerde lezer werd in een vorig WTCB-artikel de volgende formule gegeven:

$$\mu_{eq} = \frac{1}{\frac{A_1}{A_1 + A_2} \cdot \frac{1}{\mu_1} + \frac{A_2}{A_1 + A_2} \cdot \frac{1}{\mu_2}} = \frac{A_1 + A_2}{\frac{A_1}{\mu_1} + \frac{A_2}{\mu_2}}, \text{ waarbij } A_1 \text{ de oppervlakte van de openingen vertegenwoordigt, } A_2 \text{ de opper-}$$

vlakke van het materiaal (in m²), μ_1 de dampdiffusieweerstand van de lucht (1) en μ_2 de dampdiffusieweerstand van het materiaal. Indien men deze gebruikt om bijvoorbeeld de $(\mu d)_{eq}$ of de $(\mu d)_{corr}$ van een PE-folie van 0,2 mm in te schatten die om de 2 m² doorboord is door een slecht gepositioneerde en vervolgens verplaatste mechanische bevestiging, dan verkrijgt men voor een μd van 20 m een $(\mu d)_{eq}$ of een $(\mu d)_{corr}$ van 10 m, hetzij een waarde die gehalveerd is.

Tabel 13 Courante materialen voor dampschermen en hun overlapverbindingen.

Klasse + $(\mu d)_{eq}$ ⁽¹⁾	Materiaal	Opmerkingen
E1 (≥ 2 tot < 5 m)	<ul style="list-style-type: none"> – PE-folie ⁽²⁾ (dikte $\geq 0,2$ mm) met overlapverbindingen van minstens 100 mm – Ook bruikbaar: alle materialen van de klassen 2, 3 en 4 	Een kleeflaag mag niet beschouwd worden als een volwaardig dampscherm, zelfs niet op een ononderbroken dakvloer.
E2 (≥ 5 tot < 25 m)	<ul style="list-style-type: none"> – PE-folies ⁽²⁾ (dikte $\geq 0,2$ mm) met gelijmde voegen en aluminiumlaminaten met gelijmde voegen – Bitumineus glasvlies V 50/16 – Bitumineus polyestervlies P 150/16 – Ook bruikbaar: alle materialen van de klassen 3 en 4 	De overlapverbindingen moeten steeds onderling en aan de andere bouwelementen gelijmd of gelast worden.
E3 ⁽²⁾ (≥ 25 tot < 200 m)	<ul style="list-style-type: none"> – Geoxideerd of gemodificeerd (APP, SBS ...) gewapend bitumen (V3, V4, P3 of P4 ...) – Ook bruikbaar: alle materialen van de klasse 4 	De overlapverbindingen moeten steeds onderling en aan de andere bouwelementen gelijmd of gelast worden.
E4 (≥ 200 m)	<ul style="list-style-type: none"> – Met een metaalfolie gewapend bitumen (bv. ALU 3, ALU 4) – Meerlaags dampscherm uit polymeerbitumen (≥ 8 mm) – Zelfklevend dampscherm uit aluminium ⁽³⁾ 	De overlapverbindingen moeten steeds onderling en aan de andere bouwelementen gelijmd of gelast worden. De dampschermklasse E4 vereist een uitvoering op een ononderbroken dakvloer ⁽⁴⁾ . Doorboringen (bv. door de bevestigingsschroeven) zijn niet toegelaten.

⁽¹⁾ $(\mu d)_{eq}$ is de equivalente dampdiffusieweerstand en bepaalt de dampweerstandskarakteristiek van een (dampscherm)laag, rekening houdend met de uitvoering ervan. $[(\mu d)_{eq} = 1$ m] stemt overeen met een onbeweeglijke luchtlaag met een dikte van 1 m, $[(\mu d)_{eq} > 200$ m] met een 'absoluut' dampscherm.

⁽²⁾ Er bestaan PE-folies op de markt die verondersteld worden tot de klasse E3 te behoren. Het is in de praktijk echter zeer moeilijk om deze zodanig uit te voeren dat deze prestatie ook daadwerkelijk behaald wordt (plooiën in de overlapverbindingen, doorboringen door de mechanische bevestigingen, aansluitingen aan de details en de opstanden ...). Indien deze materialen uitgevoerd worden op een droge dakvloer uit ter plaatse gestort beton, dan is het aanbevolen om vooraf een mechanische bescherming (bv. een niet-geweven polyester) aan te brengen.

⁽³⁾ Er moet bijzondere zorg besteed worden aan de uitvoering van de dwarse overlapverbinding op een dakvloer uit geprofileerde staalplaten en dit, teneinde de dichtheid ervan te waarborgen (tussenplaatsing van een strook uit stijf metaal om een ononderbroken ondergrond te vormen).

⁽⁴⁾ Ten minste ter hoogte van de langse en de dwarse overlapverbindingen; in het dakvlak hangt dit af van het materiaal (scheursterkte).

en zouden in de zomer een zekere droging van de dakopbouw moeten toelaten, terwijl de bevochtiging in de winter beperkt zou moeten blijven. Deze materialen worden in deze Technische Voorlichting niet in detail beschreven en worden in de regel ook niet uitgevoerd door de aannemer in dichtingswerken.

6.2.3 DAMPSCHERMKwaliteit

Tabel 14 geeft een overzicht van de gemiddelde gegevens die berekend werden voor elk type dampscherm (E1, E2, E3, E4) in functie van de karakteristieken van de dakvloer en de isolatie en in functie van de binnenklimaatklasse. De gegevens uit deze tabel kunnen gebruikt worden wanneer men niet wenst over te gaan tot meer gedetailleerde berekeningen.

Voor gebouwen uit de binnenklimaatklasse IV, waar er een jaargemiddelde dampdruk p_i van meer dan

3000 Pa heerst, dient men steeds een gedetailleerde gevals specifieke studie te laten uitvoeren. Bij de berekening van de gegevens uit tabel 14 werd er uitgegaan van de volgende hypothesen:

- de berekeningen werden uitgevoerd met behulp van een dynamische berekeningssoftware (Delphin)
- er werd gebruikgemaakt van de in Ukkel geregistreerde klimaatgegevens (*Test Reference Year*)
- er werden daken beschouwd met een matige blootstelling aan de zon (met beschaduwing door een muur met noordelijke oriëntatie) en een absorptiecoëfficiënt gelijk aan 1. We willen erop wijzen dat een niet-beschaduwde dak gunstigere resultaten oplevert (minder inwendige condensatie en snellere droging van het eventuele condensaat)
- voor de dampdruk hebben we de bovengrens van de betreffende klimaatklasse in aanmerking genomen. Voor de klimaatklasse IV is deze druk beperkt tot 3000 Pa; de beschouwde binnentemperatuur schommelt tussen 18 °C en $(8 \text{ °C} + 0,8 \times T_{ext})$ in de

Tabel 14 Dampschermklassen voor warme daken (voor de betekenis van de afkortingen, zie bijlage 4, p. 150). Bij de hier vermelde informatie gaat het om gemiddelde ontwerpgegevens die bruikbaar zijn bij gebrek aan meer gedetailleerde berekeningen.

Dakvloer of afschotlaag	Binnenklimaatklasse	PU/EPS		MW/ICB (*)		CG
		Plaatsingstechniek van de afdichting (§ 8.2.2.2, p. 88)				
		M (²)	L / T / P	M (²)	L / T / P	
Ter plaatse gestort beton, geprefabriceerde elementen uit beton (³) (⁴)	I tot III	E3	E3	E3	E3	(⁵)
	IV	X	E4	X	E4	(⁶)
Beplanking of waterbestendig plaatmateriaal op basis van hout, geprofileerde staalplaten (⁹)	I	–	–	–	–	–
	II	E1 (⁷)	E1 (⁷)	E2	E2	(⁵)
	III	E2	E2	E3	E3	(⁵)
	IV	X	E4	X	E4	(⁸)
Zelfdragende sandwichpanelen	I tot III	Zie § 6.2.2 (p. 60)				
	IV	Niet toegelaten				

X Een mechanische bevestiging doorheen het dampscherm is niet toegelaten in de klimaatklasse IV (zie § 6.3.2, p. 64).

(¹) In het geval van een isolatie op basis van geëxpandeerd perliet (EPB) strekt het steeds tot aanbeveling om in een dampscherm te voorzien, gelet op het feit dat dit materiaal zijn cohesie verliest in aanwezigheid van vocht, wat op zijn beurt aanleiding geeft tot een hechtingsverlies van de afdichting die er op gelijmd/gelast is.

(²) Om een 'pompeffect' ten gevolge van de windwerking of een overdruk in het gebouw te vermijden (opgetilde afdichting die vochtige binnenlucht naar zich toe zuigt, die vervolgens dreigt te condenseren en naar binnen toe weg te vloeien via de voegen van de dakvloer), moet de luchtdichtheid van een dakopbouw met een luchtopen dakvloer steeds gewaarborgd worden en dit, op een van de volgende manieren:

- door de plaatsing van een luchtscherm (dampscherm van klasse E1 of hoger)
- door gebruik te maken van isolatieplaten die voorzien zijn van een cachering (type aluminium of gebitumeerd glasvlies aan beide zijden) en van sponningen aan de vier randen, uitgevoerd op een dakvloer die een goede sluiting van de sponningen toelaat. Dezelfde platen met rechte of gesneden randen kunnen eveneens de luchtdichtheid van de dakopbouw verzekeren, voor zover de voegen tussen de platen en de aansluitingen met de dakranden luchtdicht gemaakt worden (zie TV 244) [W14]
- door de voegen tussen de elementen van de dakvloer luchtdicht te maken.

(³) Voor de renovatie van daken met een luchtdichte dakvloer uit droog beton of voor nieuwbouw in het geval van voldoende droge geprefabriceerde elementen zonder tweedefasebeton, maar waarvan de voegen luchtdicht gemaakt zijn (voorgespannen welfsels, TT-elementen ...) wordt er in de klimaatklassen I en II niet in een dampscherm voorzien. In klasse III dient men in aanwezigheid van een isolatie uit minerale wol in een dampscherm van klasse E1 te voorzien.

(⁴) In de binnenklimaatklassen I, II en III wordt er op dakvloeren uit licht beton (bv. cellenbeton) zonder bijkomende thermische-isolatielaag geen bijkomend dampscherm aangebracht indien het afdichtingsmembraan hechtend geplaatst of geballast is. Indien dit niet het geval is, dan zal het noodzakelijk zijn om de voegen tussen de betonelementen af te dichten. In de klimaatklasse IV kan een jaarlijkse residuele condensatie aanleiding geven tot schade aan de elementen (bv. wapeningscorrosie) zodanig dat het noodzakelijk is om een bijkomende isolatie op een niet-doorboord dampscherm aan te brengen.

(⁵) De plaatsing van een dampscherm is niet vereist indien de voegen tussen de isolatieplaten opgevuld worden met bitumen of koudlijm (zie het gebruiksgeschiktheidsattest voor deze toepassing) of indien het materiaal in meerdere lagen aangebracht wordt.

(⁶) Voor de gebouwen uit de klimaatklasse IV dient men samen met de fabrikant van de isolatie na te gaan of een dampscherm al dan niet noodzakelijk is.

(⁷) De dampdiffusieweerstand van isolatieplaten met een cachering (type aluminium of gebitumeerd glasvlies aan beide zijden) stemt ten minste overeen met deze die geboden wordt door een dampscherm van klasse E1, wanneer de platen voorzien zijn van een sponning aan hun vier randen en uitgevoerd zijn op een dakvloer die de goede sluiting van de sponningen toelaat.

(⁸) Aangezien de dakvloer in dit geval onderbroken is, is er een luchtscherm vereist (bv. type P3).

(⁹) De dakvloer moet ononderbroken zijn ter hoogte van de overlapverbindingen van het dampscherm opdat deze afgedicht zouden kunnen worden: langsvoegen op de bovenflenzen en dwarsvoegen uitgevoerd op een plaat of een bijkomende goed gespannen strook (zie de WTCB-Dossiers 2010/2.6) [N3].

- binnenklimaatklassen I tot III en is gelijk aan maximum 25 °C in de klasse IV
- voor de dampschermklasse hebben we gebruikgemaakt van de ondergrens van de gedefinieerde equivalente diffusieweerstand, behalve voor de klasse E3 in het geval van een betonnen dakvloer waarvoor er een μ d-waarde van 100 m gebruikt

- werd (om beter in overeenstemming te zijn met de werkelijkheid)
- voor de beoordeling van de condensatiehoeveelheden hebben we gebruikgemaakt van het criterium van maximum 200 g/m² condensaat en gingen we ervan uit dat een jaarlijkse residuele condensatie niet toegelaten is (zie bijlage 2, p. 147).



Afb. 55 Zelfklevend dampscherm uit aluminium.

De ervaring heeft uitgewezen dat deze hypothesen en de gegevens uit tabel 14 veilig zijn. We willen erop wijzen dat een controle aan de hand van een Glaserberekening tevens mogelijk is en in dezelfde aanbevelingen uitmondt.

6.3 PLAATSING

De plaatsingstechniek van het dampscherm is afhankelijk van:

- het type dampscherm

- het type dakvloer
- de plaatsingswijze van de isolatie en de afdichting
- de aansluitingen.

6.3.1 TYPES DAMPSCHERMEN

Voor de bevestiging op de dakvloer kan men kiezen uit de mogelijkheden die beschreven staan in tabel 15.

De uiteindelijke keuze van het materiaal en de bevestigingstechniek worden bepaald op basis van berekeningen of op basis van tabel 13 (p. 62), evenals in functie van de plaatsingstechniek van de isolatie en de afdichting.

6.3.2 TYPE DAKVLOER

De dakvloer (hoofdstuk 4, p. 41) is eveneens bepalend voor de plaatsingstechniek van het dampscherm. Hierna volgt een overzicht van de mogelijke plaatsingswijzen in functie van de dakvloer:

- **houten dakvloeren:**
 - bitumineuze dampschermen: deze kunnen losliggend geplaatst, gelijmd of mechanisch bevestigd worden (zie tabel 15). Ze kunnen ook zelfklevend zijn. Voor de klimaatklassen I tot III kan het dampscherm bevestigd worden door vernageling en/of ter plaatse gehouden worden door de mechanische bevestiging (schroeven) van de isolatie en/of de afdichting (het is verboden om het dampscherm te doorboren in de klasse IV)
 - synthetische dampschermen: deze worden gewoonlijk losliggend op de planken aangebracht en gelijktijdig mechanisch bevestigd met de isolatie en de afdichting; ze kunnen ook geballast of soms verlijmd worden
 - hygrovariabele dampremmen: in het geval van zogenoemde compactdaken (zie § 3.3.2, p. 36), wordt de damprem onder de dakvloer geplaatst

Tabel 15 Mogelijke bevestigingswijzen voor de courantste dampschermen.

Materiaal	Losliggend	Partieel of vlakkelig gelast ⁽¹⁾	Verlijmd	Zelfklevend	Mechanisch bevestigd ⁽²⁾
Polyethyleenfolie (≥ 0,2 mm)	X	–	(X)	–	–
Bitumineus membraan gewapend met een glas- of aluminiumvlies	X	X	X	X	–
Bitumineus membraan gewapend met polyester	X	X	X	X	X

Legende: X = toegelaten (zie ook tabel 13, p. 62); (X) = toegelaten, maar weinig courant; – = niet toegelaten

⁽¹⁾ Een verlijming met warm bitumen is eveneens mogelijk, maar wordt afgeraden uit veiligheidsoverwegingen.
⁽²⁾ Voor de binnenklimaatklassen I tot III (zie tabel 14, p. 63).



Afb. 56 Plaatsing van een bitumineus dampscherm op een dakvloer uit geprofileerde staalplaten.

(afbeelding 33, p. 36). Deze werkzaamheden worden gewoonlijk niet uitgevoerd door de aannemer in dichtingswerken. Voor meer informatie hieromtrent verwijzen we naar de [WTCB-Dossiers 2012/2.6](#) [M12]

- **geprofileerde staalplaten:** men kan gebruikmaken van losliggend geplaatste, verlijmde, zelfklevende, gelaste of mechanisch bevestigde (via de isolatie en/of de afdichting) dampschermen. De dakbanen worden evenwijdig met de golven van de platen aangebracht (zie afbeelding 56). Alle voegen moeten voorzien zijn van een overlap; de langsvoegen moeten zich op de bovenflens van de dakvloer bevinden. Men dient de nodige maatregelen te treffen om de goede hechting van de dwarsvoegen veilig te stellen en om de doorbuiging van de onderste baan te vermijden, bijvoorbeeld door een fijne plaat of een goed gespannen bijkomende zelfklevende membraanstrook onder de overlap aan te brengen. Vanaf klasse E2 moeten de voegen tussen de banen en met de andere bouwelementen gelijmd of gelast worden. Tijdens de werken dient men er in het bijzonder op te letten dat het dampscherm niet beschadigd raakt ter hoogte van het dal van de golven. Men dient dus zijn toevlucht te nemen tot

membranen die beschikken over een goede scheurweerstand, zoals polyethyleenfolies met een dikte $\geq 0,2$ mm en membranen met een polyesterwapening. Voor de klimaatklassen I tot III geven de doorboringen ten gevolge van de mechanische bevestigingen bovenop de golven geen aanleiding tot een aanzienlijke vermindering van de lucht- en dampdichtheidsprestaties van het dampscherm. In de klimaatklasse IV moet het dampscherm geplaatst worden door verlijming op een ononderbroken dakvloer en dit, ten minste ter hoogte van de overlappen in de langs- en dwarsrichting; in het dakvlak zal de verlijmingswijze afhankelijk zijn van het materiaal (scheurweerstand)

- **andere dakvloeren:**
 - een losliggende plaatsing kan enkel overwogen worden in het geval van een geballaste of mechanisch bevestigde afdichting of isolatie
 - een totale hechting en een partiële hechting (warm of koud verlijmen) zijn in alle gevallen toelaatbaar. De plaatsing van zelfklevende membranen is doorgaans moeilijk, behalve in bepaalde gevallen mits het nemen van bijzondere voorzorgen (zie de richtlijnen van de fabrikant en het kadertje op de volgende pagina).

Zelfklevende dampschermen

Zelfklevende dampschermen worden meestal toegepast op een dakvloer uit geprofileerde staalplaten.

Bepaalde producten kunnen ook op andere ondergronden (hout, beton, bepaalde isolatiematerialen ...) aangebracht worden. Hun opslag mag de door de fabrikant voorgeschreven termijn niet overschrijden (in de regel 6 tot 12 maanden na de fabricage) en tijdens de opslag moeten er bepaalde voorzorgen genomen worden (de palletten mogen niet opeengestapeld worden, blootstelling aan UV-straling en hoge temperaturen moet vermeden worden).

Wat de uitvoering betreft, dient men bepaalde voorwaarden te respecteren met betrekking tot de ondergrond (vlakheid, droogheid, reinheid, temperatuur, eventuele primer ...), de omgevingstemperatuur en de te volgen procedure.

Voor meer informatie omtrent zelfklevende membranen verwijzen we naar de [WTCB-Dossiers 2010/2.6](#) [N3].

In aanwezigheid van een bitumineus dampscherm begint men in principe met het aanbrengen van een hechtingsvernis. Wanneer de dakvloer samengesteld is uit gefractioneerde elementen, dan plaatst men vooraf losliggende stroken over de dwarsvoegen van de dakvloer (zie [TV 244](#), § 7.6) [W14].

Indien het dampscherm moet dienen als tijdelijke afdichting (soms gedurende meerdere maanden), dan dient men blaasvorming tussen het dampscherm en de (vochtige) dakvloer tegen te gaan door het partieel te verlijmen (dit leidt tot een vermindering van de windweerstand).

6.3.3 PLAATSING VAN DE ISOLATIE EN DE AFDICHTING

Indien de (geballaste) afdichting losliggend geplaatst wordt, dan kan het dampscherm eveneens losliggend aangebracht worden. Voor het uitvoeringsgemak

(opheffen door de wind) strekt het echter tot aanbeveling om in een partiële verlijming te voorzien.

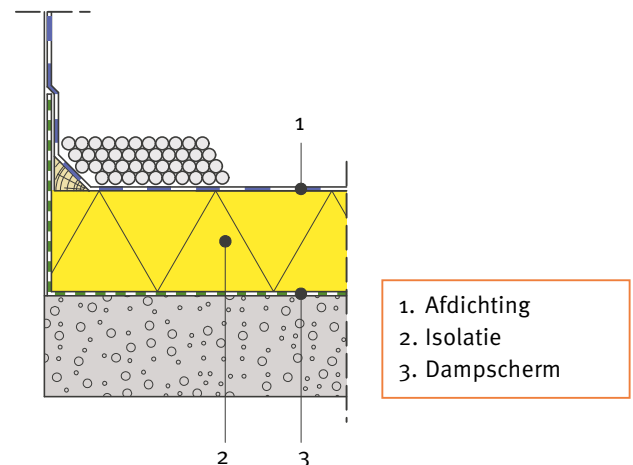
Indien de isolatie en/of de afdichting mechanisch bevestigd worden, dan kan het dampscherm losliggend geplaatst worden. De beschouwingen uit § 7.3.4 (p. 81) zijn in dit geval eveneens van toepassing.

Wanneer de isolatie en de afdichting hechtend geplaatst zijn, dan moet het dampscherm eveneens hechtend aangebracht worden, zodanig dat de dakopbouw de door de wind teweeggebrachte onderdrukken zou kunnen opnemen.

6.3.4 AANSLUITINGEN

Ter hoogte van de dakranden, de opstanden, de dakdoorboringen of de dakdoorbrekingen moeten het dampscherm en de afdichting onderling aangesloten worden volgens de principes die geïllustreerd worden in de afbeeldingen 50, 51, en 52 (p. 57) evenals in afbeelding 57. De isolatie is dus ingesloten tussen het dampscherm en de afdichting (voor zover deze verenigbaar zijn; indien dit niet het geval is, dan dient men er de [TV nr. 244](#), § 5.4 op na te slaan) [W14].

Voor meer informatie omtrent de uitvoering van de dakdetails kan men terecht in de [TV nr. 244](#) [W14].



Afb. 57 Aansluiting tussen het dampscherm en de afdichting.

7

ISOLATIE VAN HET DAK

Wanneer het dak goed geïsoleerd is, dan zijn de warmteoverdracht en de bewegingen van thermische oorsprong van de dakvloer beperkt. In dit geval is er minder gevaar voor oppervlaktecondensatie. Deze situatie laat toe om het thermische comfort in het gebouw te verhogen, maar ook om het energieverbruik, de uitstoot van broeikasgassen, de luchtvervuiling en de afvalproductie (as, nucleair afval afkomstig van de elektrische centrales ...) te beperken.

De energieprestatieregelgeving voor gebouwen (EPB) legt doorgaans de berekening van het thermische-isolatiepeil van het gebouw en het dak op. In Vlaanderen, Wallonië en Brussel is er tegenwoordig een maximale U-waarde van $0,24 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ vereist voor residentiële en niet-residentiële gebouwen. Maar om de andere eisen uit deze regelgeving te kunnen respecteren, kunnen er hogere niveaus nodig zijn. Voor meer informatie over dit onderwerp en om de laatste van kracht zijnde eisen te kennen, verwijzen we naar de website van de Normen-Antenne 'Energie en binnenklimaat' van het WTCB (www.normen.be).

7.1 KARAKTERISTIEKEN VAN DAKISOLATIEMATERIALEN

De belangrijkste karakteristieken van isolatiematerialen zijn niet alleen de warmtegeleidingscoëfficiënt (λ -waarde), maar ook de cohesie, de maatvastheid, het mechanische gedrag en het gedrag ten aanzien van temperatuur, brand, vocht en chemicaliën. Dakisolatiematerialen die beschikken over een gebruiksgeschiktheidsattest ⁽¹⁴⁾ hebben gecontroleerde eigenschappen.

7.1.1 ISOLEREND VERMOGEN

7.1.1.1 λ -waarde

De warmtegeleidingscoëfficiënt van een materiaal (λ), uitgedrukt in $\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$, is de hoeveelheid warmte die, in een stationair regime, door een materiaallaag van 1 m dik en een doorsnede van 1 m^2 heen gaat, en dit per tijdseenheid en per graad temperatuurverschil over beide zijden van het materiaal.

De gedeclareerde λ -waarde van een isolatiemateriaal is een statistische waarde, bepaald op basis van metingen; ze moet representatief zijn voor het product voor een redelijke levensduur in normale omstandigheden, d.w.z. rekening houdend met de variabiliteit van de productie en de eventuele veroudering van het product. Aangezien een groot aantal isolatiematerialen onder geharmoniseerde technische specificaties vallen (normen of dergelijke), staat de λ_D -waarde (gedeclareerde waarde) gewoonlijk vermeld in de aan de CE-markering gekoppelde prestatieverklaring.

In de thermischeprestatieberekeningen is het echter de nuttige λ_D -waarde van de warmtegeleidbaarheid die in aanmerking te nemen is. Deze houdt rekening met de temperatuur- en vochtomstandigheden waarin de isolatie zich gewoonlijk bevindt. Voor de meeste isolatiematerialen stemt de gedeclareerde waarde overeen met een temperatuur van 23 °C en een relatieve vochtigheid van 50 %; ze kan gelijkgesteld worden aan de nuttige waarde. Indien dit niet het geval is (bv. indien de gedeclareerde waarde overeenstemt met het droge materiaal), dan moet men de gedeclareerde waarde omzetten naar een nuttige waarde door de regels uit de norm NBN EN ISO 10456 [B57] toe te passen.

⁽¹⁴⁾ De term gebruiksgeschiktheidsattest waarnaar wij hier en in het vervolg van de tekst verwijzen, heeft betrekking op goedkeuringen van het type ATG, BENOR of gelijkwaardig, die ontwikkeld, afgeleverd en beheerd worden door een gespecialiseerde, onafhankelijke en objectieve derde partij. Deze goedkeuringen beschrijven de toepassing van isolatiematerialen in platte daken. Het gaat dus niet om productgoedkeuringen van het type ATG H, die zich niet uitspreken over de toepassing. In bijlage 3 (p. 148) wordt er meer in detail ingegaan op de begrippen ATG, BENOR en ETA.

Indien de fabrikant geen gedeclareerde waarde volgens voormelde norm vastgelegd heeft, dan kan men zijn toevlucht nemen tot forfaitaire (hogere) λ_U -waarden, zoals opgenomen in de EPB-regelgeving of in de norm NBN B 62-002 [B11]. Het gebruik van dergelijke producten, zonder markering of controle van de karakteristieken, is echter niet aanbevolen.

7.1.1.2 R-waarde van het isolatiemateriaal en van het dak

De warmteweerstand R van een materiaal laag, uitgedrukt in $(m^2 \cdot K)/W$, wordt bepaald door de verhouding tussen de dikte van de laag en de λ -waarde van het materiaal (d/λ). De totale warmteweerstand R_{tot} van een dak wordt berekend als volgt:

$$R_{tot} = R_{se} + \frac{d_1}{\lambda_1} + \frac{d_2}{\lambda_2} + \frac{d_{isol}}{\lambda_{isol}} + \dots + \frac{d_n}{\lambda_n} + R_{si}$$

waarbij

R_{se} = de warmteovergangsweerstand aan het buitenoppervlak, gelijk aan $0,04 (m^2 \cdot K)/W$

d_n = de dikte van de laag 'n' (m)

λ_n = de λ -waarde van de laag 'n' ($W/(m \cdot K)$); in het geval van isolatiematerialen wordt deze aangeduid als λ_D (of λ_U)

R_{si} = de warmteovergangsweerstand aan het binnenoppervlak, gelijk aan $0,10 (m^2 \cdot K)/W$.

7.1.1.3 U-waarde

De warmtedoorgangscoefficiënt van een geïsoleerde wand of een dak (U), uitgedrukt in $W/(m^2 \cdot K)$, vertegenwoordigt de hoeveelheid warmte die per seconde en per graad temperatuurverschil tussen de binnen- en de buitenomgeving door $1 m^2$ wand of dak heen gaat.

Opmerking

De warmtedoorgangscoefficiënt van de wanden van een gebouw (U -waarde) wordt berekend volgens de normen NBN EN ISO 6946 [B56] en NBN B 62-002 [B11]. Deze laatste definieert de conventies en de praktische regels die gelden voor de klimatologische omstandigheden die normaal gesproken heersen in ons land (temperatuur en vochtigheidsgraad). In het kader van de EPB-regelgeving is het het Referentiedocument voor transmissieverliezen dat van toepassing is op de berekening van de U -waarde [S1].

De U -waarde van een dak is gelijk aan $1/R_{tot} (W/m^2 \cdot K)$, met R_{tot} de totale warmteweerstand van het dak.

Er moeten correcties toegepast worden op de U -waarde om rekening te houden met het effect van de eventuele mechanische bevestigingen die de isolatielaag doorboren (ΔU_p), en, in het geval van een omkeerdak, met het effect van onderstromend regenwater (ΔU_r). De gecorrigeerde U_c -waarde wordt als volgt berekend:

$$U_c = U + \Delta U_f + \Delta U_r$$

waarbij

$$\Delta U_f = \alpha \cdot \frac{\lambda_f \cdot A_f \cdot n_f}{d_{isol}} \left(\frac{R_1}{R_T} \right)^2$$

$$\Delta U_r = p \cdot f \cdot x \cdot \left(\frac{R_1}{R_T} \right)^2$$

R_T = de totale warmteweerstand van het dak ($m^2 \cdot K/W$)

R_1 = de warmteweerstand van de isolatie ($m^2 \cdot K/W$)

α = $0,8 d_1/d_{isol}$, met d_1 de lengte van de bevestiging (schroef) die de isolatie doorboort en d_{isol} de dikte van de isolatie

λ_f = de warmtegeleidbaarheid van de schroeven ($W/m \cdot K$), die gelijk is aan $50 W/(m \cdot K)$ in het geval van carbonstaal

A_f = de doorsnede van de schroefschacht (m^2)

n_f = het aantal schroeven per m^2

p = de gemiddelde neerslaghoeveelheid (mm/dag), gelijk aan 2 mm/dag in België

$f \cdot x$ = factoren die de hoeveelheid regen aangeven die het membraan bereikt (-) en het verhoogde warmteverlies ten gevolge van het wegvloeien van water onder de isolatie ($W \cdot dag/(m^2 \cdot K \cdot mm)$), hetzij $0,04$ voor een eenlaagse isolatie boven het membraan, met rechte boorden en een luchtoppen dakbedekking (bv. grind).

In het bijzondere geval van zogenoemde compactdaken (zie § 3.3.2, p. 36), waarbij de isolatie tussen de balken van de houten dakvloer aangebracht wordt, moet men tevens rekening houden met de houtfractie die de isolatielaag onderbreekt (zie [WTBC-Contact 2006/1](#)) [V1].

Meer informatie over de berekening van de U -waarde is beschikbaar in de norm NBN B 62-002 [B11] en in bijlage D van de norm NBN EN ISO 6946 [B56].

7.1.1.4 Voorbeeld van de berekening van de U-waarde

We beschouwen een warm dak samengesteld uit:

- een dakvloer uit gewapend beton van 150 mm dik ($\lambda = 2,5 W/(m \cdot K)$)
- een bitumineus damp scherm van 3 mm dik ($\lambda = 0,23 W/(m \cdot K)$)
- een isolatiemateriaal van 160 mm dik ($\lambda_D = 0,035 W/(m \cdot K)$)
- een bitumineuze afdichting van 4 mm dik ($\lambda = 0,23 W/(m \cdot K)$).

De R-waarde van dit dak is gelijk aan:

$$R_{\text{tot}} = 0,04 + \frac{0,150}{2,500} + \frac{0,003}{0,230} + \frac{0,160}{0,035} + \frac{0,004}{0,230} + 0,10$$

$$= 0,04 + 0,06 + 0,013 + 4,57 + 0,017 + 0,10$$

$$= 4,80 \text{ m}^2\text{K}/\text{W}$$

Hieruit kan de U-waarde afgeleid worden, hetzij:

$$U = \frac{1}{4,80} = 0,21 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$$

Uit dit voorbeeld blijkt dat de U-waarde van een dak doorgaans in sterke mate (in dit geval voor 95 %) bepaald wordt door de isolatielaag, zonder dewelke deze waarde veel hoger zou zijn (hier: $4,35 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$). Dit zou overeenstemmen met een 20 keer hogere warmtedoorgang doorheen het dak.

Afbeelding 58 geeft de indicatieve U-waarde van daken met een isolatie van 50 tot 250 mm dik en een λ_D -waarde van respectievelijk 0,025, 0,035 en 0,045 $\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$.

Men dient eveneens rekening te houden met de bouwknoepen (zie bijlage 1 van de TV 244) [W14]. Naarmate de U-waarde vermindert, zal de impact van de bouwknoepen groter worden.

7.1.2 INTERNE COHESIE VAN ISOLATIEMATERIALEN

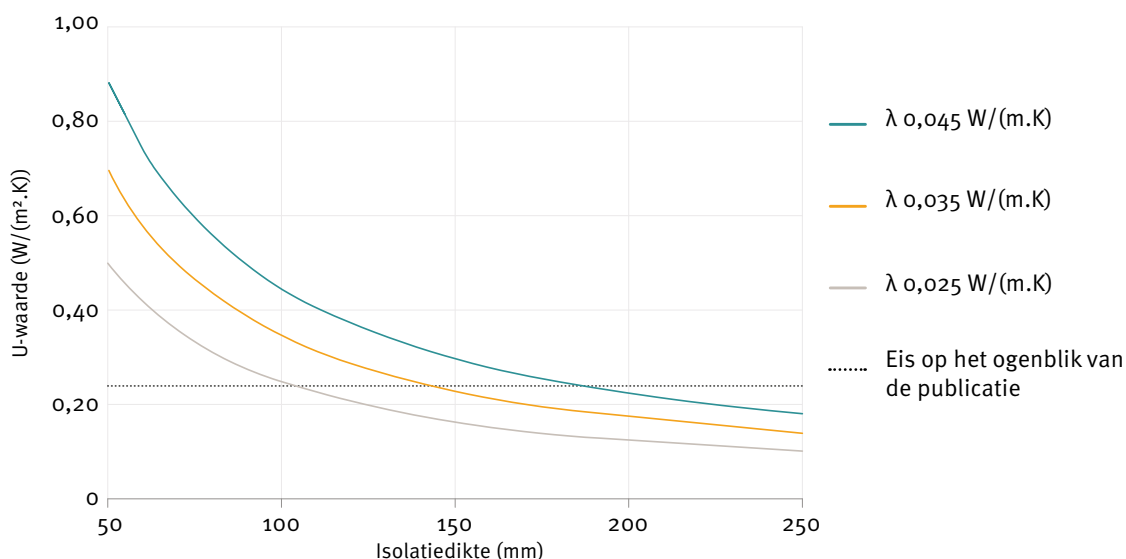
Zoals reeds aangegeven werd in § 2.1.2 (p. 10) oefent de wind een zuiging uit op platte daken die zeer sterk kan zijn en afhankelijk is van verschillende parameters: ligging, hoogte, ruwheids categorie, luchtdichtheid van de dakvloer en de gevels, dakzone (dakvlak, randzone of hoekzone).

De windweerstand van een dakopbouw is niet alleen sterk afhankelijk van de interactie van de krachten tussen zijn verschillende samenstellende elementen (dakvloer/dampscherm/isolatie/afdichting), maar ook van de bevestigingstechniek. In principe is het de meest luchtdichte laag die de windbelasting opneemt, d.w.z. in de regel de afdichting.

Wanneer de afdichting in totale of partiële hechting geplaatst is, dan zal het zuigeffect van de wind doorgegeven worden aan de onderliggende lagen. Om de windweerstand van de dakopbouw te kunnen bepalen, dient men de windweerstand van alle samenstellende lagen te onderzoeken. De laagste waarde zal doorslaggevend zijn. In aanwezigheid van een afdichting die hechtend op een isolatielaag geplaatst is, zal de mechanische sterkte van de isolatielaag (cohesie) dus vaak bepalend worden.

7.1.3 THERMISCHE BEWEGINGEN

Een plat dak kan onderhevig zijn aan zeer sterke temperatuurschommelingen. Deze brengen een temperatuurgradiënt in het isolatiemateriaal teweeg (zie afbeeldingen 20 en 21, p. 30), die gepaard kan gaan met een risico op vervorming. Aangezien de meeste isolatieplaten niet erg stijf zijn, kan een geschikte plaatsingstechniek dit fenomeen helpen te voorkomen. Het kan ook vermeden worden door gebruik te maken van een ballast of een afdichting met een lichte kleur, die toelaten om de oppervlaktetemperaturen te beperken. Uit simulaties die uitgevoerd werden binnen het WTCB is voor de beschouwde opbouw gebleken dat de maximale temperatuur van $76,1 \text{ }^\circ\text{C}$, bereikt aan het oppervlak van een zwarte afdichting,



Afb. 58 Warmtedoorgangscoefficiënt U van een geïsoleerd dak met een dakvloer uit beton.

beperkt kan worden tot 57,9 °C in het geval van een grijze afdichting en tot 41,7 °C voor een witte afdichting.

Men dient bijgevolg het type isolatieplaat en de plaatsingswijze van de afdichting zodanig te kiezen dat de voormelde bewegingen geen aanleiding kunnen geven tot schade (zie hoofdstuk 8, p. 83, en het gebruiksgeschiktheidsattest van het product).

7.1.4 MAATVASTHEID VAN DE ISOLATIEMATERIALEN

Bepaalde isolatiematerialen kunnen een vervorming ondergaan als gevolg van een schoteling (PU, PF) of een residuele krimp na hun fabricage (EPS, XPS). De gebruiksgeschiktheidsattesten van de producten en de uitvoeringsmethoden leggen grenzen op aan deze vervormingen. Het is mogelijk om deze te beperken of te vermijden door een geschikte cachering aan te brengen, door gebruik te maken van platen met kleine afmetingen en/of door de materialen op te slaan in een gecontroleerde omgeving (in de fabriek) (§ 7.2, p. 73).

7.1.5 UITVOERINGSTEMPERATUREN

Bepaalde isolatiematerialen (bv. bepaalde kunststofschuimen) zijn niet bestand tegen de hoge temperaturen van warm bitumen, hete lucht of een directe vlam (smelten van het isolatiemateriaal, loskomen van de cachering, blaasvorming in de afdichting). Om deze fenomenen tegen te gaan, dient men gebruik te maken van een geschikte cachering (bv. bredere overlap die ervoor zorgt dat men kan lassen zonder dat de vlam het isolatiemateriaal raakt) en de afdichting op correcte wijze te plaatsen: in partiële hechting, loslig-

gend, mechanisch bevestigd of door koudverkleven (lijm of zelfklevend membraan).

De plaatsingsvoorschriften die vermeld staan in het gebruiksgeschiktheidsattest (van het type ATG voor toepassing op daken, BENOR of gelijkwaardig) van het isolatiemateriaal moeten strikt nageleefd worden.

7.1.6 GEDRAG ONDER MECHANISCHE BELASTINGEN

De afdichting en de isolatie van platte daken zijn onderhevig aan verschillende mechanische belastingen:

- verdeelde statische belastingen (ballast, groendak ...)
- geconcentreerde statische belastingen (tegeldragers, zonnepanelen ...)
- geconcentreerde dynamische belastingen (verkeer, aan de windbelastingen blootgestelde zonnepanelen, schokken teweeggebracht door het vallen van voorwerpen en hagel ...).

Gewoonlijk wordt de druksterkte van het isolatiemateriaal gespecificeerd volgens de EUTgb-classificatie, met de letters B, C en D [E12] (zie tabel 16). Deze classificatie moet echter met de nodige voorzichtigheid gehanteerd worden. Zo zijn er bepaalde materialen uit de klasse D die bijvoorbeeld niet geschikt zijn voor gebruik in een parkeerdak. Er bestaat eveneens een Belgische classificatie (BUTgb) die criteria vastlegt voor de samendrukbaarheid van de belangrijkste types isolatiematerialen in functie van hun gebruik (zie tabel 17).

Verder dient men in zones met regelmatig verkeer in looppaden te voorzien, bijvoorbeeld in de nabijheid van de technische installaties op het dak.

Tabel 16 Samendrukbaarheid van isolatiematerialen volgens de EUTgb-classificatie.

Klasse	Vervorming	Temperatuur (*)	Belasting	Gebruik
A	≤ 10 % ≤ 15 %	23 en 80 °C (60) °C	20 kPa 20 kPa	Niet toepasbaar op platte daken
B	≤ 5 %	80 (60) °C	20 kPa	Dak dat enkel toegankelijk is voor het onderhoud (van het dak zelf)
C			40 kPa	Dak dat toegankelijk is voor voetgangers. Kan gebruikt worden voor het regelmatige onderhoud van de uitrustingen
D			80 kPa	Dak dat toegankelijk is voor lichte voertuigen. Kan enkel gebruikt worden indien de dakafdichting beschermd is door een betegeling uit beton (of een ander materiaal)

(*) 60 °C in plaats van 80 °C op daken met een zware bescherming.

Tabel 17 Samendrukbaarheid van een aantal isolatiematerialen volgens de BUTgb-classificatie (zie bijlage 4, p. 150, voor de betekenis van de afkortingen).

Klasse	MW	EPS	PU	PF	EPB	CG	XPS	Gebruik
P1	Niet van toepassing ⁽¹⁾							Niet-toegankelijk dak ⁽¹⁾
P2	80/60 °C, 20 kPa, 2 dagen (≤ 5 %) CS (10\Y) ≥ 40 kPa ≥ PL (5) 400	DLT(1) 5 of DLT(2) 5 CS(10) ≥ 100 kPa	DLT(2) 5 CS (10\Y) ≥ 120 kPa	80/60 °C, 20 kPa, 2 dagen (≤ 5 %) CS(Y) ≥ 120 kPa	DLT(1) 5 of DLT(2) 5 CS (10\Y) ≥ 100 kPa ≥ PL (2) 400	CS(Y) 400 ≥ 400 kPa PL (P) 2	DLT(2) 5 CS (10\Y) ≥ 300 kPa	Dak dat toegankelijk is voor voetgangers, enkel voor het onderhoud van het dak (met uitzondering van uitrustingen die een regelmatig onderhoud vereisen)
P3	80/60 °C, 40 kPa, 7 dagen (≤ 5 %) CS (10\Y) ≥ 40 kPa ≥ PL (5) 500	DLT(1) 5 of DLT(2) 5 CS(10) ≥ 120 kPa	DLT(2) 5 CS (10\Y) ≥ 120 kPa	80/60 °C, 40 kPa, 7 dagen (≤ 5 %) CS(Y) ≥ 120 kPa	DLT(1) 5 of DLT(2) 5 CS (10\Y) ≥ 150 kPa ≥ PL (2) 1000	CS(Y) 400 ≥ 400 kPa PL (P) 2	DLT(2) 5 CS (10\Y) ≥ 300 kPa	Dak dat toegankelijk is voor voetgangers, voor frequente onderhoudswerkzaamheden, zowel aan het dak als aan de uitrustingen die erop geïnstalleerd zijn, met inbegrip van groendaken met een extensieve vegetatie
P4	80/60 °C, 80 kPa, 7 dagen (≤ 5 %) CS (10\Y) ≥ 80 kPa ≥ PL (5) 750	DLT(3) 5 CS(10) ≥ 150 kPa	DLT(3) 5 CS (10\Y) ≥ 120 kPa	80/60 °C, 80 kPa, 7 dagen (≤ 5 %) CS(Y) ≥ 120 kPa	DLT(3) 5 CS (10\Y) ≥ 200 kPa ≥ PL (2) 1000	CS(Y) 600 ≥ 600 kPa PL (P) 1,5	DLT(2) 5 CS (10\Y) ≥ 300 kPa	Dak dat onderhevig is aan gelijkmatig verdeelde statische belastingen van maximum 7,5 kN/m ² (groendak met intensieve vegetatie, zware ballast ...) ⁽²⁾

Legende

DLT: maatvastheid (uitgedrukt in % vervorming) onder een verdeelde belasting gedurende de aangegeven periode en onder de gespecificeerde temperatuur.

CS (10\Y): drukspanning voor een vervorming van 10 % of druksterkte (in kPa).

PL: geconcentreerde belasting die aanleiding geeft tot een bepaalde indrukking. Bijvoorbeeld: PL (5) 400 = geconcentreerde belasting van 400 N die leidt tot een indrukking van 5 mm.

⁽¹⁾ De klasse P1 is niet van toepassing in het kader van de technische goedkeuringen ATG voor platte daken.

⁽²⁾ Bijzondere toepassingen die onderhevig zijn aan hogere statische belastingen, aan geconcentreerde belastingen of aan dynamische belastingen zoals trillingen moeten geval per geval onderzocht worden.

Indien het dak bestemd is voor een gebruik dat specifieke belastingen impliceert (terras, sportterrein ...), dan kan men een benadering hanteren die gelijkaardig is aan deze die gedefinieerd werd in de [Technische Voorlichting nr. 253](#) [W16], waarin indicatieve criteria voorgesteld worden voor de mechanische karakteristieken van de isolatiematerialen. Op korte termijn wordt aanbevolen om de spanning in de isolatie niet hoger te laten worden dan:

- voor vervormbare materialen: de spanning die aanleiding geeft tot een vervorming die gelijk is aan de kleinste van de volgende waarden: 2 % of de elasticiteitsgrens
- voor niet-vervormbare of weinig vervormbare materialen: de druksterkte vermenigvuldigd met een veiligheidsfactor (te bepalen door de fabrikant).

Op lange termijn (20 jaar) wordt aanbevolen om de vervorming niet groter te laten worden dan 2 % [M1].

Indien het dak gebruikt wordt als terras, dan moet de beoordeling van de belastingen geval per geval gebeuren in functie van de aangrijpende belastingen (type gebruik) en de manier waarop deze overgedragen worden op de isolatie (type, dikte en stijfheid van de afwerking). Hieronder hernemen we twee voorbeelden die behandeld werden in de [TV nr. 253](#) [W16] (§ 2.1.1, afbeelding 2 en tabel 1). We willen erop wijzen dat de gebruiksbelastingen te combineren zijn met de andere belastingen die aangrijpen op het dak, zoals de sneeuwbelastingen of het eigengewicht van de materialen:

- een dak dat gebruikt wordt als restaurantterras en dat afgewerkt is met tegels op tegeldragers: in dit geval bevinden we ons in de gebruiksklasse C1 volgens Eurocode 1 (NBN EN 1991-1-1) [B29] (ruimten uitgerust met tafels zoals scholen, cafés, restaurants of receptiehallen). Voor deze categorie van vloergebruik, geven voormelde norm en zijn nationale Belgische bijlage [B30] de volgende verdeelde

en gelokaliseerde belastingen op: $q_k = 3 \text{ kN/m}^2$ en $Q_k = 4 \text{ kN}$. Indien de tegels $60 \text{ cm} \times 60 \text{ cm}$ groot zijn en de tegel dragers een diameter van 20 cm hebben, dan zal het meest ongunstige geval het geval zijn waarbij de gelokaliseerde belasting Q_k van 4 kN aangrijpt op een hoek van de tegel en volledig doorgegeven wordt aan $1/4$ van de tegel drager, hetzij een oppervlakte van 79 cm^2 . Dit geeft aanleiding tot een geconcentreerde spanning van 500 kPa , toegepast op de isolatie

- een dak dat gebruikt wordt als sportterrein en dat afgewerkt is met een laag gewapend beton van 6 cm dik: in dit geval bevinden we ons in de gebruiksklasse C4 volgens Eurocode 1 en zijn de volgende belastingen van toepassing: $q_k = 5 \text{ kN/m}^2$ en $Q_k = 7 \text{ kN}$. De meest ongunstige belasting is de puntbelasting van 7 kN die aangrijpt op een vierkant oppervlak van 50 mm op 50 mm (volgens de Eurocode en zijn nationale bijlage). Indien we benaderend (vóór een meer nauwkeurige berekening) uitgaan van een verdeling onder 45° in de betonnen vloerplaat, dan zal de belasting van 7 kN doorgegeven worden aan een vierkant oppervlak van 17 cm op 17 cm , hetzij ongeveer 242 kPa , toegepast op de isolatie.

Tijdens de werkzaamheden op het dak (dichtingswerken of andere) dient men de nodige voorzorgen te nemen (bv. looppaden) om de isolatieplaten of de afdichting niet te beschadigen. Bovendien moet het vervoer en de opslag van materialen die aanleiding geven tot een hoge geconcentreerde belasting op de isolatieplaten vermeden worden.

Ten slotte willen we erop wijzen dat de isolatie op geprofileerde staalplaten een dragende functie vervult doordat ze de openingen tussen de golven overbrugt en dat de mechanische belastingen de isolatieplaten bijgevolg onderwerpen aan bijkomende spanningen.

7.1.7 BRANDGEDRAG

De materiaaleigenschappen die van belang zijn voor het brandgedrag staan beschreven in § 2.2 (p. 20).

7.1.8 GEDRAG IN AANWEZIGHEID VAN VOCHT

De aanwezigheid van vocht in het isolatiemateriaal vermindert het isolerende vermogen ervan en soms ook de cohesie, de hechting van de bovenste lagen en andere mechanische karakteristieken. In dit verband moet men een onderscheid maken tussen omkeerdaken, die van nature niet aangetast worden door vocht, en warmedaksystemen, waarbij dit wel het geval is. Aangezien deze laatste zeer traag drogen, moet een bevochtiging van

het isolatiemateriaal in de mate van het mogelijke vermeden worden (zie hoofdstuk 12, p. 133).

De isolatie van een warm dak kan op verschillende manieren bevochtigd worden:

- door **regenwater** tijdens de opslag en de plaatsing: om te vermijden dat dit water de isolatiematerialen zou bereiken, moeten deze beschermd worden tijdens de opslag en moeten deze onmiddellijk door de afdichting bedekt worden vóór elke onderbreking van de werkzaamheden en in geval van buien
- door **gebeurlijke lekken**: indien er zich lekken zouden voordoen ondanks de correcte plaatsing van geschikte afdichtingsmaterialen, dan moeten deze zo snel mogelijk hersteld worden; de sterk bevochtigde materialen moeten in voorkomend geval vervangen worden. Het strekt tot aanbeveling om het dak bij het ontwerp en de uitvoering te compartimenteren, zodanig dat de lekken gemakkelijk opgespoord zouden kunnen worden en de vochtschade beperkt zou blijven (afbeeldingen 50 tot 52, p. 57)
- door **bouwvocht** en/of **inwendige condensatie** ⁽¹⁵⁾ (zie § 6.1, p. 55): indien de isolatie op een dakvloer geplaatst wordt die veel bouwvocht bevat (gewoon beton, licht beton ...), dan dient men in een dampscherm te voorzien om de bevochtiging van de isolatie door inwendige condensatie te vermijden. Ook een dak waarvan de dakvloer opgebouwd is uit geprofileerde staalplaten, kan grote hoeveelheden vocht bevatten en dit, ten gevolge van het water dat aanwezig is in het dal van de golven. Men dient bijgevolg de nodige schikkingen te treffen om ervoor te zorgen dat dit water kan wegvloeien (bv. doorboring op de laagste punten). Een beperkte hoeveelheid condensatie gedurende de wintermaanden zal doorgaans niet tot problemen leiden, voor zover er op jaarbasis geen residuele condensatie optreedt (meer condensatie in de winter dan droging in de zomer) en dat de samenstellende onderdelen van het dak (waaronder de isolatie) vochtbestendig zijn. Indien er een residuele condensatie te verwachten is, dan dient men in een dampscherm te voorzien (zie hoofdstuk 6, p. 55). In het geval van een compactdak in het bijzonder kan er vocht aangevoerd worden via de houten dakvloer die ingesloten zit tussen de afdichting het dampscherm (zie § 3.3.2, p. 36).

7.1.9 GEDRAG IN AANWEZIGHEID VAN CHEMICALIËN

In het geval van een warm dak kan de isolatie bescha-

⁽¹⁵⁾ Voor meer informatie over condensatie verwijzen we naar de **WTCB-Dossiers nr. 2017/2.5** en **nr. 2016/4.6** [M5, M9], evenals naar de **Infofiches nr. 27** en **nr. 28** [M2, M4].

digd raken door de lijm indien deze niet verenigbaar is. Men dient dus de verenigbaarheid tussen beide materialen na te gaan (zie ook § 7.3.1, p. 77).

Op een omkeerdak kan het geëxtrudeerde polystyreen (XPS) aangetast worden door koolwaterstoffen (bv. parkeerdaken).

7.2 TYPES ISOLATIEMATERIALEN VOOR DAKEN

We beschouwen hier isolatiematerialen waarvan de gedeclareerde λ_D -waarde hoogstens gelijk is aan $0,065 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ en die beschikken over een gebruiksgeschiktheidsattest (van het type ATG of gelijkwaardig).

De keuze van de isolatie is afhankelijk van de andere dakelementen, van de dakopbouw, van de belastingen die hieruit voortvloeien, van het gebruik dat van het dak gemaakt zal worden (al dan niet toegankelijk), van beschouwingen in verband met duurzaamheid en milieu ...

De volgende groepen van materialen kunnen onderscheiden worden:

- kunststofschuimen met overwegend gesloten cellen:
 - polyurethaan en polyisocyanuraat (PU)
 - geëxpandeerd polystyreen (EPS)
 - geëxtrudeerd polystyreen (XPS)
 - fenolschuim (PF)
- minerale materialen:
 - minerale wol (MW) (voornamelijk rotswol)
 - cellenglas (CG)
 - geëxpandeerd perliet (EPB)
- materialen van plantaardige oorsprong (minder frequent) zoals kurk (ICB).

Op platte daken kan men ook nog andere materialen en systemen aantreffen, zoals isolerende mortels met geïntegreerde isolatieplaten of, minder frequent, houtvezelplaten, gespoten polyurethaan, cellulose en bulkmaterialen voor zogenoemde compactdaken evenals vacuümisolatieplaten. Ze komen eerder zelden voor en beschikken doorgaans niet over een gebruiksgeschiktheidsattest.

Zoals verder uitgelegd wordt, beschikken al deze materialen over specifieke eigenschappen waardoor sommige beter geschikt zijn voor bepaalde toepassingen dan andere. Zowel de fabricage als de plaatsing van de isolatie en de afdichting zijn in deze context doorslaggevend. Bepaalde toepassingen vereisen dus dat men er het gebruiksgeschiktheidsattest van de isolatie op naslaat.

7.2.1 KUNSTSTOF SCHUIMEN

7.2.1.1 Polyurethaan (PU)

De beoordeling van platen uit polyurethaan of polyisocyanuraat (PU) gebeurt volgens de productnorm NBN EN 13165 [B41]. Polyurethaan wordt gekarakteriseerd door een hoog isolerend vermogen: $\lambda_D \approx 0,022$ tot $0,029 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ ⁽¹⁶⁾.

PU-platen voor platte daken zijn bijna steeds bekleed met een gebitumeerd (zie afbeelding 59) of mineraalgecoat glasvlies of voorzien van een aluminiumcachering (al dan niet meerlaags). De keuze van de bekleding wordt bepaald door het type afdichting en de plaatsingstechniek ervan. PU heeft een hoge interne cohesie, maar de hechting van de cachering is ook van belang voor de windweerstand van de dakopbouw (indien de afdichting hechtend geplaatst is).

De warme plaatsing in totale hechting (vlamlassen of verlijming met warm bitumen) van een bitumineuze afdichting is niet toegelaten op een PU-isolatie, omdat dit aanleiding zou geven tot blaasvorming. Men dient daarom te opteren voor een koude plaatsing of een plaatsing in partiële hechting.

PU-platen kunnen onderhevig zijn aan vervormingen (schoteling, krimp ...). Dit verklaart soms waarom de randen van de platen zich aftekenen doorheen de afdichting (voornamelijk een esthetisch probleem). De vervormingen kunnen beheerst worden door het gebruik van geschikte producten en plaatsingsmethoden, zoals beschreven in het gebruiksgeschiktheidsattest.



Afb. 59 Plaat uit polyurethaan gecacheerd met een gebitumeerd glasvlies.

⁽¹⁶⁾ Volgens een inventaris die opgemaakt werd bij de opstelling van dit document (documentatie en productcertificaten voor een toepassing op platte daken).

test van het materiaal, meer bepaald:

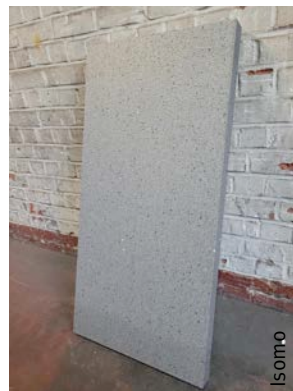
- door zijn toevlucht te nemen tot producten met een aangepaste cachering
- in het geval van een verlijmd of losliggende plaatsing, door het gebruik van platen met kleinere afmetingen
- in het geval van een mechanische bevestiging, door het gebruik van een toereikend aantal bevestigingen in functie van de afmetingen van de platen (vaak meer dan wat vereist is om de windbelasting op te nemen)
- in het geval van een plaatsing met een bitumineuze lijm:
 - door een aantal bijkomende mechanische bevestigingen om de beweging van de platen tijdens de verhardingstijd van de lijm te vermijden
 - door een geschikte bevestiging van de afdichting, wat bijvoorbeeld volvlakkig vlamlassen uitsluit (niet toegelaten op een PU-isolatie), evenals vlamlassen (zelfs in partiële hechting) op een met een bitumineuze lijm verkleefde PU-isolatie (de aanzienlijke droogtermijn van deze lijmen houdt een risico op de schoteling van de platen in ten gevolge van de uitvoeringstemperatuur tijdens de periode dat de verlijming nog niet effectief is).

Recentelijk werden er een aantal schadegevallen vastgesteld aan de opstanden van platte daken, geïsoleerd met PU-platen (van diverse types en diverse fabrikanten). De exacte oorzaak hiervan is nog niet gekend, maar in de [WTCB-Dossiers 2022/2.4](#) [N7] worden er wel al enkele preventiemaatregelen voorgesteld.

7.2.1.2 Geëxpandeerd polystyreen (EPS)

De beoordeling van platen uit geëxpandeerd polystyreen (EPS) gebeurt volgens de productnorm NBN EN 13163 [B39]. Deze platen (zie afbeelding 60) hebben een λ_D -waarde $\approx 0,031$ tot $0,045$ W/(m.K). Ze kunnen onderhevig zijn aan vervormingen (kruip), waarvan het grootste deel onmiddellijk na de productie optreedt (residuele krimp ten gevolge van de fabricage, ook 'geboortekrimp' genoemd). Deze vervormingen kunnen echter beperkt worden door gebruik te maken van voldoende stabiele platen (residuele krimp), zoals voorzien in de specifieke gebruiksgeschiktheidsattesten voor daken. Op platte daken past men enkel EPS-platen met een verbeterd brandgedrag van de Europese klasse E toe (met de commerciële benaming 'SE').

De residuele krimp kan ook beperkt worden door zijn toevlucht te nemen tot producten en plaatsingsmethoden die beschikken over een gebruiksgeschiktheidsattest. In dit geval gebruikt men immers specifieke



Afb. 60 Plaat uit geëxpandeerd polystyreen.

grondstoffen en/of werden de platen voldoende lang opgeslagen waardoor ze gestabiliseerd zijn vóór de levering.

EPS mag niet langdurig blootgesteld worden aan temperaturen van meer dan 70 °C. Het zijn de kleur van de afdichting en de eventuele ballastlaag die bepalen of deze temperaturen al dan niet bereikt zullen worden. EPS moet evenzeer beschermd worden tegen hoge temperaturen, veroorzaakt door de plaatsing van de afdichting (dikke cachering, cachering met overlappen, bredere overlappen van de afdichtingen indien gelast ...).

7.2.1.3 Geëxtrudeerd polystyreen (XPS)

De beoordeling van platen uit geëxtrudeerd polystyreen (XPS) gebeurt volgens de productnorm NBN EN 13164 [B40]. Geëxtrudeerd polystyreen ($\lambda_D \approx 0,027$ tot $0,040$ W/(m.K)) wordt gekenmerkt door een gesloten celstructuur en een extrusieoppervlak die de absorptie van vocht tegengaan. Dit materiaal is het enige dat toegepast kan worden op omkeerdaken (§ 3.1.2, p. 30), waarvoor er eveneens gebruiksgeschiktheidsattesten bestaan. De toepassing op warme daken is vandaag de dag nog niet aan de orde, gelet op het risico op vervorming (maatvastheid). XPS-platen zijn meestal aan hun omtrek voorzien van een tand en groef of van een sponning (afbeelding 61).



Afb. 61 Platen uit geëxtrudeerd polystyreen.

7.2.1.4 Fenolschuim (PF)

De beoordeling van platen uit fenolschuim (PF) gebeurt volgens de productnorm NBN EN 13166 [B42]. Platen op basis van fenolschuim beschikken over een gesloten celstructuur, een goed brandgedrag en een geringe warmtegeleidbaarheidscoefficiënt ($\lambda_D \approx 0,021$ à $0,022$ W/(m.K)) ⁽¹⁷⁾.

Hoewel deze platen vroeger wel degelijk aangeboden werden voor gebruik op platte daken, heeft de ervaring aangetoond dat ze enkel aangebracht kunnen worden onder geballaste of mechanisch bevestigde dakafdichtingen.

De minste bevochtiging van de isolatie die optreedt tijdens de uitvoering of als gevolg van inwendige condensatie kan leiden tot de corrosie van de bevestigingen of van de dakvloer uit geprofileerde staalplaten: de schroeven moeten ten minste tot de corrosieweerstandsklasse 2 behoren (volgens de EUTgb-proef met 15 Kesternich/EOTA-cycli) of uit roestvast staal bestaan.

De platen kunnen ook beginnen krom te trekken. Dit fenomeen kan echter beperkt worden door zijn toelucht te nemen tot aangepaste producten en plaatsingsmethoden (geschikte en gecontroleerde bekleding) en/of platen met kleine afmetingen.

Gelet op voornoemde nadelen wordt het gebruik van dit plaattype momenteel afgeraden op platte daken.

7.2.2 MATERIALEN VAN MINERALE OORSPRONG

7.2.2.1 Minerale wol (MW)

De beoordeling van platen uit minerale wol (MW) gebeurt volgens de productnorm NBN EN 13162 [B38]. Isolatieplaten uit rotswol (zie afbeelding 62) hebben een λ_D -waarde $\approx 0,038$ tot $0,043$ W/(m.K). Ze worden gekenmerkt door een gunstig brandgedrag, een goede geluidsisolatie (grote massa en mogelijkheid om een massa-veer-massasysteem te creëren) en een goede thermische stabiliteit.

Hun mechanische prestaties (samendrukbaarheid/beloopbaarheid) en hun windweerstand (cohesie) zijn afhankelijk van hun volumieke massa, van de kwaliteit van de fabricage (oriëntatie van de vezels), van de verschillende afwerkingen (cachering uit glasvlies, gebitumeerd glasvlies, bitumenimpregnatie ...) evenals



Afb. 62 Plaatsing van platen uit minerale wol.

van de plaatsingstechniek van de isolatieplaten en de afdichting (zie gebruiksgeschiktheidsattest). Zo zal de cohesie meer kritiek zijn in het geval van rotswol, gelijmd met noppen of in stroken, en zal de beloopbaarheid beter zijn voor een plaat met een bovenlaag met grotere dichtheid. Intens verkeer op de isolatie kan leiden tot een verlies van cohesie en tot de verzakking ervan (zie hoofdstuk 12, p. 133). De mechanische karakteristieken moeten gecontroleerd worden en er moet in looppaden voorzien worden tussen de installaties.

7.2.2.2 Cellenglas (CG)

De beoordeling van platen uit cellenglas (CG) gebeurt volgens de productnorm NBN EN 13167 [B43]. Cellenglas (afbeelding 63, p. 76) heeft een λ_D -waarde $\approx 0,036$ tot $0,050$ W/(m.K). Het wordt gekenmerkt door zijn hoge druksterkte en dampdichtheid. Bij gebruik van cellenglas is er gewoonlijk geen dampscherm vereist (zie tabel 14, p. 63), op voorwaarde dat het materiaal aan alle zijden omhuld is met bitumen of lijm. Het verkrijgen van deze kwaliteit is echter afhankelijk van de zorg die besteed wordt aan de plaatsing.

De plaatsing van cellenglas vereist bijzondere aandacht. Gelet op zijn brosheid moet het aangebracht worden op een stijve ondergrond met een gladde afwerking (strengere vlakheidseisen, zie tabel 9, p. 43) en moet de aannemer in dichtingswerken een toereikende hoeveelheid kleefmiddel (bitumen, lijm) onder en boven de platen en in de voegen aanbrengen (met name om blaasvorming in de afdichting te voorkomen, zie hoofdstuk 12, p. 133).

⁽¹⁷⁾ Momenteel bestaan er geen PF-platen die geschikt zijn voor gebruik op platten daken.



Afb. 63 Platen uit cellenglas.

Men dient de doorbuiging van draagconstructies uit geprofileerde staalplaten te beperken om de breuk van het cellenglas te vermijden (tot $1/240e$ van de overspanning voor een golfdiepte ≤ 90 mm, in plaats van tot de gewone waarde van $1/300e$).

7.2.2.3 Geëxpandeerd perliet (EPB)

De beoordeling van platen uit geëxpandeerd perliet (EPB) gebeurt volgens de productnorm NBN EN 13169 [B44]. Deze platen ($\lambda_D \approx 0,050$ W/(m.K)) vertonen een hoge druksterkte en een goed brandgedrag.

Een langdurige blootstelling aan vocht (bv. condensatie aan het contactoppervlak tussen het perliet en de afdichting) tast de interne cohesie van de isolatie aan en bijgevolg ook de hechting van de afdichting die hier in voorkomend geval op gelijmd of gelast wordt. De afpelweerstand of de windweerstand van de dakopbouw wordt hierdoor dus aangetast (risico op het loskomen van de afdichting). Het condensatiecriterium dat aangegeven is in tabel 40 (p. 147) voor vochtbestendige materialen is dan ook niet van toepassing op geëxpandeerd perliet, zodanig dat er steeds een dampscherm nodig zal zijn. Gelet op het feit dat zelfs de minste condensatie moeilijk te vermijden is, dient men de voorkeur te geven aan een mechanische bevestiging of geballaste plaatsing van de afdichting.

7.2.3 ANDERE ISOLATIEMATERIALEN

De isolerende mortels die soms gebruikt worden om een isolerende afschotlaag uit te voeren (met geïntegreerde isolatieplaten) worden behandeld in § 3.3.3 en § 5.2.6 (p. 37 en p. 52).

Er bestaan tevens zelfdragende dakelementen onder de vorm van sandwichpanelen met een wapening of een andere vorm van versteviging.

Dergelijke panelen vereisen een geschikte bevestigingstechniek wanneer ze aangebracht worden op spanten of balken; ze vereisen bovendien een verzorgde plaatsing ter hoogte van de bouwknopen, het dampscherm ... Ze worden niet nader onderzocht in het kader van voorliggende TV (zie de documentatie of het gebruiksgeschiktheidsattest).

De overige materialen en systemen die hieronder besproken worden, worden slechts zelden gebruikt op platte daken. Ze beschikken doorgaans niet over een gebruiksgeschiktheidsattest en de ervaring met deze materialen is eerder beperkt:

- **kurk (ICB)** ($\lambda \approx 0,040$ W/(m.K)) is een isolatiemateriaal van plantaardige oorsprong. De beoordeling van platen uit kurk gebeurt volgens de productnorm NBN EN 13170 [B45]
- **houtvezelplaten (WF)** worden beoordeeld volgens de productnorm NBN EN 13171 [B46]
- **bulkisolatiematerialen** zoals cellulose of minerale wol worden gebruikt in zogenoemde compactdaken (zie § 3.3.2, p. 36) waarbij men de isolatie in (tussen) de houten draagstructuur aanbrengt
- **vacuümisolatieplaten (VIP)** opgebouwd uit een kern van silicium, omhuld door een meerlaagse folie, vertonen een lagere warmtegeleidbaarheid dan de klassieke isolatiematerialen (van de orde van $0,0010$ - $0,014$ W/mK), waardoor het mogelijk is om de aan te brengen diktes te beperken. De materiaalkarakteristieken kunnen aangetast worden in geval van gebreken (bv. doorboringen). Deze producten kunnen alleen of in combinatie met een klassiek isolatiemateriaal aangebracht worden
- **isolatiesystemen uit *in situ* gespoten polyurethaan** worden afgeraden op platte daken omwille van de negatieve ervaringen die hiermee opgedaan werden (het is onmogelijk om de afdichting hier correct op aan te brengen, in het bijzonder indien ze belopen moet worden) (zie hoofdstuk 12, p. 133).

7.3 PLAATSING VAN DE ISOLATIE

Vooraleer men overgaat tot de plaatsing van de isolatie wordt er in de regel eerst een dampscherm (hoofdstuk 6, p. 55) aangebracht.

De isolatieplaten kunnen op verschillende manieren uitgevoerd worden. Hierna volgt een beschrijving van de diverse technieken en hun toepassing. De plaatsingswijze is voornamelijk afhankelijk van de dakopbouw (dakvloer, dampscherm, type isolatie, afdichting en schutlaag) evenals van de windbelasting. Ongeacht de gekozen techniek wordt de (eerste laag van de) afdichting onmiddellijk geplaatst na het aanbrengen van de isolatieplaten, wat betekent dat de isolatiepla-

ten aan het einde van de werkdag volledig beschermd moeten zijn (afbeeldingen 50 tot 52, p. 57).

De platen moeten goed aaneensluitend geplaatst worden, zonder echter spanningen teweeg te brengen. De plaatsing in meerdere lagen is vooral voorbehouden voor grote diktes (> 150 mm) in warme daken (deze werkwijze is vooralsnog niet toegelaten op omkeerdaken). De toepassing van twee lagen met verspringende voegen vermindert de invloed van de voegen.

Voor mechanisch bevestigde isolatiematerialen moet men een correctiefactor toepassen op de U-waarde (zie § 7.1.1.3, p. 68) om rekening te houden met het effect van de bevestigingen die de isolatielaag doorboren.

Ook in het geval van omkeerdaken moet er een correctie toegepast worden op de U-waarde om rekening te houden met het effect van het water dat onder of tussen de platen kan wegstromen (zie § 7.1.1.3, p. 68). Het wegstromen kan beperkt worden door gebruik te maken van gevalideerde technieken die erin bestaan om een niet-geweven regendicht membraan aan te brengen tussen de isolatie en de ballastlaag. Deze methode zou moeten toelaten om de toepassing van een correctiefactor achterwege te laten, aangezien de hoeveelheid wegstromend water in dit geval als verwaarloosbaar beschouwd zou kunnen worden.

In aanwezigheid van geprofileerde staalplaten moeten de dikte van de isolatie, de afstand tussen de golven

en de stijfheid van de platen verenigbaar zijn (zie § 4.2.2.6, p. 47).

7.3.1 PLAATSING DOOR KOUDVERLIJMEN

Koudverlijmen kan gebeuren met behulp van een bitumineuze lijm (§ 7.3.1.1) of van een synthetische lijm (§ 7.3.1.2, p. 78). De verenigbaarheid met de dakvloer en de isolatie moet steeds gecontroleerd worden.

De hoeveelheid lijm moet aangepast worden aan de windbelasting. Bij aanzienlijke windbelastingen moet men ofwel in een groter verlijmingsoppervlak voorzien, dan wel opteren voor een mechanische bevestiging ter vervanging van de lijm of voor het aanbrengen van een extra ballast (zie het gebruiksgeschiktheidsattest van de lijm voor wat de windweerstand betreft).

7.3.1.1 Bitumineuze koudlijmen (C)

De eigenschappen en het gebruik van bitumineuze koudlijmen verschillen naargelang van het type product. De uitvoering van de lijm en de te gebruiken hoeveelheid hangen af van de aard van de dakvloer, van de isolatie en van de windbelasting op het dak. Men dient zich te schikken naar de richtlijnen van de fabrikant van de lijm en uit het gebruiksgeschiktheidsattest.

Bitumineuze koudlijmen worden aangebracht op een

Tabel 18 Te overwegen methoden voor de plaatsing van de isolatie (zie bijlage 4, p. 150, voor de betekenis van de afkortingen).

Dakvloer	Warm dak				Omkeerdak
	PU, EPS	CG	EPB	MW	XPS
Beton (geprefabriceerd, ter plaatse gestort, staalplaatbetonvloer ...), hellingsbeton, cellenbeton, bitumineuze afdichting of bitumineus dampscherm, platen uit plantaardig materiaal of uit organische of minerale vezels die verbonden worden met behulp van een bindmiddel, multiplex, spaanplaten, houten beplanking ⁽¹⁾	C Cs L V B ⁽²⁾ ⁽³⁾	C Cs B ⁽²⁾	C L V B ⁽²⁾	C Cs L V B ⁽²⁾	L ⁽⁴⁾
Geprofileerde staalplaten	C Cs V	C Cs B	V	C Cs V	–

Legende
 C: bitumineuze koudlijm – Cs: synthetische lijm – L: losliggende plaatsing (geballaste afdichting) – V: mechanische bevestiging met schroeven – B: warm bitumen

⁽¹⁾ Zonder dampscherm op de houten beplanking kan de isolatie enkel mechanisch bevestigd worden; indien men opteert voor een andere techniek, dan moet men vooraf overgaan tot de mechanische bevestiging van een polyestergewapend membraan (bv. P3).
⁽²⁾ Op gefractioneerde dakvloeren moeten de voegen tussen de platen vooraf dichtgemaakt worden (bv. met behulp van overbruggingsstroken of van het dampscherm).
⁽³⁾ Met een cachering die aangepast is aan de hoge plaatsingstemperaturen van warm bitumen.
⁽⁴⁾ Enkel op een afdichting (omkeerdak).



Afb. 64 Toepassing van een bitumineuze koudlijm.

dakvloer die vooraf ontstof en ontvet werd, hetzij over de volledige oppervlakte (afbeelding 64), hetzij in punten of gelijkmatig verdeelde streken.

Bepaalde koudlijmen blijven gedurende een langere periode (meerdere maanden) plastisch onder het isolatiemateriaal. De bindingstijd is afhankelijk van het type lijm (eencomponent of tweecomponenten, type oplosmiddel ...) en de materialen die met elkaar in contact komen (zie de documentatie van het product). In de loop van de bindingstijd is het hechtingsvermogen nog niet volledig bereikt en kan de isolatie nog verglijden op de dakvloer of zelfs losgerukt worden door de wind.

7.3.1.2 Synthetische koudlijmen (Cs)

Onder de term synthetische lijmen verstaat men mono-component polyurethaanlijmen (1C-PU) die aangebracht worden onder de vorm van schuim of onder vloeibare vorm, tweecomponenten polyurethaanlijmen (2C-PU) en MS-polymeerlijmen die recentelijk op de markt verschenen zijn.

De richtlijnen van de fabrikanten en uit het gebruiksgeschiedsattest (inzake temperatuur, vochtigheid ...) moeten nauwgezet opgevolgd worden tijdens de plaatsing. Zo vereist het gebruik van een monocomponentlijm een voldoende hoge temperatuur en vochtigheid van de lucht en de dakvloer om een correcte expansie toe te laten. De vaten lijm moeten bewaard worden bij een toereikende temperatuur; ze mogen in de winter dus niet op het dak opgeslagen worden.

Met bepaalde lijmen mogen de isolatieplaten niet te snel onderworpen worden aan beloping en dit, om het contact vóór de verharding van de lijm niet te verbreken.

De plaatsing gebeurt doorgaans in partiële hechting (in evenwijdige strepen of slingersgewijs) volgens de voorschriften van de fabrikant van de lijm en/of de iso-

latie. In tegenstelling tot bitumineuze lijmen vormen synthetische koudlijmen een stijve of elastische verbinding die toelaat om de verplaatsing van de isolatie tegen te gaan (zie § 7.3.1.1, p. 77).

In de [WTCB-Dossiers 2018/2.5 \[M11\]](#) is er meer informatie omtrent de verlijming van isolatieplaten met behulp van een PU-lijm opgenomen.

Bij MS-polymeerlijmen is de bindingstijd soms langer dan bij PU-lijmen, afhankelijk van de luchtvochtigheid en de doorlaatbaarheid van de gelijmde lagen.

7.3.2 VERKLEIVING MET WARM BITUMEN (B)

Het meest courant gebruikte bitumen is warm geblazen bitumen 85/25 of 110/30. Naargelang van de dakvloer kan het nodig zijn om vooraf een hechtingsvernis aan te brengen.

De plaatsing bestaat erin om een ononderbroken laag bitumen te gieten op het oppervlak van de draagvloer (dakvloer of bitumineus damp scherm) en om de isolatieplaten in het nog warme bitumen te drukken. Men dient erop toe te zien dat er een toereikende hoeveelheid bitumen aangebracht wordt en dat de isolatieplaten onmiddellijk daarna geplaatst worden alvorens het bitumen verhardt en zijn hechtingsvermogen verliest.

Bitumen is minder geschikt voor een toepassing op geprofileerde staalplaten (snelle afkoeling van het hechtingsbitumen, vooral bij koud weer). Bij een verlijming met warm bitumen op een dergelijke ondergrond zal men er doorgaans toe verplicht zijn om een damp scherm van de klimaatklasse I tot III aan te brengen. Het gebruik van cellenglas zal echter goede resultaten opleveren op voorwaarde dat de uitvoering verzorgd gebeurt. De cellenglasplaten worden ondergedompeld in warm bitumen van het type 110/30 en rechtstreeks aangebracht op de geprofileerde staalplaat die vooraf voorzien werd van een hechtingsvernis.

Bitumen is niet geschikt voor dakvloeren die opgebouwd zijn uit een beplanking (doorsijpeling van bitumen tussen de voegen) tenzij deze bedekt werd met een damp scherm.

7.3.3 MECHANISCHE BEVESTIGING

De [TV nr. 239 \[W12\]](#) gaat in detail in op de mechanische bevestiging van isolatiematerialen en afdichtingen. Hoewel ze toegespitst is op dakvloeren uit geprofileerde staalplaten, zijn veel van de hierin vermelde schikkingen ook toepasbaar op andere dakvloeren.

Een mechanisch bevestigde isolatie moet over een toereikende ponsweerstand (ongeacht de dakvloer) en buigsterkte (op geprofileerde staalplaten) beschikken (zie § 4.2.2.6, p. 47, en tabel 10 van de TV 239).

Deze methode is geschikt voor alle isolatiematerialen met uitzondering van cellenglas.

De gebruikte techniek bestaat erin om de isolatie op de ondergrond (dakvloer of damp scherm) te plaatsen en deze te bevestigen met behulp van schroeven en verdeelplaatjes of hulzen in kunststof. Deze elementen, die in detail beschreven staan in de Technische Voorlichting nr. 239, moeten verenigbaar zijn met de mechanische eigenschappen van de isolatie, met name om te vermijden dat de verdeelplaatjes ingedrukt zouden worden, dat de schroeven de afdichting zouden doorboren bij het belopen van een soepele isolatie, dat de indrukking van de verdeelplaatjes in een stijf isolatiemateriaal aanleiding zou geven tot een aanzienlijke voorspanning of dat te kleine verdeelplaatjes de isolatie zouden doorboren of de cachering ervan zouden beschadigen (zie ook hoofdstuk 12, p. 133).

Het gebruik van hulzen in kunststof laat toe om de warmteverliezen (waarvan de relatieve invloed groter wordt naarmate de isolatie dikker is) te beperken en

de doorboring van de afdichting door de schroeven te vermijden wanneer de soepele isolatie belopen wordt.

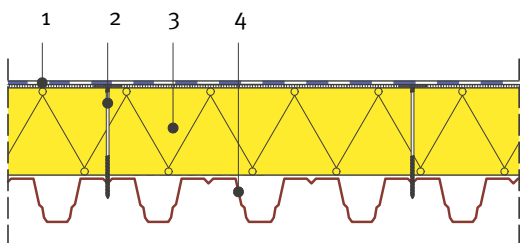
Het aantal bevestigingspunten wordt bepaald door berekening en is onder meer afhankelijk van de windbelasting, van de mechanische eigenschappen van de isolatieplaat, van de aanwezigheid van een damp scherm (dat de drukverdeling in de dakopbouw beïnvloedt – zie TV 239), van het type verankering en de afmetingen ervan (verdeelplaatjes, telescopische bevestigingen ...), van het type schroeven en van de bevestigingsmethode van de afdichting.

Rekening houdend met de interactie tussen de bevestiging van de isolatie en de bevestiging van de afdichting, kunnen er twee mechanische bevestigingsmethoden voor daken onderscheiden worden:

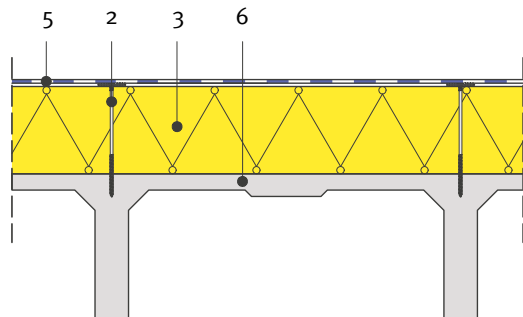
- mechanische bevestiging van de isolatieplaten en verkleefing of lassen van de afdichting op de isolatie (afbeelding 65 A), of lassen van de afdichting op beklede verdeelplaatjes (afbeelding 65 B)
- mechanische bevestiging van de afdichting, waarbij de isolatie bevestigd wordt via de afdichting en eventueel door bijkomende bevestigingen (afbeelding 65 C-D).

(vervolg van de tekst op p. 81)

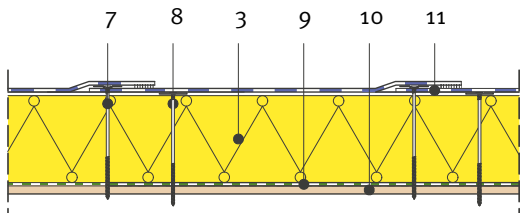
A. MECHANISCHE BEVESTIGING VAN DE ISOLATIEPLATEN EN HECHTENDE PLAATSING VAN DE AFDICHTING – DAKVLOER UIT GEPROFIEERDE STAALPLATEN



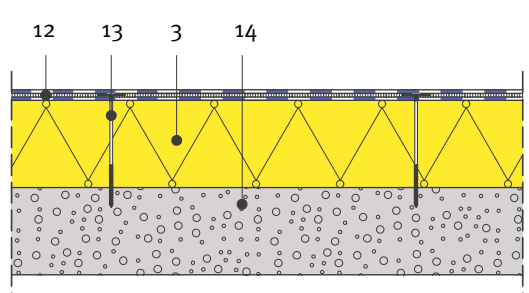
B. MECHANISCHE BEVESTIGING VAN DE ISOLATIEPLATEN EN PLAATSING VAN DE AFDICHTING DOOR LASSEN OP BEKLEDE VERDEELPLAATJES – DAKVLOER UIT GEPREFABRICEEERDE TT-ELEMENTEN



C. MECHANISCHE BEVESTIGING VAN DE AFDICHTING IN DE OVERLAP, MET BIJKOMENDE MECHANISCHE BEVESTIGING VAN DE ISOLATIE – DAKVLOER UIT HOUTEN PLATEN

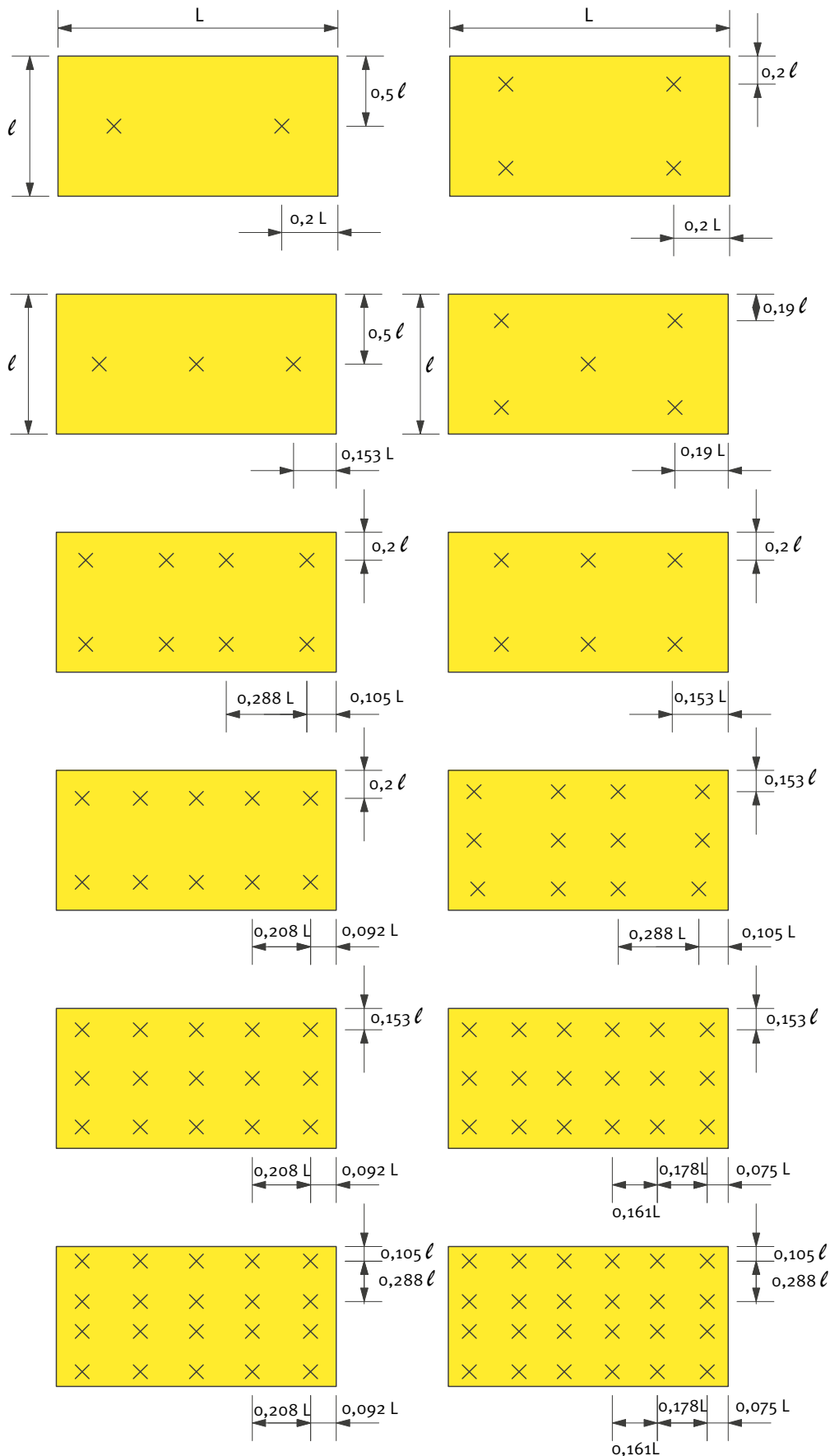


D. MECHANISCHE BEVESTIGING VAN DE ONDERLAAG VAN DE AFDICHTING EN HECHTENDE PLAATSING VAN DE TOPLAAG VAN DE AFDICHTING – DAKVLOER UIT CONTINU GEWAPEND BETON



1. Op de isolatie gelijmde of gelaste afdichting
2. Bevestiging van de isolatie
3. Isolatie
4. Dakvloer uit geprofileerde staalplaten
5. Afdichting gelast op beklede verdeelplaatjes
6. Dakvloer uit geprefabriceerde TT-elementen
7. Mechanische bevestiging van de afdichting
8. Bijkomende mechanische bevestiging van de isolatie
9. Dampscherm
10. Dakvloer uit houten platen
11. Synthetische afdichting met mechanische bevestiging via de overlap
12. Gelaste toplaag van de afdichting
13. Mechanische bevestiging van de onderlaag van de afdichting
14. Dakvloer uit continu gewapend beton

Afb. 65 Voorbeelden van mogelijke combinaties voor de mechanische bevestiging op een warm dak.



Afb. 66 Ideale verdeling van de schroeven over een isolatieplaat.

(vervolg van p. 79)

Indien men de afdichting mechanisch in de overlappen bevestigt (afbeelding 65 C) en daarbij gebruikmaakt van afdichtingsbanen die breder zijn dan de isolatieplaten, dan zullen sommige platenrijen niet of onvoldoende bevestigd zijn. Men dient dus in bijkomende bevestigingen te voorzien en dit, eveneens om de maatvastheid van de platen te waarborgen (zie het gebruiksgeschiktheidsattest voor wat betreft het minimum aantal bevestigingen per plaat).

De bevestigingen moeten zo homogeen mogelijk verdeeld worden opdat de belastingen gelijkmatig verdeeld zouden worden. De ideale verdeling van de schroeven over de isolatieplaten is geïllustreerd in afbeelding 66. Men moet vermijden om de bevestigingspunten op de plaatranden aan te brengen (< 100 mm). Het is dus niet toegelaten om een bevestiging zodanig in de voeg te plaatsen dat het verdeelplaatje twee isolatieplaten overlapt. Er kunnen bijkomende eisen van toepassing zijn, bijvoorbeeld om de schoteling van de platen te vermijden (maximale afstand tot de rand vastgelegd in het gebruiksgeschiktheidsattest), die eveneens in aanmerking genomen moeten worden. Men dient het beste compromis tussen de verschillende eisen te vinden.

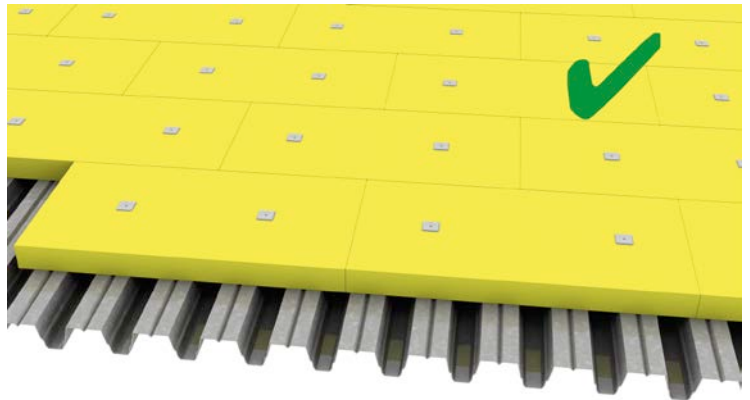
Het zal niet altijd mogelijk zijn om de ideale verdeling die voorgesteld is in afbeelding 66 strikt op te volgen (verschil tussen de moduli van de geprofileerde staalplaat of de geprefabriceerde betonelementen en deze van de isolatie en de afdichting, nauwkeurigheid van de uitvoering). Het vereiste aantal bevestigingen per oppervlakte-eenheid moet in elk geval gerespecteerd worden. In de afbeeldingen 50 en 51 van de [TV 239 \[W12\]](#) zijn er een aantal schema's voor de verdeling van de bevestigingen over staalplaten opgenomen.

In aanwezigheid van geprofileerde staalplaten dient men rekening te houden met de volgende twee punten:

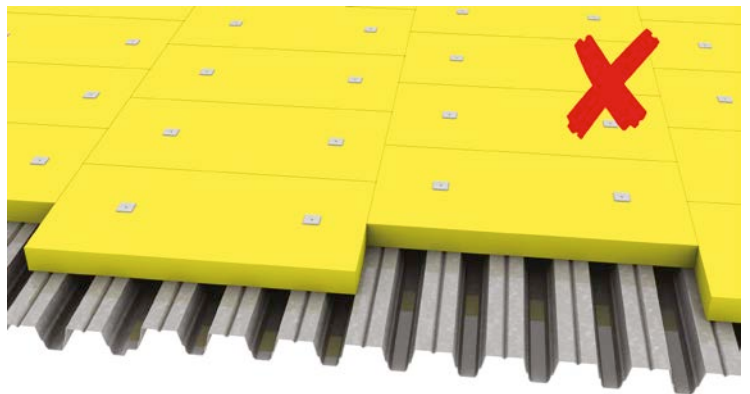
- een doorlopende voeg (in de isolatie) die evenwijdig loopt met de richting van de platen creëert een scharnier dat de afdichting op deze plaats overbelast. Een plaatsing van de isolatieplaten met verspringende voegen, loodrecht op de richting van de platen verstevigt de dakvloer en beperkt de belastingen op de afdichting (afbeelding 67)
- de duurzaamheid van de uitkragende delen van de isolatie en het gedrag ervan onder geconcentreerde belastingen in het midden tussen twee steunpunten moeten gecontroleerd worden (zie het gebruiksgeschiktheidsattest).

Indien er verschillende isolatielagen aangebracht worden, dan biedt de mechanische bevestiging het voordeel dat de verschillende lagen tegelijkertijd bevestigd kunnen worden.

A. GOEDE OPLOSSING: VERSPRINGENDE PLAATSIJNG VAN DE ISOLATIEPLATEN, LOODRECHT OP DE RICHTING VAN DE PLATEN



B. SLECHTE OPLOSSING: VERSPRINGENDE PLAATSIJNG VAN DE ISOLATIEPLATEN, EVENWIJDIG MET DE RICHTING VAN DE PLATEN



Afb. 67 Voorbeeld van een correcte plaatsing (A) en een foutieve plaatsing (B) van de isolatie op geprofileerde staalplaten.

In het geval van een dakvloer uit beton moet de bevestiging gebeuren in de dakvloer uit structuurbeton en dus niet in de niet-structurele betonnen afschotlaag (schuimbeton, licht beton, dekvloer ...). Voor geprefabriceerde TT-elementen vindt de bevestiging bij voorkeur plaats in de kern van de elementen, teneinde de afbrokkeling van het beton naar de binnenkant van het gebouw te vermijden.

Via windweerstandspoeven, uitgevoerd volgens de norm NBN EN 16002 [B55] (waarnaar verwezen wordt in de EAD 030351-00-0402, de vroegere ETAG 006) [E2] kan men de toelaatbare belasting per bevestiging bepalen voor de beproefde dakopbouw. Men kan extrapoleren naar andere opbouwen (onder meer naar andere dakvloeren), voor zover de karakteristieke weerstand tegen een axiaalkracht van de nieuwe dakopbouw (combinatie van een mechanisch bevestigingssysteem van hetzelfde type + een andere dakvloer, met aangepaste schroeven) groter is dan of gelijk is aan de karakteristieke sterkte per bevestiging van de geteste. De weerstand tegen een axiaalkracht moet bepaald worden volgens de bijlage van de EAD 030351-00-0402.

7.3.4 LOSLIGGENDE PLAATSING VAN DE ISOLATIE (L)

De losliggende plaatsing van de isolatie is in principe mogelijk op warme daken en op omkeerdaken.

Op warme daken is deze methode geschikt voor alle isolatiematerialen (met uitzondering van cellenglas, bevestigd met bitumen of lijm) die zich onder een losliggende en geballaste afdichting bevinden. Indien de gekozen isolatie gevoelig is voor schoteling, dan dient men gebruik te maken van platen met kleine afmetingen (in samenspraak met de fabrikant).

Om te vermijden dat de afdichting tijdens de plaatsing opgetild zou worden door de wind, moet de aannemer

in een tijdelijke ballast voorzien (onmiddellijk na de plaatsing van de afdichting).

Op een omkeerdak worden de XPS-platen met tand en groef of sponningen losliggend op de afdichting geplaatst en vervolgens geballast. Het strekt tot aanbeveling om een scheidingslaag (dampdoorlaatbare filterdoek) aan te brengen tussen de ballastlaag en de isolatie opdat de fijne granulaten niet in de plaatvoegen zouden dringen. Bepaalde plastomeren vereisen de plaatsing van een scheidingsmembraan tussen de afdichting en de XPS-isolatie, om de migratie van de weekmakers te vermijden (zie de technische specificaties van de fabrikanten).

8

DAKAFDICHTINGEN

8.1 ALGEMEEN

8.1.1 TYPES AFDICHTINGEN

De afdichting van platte daken wordt uitgevoerd met bitumineuze of synthetische (in de productnorm aangeduid als kunststof- en rubberbanen) membranen of folies, met geprefabriceerde synthetische zeilen of met vloeibaar aangebrachte producten. Metalen dakbedekkingen komen in deze Technische Voorlichting niet aan bod (zie hiervoor de [TV 266](#)) [W19].

Bitumineuze afdichtingen (§ 8.2, p. 85) kunnen opgebouwd zijn uit polymeerbitumen of geoxideerd bitumen (deze laatste enkel als onderlaag); ze zijn steeds gewapend (glasvlies, polyester ...) en worden aangebracht in één of twee lagen (soms meer).

Synthetische afdichtingen (§ 8.3, p. 96) bestaan uit elastomeren, thermoplastische elastomeren of plastomeren met of zonder wapening en/of cacherings aan de onderzijde. Ze worden in één enkele laag uitgevoerd.

Vloeibaar aangebrachte afdichtingen (§ 8.4, p. 109) zijn gewoonlijk opgebouwd uit synthetische harsen en worden aangebracht in meerdere lagen, al dan niet gewapend. Ze worden doorgaans gebruikt als aanvulling op de membranen voor delicate aansluitingen of over het volledige oppervlak voor bepaalde toepassingen.

Meer nog dan meerlaagse systemen vereisen de eenlaagse afdichtingen een bijzondere zorg bij de plaatsing. Uit de ervaring is gebleken dat er uitstekende resultaten behaald kunnen worden wanneer deze systemen uitgevoerd worden volgens geschikte methoden en door personeel dat specifiek hiervoor opgeleid werd.

Er moeten verschillende parameters in aanmerking genomen worden bij de bepaling van het meest geschikte afdichtingssysteem (synthetische, bitumineuze of vloeibaar aangebrachte afdichting) en voor de keuze tussen een eenlaagse of meerlaagse uitvoering.

8.1.2 EERSTE ONTWERPCRITERIUM: WATERDICHTHEID

De voornaamste functie van de dakafdichting is zonder twijfel om de onderliggende elementen van het gebouw te beschermen tegen water. Bij het ontwerp van de dakopbouw dient men bijgevolg met name rekening te houden met de volgende aspecten:

- het **risico op lekken**: uitvoeringsgebreken ter hoogte van de aansluiting tussen de dakbanen leiden rechtstreeks tot lekken in eenlaagse afdichtingen. Meerlaagse systemen bieden in dit opzicht een grotere veiligheid wanneer de lagen onderling verkleefd zijn in totale hechting. In het geval van een dak met veel details (doorvoeringen, installaties, uitzettingsvoegen ...) is het risico op uitvoeringsgebreken groter
- de **gevolgen van de lekken**: hoe groot zal de schade zijn in het geval van een gebeurlijk lek? Welke functie vervullen de onderliggende ruimten (woonruimten, informaticacentrum, opslagruimte ...)? Welke waren of toestellen zijn er opgeslagen? Zijn deze toestellen of waren duur, goed verpakt, goed beschermd ...?
- het **risico op schade tijdens de werken**: bij het optrekken van een gebouw met daken met verschillende niveaus of op plaatsen waar talloze installaties ondergebracht moeten worden, is het moeilijk om te vermijden dat de reeds geplaatste afdichting schade oploopt nog vóór het gebouw afgewerkt is:
 - een meerlaagse afdichting laat in dit opzicht toe om het gebouw (tijdelijk) af te dichten met een eerste laag en te wachten tot alle bouwberoepen hun werkzaamheden beëindigd hebben om de eindlaag aan te brengen
 - bij eenlaagse afdichtingen dient men in dergelijke omstandigheden beschermingsplaten en/of loopwegen op de afdichting te installeren of gebruik te maken van een damp scherm als tijdelijke afdichting (zie § 6.1, p. 55)
- de **mogelijkheid om eventuele lekken op te sporen**: lekken in een plat dak kunnen nooit uitgesloten worden en moeten bij voorkeur zo snel mogelijk hersteld worden. Het strekt bijgevolg tot aanbeveling om zich er vanaf het ontwerp van het gebouw van te vergewissen of een lek al dan niet snel gede-

tecteerd kan worden:

- in het geval van afdichtingen die in partiële hechting verkleefd zijn of losliggend geplaatst zijn, kan het water zich onder de afdichting verspreiden en zal het moeilijk zijn om de eventuele lekken te lokaliseren
- een ononderbroken dampscherm verhindert vaak de lokalisering van lekken alvorens de isolatie over een grote oppervlakte bevochtigd is
- zware schutlagen en omkeerdaken verhinderen de lokalisering van lekken
- in het geval van een moeilijk bereikbare afdichting (bedekt met vegetatielagen, terras of andere) dient men de voorkeur te geven aan een tweelaagse uitvoering in totale hechting (op de dakvloer) of een gecompartmenteerde uitvoering (op de isolatie) en niet aan een losliggende of in partiële hechting geplaatste afdichting (zie TV 229 en TV 253) [W10, W16]: zodoende kunnen de gebeurlijke waterlekken zich niet verspreiden over de dakvloer. In aanwezigheid van een dakvloer uit monolithisch beton, zullen de lekken bovendien makkelijker op te sporen zijn.

8.1.3 ANDERE ONTWERPCRITERIA

De waterdichtheid is niet de enige parameter die in aanmerking genomen moet worden. Hierna volgt een niet-limitatieve lijst van punten waaraan men de nodige aandacht zou moeten besteden:

- de **uitvoeringswijze**: de afdichtingsmembranen kunnen losliggend geplaatst worden en, in functie van de ondergrond (dakvloer of isolatie) in totale of partiële hechting (of door middel van een mechanische bevestiging. De uitvoering kan gebeuren door lassen, door koudverlijmen (lijm of zelfklevend membraan) of warmverlijmen (bitumen), door vernageling, door schroeven ... Vloeibare afdichtingen worden op hun beurt aangebracht in totale hechting. We willen er bovendien op wijzen dat de materialen en de uitvoeringstechnieken voortdurend evolueren
- de **veiligheidseisen**: deze kunnen betrekking hebben op het brandgedrag of het brandrisico tijdens de uitvoering
- de **milieu-eisen**: chemische vervuiling, agressieve industriële omgeving, duurzaamheid en afval, globale milieu-impact ...
- bepaalde **technische eisen** kunnen van doorslaggevend belang zijn voor de dakopbouw: type draagelement, binnenklimaat en windbelasting
- de **specifieke gebruikseisen** van de bouwheer: indien het dak bestemd is om er een terras, vegetatie, zonnepanelen, bloembakken ... op te plaatsen, dan dient men de langetermijnweerstand ervan tegen geconcentreerde belastingen te verifiëren. De recuperatie van regenwater afkomstig vanop het dak kan eveneens een aandachtspunt zijn
- ook het **onderhoud** kan het voorwerp uitmaken van eisen (bv. dak met technische zones dat beloopbaar moet blijven bij zeer warm weer of in het geval van vorst), net zoals de onderhoudskosten (bv. opstelling van een onderhoudscontract, bepaling van de weerstand van de afdichting tegen doorboringen onder specifieke belastingsvoorwaarden, teweggebracht door de onderhoudswerkzaamheden) of de mogelijkheid om de afdichting te laten herstellen door het team dat verantwoordelijk is voor het onderhoud (zie hoofdstuk 11, p. 131)
- de **ervaring van de uitvoerder**: de plaatsing van een eenlaagse of een vloeibare afdichting verschilt sterk van deze van een meerlaagse bitumineuze afdichting. De uitvoeringstechnieken voor deze laatste zijn doorgaans goed gekend door de aannemers in dichtingswerken, die in deze context een ruime ervaring opgebouwd hebben. De plaatsing van eerstgenoemde afdichtingen vereist daarentegen een extra opleiding en een specifieke ervaring. De meeste fabrikanten van dergelijke systemen werken daarom samen met een beperkt aantal plaatsingsbedrijven waarvan ze het personeel zelf opgeleid hebben
- de **in België opgedane ervaring**
- **uitvoeringsfouten**: deze komen vaker voor in het geval van delicate dakdetails en wanneer er veel dakdoorvoeringen (dakdoorbrekingen) zijn. De uitvoering kan niettemin vergemakkelijkt worden dankzij bepaalde accessoires
- de **betrouwbaarheid van het afdichtingssysteem**: wanneer men opteert voor een afdichtingssysteem, dan dient men zich af te vragen of dit wel voldoende betrouwbaar is, vooral voor wat de overlapverbindingen en hun duurzaamheid betreft. De volgende vragen dringen zich op: is de uitvoering afhankelijk van de weersomstandigheden? Is ze makkelijk controleerbaar? Is ze manueel of geautomatiseerd? Kan ze gerealiseerd worden op een onvlakke ondergrond (noodzaak van een renovatie of een aangepaste ondergrond)? Is het in het geval van delicate aansluitingen mogelijk om het aantal op de bouwplaats uit te voeren overlapverbindingen te beperken? Kan er een waterdichtheidsproef uitgevoerd worden?
- de **reglementaire vereisten**: verplichting om een groendak te integreren, voorschriften inzake brandveiligheid ...
- de **esthetische eisen**: kleur van de afdichting, uitzicht van de overlapverbindingen ...
- de eisen in verband met **duurzaam bouwen** en **circulaire economie**: recyclage van de materialen (demonteerbare plaatsing), levensduur van de dakopbouw ...
- de eisen op het vlak van **renovatie**, zoals de mogelijkheid om een bijkomende afdichtingslaag aan te

- brengen in het geval van een totale renovatie
- de eisen met betrekking tot de **bezetting van het gebouw tijdens de werken**, zoals het vermijden van geurhinder (lassen, lijmen, primers ...)
- de eisen die verband houden met de **toelaatbare belastingen** zoals de ballast
- de eisen op het gebied van de **kosten**.

8.2 BITUMINEUZE AFDICHTINGEN

8.2.1 ONDERLAGEN EN EINDLAGEN

De eindlaag van een bitumineuze afdichting moet steeds een laag polymeerbitumen zijn waarvan de wapening of één van de wapeningen een polyester bevat (enkel een glasvlies wordt niet toegelaten) (§ 8.2.1.2, p. 86) dat beschikt over een gebruiksgeschiktheidsattest voor deze toepassing (technische goedkeuring ATG of equivalent). Materialen op basis van geoxideerd bitumen mogen niet langer gebruikt worden als eindlaag. Ze mogen eventueel wel aangewend worden als onderlaag (§ 8.2.1.1).

We willen de aandacht vestigen op een aantal recente ontwikkelingen, zoals:

- gedeeltelijk gerecycleerde membranen waarin een bepaald aandeel productieafval, snijresten of zelfs membranen vanop oude daken verwerkt is
- gedeeltelijk biogebaseerde membranen, waarbij een deel van het bitumen vervangen kan worden door plantaardige oliën (fabricageresten van biopolymeren), harsen ...
- afwerkingen die bijzondere functies vervullen zoals luchtzuivering of lichtreflectie.

Een plaatsing met warm bitumen is mogelijk, maar wordt om veiligheidsredenen afgeraden. Ze komt in het vervolg van deze tekst dus niet verder aan bod.

8.2.1.1 Onderlagen

Materialen die men als onderlaag kan gebruiken, zijn:

- **polymeerbitumen of geoxideerd bitumen, gewapend met een glasvlies** (Vx, waarbij x de dikte in mm voorstelt): dit materiaal kan als onderlaag aangewend worden met koudverlijmde of gelaste afdichtingen. Deze onderlaag kan eveneens zelfklevend zijn (in koude toestand of thermisch activeerbaar door het lassen van de toplaag)
- **polymeerbitumen of geoxideerd bitumen, gewapend met een niet-geweven polyester** (Px, waarbij x de dikte in mm voorstelt): dit materiaal is vooral aanbevolen wanneer men de ponsweerstand van de afdichting wenst te verbeteren of wanneer men



Afb. 68 Dak dat voorzien is van een bitumineuze afdichting.

mechanische bevestigingen in de eerste laag wil aanbrengen. Deze onderlaag kan eveneens zelfklevend zijn (in koude toestand of thermisch activeerbaar door het lassen van de toplaag)

- **EP2**: een niet-geweven polyester dat aan één zijde bekleed is met bitumen en waarop er een eindlaag gelast of verlijmd wordt in totale hechting. Deze onderlaag, die enkel losliggend geplaatst of mechanisch bevestigd kan worden, vormt geen effectieve afdichtingslaag
- **een geperforeerd gebitumeerd glasvlies**, voor de plaatsing in partiële hechting van de gelaste toplaag (VP 40/15, dikte: ± 1 mm, gaten met een diameter van 40 mm over 12 tot 18 % van het oppervlak): dit vormt geen effectieve afdichtingslaag. Dit type membraan, dat in het verleden courant gebruikt werd, is tegenwoordig eerder zeldzaam geworden en vervangen door bijvoorbeeld membranen in partiële hechting met lasbare of zelfklevende stroken of noppen.

De fabricage van voormelde onderlagen moet bij voorkeur onderworpen worden aan een nazicht of een controle door een onafhankelijk organisme.

Men kan voor de onderlagen ook andere dan de hier voor vermelde materialen in overweging nemen (gedeeltelijk gerecycleerd, biogebaseerd ...), op voorwaarde dat er in hun toepassing voorzien is in het gebruiksgeschiktheidsattest van de afdichting.

In de technische voorschriften PTV 46-002 [B1] is er een meer volledige tabel van de onderlagen, hun benaming en hun toepassingen opgenomen.

8.2.1.2 Eindlagen

Deze afdichtingsmaterialen zijn samengesteld uit één of meerdere bitumensoorten, gemodificeerd door de toevoeging van polymeren. Ze zijn ofwel gewapend met een niet-geweven polyester, ofwel voorzien van twee afzonderlijke wapeningen (polyester en glasvlies), dan wel gewapend met composietmaterialen (combinatie van polyester en glas). De dakafdichting moet over een gebruiksgeschiktheidsattest voor deze toepassing beschikken (technische goedkeuring of gelijkwaardig).

Een eenlaagse afdichting moet een effectieve minimale dikte van 3,8 mm vertonen (nominale dikte van 4,0 mm \pm 0,2 mm). Ze moet bij voorkeur over een gebruiksgeschiktheidsattest beschikken. Indien dit niet het geval is, dan moet er aan de volgende criteria voldaan zijn:

- krimp (NBN EN 1107-1) [B25]: $\leq 0,3 \%$
- statischepechweerstand (NBN EN 12730) [B37]: ≥ 15 kg
- afpelweerstand van de naadverbindingen (NBN EN 12316-1) [B36]: ≥ 40 N/50 mm (plastomeren) of 100 N/50 mm (elastomeren).

Indien het gaat om een meerlaagse afdichting, dan moet de minimale dikte van de eindlaag 3 mm bedragen. De dikte van de onderlaag bedraagt minimum 2,5 mm bij een gelaste plaatsing en 2,0 mm bij een ver-

lijmde plaatsing, een zelfklevende plaatsing (in koude toestand of thermisch activeerbaar door het lassen van de toplaag) of een mechanische bevestiging.

Door de modificatie van het bitumen door polymeren verkrijgt het materiaal een veel langere levensduur en een veel beter gedrag bij hoge en lage temperaturen dan geoxideerd bitumen (zie tabel 19 en afbeelding 60, p. 70). Men maakt een onderscheid tussen:

- **mengsels op basis van plastomeren** (vroeger APP genoemd), die aan het bitumen plastische eigenschappen verlenen dankzij de toevoeging van ongeveer 30 % polyolefine of een polyolefinecopolymeerverbinding (t.o.v. de hoeveelheid bitumen)
- **mengsels op basis van elastomeren** (vroeger SBS genoemd), die aan het bitumen elastische eigenschappen verlenen dankzij de toevoeging van ongeveer 12 % thermoplastisch rubber (elastomeer).

Bij lage temperaturen biedt elastomeerbitumen doorgaans een betere soepelheid en een hogere weerstand dan plastomeerbitumen (deze eigenschap is vooral van belang bij de plaatsing, maar is daarna niet langer van tel). Het verwekingspunt ervan ligt lager dan dat van plastomeerbitumen, waardoor het verwerkt kan worden bij een lagere temperatuur, maar waardoor ook het gedrag bij hoge temperaturen minder goed wordt. De afpelweerstand van de naadverbindingen is in het algemeen hoger dan deze van plastomeerbitumen.

Plastomeerbitumen is intrinsiek bestand tegen UV-stralen en dit, in tegenstelling tot elastomeerbitumen dat een bescherming vereist.

In tabel 19 zijn de voornaamste verschillen tussen beide materialen samengevat. Het gaat hier om algemene karakteristieken die van product tot product kunnen verschillen in functie van de bestanddelen van het membraan. Uit de ervaring is gebleken dat deze

Tabel 19 Vergelijking tussen elastomeer- en plastomeerbitumen.

Karakteristiek	Elastomeerbitumen	Plastomeerbitumen
Soepelheid bij lage temperatuur [B26]: – in nieuwe toestand (courante waarden) – na 6 maanden bij 70 °C (duurzaamheidscriteria)	-30 tot -15 °C ≤ 0 °C en $\Delta \leq 15$ °C	-20 tot -5 °C ≤ 0 °C en $\Delta \leq 15$ °C
Vloeiweerstand bij hoge temperatuur (NBN EN 1110) [B27]: – in nieuwe toestand (courante waarden) – na 6 maanden bij 70 °C (duurzaamheidscriteria)	≈ 100 °C ≥ 90 °C	120 tot 150 °C ≥ 110 °C
Afpelsterkte van de langснаadverbindingen (*): – in nieuwe toestand (courante waarden) – na 28 dagen bij 80 °C (duurzaamheidscriteria) – na 7 dagen in water bij 60 °C (duurzaamheidscriteria)	100 tot 150 N/50 mm ≥ 100 N/50 mm $\Delta \leq 20 \%$	40 tot 50 N/50 mm > 25 N/50 mm en $\Delta \leq 50 \%$ $\Delta \leq 20 \%$
(*) Naden aan de rand van het membraan.		

verschillen in ons klimaat geen invloed hebben op het goede gedrag van de membranen. We willen erop wijzen dat de ervaring van de uitvoerder een belangrijke rol te spelen heeft bij de keuze van het type afdichting.

Bij de fabricage kan de bovenzijde van de eindlaag beschermd worden tegen UV-stralen door de integratie van een minerale bescherming (leischilfers of fijne granulaten, beschikbaar in verschillende kleuren). De hechting van deze schilfers is goed (duurzaam) op polymeerbitumen. Mengsels op basis van elastomeren moeten steeds beschermd worden tegen UV-stralen met behulp van een minerale bescherming of een ballastlaag. Mengsels op basis van plastomeren vereisen in theorie geen UV-bescherming. Een dergelijke bescherming is echter wel aanbevolen indien men het regenwater vanop het dak wenst te recupereren of wanneer er stroomafwaarts van het dakvlak metalen onderdelen (bv. goten uit zink, loden kolken ...) geplaatst zijn, tenzij deze elementen voorzien zijn van een doeltreffende bescherming (zie § 9.2, p. 116).

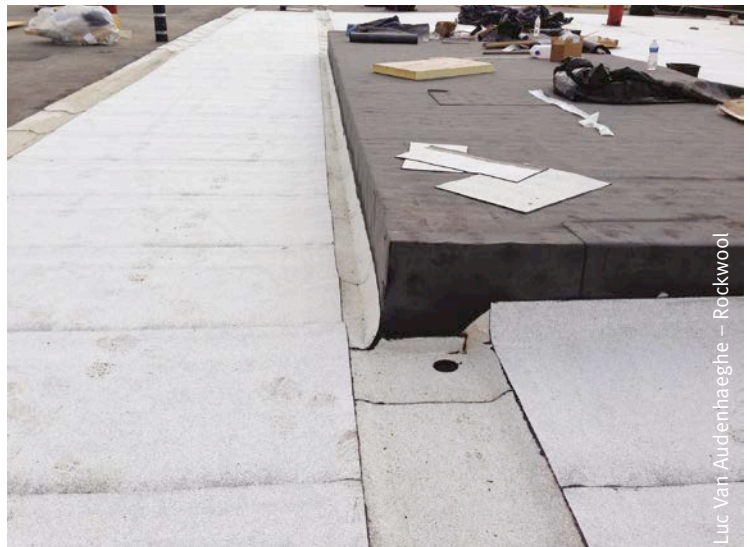
Bepaalde bitumineuze membranen zijn bekleed met een witte reflecterende coating of met witte reflecterende granulaten (afbeelding 69). Deze bekleding laat toe om de oppervlaktetemperaturen te beperken (met name om de prestaties van de hierop aangebrachte fotovoltaïsche installaties te verbeteren of om de levensduur van de afdichting te verlengen) of zelfs om de koelbehoeften in de zomer enigszins te verminderen (zie § 2.1.3, p. 19). We willen erop wijzen dat de kwaliteit en de duurzaamheid in de tijd van deze coatings zeer variabel kan zijn van product tot product en dat deze meer onderhoud vereisen.

Om te vermijden dat de lagen van een rol aan elkaar zouden gaan kleven, moet hun onderzijde bezand worden of voorzien worden van een PE- of PP-folie (voor de te lassen membranen). In dit laatste geval moet de folie gesmolten worden bij het lassen. Membranen die bekleed zijn met een wegbrandfolie zijn dus niet geschikt voor een koudverlijming. Er bestaan ook verwijderbare PE- of PP-folies voor zelfklevende membranen en membranen met snellasstroken (verlijming in partiële hechting).

8.2.2 PLAATSMETHODEN VOOR BITUMINEUZE AFDICHTINGEN

Bij het ontwerp en de plaatsing van een bitumineuze afdichting zijn de volgende aspecten van belang:

- het aantal afdichtingslagen (één of meerdere)



Afb. 69 Eindlaag van de bitumineuze afdichting met witte reflecterende granulaten.

- de bevestigingswijze van de afdichting op de ondergrond: losliggende plaatsing, totale of partiële hechting of mechanische bevestiging.

De samenstellingen worden aangeduid met een codering (zie § 8.2.2.3, p. 88).

8.2.3 AANTAL AFDICHTINGSLAGEN

Er wordt een onderscheid gemaakt tussen eenlaagse en meerlaagse bitumineuze afdichtingen.

8.2.3.2.1 Meerlaagse afdichtingen

In aanwezigheid van twee lagen (of meer), gebeurt de verkleving tussen de lagen altijd in totale hechting en dit, door vlamlassen, met behulp van een koudlijm of met een zelfklevend membraan.

Als onderlaag wordt er vaak gebruikgemaakt van een glasvliesgewapend membraan (Vx, waarbij x de dikte in mm voorstelt), behalve in het geval van een mechanische bevestiging, waarbij dit niet toegelaten is. Om de kwaliteit van de systemen verder te verbeteren, en dan vooral wanneer de onderlaag dienst doet als voorlopige afdichting⁽¹⁸⁾ (organisatie van de bouwplaats), kan men het glasvliesgewapende membraan vervangen door een polyestergewapend membraan (Px, waarbij x de dikte in mm voorstelt).

⁽¹⁸⁾ Als de voorlopige afdichting onderhevig is aan sterke spanningen, dan moet men ze voorzien van een polyesterwapening.

Het gebruik van een membraan op basis van plasto-meerbitumen als onderlaag en uit elastomeerbitumen als eindlaag (of omgekeerd bij lassen), is toegelaten.

Bij een onderlaag met gelijkmatig verdeelde mechanische bevestigingen (eerder dan in de overlap) heeft de ervaring aangetoond dat de prestaties van de afdichting ondanks de doorboringen niet in het gedrang komen. Het gaat hier wel degelijk om een effectieve afdichtingslaag en dus om een meerlaags systeem.

8.2.3.2.2 Eenlaagse afdichtingen

Een afdichting wordt als eenlaags beschouwd wanneer ze opgebouwd is uit één enkele laag, ofwel uit een geperforeerde onderlaag (VP 45/30 enz.) of een onderlaag van het type EP2 en een eindlaag.

8.2.3.1 Bevestiging van de bitumineuze afdichting aan de ondergrond

Voor bitumineuze afdichtingen kan men verschillende plaatsingstechnieken in aanmerking nemen:

- **losliggende plaatsing (L):** in dit geval wordt de afdichting gewoonlijk aangebracht op een scheidingslaag of voorzien van een cachering aan de onderzijde die haar hechting aan de ondergrond verhindert. Ze wordt steeds geballast met een zware schutlaag (zie § 9.3, p. 119)
- **totale hechting (T):** in dit geval wordt de afdichting geplaatst door verlijming (met koudlijm of met een zelfklevend membraan) of door vlamlassen
- **partiële hechting (P):** in dit geval worden de lagen ofwel voorzien van snellasstroken of zelfklevende stroken of noppen, ofwel geplaatst met een koudlijm die aangebracht wordt in koorden, dan wel gelast op geperforeerde onderlagen. Zoals aangegeven in tabel 20 is de keuze tussen een totale of partiële hechting veelal afhankelijk van de ondergrond. Wanneer beide oplossingen in overweging genomen kunnen worden, dan levert de totale hechting een betere windweerstand op, terwijl de partiële hechting het voordeel biedt dat de waterdampdiffusie verbetert (op een vochtige ondergrond)
- **mechanische bevestiging (M)** met schroeven (V) of nagels (N): de mechanische bevestiging van een eenlaagse afdichting gebeurt in de overlap; voor de onderlaag van een meerlaagse afdichting gebeurt ze in de overlap of worden de bevestigingen gelijkmatig verdeeld. Het gebruik van schroeven (oplossing MV) komt voornamelijk voor bij warme daken op geprofileerde staalplaten, op hout of op beton. Het gebruik van nagels (MN) is voorbehouden voor houten dakvloeren zonder tussengeplaatste isolatie.

Er zijn ook nog andere plaatsingstechnieken of opbouwen mogelijk, voor zover ze toegelaten worden door het gebruiksgeschiktheidsattest.

8.2.3.2 Coderingssystemen voor de bevestigings-technieken van bitumineuze afdichtingen

De codering bestaat uit twee hoofdletters, al dan niet aangevuld door één of meerdere kleine letters.

De **eerste hoofdletter** (L, T, P of M) geeft aan op welke wijze het volledige afdichtingssysteem op de ondergrond bevestigd is:

- L: losliggend, met een zware schutlaag
- T: in totale hechting
- P: in partiële hechting
- M: mechanisch bevestigd.

De **tweede hoofdletter** (L, S, C, V, N of B) verwijst naar de manier waarop de eerste laag van de afdichting (onderlaag) op de ondergrond bevestigd wordt:

- L: losliggend
- S: gelast
- C: koudverlijmd
- AC: zelfklevend
- V: met schroeven
- N: met nagels
- B: verlijmd met warm bitumen.

In voorkomend geval geeft de kleine letter (s of c) de techniek aan die gebruikt wordt om de tweede laag (meestal de eindlaag) van de afdichting op de onderlaag te bevestigen: s = lassen, c = koudverlijmen.

Coderingsvoorbeelden voor de bevestigings-technieken van bitumineuze afdichtingen

1. LLs staat voor:
 - eerste L: losliggende te ballasten afdichting (meerlaags aangezien er naast de twee hoofdletters een kleine letter voorkomt)
 - tweede L: losliggende onderlaag
 - kleine s: gelaste eindlaag.
2. PACs staat voor:
 - P: partieel hechtende afdichting
 - AC: zelfklevende onderlaag (met zelfklevende strepen of noppen)
 - kleine s: gelaste eindlaag.

8.2.4 KEUZE VAN HET BITUMINEUZE AFDICHTINGSSYSTEEM IN FUNCTIE VAN DE ONDERGROND

Tabel 20 geeft de meest geschikte combinaties ondergrond/bevestigingswijze/verlijmingstechniek voor bitumineuze afdichtingen weer.

Tabel 20 Courante plaatsingstechnieken voor bitumineuze afdichtingen in functie van de ondergrond (zie bijlage 4, p. 150, voor de betekenis van de afkortingen).

Ondergrond	Cachering	L Losliggend	T Totale hechting	P Partiële hechting	M Mechanische bevestiging	
Geïsoleerde daken	PU	Aluminium (eenlaags)	–	–	MV ⁽⁵⁾ , MVc ⁽⁵⁾ , MVs ⁽⁵⁾	
		Aluminium (meerlaags)	–	PAC ⁽¹⁾ , PACs ⁽¹⁾		
		Gebitumeerd glasvlies	LL, LLs, LLc	TC, TCc, TCs		PS, PSs, PSc, PLs
		Mineraalgecoat glasvlies	–	–		PAC ⁽¹⁾ , PACs ⁽¹⁾
	EPS	Zonder cachering ⁽²⁾	LL, LLs, LLc	(TC) ⁽³⁾ , TAC, TACs, (TCc, TCs) ⁽⁴⁾		(PC, PCc, PCs) ⁽⁴⁾ , PAC, PACs
		Gebitumeerd glasvlies	–	–		PS, PC, PAC, PSs, PCc, PCs, PACs
	CG	Zonder cachering	–	TBs, TBc, (TBb)		–
		Geïmpregneerd met bitumen + wegbrandfolie	–	TS, TSs		(PLs, PS, PSs)
		Geïmpregneerd met bitumen + cachering	LL, LLs, LLc	–		–
	MW, EPB	Zonder cachering	–	–		–
		Glasvlies	LL, LLs, LLc	TC, TS, TAC ⁽⁶⁾ , TSs, TACs ⁽⁶⁾ , TCc, TCs		–
		Geïmpregneerd met bitumen + wegbrandfolie	–	–		–
Bestaande bitumineuze afdichting⁽⁷⁾		LL, LLs, LLc	TC, TS, TAC, TSs, TACs, TCc, TCs	PLs, PS, PC, PAC, PSs, PCc, PCs, PACs		
Niet-geïsoleerde daken ⁽⁸⁾ of omkeerdaken	Beton en licht hellingsbeton	LL, LLs, LLc	(TC, TS, TSs, TCc, TCs) ⁽⁹⁾ TAC, TACs ⁽⁶⁾	PLs, PS, PC, PAC, PSs, PCc, PCs, PACs	(MV, MVc, MVs, MNc) ⁽¹⁰⁾	
	Platen uit cellenbeton	–	–	–	MV, MVc, MVs, (MNc, MNs) ⁽¹²⁾	
	Multiplex, vezelcement, plaatmateriaal op basis van hout	–	–	–	MV, MVc, MVs, (MNc, MNs) ⁽¹³⁾	
	Cementgebonden houtvezelplaten	(LL, LLs, LLc)	–	–	MV, MVc, MVs, MNc	
	Houten dakvloer	–	(TC, TCc, TCs) ⁽¹¹⁾	–	MV, MVc, MVs, MNc, MNs	
(...) toegelaten, maar weinig courante bevestigingstechniek; – geen enkele bevestigingstechniek toegelaten of onmogelijke combinatie.						
<p>⁽¹⁾ Zie de mogelijke ondergronden in de documentatie van de fabrikant. ⁽²⁾ De overlapverbindingen moeten gelast worden zonder het EPS te beschadigen (aangepaste brander, bredere overlapverbinding, dubbele naad ...). ⁽³⁾ Voor dit gebruik aangepast gebitumeerd glasvlies (zie de technische documentatie). ⁽⁴⁾ Men dient de verenigbaarheid tussen de lijm en het EPS na te gaan. ⁽⁵⁾ De bevestigingswijze in de dakvloer doorheen de isolatie is dezelfde als in het geval van niet-geïsoleerde daken of omkeerdaken. Voor cellenglas moeten de isolatieplaten verlijmd worden op de dakvloer en moeten de mechanische bevestigingen een (doorgaans synthetisch) verdeelplaatje bevatten dat voorzien is van een mof waarin de kop van de schroef zich kan verplaatsen (telescoopsysteem). ⁽⁶⁾ Zie de toelaatbare ondergronden in de documentatie van de fabrikant; er zal doorgaans een primer nodig zijn. ⁽⁷⁾ Zie hoofdstuk 10 (p. 123). ⁽⁸⁾ De aannemer in dichtingswerken kan indien nodig zijn klant informeren over de thermische regelgeving. ⁽⁹⁾ Om blaasvorming te voorkomen, mag een plaatsing in totale hechting enkel uitgevoerd worden op geballaste daken of op een droog beton. ⁽¹⁰⁾ De bevestiging gebeurt steeds doorheen het hellingsbeton, in de onderliggende betonnen dakvloer. ⁽¹¹⁾ Losliggende stroken worden op de kopse naden aangebracht. ⁽¹²⁾ Men dient gebruik te maken van nagels die speciaal voor dit gebruik voorzien zijn. ⁽¹³⁾ Niet van toepassing op vezelcementplaten.</p>						

8.2.5 UITVOERING VAN BITUMINEUZE AFDICHTINGEN

8.2.5.1 Voorbereiding van de ondergrond

Wanneer de afdichting rechtstreeks op de dakvloer geplaatst wordt, dan dient deze laatste gecontroleerd te worden volgens de principes die uit de doeken gedaan werden in § 4.3 (p. 48). Vervolgens kan het nodig zijn om de dakvloer verder voor te bereiden vooraleer de afdichting hierop aangebracht kan worden. Deze behandeling verschilt in functie van de beoogde plaatsingstechniek.

8.2.5.1.1 Losliggende plaatsing

Deze techniek heeft tot doel om elke vorm van hechting tussen de afdichting en de ondergrond te vermijden (bv. met het oog op de recyclage ervan). In het geval van een chemische onverenigbaarheid met de onderliggende laag of indien deze onderhevig is aan aanzienlijke vervormingen, dan kan het nodig zijn om in een scheidingslaag te voorzien. De meest courante scheidingslagen zijn de volgende:

- niet-geweven en niet-bekleed polyestervlies (nominale oppervlaktemassa van gewoonlijk 150 g/m² of meer)
- glasvlies (nominale oppervlaktemassa van 50 g/m² of meer)
- bitumineuze afdichtingsonderlaag die aan de onderzijde voorzien is van een hechtingswerende cachering (bv. polyestervlies).

De scheidingslaag wordt losliggend tussen de ondergrond en de afdichting geplaatst, met een overlap in de dwars- en langsrichting. Deze overlappen worden losliggend geplaatst en zijn minstens 100 mm breed. Indien de scheidingslaag tegelijkertijd dienst doet als eerste afdichtingslaag, dan moeten de overlapverbindingen afgedicht worden met behulp van een koudlijm of door lassen.

8.2.5.1.2 Plaatsing in totale en partiële hechting

Een (partiële) verkleving is enkel mogelijk op ondergronden die verenigbaar zijn met bitumineuze producten. Bepaalde ondergronden moeten vooraf bekleed worden met een bitumineus hechtvernis (ook primer genoemd) dat in staat is om de fijne materiaal-deeltjes te binden (bv. beton), het hechtingsoppervlak te ontvetten (bv. staalplaten) en te impregneren (bv. poreuze materialen), of de oude bitumineuze afdichting te reactiveren (in het geval van een renovatie).

Een bitumineus hechtvernis is een zeer vloeibare bitumenoplossing, bij voorkeur in een waterige fase (zonder koolwaterstofhoudend oplosmiddel). Er bestaan ook hechtvernis met oplosmiddelen. In dit geval moet de ondergrond niet alleen verenigbaar zijn met het bitumen, maar ook met het oplosmiddel uit het hechtvernis (de fabrikant kan in principe alle nuttige informatie met betrekking tot het gebruikte oplosmiddel verstrekken).

Het hechtvernis wordt aangebracht met een trekker, een borstel, een rol, een pistool of een sproeier en dit, zo gelijkmatig mogelijk, zonder overdiktes (die aanleiding zouden kunnen geven tot een niet-homogene droging) en *a rato* van ongeveer 300 tot 400 g/m² naargelang van de porositeit van de ondergrond. Deze laatste moet proper en luchtdroog zijn indien het gaat om een primer op basis van oplosmiddelen.

Na het aanbrengen verdampt het water of het oplosmiddel en blijft er een dun, goed hechtend laagje bitumen op de dakvloer achter. De droogtijden variëren van minder dan één uur tot meer dan één dag, afhankelijk van de samenstelling van het hechtvernis, de aangebrachte hoeveelheid en de weersomstandigheden. In aanwezigheid van een primer met een koolwaterstofhoudend oplosmiddel, mag men in geen geval met een open vlam in de buurt van het hechtvernis komen vooraleer het opgedroogd is.

Het hechtvernis moet volledig droog aanvoelen vooraleer men overgaat tot de verkleving van de afdichting in totale of partiële hechting.

8.2.5.1.3 Plaatsing door mechanische bevestiging

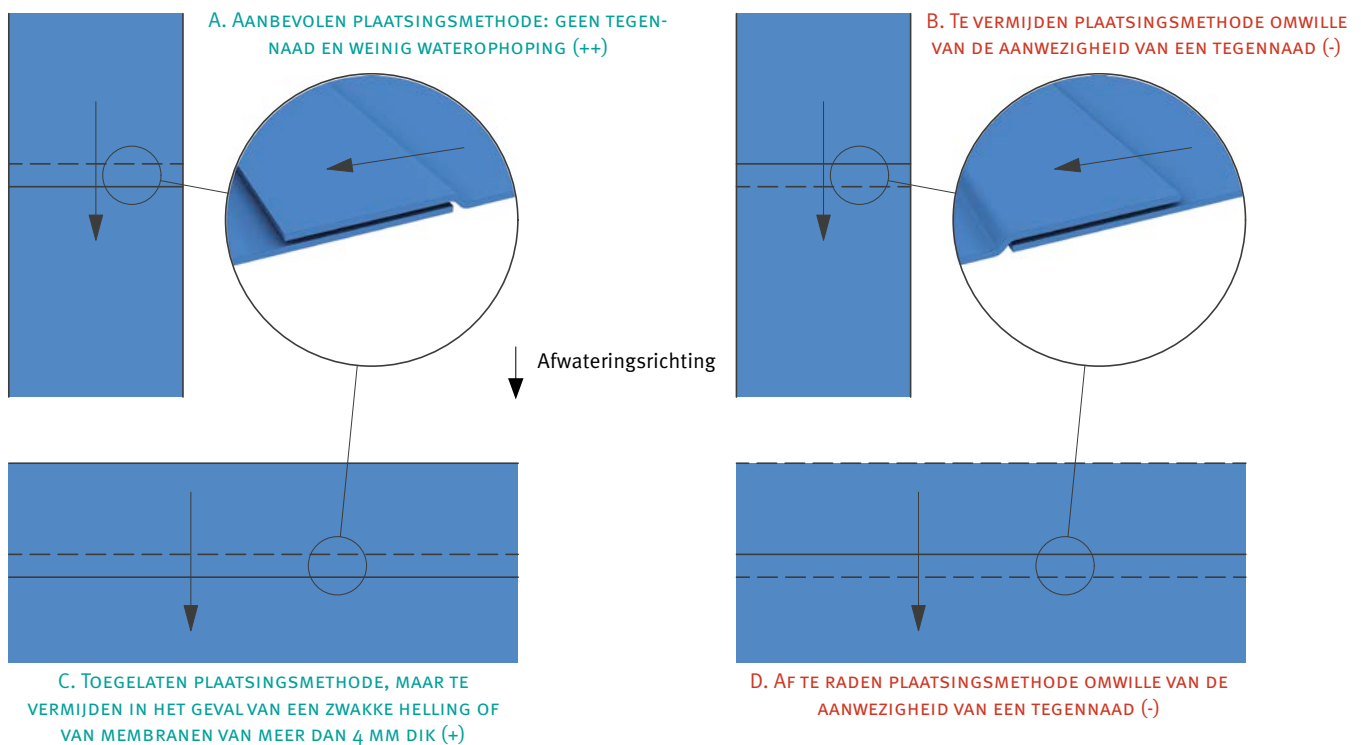
Deze plaatsingswijze impliceert hetzelfde type voorbereiding als een losliggende plaatsing (zie § 8.2.4.1.1). Ook hier kan een scheidingslaag noodzakelijk blijken

8.2.5.2 Legpatroon, overlap en type dakbaan

8.2.5.2.1 Legpatroon

In het geval van bitumineuze dakbanen dient men ernaar te streven om tegennaden te vermijden. Het strekt eveneens tot aanbeveling om de voorkeur te geven aan oplossingen die tot een zo klein mogelijke waterophoping in de buurt van de naden leiden. De dakbanen zouden dus best in de richting van de afwatering aangebracht worden.

Afbeelding 70 illustreert vier mogelijke uitvoeringen van een bitumineuze afdichting voor een zelfde afwateringsrichting.



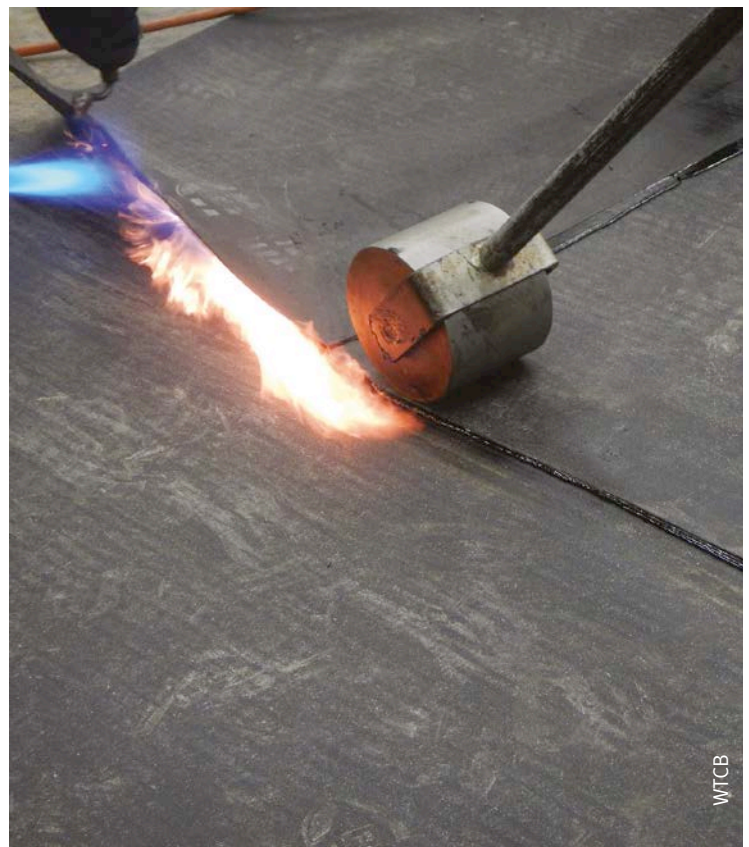
Afb. 70 Plaatsingsmethoden voor bitumineuze dakbanen.

De overlappen van de onderlagen en de eindlagen mogen niet boven elkaar gelegen zijn om te grote overdiktes te vermijden. De naden van de tweede laag zouden zich bij voorkeur in het midden van de eerste laag moeten bevinden (geschrante en niet kruisende plaatsing).

8.2.5.2.2 Minimale overlap van bitumineuze afdichtingen

Alle overlappen moeten over de totale breedte gelast (of verkleefd) worden. Indien de naden gelast worden, dan moet het gesmolten bitumen van de naad op ononderbroken wijze uitvloeien (afbeelding 77). De langse en kopse overlappen moeten aangedrukt worden. De kopse overlappen vereisen bijzondere aandacht in het geval van een minerale bescherming. Wat de toplagen betreft, dient men deze uitvloeit om esthetische redenen tot ongeveer 10 mm te beperken. De afschuining van het bitumen met behulp van een warm truweel is niet meer gebruikelijk en is zelfs af te raden.

De minimaal vereiste overlap (in het verkleefde of gelaste deel) staat vermeld in tabel 21 (p. 92). In het geval van een mechanische bevestiging in de overlap zal de vereiste breedte groter zijn (minstens 120 mm, zie de TV 239 [W12] en de documentatie van de fabrikant).



Afb. 71 Gelaste en met de rol aangedrukte naad van een bitumineuze dakbaan.

Tabel 21 Minimale overlappen.

Bevestigingswijze	Onderlaag		Eindlaag (eenlaagse of tweelaagse afdichting)			
			Met minerale bescherming		Zonder minerale bescherming	
	Overlap in de langsrichting	Overlap in de dwarsrichting	Overlap in de langsrichting	Overlap in de dwarsrichting	Overlap in de langsrichting	Overlap in de dwarsrichting
T, P, L	70 mm	70 mm	80 mm	150 mm ⁽¹⁾	80 mm	150 mm ⁽²⁾
M	80 mm	100-150 mm	120 mm		120 mm	

⁽¹⁾ Er is bijzondere aandacht vereist in het geval van een hechting op een minerale bescherming: de onderlaag moet voldoende opgewarmd worden om de granulaten te kunnen omhullen en een correcte aansluiting van de overlapverbinding te kunnen verwezenlijken.

⁽²⁾ Indien de vrije krimp kleiner is dan 0,3 %, dan kan de overlap beperkt worden tot 100 mm.

■ Wijze van overlappen

De hoeken van de eindlagen moeten op het einde van de dakbaan afgesneden worden onder 45° over de breedte van de overlap, teneinde een lange en gesloten naad te verkrijgen, die niet opentrekt bij beweging van de dakbaan, waardoor het risico op capillaire indringing beperkt wordt (zie afbeelding 72).

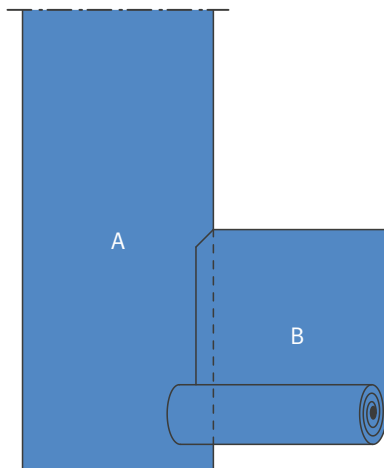
8.2.5.2.3 Type dakbaan

Het type dakbaan moet aangepast zijn aan de plaatsingstechniek. Zo dient men erop toe te zien dat:

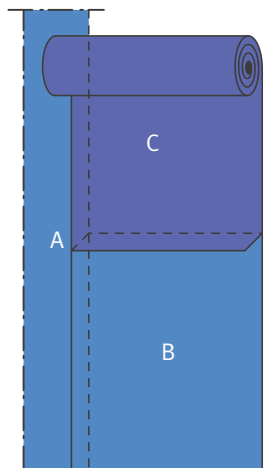
- er bij een verlijmde plaatsing geen gebruik gemaakt wordt van dakbanen die aan hun onderzijde gecacheerd zijn met een wegbrandfolie
- er gekozen wordt voor dakbanen die aan hun onderzijde gecacheerd zijn met een hechtingswerend materiaal wanneer de plaatsing losliggend gebeurt of door mechanische bevestiging zonder scheidingslaag.



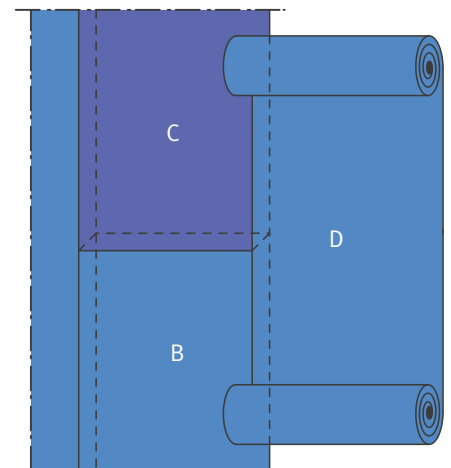
STAP 1 – LANGSNAAD TUSSEN DAKBAAN 'B' MET EEN AFGESNEDEN HOEK EN DAKBAAN 'A'



STAP 2 – DWARSNAAD TUSSEN DAKBAAN 'B' EN DAKBAAN 'C'; LANGSNAAD TUSSEN DAKBAAN 'C' EN DAKBAAN 'A'



STAP 3 – LANGSNAAD TUSSEN DAKBAAN 'D' EN DE DAKBANEN 'B' EN 'C'



Afb. 72 Dwars- en langsnaden.

8.2.5.3 Losliggende plaatsing van bitumineuze membranen

Men dient de membranen over de ondergrond uit te rollen en hun naden af te dichten. In het geval van een meerlaagse afdichting moet(en) de volgende la(a)g(en) in totale hechting verkleefd of gelast worden.

8.2.5.4 Vlamlassen (van de onderlagen of de eindlagen)

Het verkleven door vlamlassen gebeurt met een propaangasbrander, zonder uitwendige toevoeging van bitumen. Het kleefbitumen wordt verkregen door het smelten of verweken van een deel van het bitumen van het membraan zelf (dat zich onder de wapening bevindt).

Vermits het kleefmiddel door het membraan zelf geleverd wordt, moet dit laatste een toereikende hoeveelheid bitumen bevatten (dikte, bitumengehalte). Bij temperatuurgevoelige wapeningen dient men er tevens voor te zorgen dat de hoeveelheid bitumen aan de vlamzijde van de wapening (bij polyestergewapende membranen uit polymeerbitumen is dit meestal de onderzijde) voldoende groot is.

Wanneer er twee bitumineuze oppervlakken (membraan, bitumineuze cachering, bitumencoating op isolatie ...) met elkaar verbonden worden door lassen, dan moet het bitumen van beide oppervlakken voldoende smelten om een goede hechting te bekomen. Bij het lassen van een plastomeerbitumen op een (verenigbaar) elastomeerbitumen moet men de vlam dus meer naar het plastomeerbitumen richten aangezien het verwekingspunt hiervan hoger is. Zo niet, dan riskeert men een ontoereikende hechting (blaasvorming, verglijding, loskomen van de langse en kopse overlappen ...).

In het geval van een plaatsing in totale hechting, wordt het membraan over zijn volledige breedte gevlamlast terwijl het uitgerold wordt. Vóór de rol bevindt zich steeds een rups gesmolten bitumen, afkomstig van het membraan, die een perfecte verkleving waarborgt.

In het geval van een plaatsing in partiële hechting zijn er twee mogelijkheden:

- ofwel maakt men gebruik van een afdichtingsmembraan met ongelijkmatig over de onderzijde verdeelde snellasstroken of -noppen, terwijl de vrije zones voorzien worden van een hechtingswerend middel. Zodoende ontstaan er afwisselend hechtende zones en zones die niet of slechts weinig hechten. Het lassen van deze membranen gebeurt met een zachte vlam. Deze techniek vereist enige

ervaring: enerzijds moet men een voldoende hoge temperatuur bereiken om het snellasbitumen te activeren, anderzijds mag de temperatuur ook niet te hoog zijn om de hechtingswerende zones intact te houden. Verder moet het lassen van de (met name kopse) overlappen uiterst zorgvuldig gebeuren omdat ze een totale en ononderbroken verkleving vereisen. Het eindresultaat (onder andere de windweerstand) is evenzeer afhankelijk van de kwaliteit van het snellasbitumen (zie de documentatie van de overeenkomstige producten)

- ofwel maakt men gebruik van een membraan met grote perforaties (VP 40/15) dat eerst losliggend uitgerold wordt met een kleine overlap tussen de dakbanen en waarop vervolgens de afdichtingslaag gelast wordt. Het bij het lassen gesmolten bitumen verzekert de hechting tussen beide membranen en loopt eveneens in de gaten van de geperforeerde laag. Enkel het bitumen dat in de gaten vloeit, zorgt voor de hechting aan de ondergrond. Er moet dus een toereikende hoeveelheid bitumen gesmolten worden om de gaten goed te vullen met warm bitumen. Het hechtingsoppervlak stemt overeen met ongeveer 12 tot 18 % van dat van een in totale hechting verlijmde afdichting. Deze techniek is zeldzamer dan de eerste.

8.2.5.5 Bevestiging met een bitumineuze koudlijm

De hoofdbestanddelen van een bitumineuze koudlijm, bestemd voor het verlijmen van afdichtingsmembranen, zijn (polymeer)bitumen en een oplosmiddel. De ondergrond dient dus niet enkel verenigbaar te zijn met het bitumen, maar eveneens met het oplosmiddel dat in de lijm aanwezig is (alle informatie over het gebruikte oplosmiddel kan bekomen worden bij de fabrikant of in de documentatie van het product). Er bestaan eveneens lijmen zonder oplosmiddel (bv. met toevoeging van plantaardige oliën) waarvan de karakteristieken en de wijze van aanbrengen gelijkaardig zijn aan deze van oplosmiddelhoudende lijmen.

Bij een [plaatsing in partiële hechting](#) brengt men de bitumineuze koudlijm meestal streepsgewijs aan met een speciaal spuittoestel. Het verbruik is afhankelijk van de beoogde windweerstand. De afdichting wordt uitgerold in de lijm. De verkleving van de overlap gebeurt in een aparte arbeidsgang. Meestal wordt deze gevlamlast of gelast met warme lucht indien men vlamloos dient te werken. Er bestaan eveneens speciale bitumineuze lijmen (op basis van polymeerbitumen) voor het verlijmen van de overlap. Hiervoor dient men er de documentatie van de fabrikant op na te slaan. Men dient er tevens op toe te zien dat de overlapverbinding goed aangedrukt wordt.

Vooraleer men de overlap vlamlast of last met warme lucht moet men zich ervan vergewissen dat het oplosmiddel van de lijm voldoende verdampt is om te vermijden dat het zou gaan ontvlammen (men dient rekening te houden met het vlammpunt; zie de MSDS-veiligheidsfiche van het product).

Bij een **verlijming in totale hechting** brengt men de bitumineuze koudlijm volvlakkig aan met een speciale trekker. Het verbruik bedraagt circa 1 kg/m². Het vervolg van de werkzaamheden is vergelijkbaar met de hiervoor beschreven werkwijze. Vermits de verlijming van de overlapverbinding in een aparte arbeidsgang gebeurt, moet men zorgen voor de continuïteit van de verlijming tussen de overlap en de rest van het membraan.

De lijm bereikt zijn totale hechting pas na verloop van enkele dagen of zelfs weken (naargelang van de weersomstandigheden, het lijmtypen – eencomponent of tweecomponenten –, de drogingsmogelijkheden, de doorlaatbaarheid van de aangrenzende lagen ...). De windweerstand is gedurende deze periode dan ook beperkt. Ook bij gebruik van een koudlijm op daken met een helling van meer dan 15 % en op de opstanden zal het nodig zijn om in een bijkomende mechanische bevestiging te voorzien (zie de [TV 244](#)) [W14]. Om deze reden worden de opstanden gewoonlijk gevlamlast (tenzij men vlamloos dient te werken).

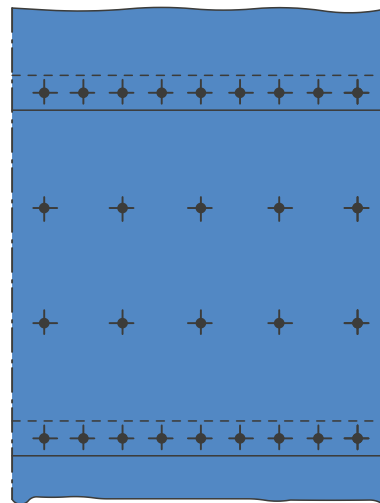
8.2.5.6 Bevestiging met een synthetische koudlijm

Het is mogelijk om een bitumineuze afdichting te verlijmen met behulp van een synthetische lijm (bv. PU), maar deze techniek is voornamelijk weinig gebruikelijk.

8.2.5.7 Mechanische bevestiging van bitumineuze membranen

De mechanische bevestiging kan gebeuren met behulp van nagels of schroeven. Deze techniek kwam reeds aan bod in § 7.3.3 (p. 78), voornamelijk voor wat betreft de isolatie, maar men vindt er tevens beschouwingen omtrent de afdichting. Ze wordt in detail beschreven in de [Technische Voorlichting nr. 239](#) [W12], die handelt over dakvloeren uit geprofileerde staalplaten. Een groot aantal van de hierin gegeven commentaren zijn echter ook van toepassing op andere dakvloeren.

Het aantal bevestigingen wordt bepaald op basis van de berekening van de windbelasting en de rekenwaarde van de nuttige windweerstand van de bevestiging en het membraan. Deze waarde staat vermeld in het gebruiksgeschiktheidsattest van de afdichting of de bevestiging.



Afb. 73 Vernagelen van de onderlaag van bitumineuze afdichtingen.

8.2.5.7.1 Vernageling

Bitumineuze afdichtingen kunnen vernageld worden wanneer ze rechtstreeks bevestigd worden op een houten dakvloer. Er wordt een polyesterbewapende onderlaag (die beschikt over een gebruiksgeschiktheidsattest voor deze toepassing) aangebracht met behulp van gegalvaniseerde nagels met brede kop, waarvan de dichtheid (aantal per oppervlakte-eenheid) berekend wordt in functie van de windbelasting (afbeelding 73). De eenlaagse of meerlaagse afdichting wordt vervolgens in totale hechting op deze onderlaag geplaatst.

8.2.5.7.2 Schroeven

De afdichting wordt op de dakvloer geschroefd doorheen de isolatie. De bevestiging bestaat uit een schroef en een metalen verdeelplaatje of een synthetische mof (die toelaat om de warmteverliezen te beperken).

Deze techniek kan in principe op om het even welke dakvloer toegepast worden, maar wordt in de praktijk het vaakst gebruikt op geprofileerde staalplaten.

De bitumineuze afdichting kan op verschillende manieren mechanisch bevestigd worden, al naargelang ze uit één dan wel uit meerdere lagen bestaat.

8.2.5.7.3 Meerlaagse afdichting

In het geval van een meerlaagse afdichting wordt de eerste polyesterbewapende laag uitgerold en mechanisch bevestigd. Dit gebeurt:

- ofwel volgens een regelmatig legpatroon (zie § 8.2.4.7.1). In dit geval wordt ze regelmatig doorboord, maar kan ze wel als een effectieve afdich-

tingslaag beschouwd worden, daar uit de ervaring gebleken is dat deze doorboringen de afdichtingseigenschappen niet in het gedrang brengen

- ofwel in de overlap.

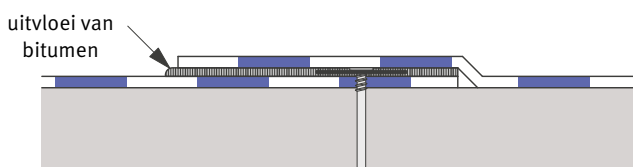
Deze onderlaag beschikt over een gebruiksgeschiktheidsattest voor deze toepassing. Nadat ze bevestigd is, worden er vervolgens één of meerdere lagen op geplaatst in totale hechting. In het geval van een onderlaag die bevestigd wordt volgens een regelmatig legpatroon wordt het systeem als tweelaags beschouwd zonder bijkomende eisen voor de toplaag.

8.2.5.7.4 Eenlaagse afdichting

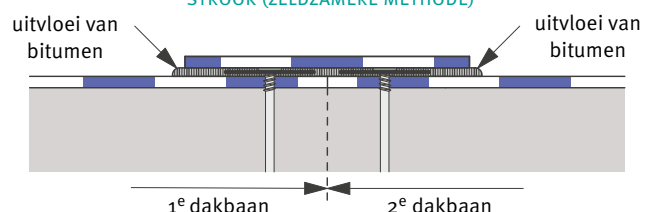
Indien de afdichting slechts uit één enkele laag bestaat, dan moet men membranen gebruiken die voor deze toepassing (mechanische bevestiging van een eenlaagse afdichting) over een gebruiksgeschiktheidsattest beschikken. In functie van de uitgevoerde overlap onderscheidt men hiertoe twee soorten membranen:

- bij **membranen met een bevestiging in de overlap** wordt het membraan uitgerold en wordt de mechanische bevestiging in de overlapzone geplaatst. Vervolgens wordt het naastliggende membraan uitgerold met de voorgeschreven overlap en wordt deze laatste over haar volledige breedte gelast (of eventueel verlijmd indien toegelaten in het attest van de fabrikant). De overlapbreedte en de toe te passen verklevingstechniek(en) zijn voorgesteld in afbeelding 74A (zie ook het gebruiksgeschiktheidsattest). Deze eerste mogelijkheid is de meest courante
- bij **membranen die rand tegen rand gelegd worden, met daarover een overbruggingsstrook**, rolt men het membraan uit en plaatst men de mechanische bevestiging in de overlapzone. Vervolgens rolt men het naastliggende membraan uit met gestuikte naad en bevestigt men het op dezelfde manier. Ten slotte verbindt men beide membranen waterdicht met een overbruggingsstrook, die in totale hechting geplaatst wordt volgens de door het gebruiksgeschiktheidsattest aanbevolen techniek (afbeelding 74B). Hierbij is de tegennaad onvermijdelijk en is het des te belangrijker dat het dak over een toereikende helling beschikt. Deze tweede mogelijkheid is zeldzamer.

A. BEVESTIGING IN DE OVERLAP (COURANTE METHODE)



B. BEVESTIGING RAND TEGEN RAND MET EEN OVERBRUGGINGSSTROOK (ZELDZAMERE METHODE)



Afb. 74 Mechanische bevestiging van een eenlaagse bitumineuze afdichting.

8.2.5.8 Warmeluchtlassen van bitumineuze membranen

Er zijn nog een aantal andere minder vaak gebruikte plaatsingstechnieken. Vermeldenswaard is zeker het lassen met warme lucht. In principe is deze techniek analoog aan het vlamlassen, maar in dit geval brengt de warmtebron (een warmeluchtblazer) geen vlam teweeg.

In de praktijk wordt deze techniek enkel toegepast voor het lassen van plaatselijke aansluitingen of van de overlappen. De energie die hierbij ontwikkeld wordt, is vooralsnog immers te klein om membranen over hun volledige breedte te kunnen lassen.

8.2.5.9 Zelfklevende bitumineuze systemen

Voor een plaatsing in partiële of totale hechting zou men ook zijn toevlucht kunnen nemen tot zelfklevende membranen. In deze context kan men de volgende twee types onderscheiden:

- een (gewoon) zelfklevend membraan, dat zijn hechtingsvermogen verkrijgt doordat het op de dakvloer aangebracht wordt en met de borstel of de rol aangedrukt wordt. Het kan gebruikt worden voor eenlaagse toepassingen
- een zelfklevende doormwarmrol, die een thermische activatie vereist. Deze mag alleen gebruikt worden als onderlaag van een toplaag die volvlakig gevlamlast wordt.

Zelfklevende membranen die in partiële hechting geplaatst worden, vereisen een thermische activatie of een verlijming ter hoogte van de opstanden (zie TV 244) [W14]. De overlapverbindingen kunnen zelfklevend zijn (in de onderlaag) of gelast worden (in de onderlaag of de eindlaag).

Ze kunnen aangebracht worden op verschillende ondergronden: geprofileerde staalplaten, dakvloeren uit beton, plaatmaterialen op basis van hout, isolatiematerialen, bestaande afdichtingen ... (zie hieromtrent de documentatie van de fabrikant).

Ze moeten zo snel mogelijk – doorgaans maximaal 6

tot 12 maanden – na hun productie (fabrikant raadplegen) geplaatst worden. In tussentijd mogen ze niet opgestapeld worden (doorbuiging) en ook niet blootgesteld worden aan de zon of hoge temperaturen.

Vóór het aanbrengen ervan moet men zich ervan vergewissen dat de ondergrond vlak, luchtdroog en vrij van vet en stof is. Vaak zal het nodig zijn om een primer te gebruiken, die volledig droog moet zijn vooraleer het membraan geplaatst wordt.

De ideale omgevingstemperatuur voor de uitvoering ligt tussen de 10 en de 25 °C in het geval van koud aangebrachte zelfklevende membranen. Voor de doorwarmrollen is de omgevingstemperatuur minder belangrijk. In een koudere omgeving loopt men het gevaar dat de hechting niet totaal zal zijn, terwijl hogere temperaturen aanleiding kunnen geven tot een te sterke hechting of scheuring van de verwijderbare folie.

De naden kunnen ofwel zelfklevend zijn en met de rol aangedrukt worden (enkel in het geval van een onderlaag van een gevlamlaste toplaag), dan wel gevlamlast worden of gelast worden met warme lucht. Voor meer informatie omtrent zelfklevende membranen, verwijzen we naar de [WTCB-Dossiers 2010/2.6](#) [N3].

8.3 SYNTHETISCHE AFDICHTINGEN

8.3.1 INLEIDING

Onder de synthetische afdichtingen maakt men een onderscheid tussen elastomeren, thermoplastische elastomeren (TPE) en plastomeren (kunststoffen) met of zonder wapening en/of cachering aan de onderzijde. Deze producten worden eenlaags toegepast onder de vorm van dakbanen of geprefabriceerde zeilen. Ze staan beschreven in de norm NBN EN 13956 [B51].

Tabel 22 De courantste families synthetische afdichtingen.

Familie	Afkorting	Samenstelling
Elastomeren	Gevulkaniseerd elastomeer EPDM	Ethyleen-propyleen-dieen-monomeer-terpolymeer
Thermoplastische elastomeren (*)	TPE	–
Plastomeren (kunststoffen)	ECB of EBT EVA (EVAC) FPO of PO-F PIB PVC	Vinylacetaat-ethyleen-copolymeer en bitumen Vinylacetaat-ethyleen-copolymeer Flexibel polyolefine (ook TPO genoemd) Polyisobutyleen Polyvinylchloride (soepel)

(*) Er bestaan eveneens membranen die opgebouwd zijn uit niet-gevulkaniseerd thermoplastisch EPDM.

8.3.1.1 Gedrag ten aanzien van de temperatuur

Zoals geïllustreerd in afbeelding 75 kunnen de materialen in theorie verschillende faseveranderingen ondergaan in functie van de stijging van de temperatuur.

8.3.1.2 Classificatie van synthetische afdichtingen en voornaamste karakteristieken

Bij hun opwarming zullen niet noodzakelijk alle synthetische afdichtingsmaterialen het geheel van fasen doorlopen die voorgesteld zijn in afbeelding 75.

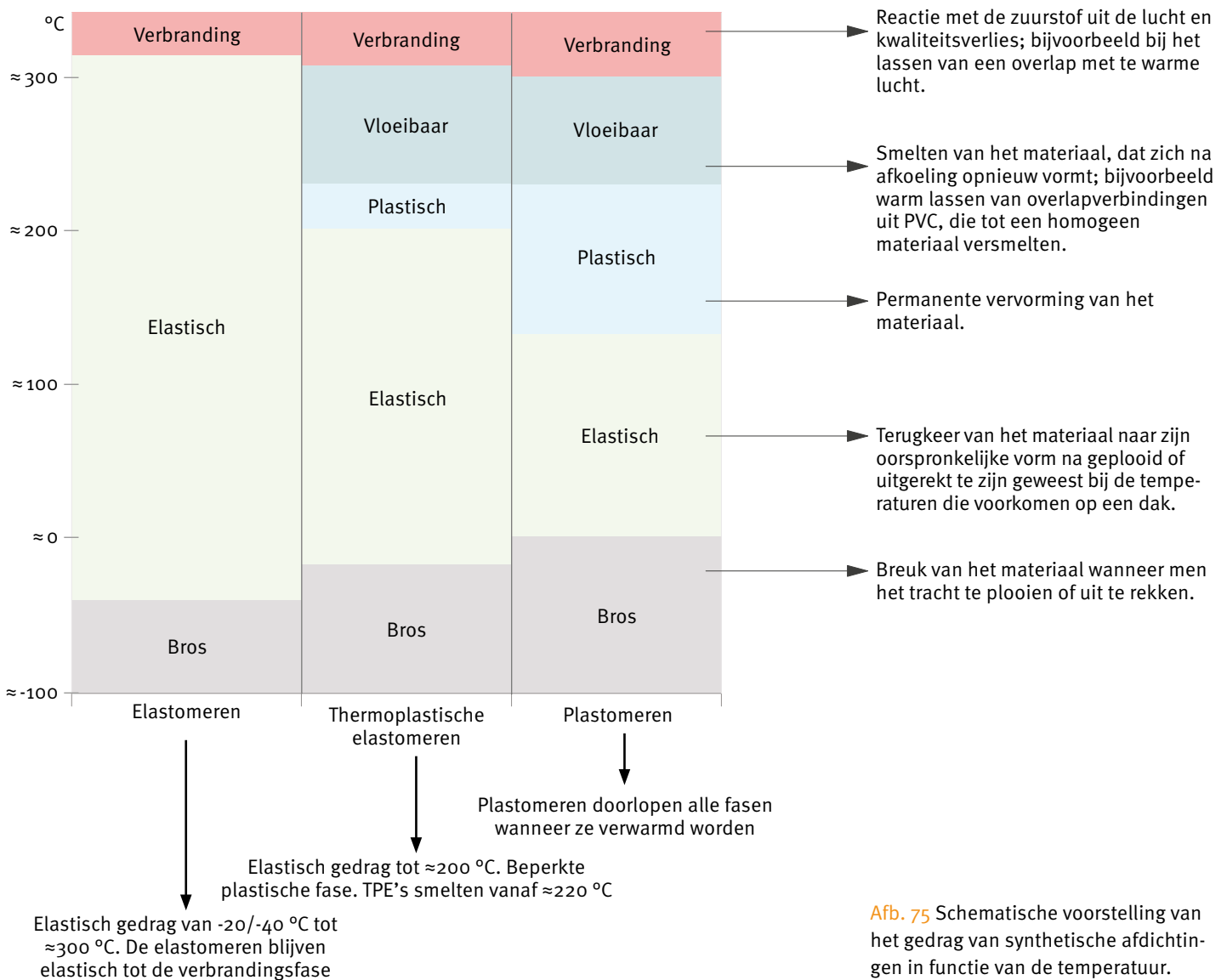
De drie courantste families synthetische afdichtingen op de markt zijn voorgesteld in tabel 22 en beschreven in de §§ 8.3.2 tot 8.3.4 (pp. 98 tot 101; zie bijlage E van de norm NBN EN 13956 voor een volledige lijst) [B51].

8.3.1.3 Wapening – Cachering aan de onderzijde

Naargelang van het fabricageprocedé (strijken, kalanderen of extruderen), de gewenste karakteristieken (maatvastheid, vervormingsgedrag, ponsweerstand ...) of de beoogde plaatsingstechniek (hechtend, losliggend ...) kunnen de synthetische afdichtingen in verschillende vormen geleverd worden:

- niet-gewapend (homogeen materiaal)
- met een interne wapening die de maatvastheid en/of de mechanische sterkte (ten aanzien van scheurvorming) bevordert
- met een cachering aan de onderzijde die de maatvastheid en/of thermische stabiliteit en de hechting aan de dakvloer bevordert en tevens dienst doet als scheidingslaag in het geval van een onverenigbaarheid met de onderliggende laag.

Als wapening of cachering wordt er voornamelijk gebruikgemaakt van vliezen of weefsels of worden er glas-, polyester- of polypropyleenvezels verwerkt.



8.3.1.4 Dikte van synthetische afdichtingen

Te dunne dakbanen kunnen leiden tot problemen zoals doorboringen en scheurvorming. De minimumdikte die ongewapende dakbanen moeten vertonen om minimale mechanische prestaties te bieden, is groter dan of gelijk aan deze van gewapende dakbanen.

In tabel 23 is de minimale dikte van de courantste synthetische afdichtingen vermeld (effectieve dikte voor afdichtingen met een cachering aan hun onderzijde, d.w.z. dikte van de folie die de functie van afdichting vervult ⁽¹⁹⁾ – tolerantie -5/+10 %).

⁽¹⁹⁾ Met inbegrip van de oppervlaktetextuur, met uitzondering van het oppervlakteprofiel en de cachering aan de onderzijde (NBN EN 1849-2) [B28].

Tabel 23 Minimale nominale effectieve dikte van de courantste synthetische afdichtingen (zie bijlage 4, p. 150, voor de betekenis van de afkortingen).

Materiaal	Niet-gewapende afdichting ⁽¹⁾	Gewapende afdichting of aan de onderzijde gecacheerde afdichting
EVA	1,20 mm ⁽²⁾	1,20 mm
ECB	–	2,00 mm
Elastomeer EPDM	1,10 mm	1,10 mm
PIB	–	1,20 mm
PVC	1,20 mm ⁽²⁾	1,20 mm
FPO (TPO)	1,20 mm ⁽²⁾	1,20 mm

⁽¹⁾ Die geen interne wapening bevat (zelfs niet met een gewicht < 80 g/m²).
⁽²⁾ Voor de uitvoering van de details.

8.3.1.5 Afmetingen van de synthetische dakbanen en zeilen

De synthetische dakbanen en zeilen hebben de volgende afmetingen:

- dakbanen:
 - gebruikelijke breedte: van 1 tot ongeveer 3 m
 - gebruikelijke lengte: tot ongeveer 25 m
- zeilen: deze grootformaatmembranen uit EPDM (zie § 8.3.2.1) worden geproduceerd in standaardafmetingen (tot 15 m x 60 m) of in het atelier gefabriceerd in de afmetingen van het dak (tot ongeveer 1000 m²). Er zijn ook zeilen met complexe vormen en geïntegreerde details verkrijgbaar.

8.3.2 ELASTOMEREN

De elastomeren verkrijgen hun elastische gedrag door een vulkanisatieproces bij meer dan 130 °C en ondergaan daarbij een onomkeerbare chemische reactie. Deze materialen worden gekarakteriseerd door hun hoge rek bij breuk.

Aangezien de meest gebruikte elastomeerafdichtingen uit EPDM bestaan, gaan we hierna uitvoeriger in

op dit materiaal. In vergelijking met de andere elastomeren heeft een EPDM-membraan gewoonlijk een langere levensduur. De levensduur van het dak hangt echter ook af van de plaatsingstechniek (type overlapverbinding) en van het onderhoud van het bouwwerk.

8.3.2.1 EPDM (ethyleen-propyleen-dieen-mono-meer-terpolymeer)

EPDM-afdichtingen (afbeelding 76) worden voornamelijk van elkaar onderscheiden op basis van:

- de samenstelling van het EPDM *an sich*
- de wapening, de cachering aan de onderzijde en de bevestiging aan de ondergrond
- de overlapverbinding.

Men dient er het gebruiksgeschiktheidsattest van het product op na te slaan voor meer informatie over de toelaatbare plaatsings- en verbindingstechnieken.

8.3.2.1.1 Samenstelling van het EPDM

Het mengsel dat gebruikt wordt voor de fabricage van



Sylvie Baelen – VM Building

Afb. 76 Afdichting uit EPDM.

ge vulkaniseerde membranen bevat ethyleen-propyleen-dieenrubber (EPDM), dat ten minste 25 % van de totale massa van het mengsel uitmaakt. De andere bestanddelen zijn inerte vulstoffen (fillers), vulkanisatiemiddelen, oliën, gasroet, antioxidanten, brandvertragers en andere chemische producten [E8].

Bepaalde afdichtingen uit EPDM bevatten vulstoffen (onder meer oliën) die niet verenigbaar zijn met bitumen. Indien dit type niet-bitumenbestendig EPDM geplaatst moet worden op een bitumineuze dakvloer, dan dient men erop toe te zien dat er steeds een scheidingslaag tussen de dakvloer en de afdichting aangebracht wordt of dat er een EPDM-membraan geplaatst wordt dat voorzien is van een geschikte cachering aan de onderzijde. Deze scheidingslaag mag achterwege gelaten worden indien de bitumineuze afdichting minstens 5 jaar oud is.

8.3.2.1.2 Types wapening, cachering aan de onderzijde en onderlaag – Hechting aan de ondergrond

De verschillende types EPDM-afdichtingen zijn voorgesteld in tabel 24.

De hechting aan de ondergrond is afhankelijk van de eventuele wapening, de eventuele cachering aan de onderzijde of de eventuele onderlaag (tabel 25). De verschillende ondergronden (dakvloer en/of isolatie) worden voorgesteld in tabel 27 (p. 107).

8.3.2.1.3 Overlapverbindingen van dakbanen of zeilen uit EPDM

Aangezien een elastomeer niet kan smelten of verwe-

Tabel 24 Types EPDM-afdichtingen.

Vorm	Beschrijving	Afkorting	Schema
Dakbanen of zeilen	Niet-gewapend	Eo	
	Met een intern wapeningsnet uit glasvezeldraden, uit een polyesterweefsel of uit polypropyleen	Ei	
Dakbanen	Met een glasvliescachering aan de onderzijde, een niet-geweven polyester of polypropyleen	Ec	
	Met een onderlaag uit SBS-bitumen of butyl en een intern wapeningsnet uit glasvezeldraden	Eb	

Tabel 25 Bevestiging van een EPDM-afdichting op de ondergrond in functie van het type wapening, cachering aan de onderzijde of onderlaag.

Type bevestiging		Type dakbaan (zie tabel 24)		Zeil (*)
		Eo / Ei / Ec	Eb	
Losliggend met ballast (2)		X	X	X
In partiële hechting	- koudlijm (3)	X	X	X
	- zelfklevend	–	X	–
In totale hechting	- koudlijm (3)	X	X	X
	- zelfklevend	–	X	–
	- vlamlas	–	X	–
Mechanische bevestiging (2) (4) (5)		X	X	X

X: toegelaten; –: niet toegelaten.

(1) Grootformaatzeilen zijn moeilijk te verlijmen gelet op het risico op plooivorming en de moeilijkheden die tijdens de plaatsing veroorzaakt worden door de wind.

(2) Niet-gewapende membranen en bepaalde membranen met een polyestercachering aan de onderzijde vereisen een kimfixatie om te kunnen weerstaan aan de thermische bewegingen (zie TV 244 [W14] en gebruiksgeschiktheidsattest).

(3) Het kan hier gaan om een contactlijm, om een lijm op basis van polyurethaan of om een bitumineuze koudlijm. De afdichtingsmembranen, lijmen en isolatiematerialen moeten verenigbaar zijn. Het gebruiksgeschiktheidsattest van het product maakt melding van de lijmen die gebruikt kunnen worden. Een verkleving met warm bitumen is eveneens mogelijk (bitumen (110/30 of gemodificeerd), maar wordt in de praktijk haast nooit meer uitgevoerd).

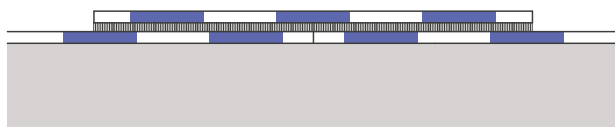
(4) Voor de types bevestiging dient men er § 8.3.5.3.2 (p. 106) op na te slaan.

(5) De nagelscheursterkte moet hoger zijn dan 150 N bij een mechanische bevestiging in de overlap (zie het gebruiksgeschiktheidsattest).

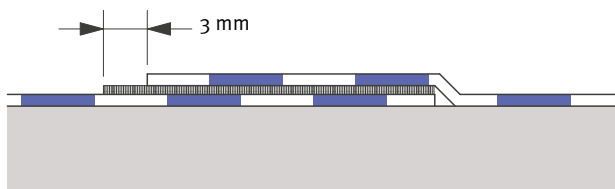
ken, kan men de overlap enkel afdichten door de toevoeging van een materiaal. Voor dakbanen die aan hun onderzijde gecacheerd zijn met een polyester- of glasvlies moet men over de naden een afzonderlijke niet-gecacheerde strook aanbrengen (afbeelding 77). Indien de cachering aan de onderzijde doorloopt tot in de overlap, dan is het risico op infiltraties immers reëel. De dakbanen en de verlijming moeten verenigbaar zijn: het is niet mogelijk om lijmen of stroken van één fabrikant te gebruiken op dakbanen van een andere. De overlapbreedte hangt af van het systeem (warmeluchtlassen of koudverlijmen, lijmtipe ...) en ligt tussen 25 en 150 mm. De twee te verbinden oppervlakken moeten in ieder geval droog en proper zijn. De overlapverbinding door verlijming vergt veel aandacht en de richtlijnen van de fabrikant moeten zorgvuldig worden opgevolgd worden.

De overlappen kunnen op verschillende manieren afgedicht worden:

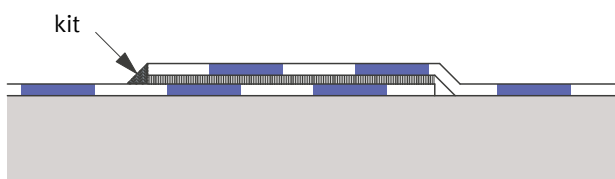
- door **koudverlijmen**:
 - met zelfklevende butylstroken
 - in de overlap: de butylstroken worden vooraf fabrieksmatig in de dakbanen geïntegreerd of apart aangebracht op de bouwplaats. Ze moeten ten minste 3 mm over de overlap uitsteken (afbeelding 78)
 - die een EPDM-strook boven de naad van rand tegen rand gelegde membranen bevestigen (volgens het schema uit afbeelding 77): de butylstroken worden vooraf fabrieksmatig in



Afb. 77 Overlapverbinding met een afzonderlijke strook.



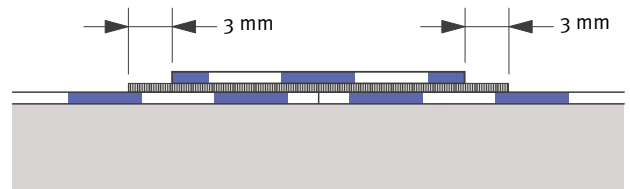
Afb. 78 Overlapverbinding met een zelfklevende butylstrook (oversteek van 3 mm).



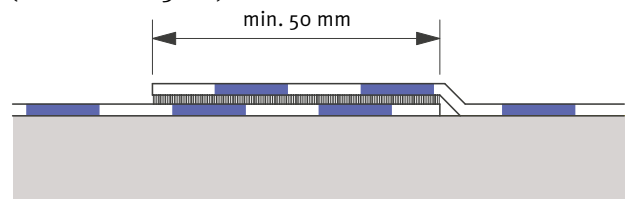
Afb. 79 Overlapverbinding met een afwerking met kit.

de EPDM-strook geïntegreerd. Ze moeten aan weerszijden ten minste 3 mm over de overlap uitsteken (afbeelding 80)

- in de twee gevallen moet men, indien de zelfklevende butylstrook afgesneden werd en niet over de naad uitsteekt, deze laatste verzegelen met kit (tijdelijke maatregel om de naad te beschermen) (afbeelding 79). Vooraf brengt men steeds een primer aan
- met behulp van een lijm. Het kan hier gaan om:
 - een secundelijm die leidt tot een niet-elastische verbinding. De aldus verlijmde naad wordt afgewerkt met een kit (afbeelding 79)
 - een verlijmings- en afdichtingsmateriaal (*sealant*) van het type eencomponent MS-polymer met snelle verharding, dat bestand is tegen UV-stralen, slechte weersomstandigheden, vocht ... en dat een goede ogenblikkelijke hechting toelaat en eventueel het gebruik van een primer vereist. De overlapbreedte moet minstens 50 mm bedragen (afbeelding 81)
 - een contactlijm op basis van butyl of polychloropreen: de aldus uitgevoerde overlapverbindingen worden in het algemeen verzegeld met een kit (zie het gebruiksgeschiktheidsattest en afbeelding 79). Dit type verbinding wordt alsmaar minder gebruikt. De koudverlijming vereist meer controles dan de andere methoden en vraagt bijzondere aandacht bij de inspectie en het onderhoud van het dak
- NB: contactlijmen en butylstroken zijn temperatuur- en vochtgevoelig (min. + 5 °C en max. 80 % luchtvochtigheid), wat de verwerking ervan in de winterperiode kritisch maakt.



Afb. 80 Overlapverbinding met een zelfklevende butylstrook boven de naad van rand tegen rand gelegde membranen (oversteek van 3 mm).



Afb. 81 Overlapverbinding met een verlijmings- en afdichtingsmateriaal.

De meeste T-vormige overlapverbindingen moeten verzegeld worden met een geschikte pasta om de gecreëerde holte op te vullen of moeten afgewerkt worden met behulp van een *flashing* (niet-gevulkaniseerd EPDM)

- door **warmeluchtlassen**:
 - van polyethyleenstroken of lasbare TPE-stroken: de lasbare strook wordt bij de vervaardiging in de fabriek aan de onderzijde van de dakbaan aangebracht
 - van een EPDM-strook die aan de onderzijde gecacheerd is met polyethyleenstroken of lasbare TPE-stroken en zich boven de naad van rand tegen rand gelegde membranen bevindt. De lasbare strook wordt fabrieksmatig op een drager uit EPDM aangebracht, om vervolgens op de afdichting, bovenop de naad, gelast te worden (uitgevoerd in één arbeidsgang)
 - van EPDM met een cachering uit SBS-bitumen aan de onderzijde die toelaat om de overlapverbindingen te lassen
- door **vulkanisatie**: deze techniek, die minder courant is op de bouwplaats, wordt vooral gebruikt om geprefabriceerde afdichtingszeilen uit te voeren waarbij men een niet-gevulkaniseerde EPDM-strook in de overlap integreert. De vulkanisatie wordt vervolgens uitgevoerd bij hoge temperatuur en onder druk (*hot bonding*). Deze verbindingsmethode laat een homogene assemblage toe. Men kan de overlapverbinding eveneens op de bouwplaats vulkaniseren, hoewel dit proces omslachtig is en vanuit een technisch oogpunt beperkt is tot eenvoudige vormen.

8.3.2.1.4 EPDM-materialen voor dakdetails

De meeste EPDM-fabrikanten leveren geprefabriceerde vormstukken en/of niet-gevulkaniseerd EPDM (*flashing*) om de aansluiting van de hoeken, de doorvoering van leidingen en de tapbuizen te verwezenlijken. Deze materialen vereenvoudigen de uitvoering aanzienlijk. In het geval van niet-gevulkaniseerd EPDM moet er steeds een zekere tijd verlopen opdat de aansluiting na de vulkanisatie over haar volledige sterkte zou beschikken. Om deze reden moeten de naden van de details verzegeld worden met kit.

De voorschriften van de fabrikant moeten strikt opgevolgd worden. Voor wat de toepassing van hulpstukken betreft, is overleg tussen de ontwerper en de uitvoerder steeds wenselijk.

8.3.3 THERMOPLASTISCHE ELASTOMEREN

Deze materialen bestaan uit een mengsel van elasto-

meren en plastomeren. Zo zijn er membranen die samengesteld zijn uit een EPDM/PP-mengsel met toevoeging van hulpstoffen en pigmenten, verkregen door kalanderen, waarvan de aansluitingen en de overlappen gelast kunnen worden met warme lucht. Ze kunnen losliggend geplaatst, hechtend geplaatst of mechanisch bevestigd worden (zie de documentatie van het product voor meer details).

8.3.4 PLASTOMEREN (KUNSTSTOFFEN)

Plastomeren beginnen te vloeien bij hoge temperatuur, waardoor ze homogeen gelast kunnen worden met warme lucht (d.w.z. zonder toevoeging van materiaal). Bepaalde types plastomeren laten een homogene chemische las toe, door gebruik te maken van een oplosmiddel (vloeistofflassen). Deze laatste techniek wordt echter steeds minder gebruikt.

De meeste fabrikanten leveren geprefabriceerde vormstukken uit hetzelfde materiaal om de aansluiting van de hoeken, de doorvoering van leidingen en de tapbuizen te verwezenlijken. Deze materialen vereenvoudigen de uitvoering aanzienlijk. De richtlijnen van de fabrikant moeten steeds opgevolgd worden, ook voor wat betreft de hulpstukken.

Als plastomeer dat tegenwoordig het vaakst gebruikt wordt, wordt PVC hierna in detail besproken. FPO (vaak TPO genoemd), dat qua plaatsingstechnieken met PVC vergelijkbaar is, komt ook courant voor.

8.3.4.1 PVC (polyvinylchloride)

PVC-afdichtingen (afbeelding 82) kunnen voornamelijk van elkaar onderscheiden worden door:

- hun samenstelling
- het type wapening, het type cachering aan de onderzijde en het type bevestiging aan de ondergrond
- het type overlapverbinding.

Afb. 82 Afdichting uit PVC.



8.3.4.1.1 Samenstelling van PVC-afdichtingen

Het mengsel dat gebruikt wordt voor de fabricage van de folies bevat PVC en andere bestanddelen zoals inerte vulstoffen (*fillers*), weekmakers (28 tot 40 %, naargelang van het type), stabilisatoren, brandvertragers, antioxidanten, kleurstoffen ... [E11]. PVC-afdichtingen zijn beschikbaar in verschillende kleuren. Hun dampdiffusieweerstand is gering in vergelijking met andere afdichtingsmaterialen (zie tabel 12, p. 61).

De weekmakers verlenen het materiaal zijn gewenste soepelheid. PVC-membranen verliezen echter na verloop van tijd hun soepelheid door de migratie van de weekmakers onder invloed van UV-straling en/of door micro-organismen die zich onder een ballastlaag uitgrind kunnen ontwikkelen. De fabrikanten stellen daarom twee verschillende samenstellingen voor: een eerste die bestand is tegen UV-stralen en een tweede die bestand is tegen micro-organismen. Dit onderscheid is van belang bij de keuze van het materiaal.

Naast de weekmaker en het hars op basis van PVC bevat het membraan ook nog een zekere hoeveelheid UV-stabilisatoren. Indien de afdichting niet geballast is, dan moet men een kwaliteit gebruiken die bestand is tegen UV-straling. In het tegengestelde geval kan de ballast een UV-beschermende functie vervullen, voor zover de afdichting geschikt is voor deze toepassing. De dakopstanden moeten beschermd zijn tegen UV-straling.

Indien het PVC-membraan in contact komt met bitumen (bv. bestaande bitumineuze afdichting), met geëxpandeerd of geëxtrudeerd polystyreen of met polyurethaan met een niet-verenigbare cachering, dan dient men in een scheidingslaag te voorzien, tenzij het membraan aan de onderzijde uitgerust is met een polyestervlies of versterkt werd met een speciale bitumenbestendige weekmaker.

PVC beschikt in het algemeen over een goede chemi-

sche bestandheid. In het geval van een geballaste afdichting moeten de dakbanen bestendig gemaakt worden tegen bepaalde micro-organismen die weekmakers kunnen onttrekken.

De meeste PVC-membranen zijn opgebouwd uit meerdere interne lagen die van verschillende samenstellingen kunnen zijn. Bij de plaatsing dient men dus een onderscheid te maken tussen de onderzijde en de bovenzijde ervan.

8.3.4.1.2 Types wapening en cachering aan de onderzijde – Bevestigingstechniek aan de ondergrond

De verschillende types PVC-dakafdichtingsbanen zijn voorgesteld in tabel 26.

De bevestigingstechniek aan de ondergrond is afhankelijk van de wapening of de eventuele cachering aan de onderzijde:

- in het geval van een losliggende plaatsing (geballast) gebruikt men een membraan dat gewapend is met een glasvlies (maatvastheid)
- in het geval van een mechanische bevestiging gebruikt men bij voorkeur een polyestergewapend membraan (verhoogde scheursterkte)
- in het geval van een verlijming maakt men bij voorkeur gebruik van een aan de onderzijde gecacheerd membraan (om de hechting te vereenvoudigen), hoewel een verlijming eveneens mogelijk is met een membraan dat niet gecacheerd is aan de onderzijde (enkel op de dakopstanden, met een contactlijm).

Wanneer er gebruikgemaakt wordt van een koudlijm (contactlijm, PU-lijm, MS-polymeerlijm), dan moeten het membraan en de lijm verenigbaar zijn (gebruiksgeschiktheidsattest). Een verlijming met warm bitumen wordt tegenwoordig bijna nooit meer uitgevoerd, maar kan wel overwogen worden wanneer de afdichting tus-

Tabel 26 Types PVC-dakafdichtingsbanen.

Beschrijving	Afkorting	Legpatroon
Niet-gewapende dakbanen	Po	
Dakbanen met een interne wapening uit glasvlies	Pi	
Dakbanen met een interne wapening uit een polyesterweefsel	Pi	
Dakbanen met een interne wapening uit glasvlies en een polyestervliescachering aan de onderzijde	Pci	
Dakbanen met een interne wapening uit polyester en een polyestervliescachering aan de onderzijde	Pci	
Dakbanen met een polyestervliescachering	Pc	

sen de polyestervliescachering aan de onderzijde en de PVC-laag voorzien is van een bitumenbestendige folie of indien de afdichting zelf bitumenbestendig is.

In het geval van een losliggende plaatsing of een mechanische bevestiging, vereisen de niet-gewapende membranen en bepaalde membranen met een polyestercachering aan de onderzijde een kimfixatie om weerstand te kunnen bieden aan de thermische bewegingen (zie het gebruiksgeschiktheidsattest) en aan krimp (zie § 8.3.4.1.4).

De types dakvloeren en/of isolatiematerialen zijn voorgesteld in tabel 27 (p. 107).

8.3.4.1.3 Overlapverbindingen van PVC-dakbanen

De overlappen van PVC-dakafdichtingsbanen worden homogeen gelast met warme lucht of met behulp van een oplosmiddel (tetrahydrofuraan THF):

- **warmeluchtlassen:** deze techniek, die de meest courante is en de voorkeur geniet, kan zowel via een automatisch proces als manueel toegepast worden. De las is minstens 20 mm breed, naargelang van de gebruikte methode en de voorschriften van de fabrikant (gebruiksgeschiktheidsattest)
- **vloeistoflassen:** de dakafdichtingsbanen worden geactiveerd en gelast door het aanbrengen van een oplosmiddel met een platte kwast of met een reservoirkwast. De laszone moet onmiddellijk daarna aangedrukt worden. De las moet minstens 30 mm breed zijn. Dit type lassen is temperatuur- en vochtgevoelig. Het mag enkel toegepast worden bij buitentemperaturen van meer dan 5 °C, wanneer er geen condensatierisico is (niet lassen op een vochtige dakbaan) en wanneer er in de eerste uren na de uitvoering ervan geen grote mechanische belastingen te verwachten zijn op de las (bv. hevige wind). Gelet op het hygroscopische karakter van het oplosmiddel moet vloeistoflassen bij een relatieve luchtvochtigheid van meer dan 70 % (d.w.z. een groot deel van de tijd) vermeden worden. Deze methode is meer weersafhankelijk dan warmeluchtlassen (temperatuur en luchtvochtigheid op de bouwplaats) en resulteert in minder regelmatige lasverbindingen. Ze kan echter wel toegepast worden wanneer warmeluchtlassen niet mogelijk is (niet-gewapend membraan, plaatselijke herstellingen ...).

Voor het controleren van de las wordt er langs de lasnaad gegaan met een gereedschap met een fijne punt. Zo nodig wordt de lasnaad bijgewerkt met warme lucht. De verzegeling van de overlapverbinding kan achteraf versterkt worden met een PVC-pasta (gebruiksgeschiktheidsattest).

8.3.4.1.4 Kimfixatie van PVC-afdichtingen

PVC-afdichtingen vertonen een min of meer significante krimp al naargelang ze niet-gewapend zijn (grote krimp), polyester-gewapend zijn (matige krimp) of gewapend zijn met een glasvlies (geringe krimp).

Behalve bij gebruik van een glasvlies-gewapende en geballaste (en dus losliggende) afdichting dient men bij de overgang van het horizontale naar het verticale vlak en rondom alle aansluitingen dan ook een kimfixatie toe te passen. De uitvoeringswijze van deze bevestiging staat in detail beschreven in de [TV nr. 244](#) [W14].

8.3.4.2 FPO (flexibel polyolefine)

FPO-membranen (of TPO-membranen, voor thermoplastisch polyolefine, term die ook vaak gebruikt wordt – afbeelding 83) bevatten inerte vulstoffen (*fillers*), stabilisatoren, brandvertragers, antioxidanten, UV-stabilisatoren, kleurstoffen ..., maar geen vluchtige weekmakers. Er treedt dus geen verlies van soepelheid op ten gevolge van de migratie van de weekmaker in de tijd. De membranen, die in de massa gekleurd kunnen zijn, bieden een goede weerstand tegen UV-stralen en chemische producten. Ze zijn beschikbaar in niet-gewapende, gewapende of aan de onderzijde met een vlies gecacheerde vorm.

Net zoals bij PVC moet er bij de plaatsing een onderscheid gemaakt worden tussen de boven- en de onderzijde (verschillende lagen).



Afb. 83 FPO-afdichting.

De plaatsingstechnieken zijn vergelijkbaar met deze voor PVC-membranen, mits de volgende verschillen:

- de overlappen kunnen enkel thermisch gelast worden. Ze zijn delicaat uit te voeren en moeten zeer zuiver zijn (indien nodig gereinigd). Een oxidatie aan het oppervlak vóór het lassen zou de kwaliteit van de lasverbinding immers kunnen benadelen
- het temperatuurbereik waarbinnen FPO gelast kan worden, is beperkter dan dat voor PVC
- voor dickere membranen ($\geq 1,5$ mm) moeten de randen afgeschuind worden ter hoogte van T-vormige overlappen of moet er een bijkomend stuk toegevoegd worden
- aangezien FPO geen krimp ondergaat en een hogere uitzettingscoëfficiënt heeft dan PVC, is ploovorming in het membraan slechts moeilijk te vermijden.

8.3.4.3 PIB (polyisobutyleen)

Naast polyisobutyleen bevatten PIB-membranen ook pigmenten en minerale vulstoffen (geen weekmakers). Ze vertonen een hoge dampdiffusieweerstand en zijn aan de onderzijde steeds voorzien van een polyester-vliescacheringslaag.

Men kan de volgende bevestigingswijzen aan de dakvloer onderscheiden:

- losliggende plaatsing met ballast
- verlijming: plaatsing in partiële of totale hechting met behulp van een geschikte synthetische lijm (zie het gebruiksgeschiktheidsattest)
- mechanische bevestiging met behulp van speciale stroken onder de dakbaan.

Voor de membranen die vandaag de dag (voor zover wij weten) op de markt zijn, wordt de overlapverbinding uitgevoerd door lassen met warme lucht.

8.3.4.4 ECB of EBT (vinylacetaat-ethyleen-copolymer en bitumen)

ECB is een zwartkleurig mengsel van polymeren (ethyleen), bitumen en hulpstoffen (geen weekmakers). De redelijk stijve dakbanen zijn voorzien van een interne glasvlies- of polyestervlieswapening, of een combinatie van beide. Hun onderzijde kan glad, met vilt bekleed (voor een verlijming of een losliggende plaatsing) of zelfklevend zijn.

De membranen kunnen losliggend geplaatst worden met een ballast, verlijmd of mechanisch bevestigd worden. De overlapverbinding wordt uitgevoerd met warme lucht.

ECB vertoont een goede weerstand tegen chemicaliën en een hoge elasticiteit.

8.3.4.5 EVA (vinylacetaat-ethyleen-copolymer)

Een EVA-membraan bestaat hoofdzakelijk uit ethyleen-vinylacetaat en PVC (geen vluchtige weekmakers). Naargelang van de toepassing kunnen de dakbanen niet-gewapend zijn, gewapend zijn met een polyester- of glasweefsel of aan de onderzijde gecacheerd zijn met een polyestervlies of een zelfklevend bindmiddel (bv. butyl). De overlappen worden gelast met warme lucht of een oplosmiddel.

De dakbanen kunnen verlijmd (contactlijm, PU-lijm ...), geballast of mechanisch bevestigd worden. De uitvoering is identiek aan deze van PVC-membranen.

EVA is goed bestand tegen UV-straling, bitumen en chemicaliën.

Wanneer ze voorzien zijn van een interne wapening, dan zijn de EVA-membranen gewoonlijk opgebouwd uit één of meerdere interne lagen die een verschillende samenstelling kunnen hebben. In dit geval dient men bij de plaatsing een onderscheid te maken tussen de boven- en de onderzijde.

8.3.5 UITVOERING VAN SYNTHETISCHE AFDICHTINGEN

De plaatsing van synthetische afdichtingen verschilt van product tot product. Het is dan ook noodzakelijk om de voorschriften van de fabrikant te volgen en enkel de in het gebruiksgeschiktheidsattest vermelde uitvoeringsmethoden toe te passen. De plaatsing moet bovendien geschieden door personeel dat hiervoor opgeleid is.

De plaatsingswijze is afhankelijk van de eventuele aanwezigheid van een wapening en/of cacheringslaag aan de onderzijde. Tabel 27 (p. 107) geeft een overzicht van de meest courante plaatsingstechnieken in functie van de ondergrond. Voor bepaalde materialen of wapeningssystemen kunnen er uitzonderingen gemaakt worden. Indien er een onderlaag vereist is, dan dient men gebruik te maken van dezelfde bitumieuze dakbanen als deze die in § 8.2.1 (p. 85) vermeld werden als onderlaag.

8.3.5.1 Losliggende plaatsing

Losliggende afdichtingen met een ballast moeten

bestand zijn tegen de micro-organismen die zich op deze plaats kunnen ontwikkelen.

Dakbanen die voorzien zijn van een glasvlieswapening beschikken over een toereikende maatvastheid. Voor wat de dakbanen betreft die niet-gewapend of polyestergewapend zijn, zal het veelal nodig zijn om in een kimfixatie te voorzien (zie TV 244) [W14].

In het geval van een onverenigbaarheid tussen beide materialen moet er tussen het membraan en zijn ondergrond een scheidingslaag aangebracht worden.

8.3.5.2 Verlijmde uitvoering van synthetische afdichtingen

In het geval van verlijmde afdichtingen worden er doorgaans aan de onderzijde gecacheerde dakbanen toegepast en dit, om de volgende redenen:

- de lijm hecht beter aan de cachering dan aan het naakte materiaal
- naargelang van de ondergrond bestaat de mogelijkheid om blaasvorming te vermijden
- de cachering laat toe om de onregelmatigheden in de dakvloer te verzwakken.

De lijm moet afgestemd zijn op het voorziene gebruik en moet goedgekeurd zijn door de fabrikant.

De volgende technieken beantwoorden vandaag de dag aan deze criteria:

- de eenzijdige verlijming met behulp van een PU-lijm, een polymeerlijm of een bitumineuze koudlijm
- de tweezijdige verlijming met een contactlijm
- de verkleving met warm bitumen, hoewel deze techniek haast nooit meer gebruikt wordt.

Indien er echter gebruikgemaakt wordt van dakbanen die niet gecacheerd zijn aan hun onderzijde, dan gebeurt de verlijming doorgaans met behulp van een contactlijm of een MS-polymeerlijm teneinde een correcte hechting te verzekeren.

De plaatsing kan gebeuren in totale of in partiële hechting. De plaatsing in partiële hechting heeft als voordeel dat de bewegingen in de dakvloer geen nadelige invloed hebben op de afdichting en dat er een dampdrukvereffening mogelijk is. Zodoende kan men het optreden van blaasvorming vermijden, maar kan er zich wel een zekere plooivorming voordoen als gevolg van de temperatuurverschillen. De keuze van de verlijmingstechniek is afhankelijk van het gebruikte lijmtypen (hechting en afpelweerstand) en van de te verlijmen dakvloer (zie het gebruiksgeschiktheidsattest).

De verbruikte lijmhoeveelheid en de grootte van het verlijmde oppervlak worden bepaald door de beoogde windweerstand. Het verbruik varieert naargelang van het type lijm en de ruwheid van de dakvloer.

Bepaalde lijmen zijn niet geschikt voor daken die een te sterke helling vertonen. In voorkomend geval kan het noodzakelijk zijn om in het bovenste deel van het dak in een bijkomende mechanische bevestiging te voorzien.

8.3.5.3 Mechanische bevestiging van synthetische afdichtingen

8.3.5.3.1 Algemeen

De mechanische bevestiging staat in detail beschreven in de Technische Voorlichting nr. 239 [W12]. Deze techniek biedt een voordelige oplossing op schroefbare of nagelbare dakvloeren (het aantal schroeven of nagels is makkelijk aan te passen aan de windbelasting).

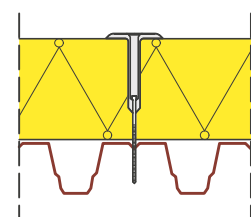
De windweerstand van een systeem wordt bepaald door dynamische windproeven en is terug te vinden in het gebruiksgeschiktheidsattest.

De schroeven en verdeelplaatjes (of eventueel de latten) moeten over een toereikende corrosieweerstand beschikken. Gelet op de dynamische effecten van de wind en de soepelheid van de synthetische afdichtingen is het gebruik van speciale schroeven of nagels vereist. Er kunnen ook telescopische synthetische hulzen of synthetische verdeelplaatjes met een mof (afbeelding 84) gebruikt worden, die onder meer het voordeel bieden dat de koudebruggen verminderen en dat het risico op doorboring als gevolg van voetgangersverkeer verkleint (doorpensen vermijden).

De synthetische afdichting moet verenigbaar zijn met de isolatie; zo niet, dan zal er een scheidingslaag noodzakelijk zijn. Bij een renovatie op een bestaande bitumineuze afdichting moet de verenigbaarheid van de materialen met het bitumen nagegaan worden. In het geval van een onverenigbaarheid moet er ook in een scheidingslaag voorzien worden.

Een mechanische bevestiging doorheen het cellenglas is toegelaten op voorwaarde dat de isolatieplaten verkleefd worden. Verder moet men de richtlijnen van de fabrikant van het cellenglas opvolgen.

Men dient er het gebruiksgeschiktheidsattest van het



Afb. 84 Telescopische synthetische huls.

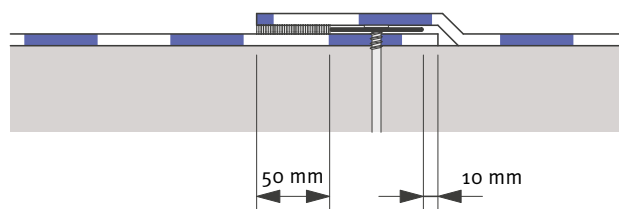
gekozen synthetische membraan op na te slaan om zich ervan te vergewissen of de voorziene plaatsing toegelaten is: de verenigbaarheid, het type lijm, de cachering aan de onderzijde en de overlapverbinding kunnen de toepassingsmogelijkheden immers al dan niet sterk beperken.

De niet-ronde verdeelplaatjes moeten met hun lengte in de richting van de naad gepositioneerd worden om te vermijden dat er puntbelastingen zouden ontstaan die de afdichting zouden kunnen scheuren.

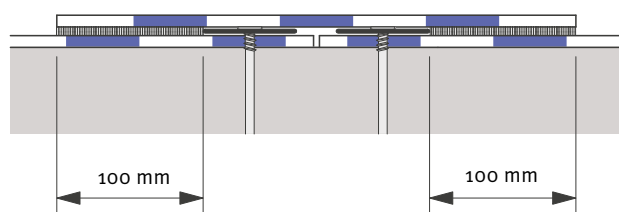
8.3.5.3.2 Mechanische bevestigingsystemen voor synthetische afdichtingen

Men onderscheidt de volgende mechanische bevestigingsystemen:

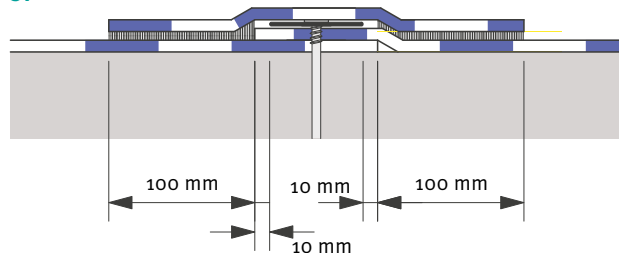
- voor **dakbanen zonder cachering** aan de onderzijde is de methode uit afbeelding 85 enkel toepasbaar indien ze over een toereikende nagelscheursterkte (min. 150 N) en een voldoende sterke overlapverbinding beschikken (ongewapende stroken zijn niet geschikt, tenzij de fabrikant andersluidende specificaties geeft). Bij niet-gewapend EPDM mag de bevestiging in de overlap dus enkel geschieden volgens het legpatroon uit afbeelding 86 (tenzij de fabrikant



Afb. 85 Mechanische bevestiging van synthetische banen zonder cachering aan hun onderzijde.



OF

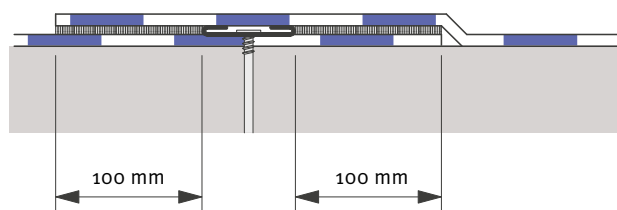


Afb. 87 Twee bevestigingswijzen in de overlap voor synthetische dakbanen die volledig gecacheerd zijn aan de onderzijde.

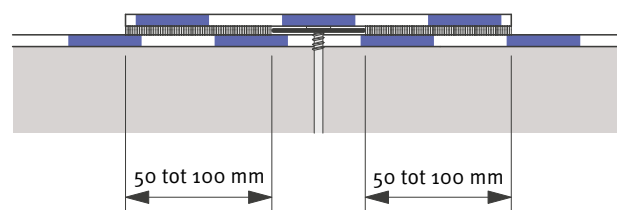
andersluidende specificaties geeft). De niet-zichtbare verlijming is niet herstelbaar en moet dan ook zeer zorgvuldig uitgevoerd worden

- voor **dakbanen met een cachering aan de onderzijde**: indien ze aan de onderzijde volledig gecacheerd zijn, dan mag de overlapverbinding enkel gebeuren met een andere niet-gecacheerde strook (afbeelding 87); indien de dakbanen voorzien zijn van een niet-gecacheerde rand, dan kan men de methode uit afbeelding 85 gebruiken:
 - wanneer de bevestiging gebeurt met schroeven op verankeringslatten, doorheen het membraan, dan dient men in een bijkomende beschermingsstrook te voorzien (afbeelding 88)
 - bevestiging onder de afdichting: mechanische bevestiging van een metalen plaat, bekleed met een lasbaar materiaal dat verenigbaar is met het afdichtingsmateriaal of met een strook uit dezelfde synthetische dakbaan. Het membraan wordt door inductie op de metalen plaat of de synthetische strook gelast (afbeelding 89).

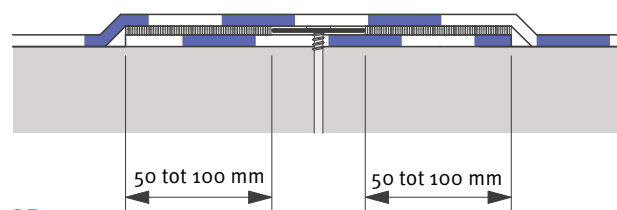
Er bestaan ook nog andere systemen op de markt waarvoor we verwijzen naar de richtlijnen van de fabrikant.



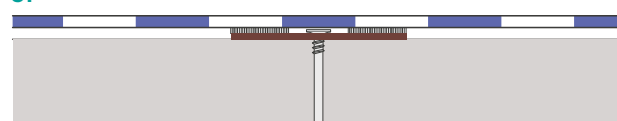
Afb. 86 Bevestiging in de overlap van een niet-gewapend EPDM.



Afb. 88 Bevestiging doorheen een synthetisch membraan.



OF



Afb. 89 Twee mechanische bevestigingswijzen onder een synthetische afdichting.

Tabel 27 Courante plaatsingstechnieken voor synthetische afdichtingen in functie van de dakvloer (zie bijlage 4, p. 150, voor de betekenis van de afkortingen).

Dakvloer	Cachering	Losliggend (L)	Totale hechting (T)	Partiële hechting (P)	Mechanische bevestiging (M) (1)	
Geïsoleerd dak	PU	Aluminium (eenlaags)	–	–	MV ^{VI} (9)	
		Aluminium (meerlaags)	LL ^I	TC ^{II} (2) (3), TAC ^{III} (4)		PC ^V (3), PAC ^{III} (3)
		Gebitumeerd glasvlies		TC ^{II} (2)		PC ^V
		Mineraalgecoat glasvlies		TC ^{II} (2), TAC ^{III} (4)		PC ^V , PAC ^{III} (3)
	EPS	Zonder cachering		LL ^I		TC ^{II} (2) (5), TAC ^{III} (6) (7)
		Gebitumeerd glasvlies	TC ^{II} (2), TAC ^{III} (7), TS ^V (8)			PC ^V , PAC ^{III} (7)
	CG	Zonder cachering	–	TBs, Tbc, (TBb)		–
		Geïmpregneerd met bitumen + wegbrandfolie	–	TS, TSs		(PLs, PS, PSS)
		Geïmpregneerd met bitumen + cachering	LL ^I	–		–
	MW, EPB	Zonder cachering	LL ^I	–		–
		Glasvlies		TC ^{II} (2), TAC ^{III} (7), TS ^{IV} (7)		
		Geïmpregneerd met bitumen + wegbrandfolie		TS ^{IV}		
Bestaande bitumineuze afdichting (10)		LL ^I	TC ^{II} (2), TAC ^{III} (7), TS ^{IV} (11)	PC ^V , (PAC) ^{III} (7)		
Niet-geïsoleerd dak (12) of omkeerdak	Beton en licht hellingsbeton	LL ^I	TC ^{II} (2) (13), (TAC) ^{III} (7) (13), TS ^{IV} (13)	PC ^V , (PAC) ^{III} (7)	MV ^{VI} (14), MN ^{VI} (14)	
	Platen uit cellenbeton		TC ^{II} (2) (15), (TAC) ^{III} (7) (15), TS ^{IV}	PC ^V (15), (PAC) ^{III} (7) (15)	MV ^{VI} , MN ^{VI} (16)	
	Multiplex, vezelcement, plaatmateriaal op basis van hout	(LL) ^I	TC ^{II} (2) (17), (TAC) ^{III} (7), TS ^{IV}	PC ^V (17), (PAC) ^{III} (7)	MV ^{VI} , MN ^{VI}	
	Cementgebonden houtvezelplaten		TC ^{II} (2) (15)	–	–	
	Houten dakvloer		–	–	MV ^{VI} , MN ^{VI}	
(...) toegelaten, maar weinig courante bevestigingstechniek; – geen enkele bevestigingstechniek toegelaten of geen enkele combinatie mogelijk.						
I (scheidingslaag+) Eo-Ec-Eb-Ei-Po-Pi-Pc	Po: niet gecacheerde plastomeerdakbaan Pi: plastomeerdakbaan met een interne wapening					
II (hechtvernis +) Eo-Ec-Eb-Ei-Pc-Po	Pc: plastomeerdakbaan gecacheerd met een polyestervlies of een polyesterfolie met of zonder interne wapening Pa: plastomeerdakbaan met een zelfklevende cachering aan de onderzijde					
III (hechtvernis +) Eb-Ea-Pa	Eo: niet-gecacheerde elastomeerdakbaan					
IV (hechtvernis +) Eb	Ec: elastomeerdakbaan gecacheerd met een polyestervlies of een polyesterfolie					
V (hechtvernis +) Ec-Eb-Pc-Ei	Eb: elastomeerdakbaan met een bitumineuze cachering aan de onderzijde en een interne wapening					
VI (scheidingslaag +) Eo-Ei-Eb-(Ec)-Po-Pi-(Pc)	Ei: elastomeerdakbaan met een interne wapening Ea: elastomeerdakbaan met een zelfklevende cachering aan de onderzijde					
(1) Bij een geïsoleerd dak gebeurt de bevestiging in de dakvloer, doorheen de isolatie. Dit geldt evenzeer voor bestaande bitumineuze afdichtingen.						
(2) Men dient de verenigbaarheid tussen de lijm en de isolatie na te gaan. Er bestaat een risico op blaasvorming tussen de cachering aan de bovenzijde van de gecacheerde isolatie en de afdichting indien er een overmaat aan lijm aanwezig is en de cachering dampdicht is (aluminium).						
(3) Zie de mogelijke cacheringen in de documentatie van de fabrikant.						
(4) Voor de mogelijke ondergronden moet men er de documentatie van de fabrikant op naslaan, wetende dat het eindresultaat niet volledig vlak kan zijn.						
(5) Deze techniek is enkel toegelaten bij gebruik van een PU-lijm zonder oplosmiddelen.						
(6) De overlappen moeten gelast worden zonder het EPS te beschadigen (bredere overlap, dubbele naad ...).						
(7) Voor de mogelijke ondergronden dient men er de documentatie van de fabrikant op na te slaan; er zal doorgaans een primer vereist zijn.						
(8) De cachering moet dik genoeg zijn.						
(9) De bevestigingswijze in de dakvloer doorheen de isolatie is dezelfde als voor een niet-geïsoleerd dak of een omkeerdak. Indien het gaat om cellenglas moeten de isolatieplaten op de dakvloer verkleefd worden. Bovendien moeten de mechanische bevestigingen voorzien zijn van een (doorgaans synthetisch) verdeelplaatje dat voorzien is van een mof met een beweeglijke schroefkop (telescopisch systeem).						
(10) Afdichtingen zonder cachering aan de onderzijde mogen enkel toegepast worden indien ze verenigbaar zijn met bitumen (zie hoofdstuk 10, p. 123).						
(11) Deze techniek mag enkel toegepast worden op een droge ondergrond.						
(12) De aannemer in dichtingswerken kan indien nodig zijn klant inlichten over de thermische regelgeving.						
(13) Om blaasvorming te voorkomen, mag een plaatsing in totale hechting enkel uitgevoerd worden op geballaste daken of op een droog beton.						
(14) De bevestiging gebeurt doorheen het hellingsbeton, in de onderliggende betonnen dakvloer.						
(15) Losse stroken worden over de kopse naden aangebracht.						
(16) Er wordt gebruikgemaakt van nagels die speciaal voor deze toepassing ontworpen zijn.						
(17) In het geval van een uitvoering in totale hechting plaatst men losse stroken over alle naden om het weglekken van de primer of de lijm te vermijden en de impact van de bewegingen te beperken.						

8.4 VLOEIBAAR AANGEBRACHTE AFDICHTINGEN

Vloeibare afdichtingen bestaan uit een mengsel van bindmiddelen, pigmenten en hulpstoffen waaraan men eventueel vulstoffen en andere additieven (brandvertragers, schimmelwerende producten ...) kan toevoegen. Ze worden in vloeibare vorm en naadloos aangebracht en dit, met de borstel, de rol, een pistool of een meerkoppige sproeier (voor meercomponentenproducten), waarna men ze laat uitharden.

Ze worden gewoonlijk tweelaags uitgevoerd op stabiele ondergronden (beton, bestaande afdichting ...) met of zonder tussenplaatsing van een wapening. Men veronderstelt dat het systeem tweelaags is wanneer het opgebouwd is uit twee afzonderlijke lagen: de tweede laag mag pas uitgevoerd worden na de volledige droging van de eerste. Indien het systeem een wapening bevat, dan moet men het oppervlak ervan impregneren met het afdichtingsproduct (of eventueel indrukken) vanaf de integratie ervan in de eerste laag. Wanneer de twee afdichtingslagen als enige functie hebben om de wapening te omhullen (nat-in-nat), dan beschouwt men het systeem als **eenlaags** [W16]. In dit geval dient men visueel te controleren of de wapening volledig verzadigd is met vloeistof. Indien er geen wapening aanwezig is, dan moet de dikte gecontroleerd worden. Dit gebeurt enerzijds punctueel met een nattelaagdijkmeter en anderzijds op basis van het productverbruik (in dit geval verkrijgt men een gemiddelde waarde).

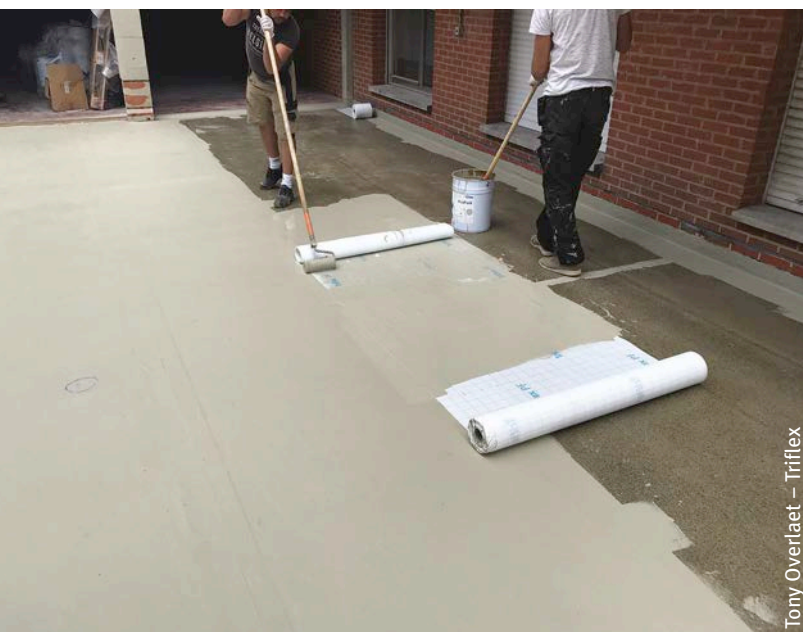
De meest courante producten zijn polyurethaanharsen

(PU), polymethylmethacrylaten (PMMA), onverzadigde polyesters (UP/PES), silaangemodificeerde polymeren (*silyl modified polymers* – SMP) en hybride PU-PMMA-harsen (PUMA). De mogelijkheid of de noodzaak om een wapening in het systeem te integreren, is afhankelijk van de aanwezigheid van scheuren in de betonnen dakvloer (niet-geïsoleerd dak of omkeerdak), van het scheuroverbruggende vermogen van het product en van het vermogen ervan om een wapening te kunnen integreren (deze oplossing is niet altijd technisch uitvoerbaar). De details en andere aandachtspunten moeten steeds gewapend worden. Het is ook mogelijk om een vloeibare afdichting te wapenen met vezels.

Vloeibaar aangebrachte afdichtingen en hun karakteristieken staan beschreven in de goedkeuringsleidraad EAD 030350-00-0402 (die de ETAG 005 vervangt) [E3], evenals in de G0003 [B3] en de ETAG 033 [E5] voor wat betreft de berijdbare oppervlakken (zie ook de [TV 253](#)) [W16]. De criteria uit de tabellen 29 tot 32 (p. 109 en 110) moeten gerespecteerd worden: de fabrikant moet dit kunnen garanderen via een conformiteitsverklaring (extern controleorganisme).

Vóór de verharding is het product in mindere of meerdere mate gevoelig voor de weersomstandigheden (temperatuur, vocht ...) en de vochtigheidsgraad van de ondergrond. De laag zal maar pas na een zekere wachttijd over de gevraagde regen- en vorstweerstand beschikken. Daarom zijn vloeibaar aangebrachte afdichtingen delicaat dan fabrieksmatig aangemaakte afdichtingen en vereisen ze een verzorgde uitvoering (onder meer een gecontroleerde dikte) door plaatsers die hiertoe een speciale opleiding gevolgd hebben.

Hun toepassingsgebied en de eventuele onverenigbaarheden staan beschreven in het gebruiksgeschiktheidsattest of de documentatie van de fabrikant. Vloeibare afdichtingsproducten zijn geschikt voor niet-geïsoleerde daken en omkeerdaken. Ze worden rechtstreeks op de betonnen dakvloer aangebracht. Een zeer courante praktijk bestaat erin om ze voor te behouden voor de uitvoering van de aansluitingsdetails, die moeilijker te realiseren zijn met het afdichtingsmembraan dat zich in het dakvlak bevindt. In voorkomend geval dient men het bewijs te leveren dat beide materialen verenigbaar en verbindbaar zijn. Voor meer informatie hieromtrent verwijzen we naar hoofdstuk 9 van de [TV nr. 244](#) [W14]. De rechtstreekse uitvoering ervan op de isolatie van warme daken is vandaag de dag nog niet echt ingeburgerd, hetzij dan op een bitumineuze onderlaag (*carrier membrane*) (zie de [WTCB-Dossiers 2013/2.6](#)) [M8]. Indien de vloeibare afdichting beproefd werd op een isolatie volgens de conformiteitsverklaring of een gelijkwaardig document, dan kan het systeem ook toegepast worden op warme daken.



Tomy Overlaet – Triflex

Afb. 90 Aanbrengen van een vloeibare afdichting.

Tabel 28 Prestatie-eisen voor een vloeibare afdichting naargelang van het gebruik.

Toepassing	Geen bijkomende beschermingslaag	Met een geïntegreerde bescherming	Met een ballast of een betegeling
Niet-geïsoleerd dak	$\geq W_3 (*) - P_2 - TL_2 - TH_2$	$\geq W_3 (*) - P_3 - TL_2 - TH_2$	
Geïsoleerd dak	$\geq W_3 (*) - P_2 - TL_3 - TH_3$	$\geq W_3 (*) - P_3 - TL_3 - TH_3$	$\geq W_3 (*) - P_3 - TL_2 - TH_2$
Dakterras	$\geq W_3 (*) - P_3 - TL_3 - TH_3$		$\geq W_3 (*) - P_3 - TL_2 - TH_2$

(*) W_2 indien het systeem aangebracht wordt op een waterdichte onderlaag.

Tabel 29 Betekenis van de prestatieclassen uit tabel 28 (EAD 030350-00-0402) [E3].

Klasse	Betekenis	
W1	Levensduur	5 jaar
W2		10 jaar
W3		25 jaar
P1	Gebruiksbelastingen	Laag – Niet-toegankelijk dak
P2		Gematigd – Dak enkel toegankelijk voor het onderhoud
P3		Normaal – Dak toegankelijk voor voetgangers
P4		Speciaal – Groendak
TL1	Minimale oppervlaktetemperatuur	+5 °C (alle klimaatzones)
TL2		-10 °C (gematigd lage temperatuur)
TL3		-20 °C (zeer lage temperatuur)
TL4		-30 °C (extreem lage temperatuur)
TH1	Maximale oppervlaktetemperatuur	+30 °C (alle klimaatzones)
TH2		+60 °C (gematigd hoge temperatuur)
TH3		+80 °C (zeer hoge temperatuur)
TH4		+90 °C (extreem hoge temperatuur)

Tabel 30 Minimale dikte van de voornaamste types vloeibare afdichtingen.

Type	Minimale dikte (*)
PU 1c	1,50 mm
UP/PES	2,00 mm
PMMA	1,80 mm
PUMA	1,80 mm
SMP	2,00 mm

(*) Het gaat hier om een minimale dikte in elk punt (geen gemiddelde); voor de minimale dikte van de lagen dient men er tabel 31 en het gebruiksgeschiktheidsattest van de fabrikant op na te slaan, rekening houdend met de prestatieclassen uit tabel 29.

Tabel 31 Minimale laagdikte van vloeibare afdichtingen.

Type laag	Minimale dikte (*)
Primer	0 of 0,3 tot 0,5 mm
Afdichtingslaag met een geïntegreerd versterkingsvlies	1,5 of 2 mm
Slijtlaag of beschermingslaag + kwarts dat tot verzadiging in de slijtlaag gestrooid wordt	0 of 2,5 mm
Afwerkingslaag	0,3 tot 0,6 mm
Volledig systeem	2,6 tot 4,9 mm

(*) De minimale dikte verschilt onder meer in functie van het type ondergrond evenals van de mechanische belasting en de frequentie ervan.

8.4.1 TYPES VLOEIBARE AFDICHTINGEN [W16, W23]

Tabel 32 laat toe om de belangrijkste karakteristieken van de verschillende types vloeibare afdichtingen te vergelijken.

8.4.1.1 Polyurethaanharsen (PU)

Men kan eencomponent of tweecomponenten PU-harsen onderscheiden. De eencomponentharsen verharderen door contact met het vocht uit de lucht, de tweecomponentharsen verharderen door een chemische reactie (toevoeging van een verharder).

De meeste PU-harsen die gebruikt worden op daken zijn eencomponent PU-harsen. *Moisture triggered* PU-harsen (die polymeriseren in contact met vocht) zijn minder gevoelig voor de weersomstandigheden tijdens het aanbrengen en de verharding dan *moisture cured* PU-harsen (die verharderen in contact met vocht). Deze laatste kunnen reageren met water of regen, opzwellen of CO₂ vormen dat de laag kan verzwakken.

Er bestaan aromatische PU-harsen en alifatische PU-harsen. Eerstgenoemde bieden minder goed weerstand tegen UV-stralen (de kleurstabiliteit is niet gewaarborgd, risico op afkrijten).

PU-harsen worden aangebracht met de rol of door spuiten. Bepaalde systemen kunnen ook aangebracht worden met een getande spatel. De dakdetails worden meestal uitgevoerd met een borstel. De toepassing van een eencomponenthars is eenvoudiger, aangezien men dezelfde productsamenstelling gebruikt voor alle omgevingstemperaturen, voor de horizontale vlakken en voor de opstanden.

8.4.1.2 Polymethylmethacrylaatharsen (PMMA)

Polymethylmethacrylaten (PMMA-harsen) worden gevormd door polymerisatie in aanwezigheid van een katalysator, gedoseerd in functie van de toepassings-temperatuur. Naargelang van het type hars en de aanpassing ervan, is het mogelijk om producten met een variabele hardheid of zelfs zachte producten te ver-

Tabel 32 Voornaamste karakteristieken van vloeibare afdichtingen en in de regel toelaatbare waarden.

Karakteristiek	PU 1c	UP/PES	PMMA	PUMA	SMP
Aantal componenten	1C	2C-3C	2C	2C-3C	1C
Aanwezigheid van oplosmiddelen	Ja	Neen			
Mogelijkheid om het product nat-in-nat aan te brengen (of niet, d.w.z. na de droging van de eerste laag)	Neen	Ja			
Verwerkbaarheidsduur (<i>pot life</i>) ⁽¹⁾	1 tot 2 u	15 tot 25 min	15 tot 25 min	15 min	1 tot 2 u
Wachttijd vóór regenbestendigheid ⁽¹⁾	2 u	1 u	30 min	1 u	1 u
Wachttijd vóór bedekbaarheid ⁽¹⁾ ⁽²⁾	8 u	2 u	45 min	45 min	8 u
Volledige uithardingstijd ⁽¹⁾	48 u	48 u	8 u	3 u	48 u
Alkalibestendigheid ⁽³⁾	+	++	+++	+++	+
Weerstand tegen hydrolyse (stagnerend water) ⁽³⁾	+	++	+++	++	++
Noodzaak van een UV-bescherming	Ja, bij aromatisch PU	Neen	Neen	Ja	Neen
Uitvoeringstemperatuur	5 tot 35 °C	5 tot 35 °C	0 tot 35 °C	0 tot 35 °C	5 tot 35 °C
Maximale relatieve luchtvochtigheid	85 %				
Maximaal vochtgehalte van de ondergrond ⁽⁴⁾	4 tot 8 %, volgens het product en het type primer van de fabrikant				
Aanwezigheid van een wapening	Ja				

⁽¹⁾ Bij 20 °C en 50 % RV.
⁽²⁾ D.w.z. vóór het aanbrengen van een toplaag.
⁽³⁾ + = beperkte weerstand, ++ = goede weerstand, +++ = uitstekende weerstand.
⁽⁴⁾ Gemeten met de carbidefles.

vaardigen die afgestemd zijn op de eisen. De viscositeit van vloeibare polymeerharsen is over het algemeen zeer laag. In uitzonderlijke gevallen kunnen er gemodificeerde producten aangebracht worden tot een temperatuur van -5 °C zonder verlenging van de uithardingstijd en zonder aantasting van de eigenschappen.

Voor een toepassing als dakafdichting wordt het PMMA-hars voorzien van een wapening, zoals een niet-geweven polyester of in het product geïntegreerde synthetische vezels.

PMMA-harsen worden aangebracht met de rol of een kwast in een laag met de gewenste dikte. In het geval van een verticale toepassing (details), moet hun thixotropie aangepast worden (verdikking) om het afvloeien ervan te voorkomen.

8.4.1.3 Onverzadigde polyesterharsen (UP of PES)

Onverzadigde polyesters worden gevormd door een reactie van polyolen met onverzadigde dibasische zuren in aanwezigheid van een katalysator of een initiator met een vaste dosering (peroxide). Het gebruik van hulpstoffen zoals styreen vermindert de viscositeit van het hars.

Polyesters zijn thermohardend. Net zoals bij alle andere harsen is de uithardingsreactie exotherm. Tijdens de polymerisatieduur moet er een minimale toepassingstemperatuur van +5 °C in acht genomen worden.

Voor toepassing op daken worden de polyesterharsen gewapend met een niet-geweven polyester. De producten worden aangebracht met de rol, een kwast of een pistool.

8.4.1.4 Silaangemodificeerde polymeerharsen (*silyl modified polymers* – SMP: MS, SPUR, STPE)

Silaangemodificeerde polymeren zijn eencomponentharsen die uitharden bij contact met het vocht uit de lucht. Aangezien ze geen oplosmiddelen bevatten (en reukloos zijn), is het mogelijk om de tweede afdichtingslaag nat-in-nat bovenop de eerste aan te brengen.

SMP-harsen worden aangebracht met de rol, een borstel, een getande spatel of door spuiten. De dakdetails worden meestal uitgevoerd met de borstel. Er bestaan eveneens SMP-harsen met hoge viscositeit die de uitvoering van de verticale details vereenvoudigen.

8.4.1.5 Hybride PU-PMMA-harsen (PUMA)

PUMA-harsen, op basis van methylmethacrylaat (PMMA) en polyurethaan (PU), zijn uiterst reactieve systemen met een snelle polymerisatie met één of twee componenten die een reactie-initiator (peroxide) bevatten.

Naargelang van het type mechanische belastingen waarin voorzien is op het dak, kan er eventueel een bijkomende slijtlaag aangebracht worden op het afdichtingsmembraan (bijkomende bescherming).

De producten worden aangebracht door spuiten, met een trekker, een rol, een getande spatel of een borstel. Ze zijn doorgaans voorzien van een polyesterwapening of van een wapening uit synthetische microvezels die vermengd worden met het product.

8.4.1.6 Andere types vloeibare afdichtingen

Naast de hiervoor vermelde producten bestaan er nog een aantal andere types vloeibare afdichtingen die echter minder vaak gebruikt worden op daken. Het gaat hier onder andere om:

- **polyureaharsen (PUE)**. Dit zijn tweecomponentenproducten die snel uitharden (het is dus onmogelijk om er een wapening in te integreren) en die warm gespoten worden. Er moet bijzondere aandacht besteed worden aan de aansluitingen, de latere herstellingen en de hechting tussen de lagen. Het vochtgehalte vóór de plaatsing is voor deze harsen minder kritiek dan voor de meeste vloeibare afdichtingsproducten
- **polymeergemodificeerde bitumenemulsies en -oplossingen [E3]**, aangebracht met de borstel, verstoven of uitgespreid, met of zonder steunlaag, interne wapening en/of bescherming uit minerale granulaten, schilfers of een reflecterende bekleding. Onder een emulsie verstaan we een aanzienlijke hoeveelheid polymeergemodificeerd bitumen, die fijn verdeeld wordt in een waterig milieu door één of meerdere geschikte emulgeermiddelen. De emulsie kan ook inerte vulstoffen en/of vezels bevatten. Ze wordt aangebracht met de kwast, verstoven of uitgespreid. Onder een oplossing verstaan we een mengsel van polymeergemodificeerd bitumen met vluchtige organische oplosmiddelen, dat inerte vulstoffen (*fillers*) of vezels kan bevatten. Deze dikvloeibare vloeistof of pasta kan aangebracht worden met de borstel, verstoven of uitgespreid worden
- **producten op basis van polymeergemodificeerd bitumen die warm aangebracht worden [E3]**, gele-

verd worden onder de vorm van ter plaatse te smelten blokken, uitgestort en uitgespreid worden en vervolgens voorzien worden van een schutlaag. Dit al dan niet versterkte systeem kan aangebracht worden op dakvloeren uit beton, hout, metaal ... Het wordt steeds bekleed met een isolatiemateriaal (omkeerdak), een zware bescherming of een groendak

- **in water gedispergeerde polymeren** [E3], verstoven of uitgespreid, met of zonder steunlaag, interne wapening en/of schutlaag. De basislaag die dienst doet als afdichting is opgebouwd uit één of meerdere lagen, met of zonder interne wapening; het bindmiddel bestaat uit acrylaat, vinylacrylaat, styreen-acrylaat of styreen-butadiencopolymer. De afwerkingslaag kan verschillende functies hebben, zoals bescherming bieden tegen de klimaateffecten, verbetering van de antislip-eigenschappen of verfraaiing van het uitzicht.

8.4.2 UITVOERING VAN VLOEIBARE AFDICHTINGEN [W16]

Het rechtstreeks aanbrengen van een vloeibare afdichting op een betonnen dakvloer vergt een goede voorbereiding van deze dakvloer. Aangezien deze producten steeds in totale hechting aangebracht worden, vereist het contactoppervlak een geschikte behandeling en een toereikende oppervlaktecohesie (zie hoofdstuk 4, p. 41). De ondergrond moet vervangen of hersteld worden wanneer deze geen voldoening biedt. Een te grote ruwheid moet weggewerkt worden met behulp van een egalisatielaag (mengsel van zand en synthetische harsen).

Vloeibare afdichtingsproducten moeten aangebracht worden op een droge dakvloer (om hechtingsproblemen en blaasvorming te voorkomen). Voor wat betreft de criteria waaraan precies voldaan moet worden, dient men er de instructies van de fabrikant op na te slaan. Het vochtgehalte van de dakvloer moet in de diepte gemeten worden (4 cm; bv. met de carbidefles) en niet louter aan het oppervlak.

Voor wat de verenigbaarheid van de vloeibare afdichtingen met de verschillende ondergronden betreft, dient men er tabel 13 van de [Technische Voorlichting nr. 244](#) [W14] op na te slaan. Meestal zal er ook een primer aangebracht moeten worden. De te gebruiken primer wordt gespecificeerd door de fabrikant van het vloeibare afdichtingsproduct.

Bij toepassing op een isolatielaag wordt er eerst een onderlaag (*carrier membrane*) op de isolatie aangebracht. Deze moet hechtend geplaatst worden (par-

tiële of totale hechting, zelfklevend, verlijmd, gelast ...) indien het daksysteem hechtend uitgevoerd is (geen ballast), aangezien het op deze laag is dat de windbelastingen zullen aangrijpen. De naden van deze onderlaag moeten afgedicht worden. Indien mogelijk, dient men de onderlaag langs de opstanden over een hoogte van 50 mm ten opzichte van het dakoppervlak op te trekken. Indien het optrekken van de onderlaag de doeltreffendheid en de duurzaamheid van de aansluiting echter in het gedrang zou brengen, dan dient men het membraan te beëindigen in het dakvlak [W14]. De verenigbaarheid tussen deze onderlaag en de vloeibare afdichting moet uiteraard gecontroleerd worden (zie de documentatie van de fabrikant).

De temperatuur- en vochtgevoeligheid van de meeste componenten maakt het aanbrengen van deze producten bijzonder delicaat. Men dient zich dan ook systematisch te informeren bij de fabrikant omtrent de vereiste weersomstandigheden bij de uitvoering (zowel bij lage als bij hoge temperaturen). In het geval van plotse regen tijdens de uitvoering, dient men het pas aangebrachte product te verwijderen of dient men de afdichting na droging te herstellen. Harsgebonden afdichtingen mogen niet gebruikt worden in aanwezigheid van vocht (regen, dauw, mist ...). De omgevingstemperatuur moet eveneens gecontroleerd worden bij de uitvoering en tijdens het polymerisatieproces (zie de fabrikant). Het aanbrengen mag enkel gebeuren wanneer de temperatuur van de dakvloer ten minste 3 °C hoger is dan de dauwpunttemperatuur.

Verder dient men zich bij de fabrikant te informeren omtrent de dosering, de aan te brengen hoeveelheden, de te respecteren wachttijden tussen het aanbrengen van de opeenvolgende lagen, het gereedschap dat gebruikt moet worden bij de uitvoering van het product en de schikkingen die getroffen moeten worden bij het uitvoeren van de hernemingsvoegen.

Uit praktische overwegingen begint men bij de uitvoering meestal met de details, die steeds voorzien zijn van een wapening en een minimale overlap van 100 mm met het dakvlak vertonen. Ook de scheuren en de naden in het dakvlak vereisen een specifieke behandeling vooraf.

In aanwezigheid van een systeem dat gewapend is met een vlies, moet de wapening geplaatst worden met een minimale overlap van 50 mm. Men dient erop toe te zien dat ze tijdens de uitvoering verzadigd is met het product. Om het risico op *pinholes* te beperken en een bijkomende garantie te bieden, worden vezelgewapende systemen bij voorkeur tweelaags aangebracht. Een plaatsing in één enkele dikkere laag behoort echter ook tot de mogelijkheden.

De hernemingsvoegen van de verschillende lagen moeten minstens 50 mm verspringen ten opzichte van elkaar.

Het aanbrengen van een vloeibare afdichting gaat soms gepaard met een gedeeltelijke verdamping van de reactieve bestanddelen. Indien deze laatste sterk geconcentreerd zijn, dan kan de verdamping ervan risico's inhouden voor de gezondheid. Het strekt daarom tot aanbeveling om er de veiligheidsfiches van de producten op na te slaan.

8.5 ANDERE TYPES AFDICHTINGEN

De afdichtingsproducten evolueren gestaag en men ziet regelmatig nieuwe materialen verschijnen zoals afdichtingen op basis van plantaardige oliën (zonder bitumen of aardoliederivaten). Het spreekt voor zich dat de ervaring hieromtrent vooralsnog eerder beperkt is. Voor wat betreft hun karakteristieken en uitvoering dient men bijgevolg de documentatie van de fabrikant te raadplegen.

8.6 CONTROLE VAN DE WATERDICHTHEID VAN DE AFDICHTING

Na de plaatsing van het afdichtingssysteem dient men aan de hand van een visuele inspectie de goede uitvoering en de goede afdichting van de naden (overlapver-

bindingen van de membranen, hernemingsvoegen van de vloeibare producten), de details en de aansluitingen te controleren. In het geval van vloeibaar aangebrachte producten dient men eveneens de homogeniteit van het mengsel (geen ontmenging) en de dikte van de aangebracht laag (gemiddelde, berekend op basis van het productverbruik) te controleren. Indien er na het aanbrengen van de afdichting werkzaamheden uitgevoerd worden door andere beroepstakken, dan dient men de integriteit ervan te controleren vooraleer er overgegaan wordt tot enige andere interventie.

Het onder water zetten van een dak met een geringe helling of zonder helling laat toe om na te gaan of de afdichting op het moment van de proef al dan niet waterdicht is. Deze procedure is nuttig voor niet-geïsoleerde daken of omkeerdaken. Op een geïsoleerd dak is deze proef minder zinvol. Indien het dampscherm correct geplaatst is, dan zullen de gebeurlijke lekken zich immers niet manifesteren in de ruimten onder het dak, maar zullen deze zich laten gevoelen door een bevochtiging van de isolatie. Voor een gedetailleerde beschrijving van deze procedure verwijzen we naar de [Technische Voorlichtingen nr. 229](#) en [nr. 253](#) [W10, W16].

Het opsporen van lekken kan ook gebeuren volgens andere technieken (vochtmeter, injectie van rook, elektrische impuls ...). Deze technieken zijn echter vooral geschikt om de oorsprong van de gebeurlijke lekken te achterhalen en minder om te garanderen dat het dak lekvrij is.

9

BESCHERMING VAN DE AFDICHTING

De schutlagen kunnen van het lichte of het zware type zijn.

Lichte schutlagen kunnen drie functies vervullen: bescherming tegen UV-straling, beperking van de oppervlaktetemperatuur bij bezonning en verbetering van het uitzicht.

Zware schutlagen vervullen deze functies eveneens, zijn bovendien in staat om de windkrachten te compenseren (zowel op warme daken als op omkeerdaken) en kunnen het dak eventueel toegankelijk maken voor intenser verkeer (terrassen, looppaden). Bij omkeerdaken hebben ze ook tot doel om het opdrijven van de isolatieplaten te verhinderen.

Zware schutlagen en bepaalde lichte schutlagen verbeteren het gedrag van het dak ten aanzien van een externe brand (zie § 2.2.3, p. 21). We willen eraan herinneren dat een dak sowieso beantwoordt aan de brandeisen (zonder dat er een brandproef uitgevoerd hoeft te worden) voor zover het volledig bedekt is met een grindlaag (minstens 50 mm dik of 80 kg/m², granulometrie van maximum 32 mm en minimum 4 mm), een dekvloer uit cementmortel (van minimum 30 mm dik), kunststeen of minerale tegels van minstens 40 mm dik [E6]. Deze beschermingen zijn echter niet systematisch in staat om de windbelastingen op te vangen (zie verder).

9.1 LICHTE SCHUTLAGEN

9.1.1 BITUMINEUZE MEMBRANEN

Een lichte schutlaag kan opgebouwd zijn uit:

- leischilfers of fijne granulaten met verschillende kleuren die fabrieksmatig in het membraan ingewerkt worden. Deze materialen zijn vaak in overmaat op het membraan aanwezig, waardoor er metertijd een deel van kan loskomen (zie ook hoofdstuk 11, p. 131)
- verf (bv. een reflecterende witte coating) waarvan de kwaliteit en de duurzaamheid in de tijd sterk verschillen van product tot product. Men dient de verenigbaarheid ervan met het membraan te verifiëren

en rekening te houden met een intensiever onderhoud

- een bitumineus membraan waarvan de bovenzijde voorzien is van een fabrieksmatig aangebrachte gewafelde aluminium- of koperfolie. Deze afdichtingen moeten geplaatst worden met een minimale helling van 5 %. Ze zijn tegenwoordig niet op grote schaal op de markt te verkrijgen en er werden in het verleden slechte ervaringen mee opgedaan (loskomen van de metaallaag) (zie hoofdstuk 12, p. 133). Membranen die voorzien zijn van een metaalfolie worden niet als effectieve afdichtingslagen beschouwd.

Zoals hiervoor aangegeven werd (zie § 8.2.1.2, p. 86), dient er een UV-bescherming aangebracht te worden in aanwezigheid van elastomeerbitumen, maar niet per se in het geval van plastomeerbitumen. In dit laatste geval is een bescherming echter wel aanbevolen wanneer men het regenwater dat van het dak afstroomt wenst op te vangen of wanneer er zich metalen elementen stroomafwaarts van het dak bevinden (zinken dakgoten, loden kolken ...).

9.1.2 SYNTHETISCHE MEMBRANEN

Synthetische afdichtingen worden slechts zelden voorzien van een lichte schutlaag, omdat de meeste ervan een toereikende UV-bestendigheid bieden en ze soms ook een lichte kleur hebben (beperking van de oppervlaktetemperatuur). Reflecterende verven zijn de enige lichte bescherming die in een aantal zeldzame gevallen aangebracht wordt op bepaalde donkere synthetische afdichtingen. Om compatibiliteitsproblemen te vermijden, mag men uitsluitend gebruikmaken van verven die goedgekeurd werden door de fabrikant van de afdichting (zie de documentatie en/of het gebruiksgeschiktheidsattest).

Er bestaan eveneens synthetische schutlagen (voorgesteld door de fabrikanten van de afdichtingen, gewoonlijk onder de vorm van rollen) die ter hoogte van de looppaden of onder de op het dak aanwezige technische installaties op een synthetische afdichting gelegd of gelast kunnen worden.

9.1.3 VLOEIBARE AFDICHTINGEN

Wanneer ze noodzakelijk is, dan wordt de bescherming gewoonlijk geïntegreerd in de toplaag en is ze samengesteld uit fijne uitgestrooide granulaten die bedekt zijn met een coating. Ze maakt in de regel deel uit van het systeem dat voorgesteld wordt door de fabrikant.

9.2 ZWARE SCHUTLAGEN

Zware schutlagen zijn samengesteld uit grind, tegels, een min of meer monolithisch materiaal (beton, gietasfalt) of uit een laag vegetatie met substraat (groendaken) en hebben zowel voordelen als nadelen te bieden:

- **voordelen:**
 - beperking van de thermische belastingen op het dak (zie § 2.1.3, p. 19)
 - verbetering van het brandgedrag in aanwezigheid van cementgebonden of steenachtige materialen
 - bescherming tegen een aantasting door UV-straling
 - mogelijkheid om de afdichting losliggend te plaatsen (ballast) en dus:
 - betere demonteerbaarheid met het oog op de recyclage ervan op het einde van de levensduur
 - beperking van de thermische belastingen die in het membraan teweeggebracht worden door de thermische bewegingen van de dakvloer

Afb. 91 Dak dat bedekt is met rolgrind.



- **nadelen:**
 - noodzaak van een zwaardere draagconstructie
 - intensiever onderhoud
 - moeilijkheid om eventuele lekken te lokaliseren en te herstellen. Het kan dus nuttig zijn om de waterdichtheid te controleren zoals beschreven in § 8.6 (p. 113) alvorens men de afwerkingen aanbrengt
 - schepping van een milieu dat bevorderlijk is voor de ontwikkeling van micro-organismen.

Wat het toepassingsgebied van de zware schutlaag betreft: deze kan aangebracht worden op om het even welke ondergrond (eventueel met tussenplaatsing van een scheidingslaag), voor zover de stabiliteit van de dakvloer dit toelaat. Een losliggende plaatsing met een zware bescherming is ten stelligste aanbevolen:

- op een vochtige dakvloer die niet toelaat om een toereikende hechtsterkte te verkrijgen, evenals om het ontstaan van blaasvorming tussen de ondergrond en het membraan te vermijden, bijvoorbeeld in aanwezigheid van overvloedig bouwvocht of bij een uitvoering in winterse omstandigheden
- op een onverenigbare dakvloer (met eventuele tussenplaatsing van een scheidingslaag) op basis van teer (wat soms nog aangetroffen wordt bij renovaties) ⁽²⁰⁾, van bepaalde bepleisteringen of bepaalde kunststoffen.

Wanneer de zware bescherming dienst doet als ballast (losliggende plaatsing), dan moet ze onmiddellijk na de afdichting (warm dak) of de isolatie (omkeerdak) aangebracht worden.

9.2.1 GRIND

Het grind dat gebruikt wordt op platte daken is meestal rolgrind (riviergrind – afbeelding 91). De korrelgrootte ervan is minstens 16 mm. De meest voorkomende granulometrie is 16/32 mm, maar dit is niet altijd toereikend om de windbelastingen te kunnen opnemen, zoals blijkt uit de tabellen 33 en 34 (pp. 120 en 121) uit het BUtgb-informatieblad nr. 2 [B4] (soms 30/60 mm in de rand- en hoekzones).

Riviergrind kan een zekere hoeveelheid granulaten met scherpe hoeken bevatten (gebroken granulaten tijdens het transport of het blazen op het dak ...). Wanneer deze scherpe fractie aanzienlijk is (dit is tegenwoordig steeds vaker het geval), dan dient men op de

⁽²⁰⁾ Wanneer er gewerkt wordt op oude teerhoudende daken, dan dient men bijzondere aandacht te besteden aan de gezondheidsaspecten.

afdichting een scheidingslaag – polyestervlies of polypropyleennet (minimum 250 g/m², overlap van minstens 20 cm tussen de banen) – aan te brengen om de afdichting niet te beschadigen. Deze bescherming is niet noodzakelijk indien de afdichting goed bestand is tegen doorboring: synthetische laag met een dikte van meer dan 1,5 mm (caching aan de onderzijde niet inbegrepen) of polymeerbitumen met een polyesterwapening (> 180 g/m²). In dit geval moet het voetgangersverkeer op de grindlaag echter beperkt worden. Indien dit niet gebeurt, dan moeten er schikkingen getroffen worden in de circulatiezones.

Het gebruik van gebroken grind (steengroevegrind) is eveneens mogelijk mits bepaalde voorzorgen, waaronder de tussenplaatsing van een scheidingslaag (polyestervlies of polypropyleennet van minstens 300 g/m², overlap van minstens 20 cm tussen de banen). Dit type grind is echter niet aanbevolen omwille van het risico op beschadiging van de afdichting.

De aanwezigheid van het grind en van de onderliggende scheidingslaag vertraagt de afvoer van het regenwater. Ze vertonen het nadeel dat ze een potentiële broeihaard van micro-organismen vormen. In het geval van een PVC-afdichting, moet de keuze van het type PVC (weerstand tegen micro-organismen) aangepast zijn en moet de eventuele scheidingslaag een gesloten textuur (bv. PE-folie) vertonen. Een polyestervlies houdt de micro-organismen die afkomstig zijn uit de ballastlaag vast, wat als effect zou hebben dat het risico op de migratie van de weekmakers uit het afdichtingsmateriaal toeneemt in plaats van te dalen. De aanwezigheid van grind impliceert bepaalde aanpassingen op het niveau van de details en de aansluitingen:

- de opstand van de afdichting moet groter zijn: ≥ 150 mm vanaf de bovenzijde van het grind in plaats van vanaf het niveau van de afdichting (zie bijvoorbeeld afbeelding 37 van de TV 244) [W14]
- de noodzaak van een grindvang aan de omtrek van de kolken ...

Een ander mogelijk nadeel ligt in het feit dat de granulaten meegevoerd kunnen worden door vogels die ze vervolgens op de koepels, voorbijgangers ... kunnen laten vallen.

De helling van het dak moet beperkt zijn tot 5 % om het wegrollen van het grind te vermijden. Men dient in een regelmatig onderhoud te voorzien om te vermijden dat het dak overwoekerd zou worden door vegetatie die de afdichting zou kunnen beschadigen. Het grind moet proper zijn (beperkte hoeveelheid fijne deeltjes), zodat de waterafvoerinrichtingen niet verstopt zouden raken.

Riviergrind en kalksteengrind (groevegrind) houden

een risico op kalkafzettingen in het waterafvoersysteem en een risico op de verkleuring van het water in. Indien men het op het dak verzamelde water wenst te recupereren en te gebruiken, dan dient men een aangepaste grindsoort te gebruiken (bv. wit kwarts). Het strekt echter tot aanbeveling om ongeveer een jaar te wachten vooraleer men het waterrecuperatie- en filtratiesysteem in werking stelt.

9.2.2 TEGELS

De tegels worden bij voorkeur op tegeldragers geplaatst, die op hun beurt aangebracht worden op de afdichting en dit, onder een helling van maximaal 10 % (afbeelding 92).

Het contactoppervlak van de tegeldragers moet toereikend zijn om een overmatige druk op de afdichtings- en isolatiematerialen te vermijden. Meer informatie over de toelaatbare permanente drukspanning op de tegeldragers en de isolatie kan verkregen worden bij de fabrikanten of door er de gebruiksgeschiktheidsattesten op na te slaan. Het gedrag van de isolatie ten aanzien van mechanische belastingen en de klassen die voorgesteld worden door de EUtgb en de BUtgb staan vermeld in § 7.1.6 van voorliggende Technische Voorlichting (p. 70). Er wordt eveneens verwezen naar de benadering van de TV nr. 253 [W16] die indicatieve criteria voorstelt voor de mechanische karakteristieken van de isolatiematerialen, door ze toe te passen in twee rekenvoorbeelden, waaronder het voorbeeld van een dakterras, bekleed met tegels op tegeldragers.

Tussen de tegels en de afdichting kan er zich vuil en slib gaan ophopen, waardoor men dient over te gaan tot een regelmatig onderhoud (bv. met de waterstraal of de hogedrukreiniger onder de tegels).



Afb. 92 Tegels op tegeldragers.

Op een afdichting met afschot laat het gebruik van regelbare tegeldragers toe om een loopvlak te verkrijgen met een helling die kleiner is dan deze van de afdichting. Een andere mogelijkheid is om de tegels aan te brengen op zakken met gestabiliseerd zand waarvan de hoogte op het moment van de plaatsing bijgesteld kan worden. Deze uitvoering is echter minder duurzaam in de tijd. In het geval van een herstelling moeten de zakken bovendien vervangen worden.

De tegels kunnen ook rechtstreeks op een scheidingslaag geplaatst worden die de correcte afvoer van het water mogelijk maakt (bv. drainagemat).

Een traditionele (met mortel, op gestabiliseerd zand of in de verse dekvloer) of verlijmde (met mortellijm op een gewapende dekvloer) plaatsing van de tegels kan eveneens overwogen worden. Deze twee plaatsingswijzen moeten uitgevoerd worden volgens de voorschriften uit de [Technische Voorlichtingen nr. 196](#) [W8], [nr. 244](#) [W10] en [nr. 276](#) [W22]. In dit geval zal de afdichting niet langer toegankelijk zijn zonder de bekleding en de stellingen te demonteren. De terrasvloeropbouw moet op een scheidings- (in alle gevallen) en/of drainagecomplex (indien de dekvloer niet vorstbestendig is) aangebracht worden. Dit complex kan bijvoorbeeld



Afb. 93 Verstopping van een kolk door kalk, afkomstig van de stelmortel van de tegels.

opgebouwd zijn uit een niet-geweven polyester met daarboven een polyethyleenfolie of een drainagepaneel of uit een drainagemat met daarboven een niet-geweven polyester ... Zoals getoond in afbeelding 93 moet men bovendien rekening houden met het feit dat de aanwezigheid van cementgebonden materialen op de afdichting de afvoervoorzieningen kan verstopen door kalkuitlogingen (zie § 4.7.3.4 van de [Technische Voorlichting nr. 253](#)) [W16]. De verenigbaarheid van de afdichting met de cementhoudende materialen (alkaliën) moet trouwens geverifieerd worden.

De tegels kunnen ook op een bed van granulaten of zand geplaatst worden, waarvan de dikte na verdichting ongeveer 30 mm bedraagt. De voegen tussen de elementen hebben een breedte begrepen tussen 2 en 5 mm (meer dan het dubbel van de dimensionale tolerantie van de tegels) en worden opgevuld met behulp van een geschikt vulmateriaal. Het legbed wordt nooit aangebracht op de afdichting zelf, maar wel op een beschermings- en/of filterlaag (niet-geweven polyester, draineerpaneel met een niet-geweven polyestercatchering aan de bovenzijde ...). De granulaten moeten vorstbestendig en stofvrij zijn en moeten weerstand kunnen bieden tegen schade. Ter hoogte van de waterafvoeren moeten er schikkingen getroffen worden om te vermijden dat er materiaal uit het legbed meegevoerd zou worden door het water. Er is een randopsluiting nodig om te vermijden dat de tegels uit elkaar zouden gaan. Voor meer informatie omtrent dit plaatsingstype dient men er de [Technische Voorlichtingen nr. 253](#) [W16] en [nr. 276](#) [W22] op na te slaan.

Bepaalde systemen laten toe om de tegels rechtstreeks op de afdichting te verlijmen (op een niet-geïsoleerd dak of een vloeibaar aangebrachte afdichting).

Voor meer informatie over betontegels verwijzen we naar de [Technische Voorlichting nr. 276](#) [W22].

9.2.3 ANDERE BESCHERMINGSSYSTEMEN

Er bestaan nog een aantal andere bruikbare beschermingsystemen, waaronder:

- monolithisch beton en gietasfalt, die doorgaans gebruikt worden op parkeerdaken of bij de toegangswegen voor bijvoorbeeld brandweerwagens (zie § 4.6 van de [TV nr. 253](#)) [W16]
- groendaken, die aan bod komen in de [TV nr. 229](#) [W10]
- houten of metalen roosters, op tegeldragers geplaatste tegels uit imitatiehout, rubbertegels (als bekleding van speel- of sportterreinen) ... Houten terrassen zullen behandeld worden in een toekomstige Technische Voorlichting.

9.3 WINDWEERSTAND VAN DAKEN MET EEN ZWARE SCHUTLAAG

9.3.1 MINIMALE OPPERVLAKTE MASSA REKENING HOUDEND MET DE WINDBELASTING

Wanneer de zware schutlaag bestemd is om de windbelastingen op een dak met losliggende plaatsing op te nemen, dan moet het gewicht ervan groter zijn dan de onderdruk van de wind, vermeerderd met de van toepassing zijnde coëfficiënten (zie § 2.1.2, p. 10).

Wanneer er een schutlaag aangebracht wordt omdat de windweerstand van de verlijmd of gelaste afdichting ontoereikend is (dit is niet mogelijk voor een mechanisch bevestigde afdichting, zoals uitgelegd in § 2.1.2.3, p. 14), dan moet het gewicht van de ballast minstens gelijk zijn aan het verschil tussen de totale onderdruk van de wind en de windweerstand van het dak (rekenwaarde), voor zover de ballast gelijkmatig verdeeld is en op zich windstabil is (zie § 9.3.2).

In het geval van omkeerdaken moet er bovendien rekening gehouden worden met het optillen van de isolatieplaten wanneer deze zelf luchtdicht en op de afdichting geplaatst zijn. Het strekt tot aanbeveling om de platen van de zware schutlagen onmiddellijk te bedekken om te vermijden dat ze opgetild zouden worden, maar ook om het risico op opdrijven en verwerking (UV-stralen) tegen te gaan.

9.3.2 WINDWEERSTAND VAN DE SCHUTLAAG

Of de zware bescherming nu bestemd is om de windbelasting op te nemen (dakopbouw met losliggende plaatsing en ballast) of niet (hechtend geplaatste dakopbouw), men dient erop toe te zien dat deze laag op zich weerstand biedt tegen de wind, d.w.z. dat ze niet opgetild kan worden of kan gaan bewegen onder invloed van de windbelasting.

Om weerstand te kunnen bieden tegen de wind, moeten de losliggende elementen zoals de tegels of de platen een gewicht hebben dat minstens overeenstemt met de waarden uit tabel 33 (p. 120). Dit gewicht is niet noodzakelijk toereikend om de windbelasting op het dak op te nemen in het geval van een losliggend geplaatste afdichting, maar het zal er wel voor zorgen dat de tegels niet opgetild worden of zouden gaan bewegen onder invloed van de wind.

De minimale diameter van het grind die noodzakelijk is opdat het niet opgetild zou worden of zou gaan bewegen, is aangegeven in tabel 34 (p. 121). Onder minimumdiameter verstaat men onder andere een diameter van minstens 16 mm voor grind 16/32. Indien de vereiste minimumdiameter te groot is, dan verdient het de voorkeur om te opteren voor een ballast in de vorm van tegels, hoewel het ook mogelijk is om bijvoorbeeld gebruik te maken van keien.

De losgestorte volumieke massa van de granulaten is van de orde van 1,4 T/m³ voor rolgrind of halfgerold grind, van 1,25 tot 1,65 T/m³ voor kalksteenslag (volgens het kaliber) en van 1,35 tot 1,45 T/m³ voor porfier (volgens het kaliber).

Tabel 33 Minimaal vereist gewicht voor windbestendige ballasttegels.

Zone		Dakhoogte (m)																				
o Zee		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4,3	5,2	6,2	8,2	11,5	14,0	16,5	19,3
I Meer of zone met uiterst weinig vegetatie		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4,3	5,4	6,6	7,9	9,2	11,9	16,3	19,4	22,6	25,9	
II Zone met lage vegetatie		-	-	-	-	-	-	4,6	5,4	6,1	6,9	9,0	11,0	13,2	15,4	17,6	22,2	29,2	34,1	39,0	44,1	
III Zone met een regelmatige begroeiing		6,0	7,0	8,0	9,0	10,0	12,0	14,0	16,0	18,0	20,0	25,0	30,0	35,0	40,0	45,0	55,0	70,0	80,0	90,0	100,0	
IV Gebouwen > 15 m		16,3	18,8	21,3	23,7	26,2	30,9	35,7	40,4	45,0	49,6	61,0	72,0	83,3	94,3	105,0	-	-	-	-	-	
V _{b,0} = 23 m/s	Hoekzone	47	50	53	55	58	62	65	69	71	74	80	84	88	92	95	100	107	111	114	117	
	Randzone	37	40	42	44	46	49	52	55	57	59	64	67	70	73	76	80	86	89	91	94	
	Dakvlak 1	22	24	25	27	28	30	31	33	34	35	38	40	42	44	45	48	51	53	55	56	
	Dakvlak 2	4	4	4	4	5	5	5	5	6	6	6	7	7	7	8	8	9	9	9	9	
V _{b,0} = 24 m/s	Hoekzone	51	55	58	60	63	67	71	75	78	80	87	92	96	100	103	109	116	121	124	128	
	Randzone	41	44	46	48	50	54	57	60	62	64	69	73	77	80	83	87	93	97	100	102	
	Dakvlak 1	24	26	28	29	30	32	34	36	37	39	42	44	46	48	50	52	56	58	60	61	
	Dakvlak 2	4	4	5	5	5	5	6	6	6	6	7	7	8	8	8	9	9	10	10	10	
V _{b,0} = 25 m/s	Hoekzone	55	59	63	65	68	73	77	81	84	87	94	99	104	108	112	118	126	131	135	139	
	Randzone	44	47	50	52	55	58	62	65	67	70	75	79	83	87	90	95	101	105	108	111	
	Dakvlak 1	27	28	30	31	33	35	37	39	40	42	45	48	50	52	54	57	61	63	65	67	
	Dakvlak 2	4	5	5	5	5	6	6	6	7	7	8	8	8	9	9	9	10	10	11	11	
V _{b,0} = 26 m/s	Hoekzone	60	64	68	71	74	79	83	88	91	94	102	107	112	117	121	128	137	142	146	150	
	Randzone	48	51	54	57	59	63	67	70	73	75	81	86	90	94	97	102	109	113	117	120	
	Dakvlak 1	29	31	32	34	35	38	40	42	44	45	49	52	54	56	58	61	66	68	70	72	
	Dakvlak 2	5	5	5	6	6	6	7	7	7	8	8	9	9	9	10	10	11	11	12	12	

Tabel 34 Minimaal vereiste diameter voor windbestendig ballastgrind.

Zone		Dakhoogte (m)																				
o Zee		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4,3	5,2	6,2	8,2	11,5	14,0	16,5	19,3
I Meer of zone met uiterst weinig vegetatie		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4,3	5,4	6,6	7,9	9,2	11,9	16,3	19,4	22,6	25,9	
II Zone met lage vegetatie		-	-	-	-	-	-	4,6	5,4	6,1	6,9	9,0	11,0	13,2	15,4	17,6	22,2	29,2	34,1	39,0	44,1	
III Zone met een regelmatige begroeiing		6,0	7,0	8,0	9,0	10,0	12,0	14,0	16,0	18,0	20,0	25,0	30,0	35,0	40,0	45,0	55,0	70,0	80,0	90,0	100,0	
IV Gebouwen > 15 m		16,3	18,8	21,3	23,7	26,2	30,9	35,7	40,4	45,0	49,6	61,0	72,0	83,3	94,3	105,0	-	-	-	-	-	
$V_{b,0} = 23 \text{ m/s}$	Hoekzone	31	33	35	36	38	40	43	45	46	48	52	55	57	79	61	65	69	71	73	75	
	Randzone – Dakvlakken 1 en 2	12	13	14	14	15	16	17	17	18	19	20	21	22	23	24	25	27	28	29	29	
$V_{b,0} = 24 \text{ m/s}$	Hoekzone	34	36	38	39	41	44	46	49	51	52	56	59	62	64	67	70	75	78	80	82	
	Randzone – Dakvlakken 1 en 2	13	14	15	15	16	17	18	19	20	20	22	23	24	25	26	27	29	30	31	32	
$V_{b,0} = 25 \text{ m/s}$	Hoekzone	36	39	41	43	45	48	50	53	55	57	61	64	67	70	72	76	81	84	86	89	
	Randzone – Dakvlakken 1 en 2	14	15	16	17	17	19	20	21	21	22	24	25	26	27	28	30	32	33	34	35	
$V_{b,0} = 26 \text{ m/s}$	Hoekzone	39	42	44	46	48	51	54	57	59	61	66	69	72	75	78	82	88	91	93	96	
	Randzone – Dakvlakken 1 en 2	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	26	27	28	29	30	32	34	35	36	37	

10

RENOVATIE VAN PLATTE DAKEN

10.1 ALGEMEEN

De renovatie van een plat dak bestaat uit de vernieuwing van de dakopbouw, wat kan gaan van een eenvoudige herstelling van de afdichtingslaag tot de volledige vervanging van de dakopbouw vanaf de dakvloer. Er zijn verschillende redenen die aan de grondslag kunnen liggen van de gedeeltelijke of volledige renovatie van een dak:

- de algemene verbetering of het conform maken van het dak naar aanleiding van de beslissing om:
 - een bijkomende isolatie aan te brengen
 - de bestemming van het dak te wijzigen (terras, tuin ...)
 - de bestemming van het gebouw te wijzigen (binnenklimaatklasse)
 - een zonne-installatie aan te brengen
 - ...
- het vernieuwen of in de oorspronkelijke staat herstellen van het dak omwille van:
 - het feit dat de afdichting het einde van haar verwachte levensduur bereikt heeft
 - infiltraties
 - een beschadiging en/of vervorming van de draagstructuur
 - een beschadiging van de afdichting (bv. geoxideerd bitumen)
 - een onaanvaardbare dakopbouw (koud dak, isolatie onder de afschotlaag ...).
 - ...

In het geval van een renovatie is het niet altijd mogelijk om volledig aan de voorschriften uit de voorliggende Technische Voorlichting te voldoen, maar men dient zich hier wel in de mate van het mogelijke naar te plooien, weliswaar na een beoordeling van de risico's en de meerkosten.

In de huidige energetische context is het bijna ondenkbaar om een dak te renoveren zonder in een bijkomende isolatie te voorzien. De energie-eisen worden alsmaar strenger en het is weinig waarschijnlijk dat een dak dat een aantal jaren geleden opgetrokken werd nog aan de huidige voorschriften beantwoordt.

Aangezien er bij renovatiewerken slechts zelden een architect of een algemene aannemer aan te pas komt, dient de aannemer in dichtingswerken de dakopbouw te onderzoeken, de eventuele gebreken te repertoriëren en mogelijke verbeteringen voor te stellen. Hiertoe dient hij zich indien nodig te laten bijstaan of de bouwheer door te verwijzen naar een studie bureau of een andere specialist. We willen erop wijzen dat het zoeken naar renovatieoplossingen geval per geval gebeurt en dat er verschillende oplossingen geschikt kunnen zijn voor eenzelfde situatie. De ervaring en de deskundigheid van de aannemer spelen in deze context een belangrijke rol. Wij kunnen hier onmogelijk alle te overwegen oplossingen beschrijven. Het voorliggende document beperkt zich dus tot het geven van enkele aanduidingen en een aantal concrete voorbeelden. Voor de details en de aansluitingen verwijzen we naar de [Technische Voorlichting nr. 244](#) [W14].

Wanneer er zich problemen voordoen en er hieromtrent een advies gevraagd wordt, dan dient men eerst en vooral de oorzaak van de fenomenen te achterhalen. Hiertoe kan het nodig zijn om over te gaan tot een staalname. Het is echter niet mogelijk om te garanderen dat de genomen stalen representatief zijn voor het dak in zijn geheel. Het is pas nadat de problemen verholpen zijn dat men kan starten met de renovatie van het dak.

Indien het gerenoveerde systeem in het geval van een dakrenovatie dient te beantwoorden aan de klasse $B_{ROOF}(t_1)$, dan kunnen er zich twee situaties voordoen:

- ofwel beantwoordde het bestaande dak reeds aan de klasse $B_{ROOF}(t_1)$. In dit geval kan het volstaan om een afdichtingssysteem op het te renoveren dak aan te brengen waarvan aangetoond werd dat het aan de klasse $B_{ROOF}(t_1)$ voldoet (zie het gebruiksgeschiktheidsattest of het brandclassificatieverslag)
- ofwel beantwoordt het bestaande dak niet aan de klasse $B_{ROOF}(t_1)$ of kan deze klasse niet aangetoond worden. In dit geval dient men een dakopbouw aan te brengen die, in combinatie met het bestaande systeem (of met de delen die behouden blijven), beantwoordt aan de klasse $B_{ROOF}(t_1)$ (zie het gebruiksgeschiktheidsattest of het brandclassificatieverslag).

10.2 ONDERZOEK VAN HET BESTAANDE DAK VÓÓR DE RENOVATIE

De renovatie van een plat dak impliceert dat men vooraf een groot aantal elementen onderzoekt, waarvan hieronder een niet-limitatieve lijst gegeven wordt:

- de bestemming van het gebouw:
 - verandering van de binnenklimaatklasse
 - akoestische eisen
- de dakopbouw:
 - het dakconcept: koud dak (onaanvaardbaar, om te vormen tot een warm dak), onder de dakvloer of onder de afschotlaag aangebrachte isolatie (onaanvaardbaar), dakopbouw die rekening houdt met de richtlijnen uit voorliggende TV ...
 - klasse van gedrag t.a.v. een externe brand en andere brandeisen (zie hoofdstuk 2, p. 9)
 - weerstand tegen windbelastingen (hoofdstuk 2)
 - te bereiken afgewerkt niveau (beperkingen ter hoogte van de opstanden, schuifdeuren ...)
- de dakvloer. Men dient:
 - de aard ervan te bepalen (hout, beton, cellenbeton, holle elementen tussen liggers ...)
 - na te gaan of deze in staat is om een bijkomend gewicht op te vangen en dan vooral de belastingen die voortvloeien uit de uitvoering
 - de staat ervan te controleren (doorgebogen dakvloer, vochtig of verrot hout, gecorrodeerde betonwapeningen ...)
- de helling. Men dient:
 - te verifiëren of deze toereikend is of integraal of plaatselijk (waterstagnaties) gecorrigeerd moet (en kan) worden
 - te onderzoeken hoe deze tot stand gebracht wordt (hellende structuur of afschot)
 - de staat ervan te controleren (cohesie, vochtigheid, textuur, vlakheid ...) teneinde te bepalen of deze al dan niet behouden kan worden
- het dampscherm en de isolatie. Men dient:
 - de eventuele aanwezigheid van water in de dakopbouw na te gaan en de oorzaak ervan te bepalen (infiltraties, inwendige condensatie)
 - de eventuele aanwezigheid van een dampscherm te controleren en het type, de staat en de bevestigingswijze ervan te bepalen (continuïteit, correcte plaatsing ...)
 - de eventuele aanwezigheid van een isolatie na te gaan en het type, de ligging ervan in de dakopbouw, de bevestigingswijze en de staat ervan te bepalen (vocht, samendrukbaarheid ...)
 - de isolatiewaarde volgens de van kracht zijnde regionale decreten te bepalen
 - de op het dak aangrijpende belastingen te bepalen en de weerstand van de isolatie te controleren
 - in een bijkomende isolatie te voorzien. Dit is in elk geval aanbevolen, rekening houdend met de

huidige energetische context en het streven naar duurzaam bouwen

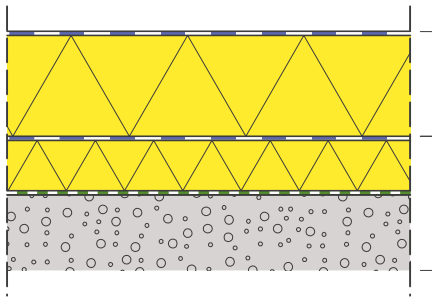
- de afdichting. Men dient:
 - de eventuele aanwezigheid van water in de dakopbouw na te gaan en de oorzaak ervan te bepalen (infiltraties, inwendige condensatie)
 - zich te vergewissen van de kwaliteit van de oude afdichtingslaag, van de bevestiging ervan en van de mogelijkheid om ze te behouden
 - de hoogte van de opstanden van de afdichting te controleren en te bepalen of het mogelijk is om deze nog te verhogen
 - de aard van de bestaande afdichting te onderzoeken
- de schutlaag: kan deze behouden blijven of moet ze vervangen worden?
- de dakdetails. Men dient:
 - de conformiteit van de verbindingdetails van de waterafvoeren en de andere aansluitingen met de voorschriften uit de [TV nr. 244 \[W14\]](#) te verifiëren evenals de goede werking van het waterafvoersysteem
 - na te gaan of het nodig is om de toebehoren (uitzittingsvoegen ...) te vervangen. Het is raadzaam om de kolken te vervangen, omdat het hier gaat om één van de meest delicate punten op het dak en het onmogelijk is te verzekeren dat hun residuele levensduur even lang zal zijn als deze van de nieuwe afdichting.

Voor deze werkzaamheden zal men de dakopbouw plaatselijk moeten openmaken. De proefstalen die op de verschillende plaatsen genomen werden, zijn echter niet altijd representatief voor het dak in zijn geheel.

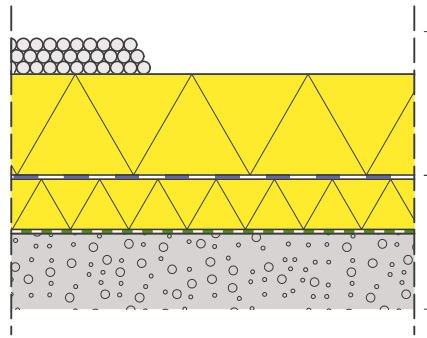
10.3 VOORBEELDEN VAN RENOVATIEOPLOSSINGEN

10.3.1 BIJKOMENDE ISOLATIE VAN EEN WARM DAK

Bij de renovatie van een plat dak is het ten stelligste aanbevolen om het van een bijkomende isolatie te voorzien. Indien het gaat om een warm dak en de bestaande dakopbouw bewaard kan blijven, dan kan de bestaande afdichting een dampschermfunctie krijgen (bij afwezigheid van of gebrek aan een dampscherm). Deze oplossing kan goedkoper zijn dan een demontage en vermijden dat er waterinfiltraties optreden tijdens de werken. Het kan nodig zijn om plaatselijke herstellingen uit te voeren of om een bijkomende afdichtingslaag toe te voegen, in het bijzonder wanneer de bestaande afdichting onderhevig is aan blaasvorming en/of een aanzienlijke krimp. De isolatie en de hierboven aangebrachte afdichting moeten dus uitgevoerd worden zoals aangegeven in voorliggende TV.



Afb. 94 Warm dak + warm dak.



Afb. 95 Warm dak + omkeerdak: duodak.

Men kan de twee volgende situaties onderscheiden:

- ofwel wordt er een warm dak aan een warm dak toegevoegd (afbeelding 94)
- ofwel wordt er een omkeerdak op het bestaande warme dak geplaatst om een duodak te vormen (afbeelding 95). Men dient zich ervan te vergewissen dat de dakvloer het bijkomende gewicht van de balast kan opnemen en dat de helling groot genoeg is (minstens 2 %).

Men dient na te gaan of de opstanden toereikend zijn, dan wel of deze verhoogd kunnen worden. Indien dit niet het geval is, dan bestaan er andere oplossingen zoals bijvoorbeeld de vermindering van de isolatiedikte langsheen een muur [M7].

Indien het bestaande warme dak vanuit een hygrothermisch oogpunt (risico op inwendige condensatie) niet onderhevig is aan vochtproblemen (condensatie), dan zal de toevoeging van een isolatie langs de buitenzijde de situatie alleen maar verbeteren.

10.3.2 BIJKOMENDE ISOLATIE VAN EEN OMKEERDAK

Een manier om een omkeerdak te verbeteren, bestaat erin om de isolatielaag door een dikkere laag te vervangen. Men dient na te gaan of het dakontwerp geschikt is voor een omkeerdakconfiguratie (helling te controleren na het verwijderen van de bestaande isolatie, warmteweerstand van de dakvloer).

De toevoeging van een laag isolatiemateriaal op een bestaande isolatie is niet toegelaten. Het water dat ingesloten zit tussen de lagen zou op termijn immers kunnen leiden tot een overmatige bevochtiging van de isolatieplaten.

Het is mogelijk dat het beoogde isolatieniveau niet behaald kan worden met één enkele laag XPS-isolatie (gelet op de op de markt beschikbare diktes). In dit geval zal de renovatie erin bestaan om de XPS-platen te verwijderen en een nieuw isolatie-afdichtingscom-

plex aan te brengen op de bestaande afdichting die dan de rol van dampscherm zal vervullen. De afdichting moet bijgevolg gewaarborgd worden volgens de configuratie van een warm dak of een duodak (warm dak met daarboven een XPS-isolatie). In dit laatste geval kan men overwegen om de XPS-platen opnieuw te plaatsen indien hun staat het toelaat.

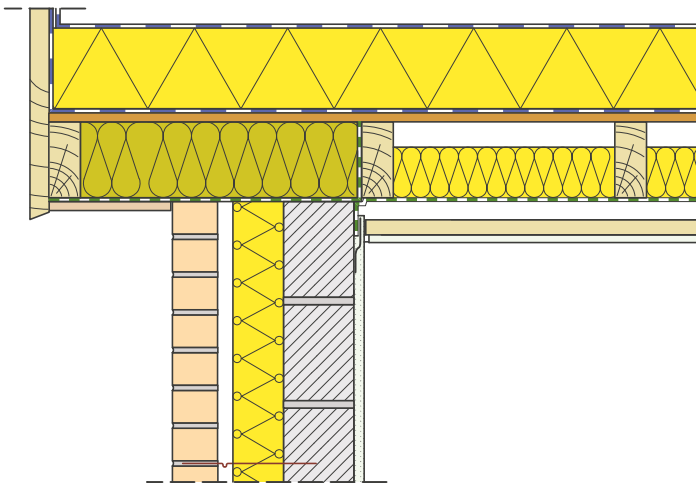
10.3.3 RENOVATIE VAN EEN KOUD DAK

Koude daken zijn technisch onaanvaardbaar en moeten omgevormd worden tot een aanvaardbare dakopbouw. Ze worden veelal omgevormd tot een warm dak, door de ventilatie met buitenlucht weg te werken (afdichten van de verluchtingsopeningen) en door een isolatie toe te voegen boven de dakvloer volgens het principe van een warm dak.

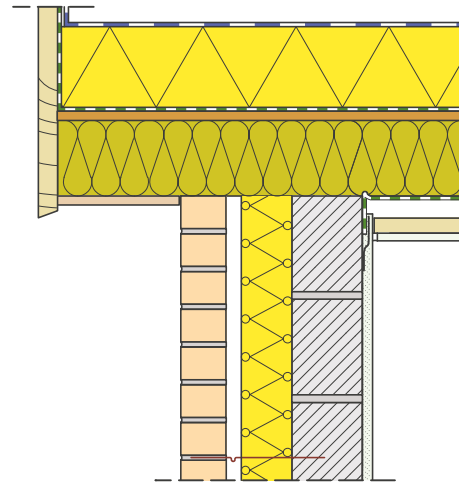
Naargelang van de staat ervan kan de dakvloer behouden blijven, dan wel vervangen worden. De controle van de staat van de dakvloer is uiterst belangrijk op een koud dak, aangezien de condensatieproblemen die men hier kan aantreffen vaak aanleiding geven tot een bevochtiging en schade (zie § 3.2.2, p. 33).

Het geniet de voorkeur om de bestaande isolatie te verwijderen zodanig dat men een klassiek warm dak kan uitvoeren. Afhankelijk van de staat waarin de isolatie verkeert, kan deze eventueel behouden en idealiter aangevuld worden, teneinde de luchtspouw weg te werken. Men bevindt zich dan in de in § 3.3.1 (p. 35) beschreven situatie, waarbij de warmteweerstand van de isolatie boven de dakvloer 1,5 keer hoger is dan deze van de isolatie onder de dakvloer (zo niet, dan moet men het condensatierisico controleren door berekening of een computersimulatie). De bestaande afdichting zal in dit geval de rol van dampscherm vervullen. Aan de aansluitingen met de gevels moet de continuïteit van de isolatie verzekerd worden door de ventilatieopeningen af te dichten (afbeelding 96, p. 126). Om de continuïteit van de isolatie te waarborgen, zal het altijd nodig zijn om de dakrand te openen (afbeelding 97, p. 126).

BALKEN DIE ZICH DWARS TEN OPZICHTE VAN DE MUUR BEVINDEN



BALKEN DIE RUSTEN OP DE MUUR



Afb. 96 Renovatie van een koud dak met een oversteek.



Afb. 97 Opening van de uitstekende dakrand met het oog op het isoleren ervan.

De ruimten tussen de balken kunnen bijvoorbeeld opgevuld worden met een isolatiemateriaal, waarbij de spleten dichtgemaakt worden met een isolatieschuim. We willen erop wijzen dat het bij een renovatie nodig is om in de eerste plaats toe te zien op de continuïteit van de isolatie en op de regen- en winddichtheid. De luchtdichtheid van de gebouwschil moet idealiter ook gewaarborgd zijn, maar dit is doorgaans moeilijker wanneer men enkel het dak renoveert.

Bij een koud dak van het zware type zal men de dakopbouw gewoonlijk moeten demonteren tot op de dakvloer en er een nieuw warm dak of een omkeerdak op moeten aanbrengen. Gelet op het feit dat de dakvloer meestal horizontaal is, zal het doorgaans nodig zijn om een afschot te creëren (zie afbeelding 29, p. 34).

10.3.4 VERBETERING VAN DE HELLING VAN EEN PLAT DAK

In het geval van een renovatie kan de aannemer geconfronteerd worden met daken die een ontoereikende helling vertonen. Er bestaan verschillende mogelijkheden om de helling plaatselijk dan wel globaal te verbeteren.

Indien de dakopbouw (warm dak) behouden blijft:

- dan brengt men een bijkomende isolatielaag met een geïntegreerde helling (afschotisolatie) aan
- of gaat men over tot de uitvoering van:
 - plaatselijke correcties van de helling met behulp van een specifieke massa (mengsel van een harsgebonden primer en zand, bitumineuze



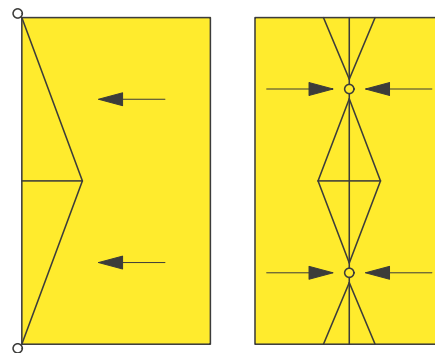
Afb. 98 Bitumineuze uitvlakmassa.

- massa (afbeelding 98), vermiculiet of andere). De hechting en de cohesie moeten toereikend zijn om de windweerstand van de dakopbouw te kunnen verzekeren
- diamantpunten met behulp van geprefabriceerde elementen (uit isolatiemateriaal). Het is noodzakelijk om deze te laten hellen in de richting van de dakwaterafvoeren en dit, voornamelijk om een waterstagnatie in de kielgoot te vermijden (zie afbeelding 8 van de TV 244) [W14]. Bepaalde isolatiefabrikanten stellen hiertoe gebruiksklare kits met een legplan voor (afbeelding 99).

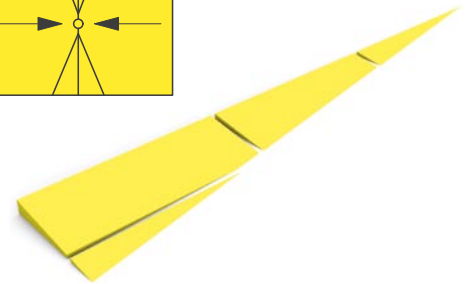
Indien de dakopbouw verwijderd wordt tot op de dakvloer en indien er geen voorlopige afdichting noodzakelijk is (zeldzaam bij renovaties, want dat betekent dat het gebouw niet bewoond is), dan is de situatie vergelijkbaar met een nieuwbouw en dient men zich te schikken naar de aanbevelingen uit voorliggende Technische Voorlichting.

Indien de dakopbouw verwijderd wordt tot op de dakvloer en indien er wel een voorlopige afdichting nodig is, dan dient men onderstaande procedure te volgen:

1. indien de dakvloer voldoende vlak is:
 - dan plaatst men een voorlopige afdichting
 - en brengt men naar keuze één van de volgende zaken aan:
 - een isolatie met geïntegreerde helling (afschotisolatie). In dit geval doet de voorlopige afdichting dienst als dampscherm. Deze oplossing biedt het grote voordeel dat er geen bouwvocht binnengebracht wordt. Ze biedt echter wel minder mogelijkheden voor wat de correctie van de vlakheidsgebreken betreft
 - een cementgebonden afschotlaag met respect voor de minimaal aanbevolen dikte (minimaal gewicht) en mits inachtnaam van een zo lang mogelijke droogtermijn om de insluiting van



Afb. 99 Diamantpunten uit isolatiemateriaal.



bouwvocht te beperken. In dit tweede geval zal er op de afschotlaag een dampscherm aangebracht moeten worden om de migratie van vocht naar de isolatielaag tegen te gaan. Indien de afschotlaag onvoldoende droog is, dan zal het dampscherm hier mogelijk niet correct aan vasthechten en zal er een ballast noodzakelijk zijn (zie de WTCB-Dossiers 2014/2.5) [M10]

- de voorlopige afdichting moet doeltreffend zijn om omgekeerde condensatie in de zomer te vermijden in het onwaarschijnlijke geval dat de bovenliggende isolatiedikte te gering zou zijn om een dergelijke condensatie tegen te gaan [M10]
2. indien de dakvloer oneffen is en het onmogelijk is om de afdichting hier correct op aan te brengen, dan moet de dakvloer, vooraleer men de hiervoor beschreven procedure toepast, geëgaliseerd worden, bv. met een mengsel uit een harsgebonden primer en zand. De dakvloer moet voldoende droog zijn
 3. als de dakvloer sterk doorbuigt, dan dient men een stabiliteitsingenieur te raadplegen die moet bepalen of deze behouden kan blijven dan wel versterkt moet worden, en die moet bepalen welke bijkomende belasting hierop mag aangrijpen. Vervolgens dient men naargelang van het geval de procedure uit punt 1 en/of punt 2 te volgen.

10.3.5 RENOVATIE VAN EEN DAK VOORZIEN VAN EEN ISOLATIE ONDER DE DAKVLOER OF ONDER HET AFSCHOT

Een dak met een thermische isolatie onder of in de dakvloer kan gerenoveerd worden door langs boven een bijkomende isolatie aan te brengen en dit, na de controle van het feit of de bestaande isolatie weldege-lijk behouden kan blijven. Men bevindt zich dan in het geval van een dak met een thermische isolatie op en

onder de dakvloer, waarbij de bestaande afdichting dienst doet als damp scherm. De warmteweerstand van de nieuwe isolatielaag die bovenop de dakvloer geplaatst wordt, moet dus minstens 1,5 keer hoger zijn dan deze van de laag die zich eronder bevindt. Indien dit niet het geval is, dan moet er een studie uitgevoerd worden om het risico op overmatige condensatie te vermijden (zie § 3.3.1, p. 35).

10.3.6 EENVOUDIGE RESTAURATIE VAN DE AFDICHTING

Het gaat hier om de herstelling van een bestaande afdichting die geen al te grote problemen vertoont, maar waarvan verondersteld wordt dat ze het einde van haar ‘normale’ levensduur bereikt heeft of waarop men een installatie wenst aan te brengen (bv. zonnepanelen). Deze eenvoudige herstelling impliceert dat het dak voldoende thermisch geïsoleerd is.

De **normale levensduur** kan niet *a priori* bepaald worden, omdat deze mede afhangt van de aard van de afdichting (materiaal, dikte ...), van de plaatsingswijze, van de thermische en mechanische belastingen die aangrijpen op het dak evenals van het onderhoud. Bij een bestaande afdichting op basis van geoxideerd bitumen zal deze levensduur vaak beperkt zijn. Ze kan gewoonlijk beoordeeld worden op basis van de ervaring van de aannemer in dichtingswerken of het studiebureau, van de kennis van de historie van het bouwwerk (jaar van plaatsing) en van een visuele inspectie (aanwezigheid/afwezigheid van leischilfers ...). Zo niet, dan kunnen laboratoriumproeven op een aantal genomen proefstalen een idee geven van de veroudering: dikte, onderzoek van het uitzicht van het oppervlak (bv. microscheurtjes), koude plooittemperatuur van het bitumen of het PVC, treksterkte en rek bij breuk ...

In deze context kan men in samenspraak met de aannemer in dichtingswerken tot de conclusie komen dat het volstaat om een nieuwe eindlaag op de bestaande afdichting aan te brengen en dit, mits het volgen van de onderstaande procedure evenals van de informatie uit de volgende paragrafen met betrekking tot de verschillende afdichtingstypes:

- verwijdering en opslag van de eventuele ballast, waarbij een overbelasting van het dak te vermijden is
- indien nodig, aanpassing van alle dakdetails (uitzetvoegen, slabben, aansluiting met koepels, buizen, kokers, opstanden ...) volgens de voorschriften uit de **Technische Voorlichting nr. 244** [W14]
- reiniging van de bestaande afdichting
- uitvlakken van de oneffenheden, opensnijden, drogen en dichtkleven (door lijmen of lassen) van eventuele blazen. Een veralgemeende blaasvorming wijst op problemen

- verdere afwerking van het dak door het aanbrengen van nieuwe slabben en eventuele randprofielen
- aanbrengen van een nieuwe hechtende afdichtingslaag, zoals beschreven in de volgende paragrafen.

De uitvoering van een bijkomende losliggende of mechanisch bevestigde afdichting is steeds mogelijk, ongeacht het type en de staat van de bestaande afdichting. Dit kan eventueel gepaard gaan met de tussenplaatsing van een scheidingslaag (polyestervlies). De dakvloer moet bestand zijn tegen het gewicht van de ballast of tegen de toepassing van een mechanische bevestiging.

Men kan eveneens overwegen om een nieuwe vloeibare afdichting op de bestaande afdichting aan te brengen. In dit geval dient men voldoende aandacht te besteden aan de volgende aspecten:

- men dient de hechtsterkte van de bestaande afdichting (visueel of in geval van twijfel proefondervindelijk) en de stabiliteit ervan ten aanzien van de thermische bewegingen (vooral voor ongewapende synthetische membranen) te controleren
- men dient zich ervan te vergewissen dat de bestaande afdichting geen vocht bevat. Is dit wel het geval, dan dient men beducht te zijn voor blaasvorming, aangezien de vloeibare afdichting enkel in totale hechting en dus niet in partiële hechting of losliggend uitgevoerd kan worden
- naargelang van de aard van de bestaande afdichting dient men na te gaan welk type vloeibare afdichting hiermee verenigbaar en verbindbaar is. Hiertoe dient men er hoofdstuk 9 van de **Technische Voorlichting nr. 244** (tabellen 11 en 12) [W14] en de voorschriften van de fabrikant op na te slaan
- men dient de voorschriften van de fabrikant te raadplegen voor wat betreft de plaatsingswijze (voorbereiding van de ondergrond, primer, integratie van een wapening, toelaatbare temperatuur en toelaatbaar vochtgehalte ...).

Indien de bestaande afdichting vocht bevat, dan mag de plaatsing enkel losliggend, in partiële hechting of door mechanische bevestiging gebeuren.

10.3.6.1 Renovatie van een bitumineuze afdichting

Op een bestaande bitumineuze afdichting bestaat de meest logische oplossing erin om een nieuwe bitumineuze afdichting aan te brengen, door als volgt te werk te gaan (naast de hierboven beschreven algemene procedure):

- drogen van het oppervlak
- door borstelen de niet-hechtende deeltjes (stof, minerale bescherming ...) verwijderen om een zuiver

ver en vlak oppervlak te verkrijgen

- aanbrengen van een bitumineus hechtvernis om een goede hechting met de bestaande bitumineuze laag te verkrijgen
- plaatsing van een dakbaan uit polyesterbewapend polymeerbitumen met behulp van een techniek die aangepast is aan het beschouwde type bitumineus membraan. Een volvlakkige hechting geniet de voorkeur om de voordelen van een meerlaags systeem te behouden (geen watercirculatie tussen de lagen), op voorwaarde dat de bestaande afdichting droog is. Indien dit niet het geval is (aanwezigheid van blazen, membraan met een viltwapening die vocht bevat), dan moet de toplaag losliggend (voor zover de dakvloer in staat is om een ballast te ontvangen) geplaatst worden, in partiële hechting of door mechanische bevestiging. Een koudverlijming kan eveneens overwogen worden.

Oude bitumineuze afdichtingen zijn evenzeer geschikt om een synthetische afdichting te ontvangen. In dit geval kan het nodig blijken om aan de onderzijde gecacheerde dakbanen te gebruiken die verenigbaar zijn met bitumen (een membraan met een polyesterachering aan de onderzijde dat koudverlijmd kan worden, een membraan met een zelfklevende cachering aan de onderzijde die verenigbaar is met bitumen ...).

Het is eveneens mogelijk om een vloeibare afdichting aan te brengen volgens de hiervoor beschreven procedure. De niet-hechtende deeltjes (stof, minerale bescherming ...) moeten verwijderd worden door borstelen.

10.3.6.2 Renovatie van een synthetische afdichting

Indien de bestaande afdichting losliggend geplaatst of mechanisch bevestigd is, dan moet ook de bijkomende laag steeds losliggend geplaatst of mecha-

nisch bevestigd worden (eventueel met tussenplaatsing van een scheidingslaag). Deze technieken genieten eveneens de voorkeur voor de renovatie van een bestaande hechtend geplaatste afdichting.

De hechtende plaatsing van de nieuwe afdichting vormt een uitzondering en kan uitgevoerd worden mits de tussenplaatsing van een tussenlaag volgens de voorschriften van de fabrikant (bv. isolatie met een geringe dikte, geëxpandeerde lijm met een aanzienlijke dikte).

Een EPDM-afdichting kan bedekt worden door een nieuwe EPDM-afdichting die naargelang van de ondergrond verlijmd, mechanisch bevestigd of geballast wordt. In het geval van een hechtende plaatsing is het belangrijk dat alle niet-hechtende of onvoldoende hechtende zones verwijderd, herbevestigd of opnieuw verlijmd worden alvorens men overgaat tot het aanbrengen van de nieuwe afdichtingslaag. Omwille van de diversiteit aan synthetische materialen (samenstelling, wapening en cachering aan de bovenzijde) dient men zich te plooiën naar de instructies van de fabrikant of naar de voorschriften uit het voorliggende document.

10.3.6.3 Renovatie van een vloeibaar aangebrachte afdichting

De meest logische oplossing bestaat erin om een nieuwe vloeibare afdichtingslaag aan te brengen volgens de hiervoor beschreven procedure.

Het is eveneens mogelijk om over te gaan tot de hechtende plaatsing van een afdichtingsmembraan, na het aanbrengen van een primer of een andere geschikte behandeling op de afdichting. Men dient de staat van deze laatste na te gaan en de verenigbaarheid van de verschillende producten te verifiëren.

11

ONDERHOUD EN TOEGANKE- LIJKHEID VAN PLATTE DAKEN

11.1 INLEIDING

Het onderhoud omvat een reeks preventieve en andere maatregelen die getroffen moeten worden opdat het bouwwerk gedurende zijn volledige levensduur al zijn voorziene functies zou kunnen blijven vervullen.

Daken moeten regelmatig onderhouden worden op het initiatief van de eigenaar. Dit onderhoud gebeurt bij voorkeur door de persoon die de afdichting uitgevoerd heeft en waarmee de eigenaar een onderhoudscontract gesloten heeft, met inbegrip van de periode die gedekt wordt door de tienjarige aansprakelijkheid. Het omvat verschillende stappen die hierna beschreven worden:

- de reiniging
- de inspectie
- de herstelling.

De reiniging gebeurt minstens twee keer per jaar, na de winter en na het vallen van de bladeren, de inspectie (en de eventuele herstelling) minstens één keer per jaar.

11.2 STAPPEN VAN HET ONDERHOUD

11.2.1 REINIGING

Zoals hiervoor reeds vermeld werd, moet het dakoppervlak minstens twee keer per jaar gereinigd worden (na de herfst en na de winter). Dit gebeurt door de verwijdering van alle dode bladeren, mossen en andere vuilresten die de correcte afvloeiing van het water naar de afvoeren zouden kunnen verhinderen of de gebeurlijke schade zouden kunnen maskeren. Soms kan er een hogere onderhoudsfrequentie vereist zijn, bijvoorbeeld wanneer er bomen over het dak hangen.

De reiniging kan uitgevoerd worden door een niet-gespecialiseerd bedrijf, dat vooraf wel de aannemer die verantwoordelijk was voor de uitvoering van het dak dient te raadplegen voor meer informatie omtrent de te volgen werkwijze. Men dient er eveneens de [Onderhoudsgids voor duurzame gebouwen](#) op na te slaan [W1]. Men dient bijvoorbeeld het gebruik van

agressieve producten en puntige of scherpe voorwerpen en schoenen te vermijden, aangezien deze de afdichting zouden kunnen beschadigen.

De onderdelen van het waterafvoersysteem (kolken, goten, overlopen ...) moeten gereinigd worden en ontdaan worden van alle vuilresten die de goede werking ervan in het gedrang zouden kunnen brengen (in het bijzonder de leischilfers of de granulaten uit de afwerking van de membranen tijdens het eerste jaar na de uitvoering).

11.2.2 INSPECTIE

Het dak moet minstens één keer per jaar visueel en op professionele wijze geïnspecteerd worden en dit, na een reiniging. Deze inspectie heeft als oogmerk om de gebeurlijke schade aan het licht te brengen en omvat onder meer:

- een algemeen nazicht van de afdichting (plooivorming, verzakking, veroudering, loskomen ...)
- de controle van de overlapverbindingen, de details en de aansluitingen van de afdichting
- de controle van de kolken, de afvoerbuizen, de spuwers, de eventuele schutlaag, de slabben, de profielen, de voegen ...

De gebeurlijke schade aan de binnenafwerking (vochtvlekken, schimmel ...) moet door de gebruiker onmiddellijk gemeld worden aan de onderhoudsverantwoordelijke.

De [Onderhoudsgids voor duurzame gebouwen](#) [W1] bevat een gedetailleerde lijst van de controle- en herstellingswerkzaamheden, van de aandachtspunten evenals een uitgebreide literatuurlijst.

Indien de gebouwbeheerder meldt dat er waterinfiltraties zijn, maar dat er tijdens de inspectie geen schade opgemerkt werd aan het dakoppervlak, dan kan er overgegaan worden tot een diepgaander onderzoek om de oorzaken van de infiltraties aan het licht te brengen (destructief onderzoek, detectie van vochtconcentraties met behulp van elektronische apparatuur, gebruik van gekleurde vloeistoffen of tracergassen ...).

We willen erop wijzen dat beperkte en plaatselijke waterstagnaties moeilijk volledig te vermijden zijn en de duurzaamheid van de meeste moderne afdichtingen niet in het gedrang brengen [N4].

11.2.3 HERSTELLING

De tijdens de inspectie vastgestelde schade moet hersteld worden. Het kan hier bijvoorbeeld gaan om:

- een plaatselijke herstelling van de afdichting (loskomen, opening van de overlapverbindingen, accidentele schade ...)
- het aanbrengen van een bijkomende bescherming in zones met intens verkeer
- de correctie van de ballast op een geballast dak (warm dak of omkeerdak).

Indien er voorlopige herstellingen uitgevoerd moeten worden, dan dient men de schade in detail te onderzoeken en er de oorzaak van te achterhalen teneinde een definitieve herstelling in overweging te kunnen nemen (zie hoofdstuk 12).

11.3 ONDERHOUDSCONTRACT

De beheerder van het bouwwerk en de onderhoudsverantwoordelijke kunnen een onderhoudscontract sluiten waarin de volgende gegevens opgenomen zijn (niet-limitatieve indicatieve lijst):

- de contactgegevens van het gebouw, de bouwheer en de firma die verantwoordelijk is voor het onderhoud
- de oppervlakte waarop het contract betrekking heeft
- de begindatum van het contract, de contractduur en de verlengings- en beëindigingsvoorwaarden
- de data of periodes van het jaar waarop het onderhoud uitgevoerd moet worden
- de beschrijving van de onderhoudswerkzaamheden (samenvatting of eventueel aangevulde lijst van de inspectie- en herstellingswerken zoals hiervoor aangegeven)
- de elementen die in het verslag opgenomen moeten zijn: vooraf van de bouwheer ontvangen informatie, datum, vastgestelde gebreken, uitgevoerde herstellingen, mogelijke oorzaken van de belangrijkste schade en herstellingsadviezen, algemene indrukken, opmerkingen ...
- de termijn voor de indiening van het verslag.

In het onderhoudscontract moeten niet alleen de prijs (en de eventuele indexeringsvoorwaarden), de betalingsvoorwaarden en de lijst met onderhoudswerkzaamheden die in de prijs van het contract inbegrepen zijn opgenomen zijn, maar ook de beheerskosten

(arbeidskrachten, materiaal) voor de eventuele grotere herstellingen die niet inbegrepen zijn in het contract.

Bepaalde typeonderhoudscontracten zijn terug te vinden in de literatuur of kunnen bekomen worden bij beroepsorganisaties zoals BEVAD (Belgische Vereniging van Aannemers van Dichtingswerken).

11.4 TOEGANKELIJKHEID EN VEILIGHEID

De bouwheer dient in het bijzonder toe te zien op de toegankelijkheid van het dak en dient de nodige maatregelen te treffen om te vermijden dat het beschadigd zou raken. Hij dient dan ook in looppaden te voorzien indien het dak frequent toegankelijk moet zijn voor onderhoudsdoeleinden (installaties, zonnepanelen ...) evenals ter hoogte van de plaats waar men het dak betreedt (zie § 9.2, p. 116).

Wat de mogelijkheid betreft om de dakopbouw en dus ook de isolatie (en de afdichting) te belopen, verwijzen we naar de hoofdstukken 7 en 8 (pp. 67 en 83) waarin de eisen voor de mechanische karakteristieken van de isolatie (druksterkte, kruip- en ponsweerstand) en de afdichting (ponsweerstand) in functie van het gebruik van het dak vastgelegd zijn.

Er moeten maatregelen getroffen worden om het dak in alle veiligheid te kunnen betreden. Het uitwerken van deze veiligheidsaspecten behoort in principe tot de taken van de gebouwbeheerder.

Indien het dak regelmatig belopen zal worden (terras, technische installaties, verhoogde veiligheidseisen ...), dan is het aanbevolen om vanaf de ontwerpfase in opstanden te voorzien die beantwoorden aan de normatieve eisen voor borstweringen, of om balustrades te plaatsen aan de dakrand. De desbetreffende eisen staan beschreven in de norm NBN B 03-004 [B10].

Men moet in een permanente antivalbescherming voorzien en vermijden om installaties nabij de dakranden te plaatsen. Om het onderhoud in alle veiligheid mogelijk te maken, moet er een veiligheidsafstand begrepen tussen 80 cm en 1 m in acht genomen worden [M1].

Werknemers die blootstaan aan een risico op een val vanop een hoogte van meer dan 2 m moeten persoonlijke beschermingsmiddelen tegen het vallen vanop een hoogte (harnasgordel met verankeringspunten) gebruiken indien de risico's niet weggewerkt kunnen worden aan de bron of niet op bevredigende wijze beperkt kunnen worden door het treffen van collectieve beschermingsmaatregelen. Voor meer debetreffende informatie verwijzen we naar het KB van 13 juni 2005 [F6].

12

PATHOLOGIEËN VAN PLATTE DAKEN

Tabel 35 (pp. 134 en volgende) geeft een beschrijving van de pathologieën die aangetroffen worden op platte daken, van hun symptomen of hun karakteristieken, van hun mogelijke oorzaken, van de te overwegen oplossingen en de te nemen preventiemaatregelen.

Tabel 35 Pathologieën van platte daken: mogelijke oorzaken, oplossingen en te overwegen preventiemaatregelen.

Type schade, karakteristieken en symptomen	Mogelijke oorzaken	Oplossingen en te overwegen preventiemaatregelen
Beschadiging van een dakvloer uit cellenbeton (afbeeldingen 100 en 101) <ul style="list-style-type: none"> • Doorbuiging van de dakvloer en waterstagnaties • Corrosie en afspringen van de betonwapening 	<ul style="list-style-type: none"> • Overmatige bevochtiging ten gevolge van inwendige residuele condensatie (binnenklimaatklasse IV) of van infiltraties • Wapeningscorrosie (chloordampen, zwembad) 	<ul style="list-style-type: none"> • Een stabiliteitsingenieur raadplegen. • Sterk beschadigde platen vervangen. • Een bijkomend dampscherm en een bijkomende thermische isolatie aanbrengen om het condensatieverschijnsel te beperken. • Zie § 10.3.4, p. 126 (verbetering van de helling). Preventie Geen platen uit cellenbeton gebruiken in de klimaatklasse IV.
Vocht, ingesloten in geprefabriceerde holle welfsels <ul style="list-style-type: none"> • Verschijning van vochtvlekken op het plafond • Waarneming van vochtlopers bij het sonderen van de dakvloer 	Waterophoping in de holle ruimten van de holle welfsels tijdens de bouwfase	Gaten boren ter plaatse van de laagste punten van de holle ruimten. Preventie De holle welfsels vooraf doorboren tot in de holle ruimten.
Corrosie van geprofileerde staalplaten (afbeelding 102) <ul style="list-style-type: none"> • Corrosie en overmatige vervorming van de platen • Aanwezigheid van vochtlopers 	Waterstagnatie in het dal van de golven ten gevolge van: <ol style="list-style-type: none"> 1. lekken in de dakafdichting of infiltraties aan de achterzijde van de opstanden van de afdichting (omzeiling) 2. het verschijnsel van ‘omgekeerde’ condensatie 3. een accumulatie van regenwater tijdens de bouwfase 	<ul style="list-style-type: none"> • Doorboringen uitvoeren in het midden van de overspanning. • De oorzaak van de lekken en de mogelijkheden tot het omzeilen van de afdichting wegwerken (1). • Het isolatieniveau/de luchtdichtheid van de dakopbouw verbeteren (2). • Een ‘normaal’ binnenklimaat handhaven om een bevochtiging door condensatie te vermijden. • Zie de Technische Voorlichting nr. 239 (bijlage 4) [W12]. Preventie Infiltratie- en condensatieproblemen vermijden door te zorgen voor een correcte dakopbouw en een verzorgde uitvoering van de aansluitingen.
Falende mechanische bevestiging (afbeelding 103) <ul style="list-style-type: none"> • Doorboring van de afdichting door de bevestigingen • Loskomen of uittrekken van de mechanische bevestigingen 	<ul style="list-style-type: none"> • Verdeelplaatjes die niet aangepast zijn aan de stijfheid van het isolatiemateriaal • Te hard aandraaien van de schroeven • Doorponsen van de afdichting door de schroeven omwille van de vervormingen van een samendrukbaar isolatiemateriaal • Intens verkeer op de afdichting 	<ul style="list-style-type: none"> • De defecte bevestigingen verwijderen. • De isolatie en de afdichting herbevestigen met behulp van geschikte schroeven en verdeelplaatjes (1). • Een afdekstrook over de nieuwe bevestigingen aanbrengen. • De aandraaiing vooraf controleren (2). • Gebruik van schroeven die voorzien zijn van een bijkomende hoge draad onder de schroefkop of van telescopische bevestigingen (3). Preventie Gebruik van bevestigingen die verenigbaar zijn met het isolatiemateriaal (zie tabel 10 en bijlage 4 van de Technische Voorlichting nr. 239) [W12]



Afb. 100 Beschadiging van een dakvloer uit cellenbeton.







Afb. 101 Beschadiging van een dakvloer uit cellenbeton.



Afb. 102 Corrosie van geprofileerde staalplaten.



Afb. 103 Onstabiele mechanische bevestiging.

Type schade, karakteristieken en symptomen	Mogelijke oorzaken	Oplossingen en te overwegen preventiemaatregelen	
<p>Beschadiging van multiplex op de dakrand (afbeelding 104)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Loskomen van het multiplex • Losrukken van de spouwafdekking en van de randafwerking 	<ul style="list-style-type: none"> • Vocht afkomstig van: <ul style="list-style-type: none"> – infiltraties (deze oorzaak is echter vaak uitgesloten; infiltraties zijn een plaatselijk verschijnsel, terwijl dit type schade doorgaans veralgemeend is) – een insluiting van bouwvocht (in de afschotlaag, in de openingen van de geperforeerde blokken die gebruikt worden in de opstanden) – condensatie (hoge vochtproductie binnenshuis, ongeschikt ontwerp van de opstand) • Multiplex van een ongeschikte kwaliteit (hout en verlijming) 	<p>Preventie</p> <ul style="list-style-type: none"> • Opteren voor een multiplex dat aangepast is aan het voorziene gebruik: voldoende duurzame houtsoort (klasse I tot III zonder verduurzamingsbehandeling) en verlijming van ten minste klasse 2 (zie de WTCB-Dossiers 2016/4.7) [C3]. • Vermijden van een overmatige bevochtiging: de hoeveelheid bouwvocht in de opstanden (vol materiaal of opvullen van de openingen van de geperforeerde blokken) of in de afschotlaag beperken. De details ontwerpen in functie van de binnenklimaatklasse, zodanig dat de condensatie op deze plaats beperkt blijft (bijkomend dampscherm en bijkomende isolatie in plaats van isolerend metselwerk in binnenklimaatklasse IV; zie de Technische Voorlichting nr. 244) [W14]. 	
<p>Omgekeerde condensatie van het vocht dat ingesloten zit in de dakopbouw (afbeeldingen 105 en 106)</p> <p>Vochtvlekken of waterinsijpelingen ter plaatse van de onderbrekingen in de dakvloer (scheurtjes, lichtpunten ...) tijdens zonnige periodes, meestal in de minder geïsoleerde zones (randen ...)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Migratie van het ingesloten bouwvocht (bv. in een licht hellingsbeton) en het infiltratiewater naar binnen toe tijdens de zomer als gevolg van omgekeerde condensatie • Accentuering van het verschijnsel in weinig geïsoleerde daken (grotere temperatuurgradiënt in de afschotlaag) 	<p>Een bijkomende thermische isolatie op de dakvloer aanbrengen.</p> <p>Preventie</p> <p>Het insluiten van bouwvocht in de dakopbouw vermijden.</p>	
<p>Onregelmatige plaatsing van de afschotisoliatie omwille van de aanwezigheid van leidingen op de dakvloer (afbeelding 107)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Aanzienlijke waterstagnaties ondanks de aanwezigheid van de afschotisoliatieplaten (2 %) • Aanwezigheid van elektrische leidingen bovenop het dampscherm 	<ul style="list-style-type: none"> • Onmogelijkheid om de isolatieplaten correct te plaatsen omwille van de aanwezigheid van elektrische leidingen en onvlakheden in de dakvloer • Verzwakte isolatieplaten door de uitsparingen voor de leidingen 	<p>Zie 'Waterstagnaties op platte daken', p. 136.</p> <p>Preventie</p> <p>Bij gebruik van afschotisoliatieplaten aandacht besteden aan:</p> <ul style="list-style-type: none"> • de vlakheid van de ondergrond • de aanwezigheid van leidingen die in een vlakke egalisatielaag geplaatst moeten worden. 	
			
<p>Afb. 104 Beschadiging van het multiplex aan de dakrand.</p>	<p>Afb. 105 Omgekeerde condensatie.</p>	<p>Afb. 106 Vocht in de dakopbouw.</p>	<p>Afb. 107 Onregelmatige plaatsing van de afschotisoliatieplaten.</p>

(vervolg van de tabel op pp. 136 en volgende)

Tabel 35 Pathologieën van platte daken: mogelijke oorzaken, oplossingen en te overwegen preventiemaatregelen (vervolg 1).

Type schade, karakteristieken en symptomen	Mogelijke oorzaken	Oplossingen en te overwegen preventiemaatregelen
<p>Waterstagnaties op platte daken (afbeeldingen 108 en 109)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Ontoereikende dakhelling • Verhoogd risico op waterstagnaties in de goot wanneer de helling tot stand gebracht wordt door in helling geplaatste geprefabriceerde elementen (industriële gebouwen) • Onmogelijkheid om beperkte waterstagnaties volledig uit te sluiten, zelfs indien het dak uitgevoerd wordt volgens de regels van de kunst 	<ul style="list-style-type: none"> • Beperkte waterstagnaties niet beschouwen als een voldoende reden om voorbehoud te maken tijdens de oplevering van een dak (zie de WTCB-Dossiers 2013/4.7) [N4]. • In het geval van aanzienlijke waterstagnaties de dakhelling verbeteren (zie § 10.3.4, p. 126). <p>Preventie</p> <ul style="list-style-type: none"> • Bij de opvatting van het dak in een helling van minstens 2 % voorzien. • De waterafvoeren bij voorkeur verdiept in de dakvloer uitvoeren.
<p>Gebrekkige oppervlaktecohesie van lichte cementgebonden afschotlagen (schuimbeton) (afbeeldingen 110 en 111) Het oppervlak vertoont afschilfering of stofvorming waardoor de goede hechting van het dampscherm belemmerd wordt</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Aanwezigheid van een aanzienlijke hoeveelheid bouwvocht in de afschotlaag op het ogenblik van de plaatsing • Uiterste gevoeligheid van lichte en poreuze cementgebonden afschotlagen voor de weersomstandigheden tijdens de uitvoering en de daaropvolgende dagen (zon, regen, vorst ...), wat kan leiden tot een ontoereikende oppervlaktecohesie of droging <p>Zie de WTCB-Dossiers 2014/2.5 [M10]</p>	<p>Het afdichtingssysteem losliggend plaatsen en in een ballast voorzien (indien de dakvloer dit toelaat) of mechanisch bevestigen (tot in de dakvloer).</p> <p>Preventie</p> <p>Indien de klimatologische omstandigheden ongunstig zijn, opteren voor een hellingsmateriaal dat minder weersgevoelig is, zoals een dekvloermortel, een mager beton of afschotisolatieplaten en/of voor een afdichtingssysteem dat losliggend geplaatst kan worden.</p>



Afb. 108 Waterstagnatie.



Afb. 109 Waterstagnatie.



Afb. 110 Gebrekkige oppervlaktecohesie van een lichte cementgebonden afschotlaag.



Afb. 111 Gebrekkige oppervlaktecohesie van een lichte cementgebonden afschotlaag.

Type schade, karakteristieken en symptomen	Mogelijke oorzaken	Oplossingen en te overwegen preventiemaatregelen
<p>Inwendige condensatie in een koud dak (afbeeldingen 112 en 113)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Doorbuiging van de beplanking enige tijd na de uitvoering • Quasi veralgemeende aanwezigheid van schimmel aan de onderzijde van de beplanking • Soms, beschadiging van het hout 	<p>Condensatieprobleem dat specifiek is voor koudedakopbouwen (zie § 3.2.2, p. 33)</p>	<p>De dakopbouw omvormen tot een warm dak of een omkeerdak (zonder geventileerde luchtspouw): zie hoofdstuk 10 (p. 123).</p> <p>Preventie</p> <p>Opteren voor een warm dak of een omkeerdak (in functie van de dakvloer).</p>
<p>Inwendige condensatie in een compactdak (afbeeldingen 114 en 115)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Doorbuiging van de beplanking enige tijd na de uitvoering • Verschijning van vochtvlekken op het plafond na een lange warme periode zonder regen 	<ul style="list-style-type: none"> • Risico op het insluiten van bouwvocht en condensatie dat specifiek is voor dit daktype (zie § 3.3.2, p. 33) • Noodzaak om zowel tijdens als na de werken bepaalde voorwaarden te respecteren die in de praktijk niet altijd volledig beheerst kunnen worden en die bovendien gewijzigd kunnen worden in het geval van een verandering van eigenaar of bestemming • Keuze voor een ongeschikt isolatiemateriaal en een ongeschikte dakvloer 	<p>De dakopbouw omvormen tot een warm dak.</p> <p>Preventie</p> <ul style="list-style-type: none"> • Bij voorkeur opteren voor een warm dak of een omkeerdak. • In het geval van een compactdak de voorwaarden vóór, tijdens en na de werken in acht nemen.
<p>Inwendige condensatie in een warm dak</p> <ul style="list-style-type: none"> • Isolatie op basis van minerale wol op geprofileerde staalplaten; bitumineuze afdichting; geen dampscherm • Binnenklimaatklasse II (voorzien in het ontwerp) die feitelijk een klasse III blijkt te zijn • Verwarmingssysteem met warme lucht dat een lichte overdruk teweegbrengt • Sporen van vochtlopers ter hoogte van de laagste punten van het dak 	<p>Inwendige condensatie die in de hand gewerkt wordt door:</p> <ul style="list-style-type: none"> • de afwezigheid van een geschikt dampscherm voor de reële en de in het ontwerp voorziene binnenklimaatklasse • de lichte overdruk die teweeggebracht wordt door het verwarmingssysteem 	<ul style="list-style-type: none"> • Het binnenklimaat in de mate van het mogelijke beheersen. • Een toereikende bijkomende thermische-isolatielaag op de bestaande dakopbouw aanbrennen (omvorming tot een duodak of creatie van een bijkomend warm dak). <p>Preventie</p> <ul style="list-style-type: none"> • In een geschikt dampscherm voorzien rekening houdend met de aanbevelingen uit tabel 14 (p. 63). • Correcte bepaling van de binnenklimaatklasse vanaf het ontwerp.



Afb. 112 Schade ten gevolge van inwendige condensatie in een koud dak.



Afb. 113 Schade ten gevolge van inwendige condensatie in een koud dak.



Afb. 114 Schade ten gevolge van inwendige condensatie in een compactdak.

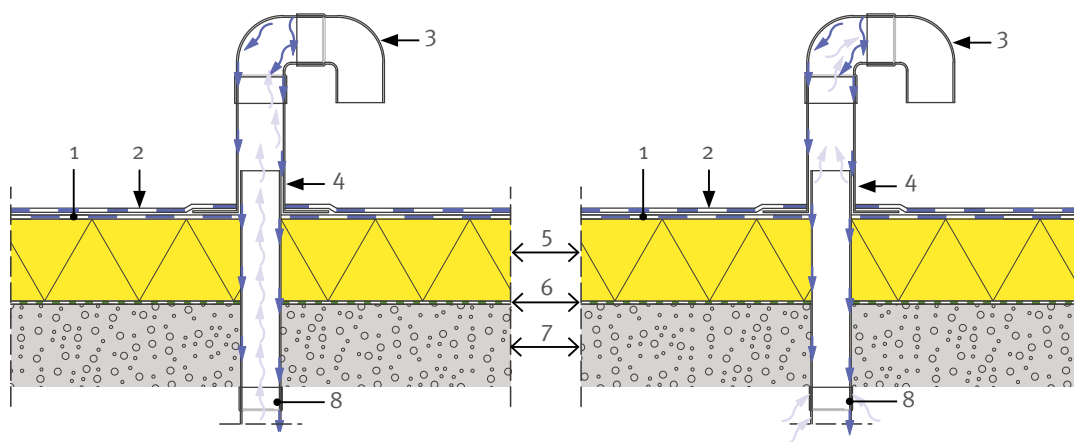


Afb. 115 Schade ten gevolge van inwendige condensatie in een compactdak.

(vervolg van de tabel op pp. 138 en volgende)

Tabel 35 Pathologieën van platte daken: mogelijke oorzaken, oplossingen en te overwegen preventiemaatregelen (vervolg 2).

Type schade, karakteristieken en symptomen	Mogelijke oorzaken	Oplossingen en te overwegen preventiemaatregelen
<p>Vocht ten gevolge van condensatie teweeggebracht door de verluchting van een sanitaire leiding (afbeeldingen 116 en 117)</p> <p>Waterinfiltratie ter hoogte van een doorboring van het dak voor een sanitaire verluchtungsleiding</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Condensatie van warme vochtige lucht in een sanitaire verluchtungsleiding, waarbij het condensaat niet naar buiten afgevoerd kan worden (afbeelding 116) 2. Condensatie van binnenlucht die door de isolatie heen gaat via de openingen tussen de dakvloer en de leiding (afbeelding 117) 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Het condensatiewater naar buiten afvoeren via een hiertoe bestemde voorziening. 1. De continuïteit van het dampscherm ter hoogte van de aansluiting met de leiding verzekeren. Hiertoe eventueel gebruikmaken van een tweedelig hulpstuk met een plakplaat waarop het dampscherm aangesloten kan worden (zie de TV nr. 244) [W14]. <p>Preventie</p> <ul style="list-style-type: none"> • Voorzieningen treffen in het bovendakse hulpstuk om het condensatiewater uit de verluchtungsleiding naar buiten te leiden. • Vanaf de dampschermklasse E2 ter hoogte van de dakdoorbrekingen een lucht- en dampdichte aansluiting verwezenlijken.
<p>Vochtlopers langs de dakranden van een zwembad (afbeelding 118)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Lichte dakvloer voorzien van een dampscherm, een isolatie en een afdichting • Enkele maanden na de ingebruikname van het zwembad (met een lichte overdruk) worden er bruinachtige vochtlopers op de binnenafwerking onder de dakranden vastgesteld • Na het wegsnijden van de afdichting aan de omtrek van het dak stelt men met de hand een exfiltratie van warme lucht en waterdamp vast tussen de dakrand en de thermische isolatie 	<ul style="list-style-type: none"> • Luchtlekken langs de dakranden ten gevolge van de niet-hechtende plaatsing van het dampscherm tegen de dakopstand • Condensatie tegen de spouwafdekingsplaat met bruine lopers tot gevolg 	<ul style="list-style-type: none"> • Het ventilatiesysteem aanpassen opdat er geen permanente overdruk meer zou heersen in het zwembad. • De aansluiting tussen de dakrand en het dampscherm luchtdicht afwerken door het dampscherm te verlengen tot aan de dakrand en ervoor te zorgen dat het hier zo goed mogelijk aan vasthecht.



Afb. 116 Condensatie teweeggebracht door de verluchting van een sanitaire leiding.

Afb. 117 Condensatie teweeggebracht door de verluchting van een sanitaire leiding.

1. Afdichting
2. Bijkomende afdichtingsstrook
3. U-bocht
4. Hulpstuk uit kunststof met een plakplaat
5. Isolatie
6. Eventueel dampscherm
7. Betonnen dakvloer
8. Verluchting van de sanitaire afvoerleiding



Afb. 118 Druipsporen ten gevolge van vochtlopers langs de dakrand van een zwembad.

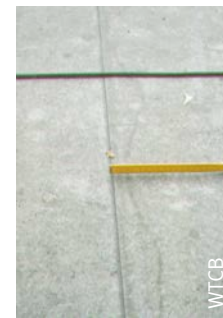
Type schade, karakteristieke en symptomen	Mogelijke oorzaken	Oplossingen en te overwegen preventiemaatregelen
<p>Aftekening van de randen van de thermische-isolatieplaten doorheen de afdichting (afbeeldingen 119 en 120)</p> <ul style="list-style-type: none"> • PIR-isolatieplaten die streepsgewijs op een bitumineus damp scherm verlijmd zijn, met daarboven een in totale hechting geplaatste synthetische afdichting • Aftekening van de isolatieplaten doorheen de afdichting omwille van de verspringing tussen bepaalde platen • Geen hechtingsproblemen vastgesteld 	<ul style="list-style-type: none"> • Overmatige schoteling van de isolatieplaten (zie de beperkingen die hieromtrent opgelegd worden in het gebruiksgeschiedenisattest) • Toleranties op de dikte van de isolatieplaten • Oneffenheden in de ondergrond ten gevolge van de overdikte van de naadverbinding van het onderliggende damp scherm en/of van de diktevariaties van de PU-lijmrollen (overmatig productverbruik voor het verlijmen van de isolatie) 	<p>Geen oplossing nodig aangezien het probleem niet functioneel maar veeleer esthetisch is.</p> <p>Preventie</p> <p>Indien men de verspringing wenst te beperken, opteren voor een andere plaatsingswijze (mechanische bevestiging, volvlakkige verlijming of losliggende plaatsing met ballast).</p>
<p>Scheurvorming in een mechanisch bevestigde PVC-afdichting met koudgelaste overlapverbindingen (afbeelding 121)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Niet-gewapend PVC-membraan dat mechanisch bevestigd wordt in de overlapverbindingen (gelast met behulp van een THF-oplosmiddel) • Bruuske breedteverschillen van de THF-lassen tussen de banen nabij de bevestigingen • Infiltraties via de scheuren in het membraan nabij de bevestigingen 	<ul style="list-style-type: none"> • Opwelling van de afdichting door de wind, wat leidt tot spanningsconcentraties in het membraan, met name ter hoogte van de breedteverschillen in de gelaste naden (puntkrachten) • Onvoldoende mechanische bevestigingen • Afwezigheid van een wapening in het membraan 	<ul style="list-style-type: none"> • Het aantal mechanische bevestigingen in het membraan verhogen. • De waterdichtheid herstellen door het verlassen van overlapstroken. <p>Preventie</p> <ul style="list-style-type: none"> • Het aantal bevestigingen bepalen in functie van de voorziene belastingen. • Bij het lassen een zo gelijkmatig mogelijke breedte aanhouden (lassen met warme lucht). • Gebruikmaken van gewapende membranen.
<p>Scheurvorming in een mechanisch bevestigde PVC-afdichting met warmgelaste overlapverbindingen</p> <ul style="list-style-type: none"> • Voorlopige puntbevestiging van de afdichting om deze op haar plaats te houden vóór het lassen van de overlapverbindingen over hun volledige lengte met een lasautomaat • Overhaaste voorlopige bevestiging omwille van de sterke wind tijdens de uitvoering 	<p>Opwelling van de afdichting door de wind, wat leidt tot spanningsconcentraties in het membraan, met name in de zones waar er zeer krachtig geschroefd werd (puntkrachten)</p>	<p>De waterdichtheid herstellen door het verlassen van overlapstroken.</p> <p>Preventie</p> <ul style="list-style-type: none"> • De werkzaamheden onderbreken bij sterke wind. • Te krachtig schroeven vermijden in het geval van een gebeurlijke tijdelijke puntbevestiging, om geen puntkrachten te creëren.



Afb. 119 Aftekening van de randen van de isolatieplaten doorheen de afdichting.


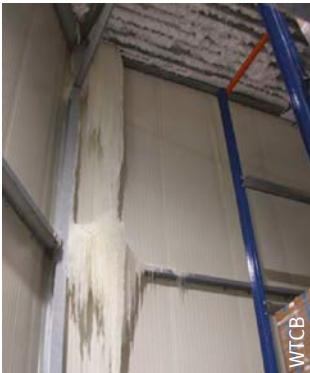



Afb. 120 Aftekening van de randen van de isolatieplaten doorheen de afdichting.



Afb. 121 Scheurvorming in een mechanisch bevestigde PVC-afdichting. Koudgelaste overlapverbindingen.

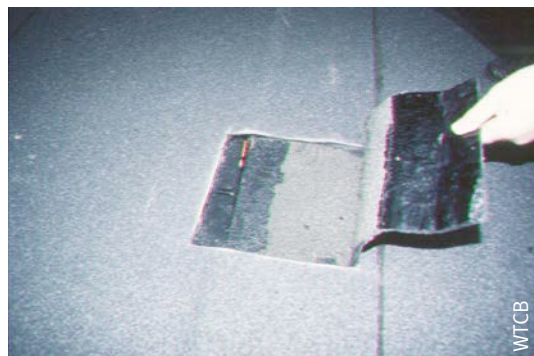
Tabel 35 Pathologieën van platte daken: mogelijke oorzaken, oplossingen en te overwegen preventiemaatregelen (vervolg 3).

Type schade, karakteristieken en symptomen	Mogelijke oorzaken	Oplossingen en te overwegen preventiemaatregelen
<p>Losrukken van een op geprefabriceerde beton-elementen verlijmde afdichting/isolatie (afbeelding 122)</p> <ul style="list-style-type: none"> Dakopbouw: <ul style="list-style-type: none"> TT-elementen van geprefabriceerd beton hechtingsverniss in partiële hechting verlijmde platen uit minerale wol bitumineuze afdichting in totale hechting Niet-luchtdichte voegen tussen de elementen van de dakvloer en tussen de gevelelementen Verspringing tussen de elementen van de dakvloer Het beginpunt van het losrukken bevindt zich langs de dakrand 	<ul style="list-style-type: none"> Ontoereikende windweerstand van de dakopbouw rekening houdend met de luchtopenheid van de dakvloer Ontoereikende hechtsterkte van de thermische isolatie ten gevolge van de oneffenheden in de dakvloer 	<ul style="list-style-type: none"> Een luchtscherm aanbrengen op de beschadigde zone. De isolatie verlijmen volgens de richtlijnen uit het gebruiksgeschiedenisattest (correctie van de onvolkomenheden in de dakvloer). De afdichting/isolatie mechanisch bevestigen in de niet-beschadigde zones. Een nieuwe afdichting aanbrengen. Indien nodig en indien mogelijk een nieuwe schutlaag aanbrengen. <p>Preventie</p> <ul style="list-style-type: none"> In aanwezigheid van aanzienlijke verspringingen, de breedte van de isolatieplaten aanpassen aan deze van de betonelementen (zie TV 244, § 7.6.1.2) [W14]. Bij de berekening van de windweerstand, rekening houden met de luchtdichtheid van de dakvloer en indien nodig in een mechanische bevestiging of een bijkomende bescherming voorzien.
<p>Vorming van ijs aan de aansluiting tussen het dak en de gevelmuur van een diepvriesloods (afbeelding 123)</p> <ul style="list-style-type: none"> Lichte dakvloer Gevel opgebouwd uit gemoduleerde sandwichpanelen met een tand- en groefverbinding, bevestigd op een metaalstructuur Tot aan de gevelelementen op de opstand aangebrachte afdichting die beschermd is door een metalen muurafdekking 	<ul style="list-style-type: none"> Luchtinfiltraties in het gebouw via de dakranden Condensatie van de vochtigere buitenlucht en ijsvorming binnenin het gebouw <p>Zie § 3.3.3 (p. 37)</p>	<ul style="list-style-type: none"> De dakopstand demonteren en de luchtdichtheid verbeteren. De soepele voegen die mee de luchtdichtheid verzekeren nakijken en indien nodig herstellen. <p>Preventie</p> <p>De perfecte lucht- en dampdichtheid van de gebouwschil nastreven. Een beperkte ijsvorming is in het algemeen echter moeilijk te vermijden.</p>
<p>Verzakking van platen uit minerale wol (afbeelding 124)</p> <ul style="list-style-type: none"> Sterke samendrukking van de isolatie bij het belopen van het dak Cohesieverlies van de isolatie aangetoond door een sondering 	<ul style="list-style-type: none"> Cohesieverlies van de minerale wol ten gevolge van herhaalde geconcentreerde belastingen, in het bijzonder in de zones waar er tijdens de werken intens verkeer was en die toegang geven tot de installaties Bevochtiging van het isolatiemateriaal 	<p>Bij een groot cohesieverlies, een vervanging van de isolatie overwegen.</p> <p>Preventie</p> <ul style="list-style-type: none"> Een geschikt type minerale wol kiezen i.f.v. het gebruik van het dak. Het dak op doeltreffende wijze beschermen tijdens de uitvoering. Voorzien in looppaden naar de installaties en naar de afvoervoorzieningen die een periodiek onderhoud vereisen.
 <p>Afb. 122 Losrukken van een op geprefabriceerde betonelementen verlijmde isolatie.</p>	 <p>Afb. 123 Vorming van ijs in een diepvriesloods.</p>	 <p>Afb. 124 Verzakking van platen uit minerale wol.</p>

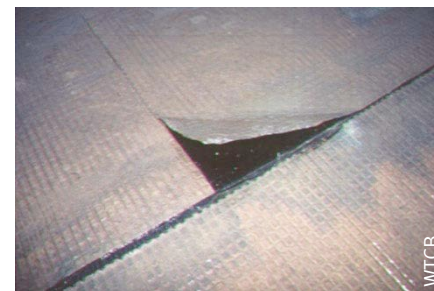
Type schade, karakteristieke en symptomen	Mogelijke oorzaken	Oplossingen en te overwegen preventiemaatregelen
<p>Ploovorming in een bitumineuze afdichting, geplaatst op cellenglasplaten (afbeeldingen 125 en 126)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Cellenglasplaten die vol en zat in bitumen geplaatst zijn • Verschijning van plooien langsheen de doorlopende voegen tussen de isolatieplaten • Vaststelling door sondering dat de betonnen dakvloer onvlakheden en plooien langsheen de minder goed gevulde voegen tussen de isolatieplaten vertoont 	<ul style="list-style-type: none"> • Gebrekkige plaatsing van de isolatie omwille van de onvlakheden in de ondergrond • Insluitingen van lucht ten gevolge van de gebrekkige vulling van de voegen tussen de isolatieplaten, wat aanleiding kan geven tot rechthoekige opwelvingen (plooien) • In bepaalde gevallen, benadrukken van de hiervoor vermelde onvolkomenheden door een plaatselijk hechtingsgebrek van de afdichting 	<ul style="list-style-type: none"> • Indien de plooien de waterafvoer niet echt in het gedrang brengen, dan is een interventie niet noodzakelijk (aangezien het probleem niet functioneel maar veeleer esthetisch is). • Indien er een correctie vereist is, de afdichting ter plaatse van de plooien openen en de vrijgekomen zone vullen met bitumen. Een nieuwe afdichting aanbrengen in de herstelde zones en erop toezien dat er hierbij geen lucht ingesloten wordt. <p>Preventie De plaatsing uitvoeren overeenkomstig de schikkingen uit het gebruiksgeschiktheidsattest en de voorliggende Technische Voorlichting:</p> <ul style="list-style-type: none"> • onregelmatigheden van de ondergrond: < 3 mm/60 cm • bitumenlaag boven de isolatie: 2 tot 3 kg/m² met vulling van de voegen • plaatsing van de afdichting in totale hechting.
<p>Loskomen van de metaalbekleding van de aan de bovenzijde gecacheerde bitumineuze banen (afbeelding 127)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Loskomen van de metaalbekleding, voornamelijk in de minst hellende zones van het dak die geregeld belopen worden • Voetsporen die zichtbaar zijn in de metaalbeklede beschermingslaag • Op bepaalde plaatsen kan men de metaalbekleding gemakkelijk met de hand lostrekken • De metaalbekleding is intact in de betonnen randzones van het dak en in de zones die niet onderhevig zijn aan verkeer 	<ul style="list-style-type: none"> • Afwezigheid van een bescherming (loopplanken) in de zones met intens verkeer • Schuifspanningen onder invloed van de temperatuur, die het loskomen kunnen versnellen • Oxidatie van de metaallaag aan de overlapverbindingen (waterstagnatie) 	<p>Indien de waterdichtheid verzekerd blijft, proberen om de metaalfolie opnieuw te bevestigen door opwarming of een nieuwe bekleding aanbrengen na de verwijdering van de aluminiumlaag.</p> <p>Preventie</p> <ul style="list-style-type: none"> • Het belopen van de metaalbekleding verbieden (deze is hiervoor niet geschikt). • Het gebruik van bitumineuze membranen met een metaalbekleding als schutlaag (om een afdichting te bedekken) voorbehouden voor dakvloeren met een toereikende helling (> 5 %). • De plaatsingsvoorschriften nauwkeurig naleven (maximale lengte, overlapmethode ...).



Afb. 125 Ploovorming in een afdichting.



Afb. 126 Ploovorming in een afdichting.



Afb. 127 Loskomen van een aluminiumbekleding.

Tabel 35 Pathologieën van platte daken: mogelijke oorzaken, oplossingen en te overwegen preventiemaatregelen (vervolg 4 en einde).

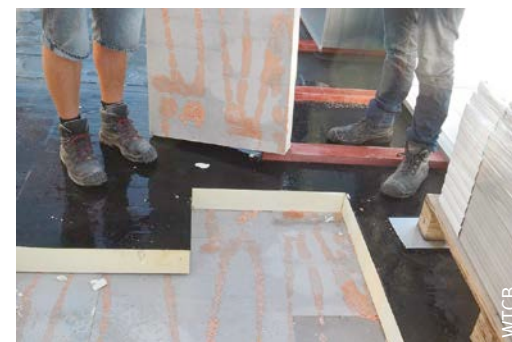
Type schade, karakteristieken en symptomen	Mogelijke oorzaken	Oplossingen en te overwegen preventiemaatregelen
<p>Krimp van een bitumineuze afdichting (afbeelding 128)</p> <ul style="list-style-type: none"> Vermindering van de breedte van de overlapverbindingen van een bitumineus membraan, hoofdzakelijk ter hoogte van de dwarsnaden Ontoereikende verlassing van de naden 	Krimp die zich kan voordoen ter hoogte van de kopse naden (dwarsnaden) van een bitumineuze afdichting in het geval van een ontoereikende hechting/verlassing of in het geval van vloeï bij een elastomere afdichting onder invloed van hoge temperaturen	<p>Afdichtingsstroken over de beschadigde naden aanbrengen.</p> <p>Preventie</p> <p>In toereikende overlappen voorzien volgens de van kracht zijnde regels en lassen van de naden in totale hechting. Bijzondere aandacht besteden aan membranen die ingestrooid zijn met leischilfers (zie § 8.2.4.2, tabel 21, pp. 90 en 92).</p>
<p>Infiltraties in een dak door het omzeilen van opstanden met een ontoereikende hoogte (afbeelding 129)</p> <p>Infiltraties gerelateerd aan periodes van regen, gecombineerd met wind</p>	Infiltraties door de omzeiling van de randafwerking ten gevolge van de ontoereikende hoogte van de opstand van de afdichting	<ul style="list-style-type: none"> De randafwerking en de detailleringen aanpassen. Indien nodig, in een goot of een rooster voorzien, zoals voorgesteld in de schema's van de afbeeldingen 44 en 45 van de TV 244 [W14]. <p>Preventie</p> <p>Ernaar streven om de dakdetails uit te voeren volgens de richtlijnen van de TV 244 [W14]. Voor de opstanden van de afdichting een minimale hoogte van 15 cm vooropstellen.</p>
<p>In de dakopbouw ingesloten vocht (afbeelding 130)</p> <p>Bevochtiging van de dakopbouw die aanleiding kan geven tot:</p> <ul style="list-style-type: none"> een bevochtiging van het isolatiemateriaal en een waterstagnatie op het dampscherm een vermindering van de isolatiewaarde van het dak en eventueel ook van de duurzaamheid van de thermische isolatie en de hechting van de afdichting 	Infiltraties, overmatige inwendige condensatie of bouwvocht dat ingesloten zit in de structuur (van vóór of tijdens de plaatsing)	<ul style="list-style-type: none"> Zie de WTCB-Dossiers 2016/4.6 [M5]. De mogelijkheden om het vocht dat in een dakopbouw ingesloten zit te drogen, zijn afhankelijk van een groot aantal factoren (hoeveelheid vocht en verdeling ervan over het dakoppervlak, type isolatie en afdichting, bezonningsgraad ...). Ze kunnen berekend worden door een computersimulatie met een specifieke software (WUFI, Delphin ...). De grootste moeilijkheid bestaat erin om de verschillende invloedsfactoren correct te evalueren. Daar waar het weldegelijk mogelijk is om het vochtgehalte van een isolatiemateriaal te bepalen, ligt de situatie enigszins anders wanneer het erom gaat om de waterhoeveelheid te beoordelen die op het dampscherm stagneert. Eens het isolatiemateriaal opgedroogd is, herwint het in de regel zijn isolerende vermogen. In afwachting is het mogelijk om een bijkomende laag thermische isolatie aan te brengen in het dak. <p>Preventie</p> <ul style="list-style-type: none"> Een bevochtiging van de isolatiematerialen vóór en tijdens de plaatsing vermijden (zie § 7.1.8, p. 72). Voorkomen van infiltraties en condensatieproblemen door een doordacht ontwerp en een verzorgde uitvoering.



Afb. 128 Krimp van een bitumineuze afdichting.



Afb. 129 Ontoereikende hoogte van de opstand.



Afb. 130 Ingesloten vocht in een dakopbouw.

Tabel 36 Windbelasting op een plat dak met een maximale helling van 5° voor een referentiewindsnelheid $v_{b,0} = 23 \text{ m/s}$.

Ruwheidscategorie (zie tabel 2, p. 12)			Dakhoogte tot (m)																					
Zone o	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4,9	6,0	7,1	9,5	13,4	16,2	19,1	22,2		
Zone I	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4,8	6,1	7,5	8,9	10,4	13,5	18,5	22,1	25,8	29,5			
Zone II	-	-	-	-	-	4,2	5,0	5,9	6,8	7,6	9,9	12,2	14,6	17,0	19,5	24,6	32,4	37,8	43,3	48,9				
Zone III	6,0	7,0	8,0	9,0	10,0	12,0	14,0	16,0	18,0	20,0	25,0	30,0	35,0	40,0	45,0	55,0	70,0	80,0	90,0	100,0				
Zone IV	13,8	15,9	17,9	19,9	21,9	25,8	29,6	33,4	37,2	40,9	50,0	58,9	67,8	76,5	85,1	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0				
Dakzone (*)																								
Luchtopen dakvloer	Geval 1 a : dominante luchtopen gevel	Hoek	Zonder opstand	-1719	-1835	-1938	-2031	-2114	-2263	-2392	-2505	-2607	-2699	-2899	-3067	-3212	-3340	-3454	-3652	-3897	-4036	-4159	-4271	
			$h_p/h = 0,025$	-1560	-1666	-1759	-1843	-1920	-2054	-2171	-2274	-2367	-2450	-2632	-2784	-2916	-3032	-3135	-3315	-3537	-3662	-3775	-3876	
			$h_p/h = 0,05$	-1454	-1553	-1640	-1718	-1789	-1915	-2023	-2120	-2206	-2284	-2454	-2596	-2718	-2826	-2922	-3090	-3297	-3414	-3519	-3613	
			$h_p/h = 0,1$	-1348	-1440	-1520	-1593	-1659	-1776	-1876	-1966	-2046	-2118	-2275	-2407	-2521	-2621	-2710	-2866	-3058	-3166	-3263	-3351	
		Rand	Zonder opstand	-1454	-1553	-1640	-1718	-1789	-1915	-2023	-2120	-2206	-2284	-2454	-2596	-2718	-2826	-2922	-3090	-3297	-3414	-3519	-3613	
			$h_p/h = 0,025$	-1348	-1440	-1520	-1593	-1659	-1776	-1876	-1966	-2046	-2118	-2275	-2407	-2521	-2621	-2710	-2866	-3058	-3166	-3263	-3351	
			$h_p/h = 0,05$	-1243	-1327	-1401	-1468	-1529	-1636	-1730	-1811	-1885	-1952	-2096	-2218	-2322	-2415	-2497	-2641	-2818	-2918	-3007	-3088	
			$h_p/h = 0,1$	-1137	-1214	-1282	-1344	-1399	-1497	-1583	-1658	-1724	-1786	-1918	-2029	-2125	-2209	-2285	-2416	-2578	-2670	-2751	-2825	
		DV 1	-	-1032	-1101	-1163	-1219	-1269	-1358	-1435	-1503	-1564	-1620	-1740	-1840	-1927	-2004	-2072	-2192	-2338	-2421	-2496	-2562	
		DV 2	-	-502	-536	-566	-593	-618	-661	-699	-732	-762	-789	-848	-897	-939	-976	-1010	-1068	-1139	-1179	-1216	-1248	
		Geval 1 b : dominante luchtopen gevel	Hoek	Zonder opstand	-1798	-1920	-2027	-2124	-2212	-2368	-2502	-2621	-2727	-2824	-3034	-3209	-3360	-3494	-3613	-3821	-4076	-4222	-4350	-4468
				$h_p/h = 0,025$	-1639	-1750	-1848	-1936	-2017	-2159	-2282	-2390	-2486	-2575	-2766	-2926	-3064	-3185	-3295	-3484	-3717	-3848	-3967	-4073
	$h_p/h = 0,05$			-1533	-1637	-1729	-1812	-1887	-2020	-2134	-2235	-2326	-2409	-2587	-2737	-2866	-2980	-3082	-3259	-3477	-3600	-3710	-3810	
	$h_p/h = 0,1$			-1428	-1524	-1610	-1687	-1757	-1880	-1987	-2082	-2166	-2243	-2409	-2548	-2669	-2774	-2870	-3035	-3237	-3352	-3455	-3548	
	Rand		Zonder opstand	-1533	-1637	-1729	-1812	-1887	-2020	-2134	-2235	-2326	-2409	-2587	-2737	-2866	-2980	-3082	-3259	-3477	-3600	-3710	-3810	
			$h_p/h = 0,025$	-1428	-1524	-1610	-1687	-1757	-1880	-1987	-2082	-2166	-2243	-2409	-2548	-2669	-2774	-2870	-3035	-3237	-3352	-3455	-3548	
			$h_p/h = 0,05$	-1322	-1411	-1491	-1562	-1627	-1741	-1840	-1927	-2006	-2077	-2231	-2359	-2471	-2569	-2657	-2809	-2997	-3104	-3199	-3285	
			$h_p/h = 0,1$	-1216	-1298	-1371	-1437	-1496	-1602	-1693	-1773	-1845	-1910	-2052	-2171	-2273	-2363	-2445	-2584	-2758	-2856	-2943	-3022	
	DV 1		-	-1110	-1185	-1252	-1312	-1366	-1462	-1545	-1619	-1684	-1745	-1873	-1982	-2075	-2158	-2232	-2360	-2518	-2608	-2687	-2759	
	DV 2		-	-582	-621	-656	-687	-716	-766	-809	-848	-882	-914	-981	-1038	-1087	-1130	-1169	-1236	-1319	-1366	-1407	-1445	
	Geval 2 : gevels met een gelijkmatige luchtdoortlaatbaarheid		Hoek	Zonder opstand	-1428	-1524	-1610	-1687	-1757	-1880	-1987	-2082	-2166	-2243	-2409	-2548	-2669	-2774	-2870	-3035	-3237	-3352	-3455	-3548
				$h_p/h = 0,025$	-1270	-1355	-1431	-1499	-1561	-1671	-1766	-1850	-1925	-1994	-2141	-2265	-2372	-2466	-2550	-2697	-2878	-2980	-3071	-3154
		$h_p/h = 0,05$		-1163	-1242	-1312	-1374	-1432	-1532	-1619	-1696	-1765	-1827	-1963	-2076	-2174	-2260	-2338	-2472	-2638	-2732	-2815	-2891	
		$h_p/h = 0,1$		-1057	-1129	-1193	-1249	-1301	-1393	-1471	-1542	-1605	-1661	-1784	-1887	-1977	-2055	-2125	-2247	-2398	-2484	-2559	-2628	
Rand		Zonder opstand	-1163	-1242	-1312	-1374	-1432	-1532	-1619	-1696	-1765	-1827	-1963	-2076	-2174	-2260	-2338	-2472	-2638	-2732	-2815	-2891		
		$h_p/h = 0,025$	-1057	-1129	-1193	-1249	-1301	-1393	-1471	-1542	-1605	-1661	-1784	-1887	-1977	-2055	-2125	-2247	-2398	-2484	-2559	-2628		
		$h_p/h = 0,05$	-952	-1016	-1073	-1124	-1171	-1254	-1324	-1387	-1444	-1495	-1606	-1699	-1779	-1850	-1913	-2022	-2159	-2234	-2303	-2365		
		$h_p/h = 0,1$	-846	-904	-954	-999	-1041	-1114	-1177	-1233	-1283	-1329	-1428	-1510	-1582	-1645	-1700	-1798	-1919	-1986	-2047	-2103		
DV 1		-	-740	-791	-834	-875	-911	-975	-1031	-1079	-1123	-1163	-1249	-1321	-1383	-1439	-1488	-1573	-1679	-1738	-1792	-1840		
DV 2		-	-212	-226	-238	-250	-260	-279	-294	-308	-321	-332	-357	-377	-395	-411	-425	-449	-480	-497	-512	-526		
Geval 3 : luchtdichte dakvloer $c_{pe} = c_p$		Hoek	Zonder opstand	-1322	-1411	-1491	-1562	-1627	-1741	-1840	-1927	-2006	-2077	-2231	-2359	-2471	-2569	-2657	-2809	-2997	-3104	-3199	-3285	
			$h_p/h = 0,025$	-1163	-1242	-1312	-1374	-1432	-1532	-1619	-1696	-1765	-1827	-1963	-2076	-2174	-2260	-2338	-2472	-2638	-2732	-2815	-2891	
	$h_p/h = 0,05$		-1057	-1129	-1193	-1249	-1301	-1393	-1471	-1542	-1605	-1661	-1784	-1887	-1977	-2055	-2125	-2247	-2398	-2484	-2559	-2628		
	$h_p/h = 0,1$		-952	-1016	-1073	-1124	-1171	-1254	-1324	-1387	-1444	-1495	-1606	-1699	-1779	-1850	-1913	-2022	-2159	-2234	-2303	-2365		
	Rand	Zonder opstand	-1057	-1129	-1193	-1249	-1301	-1393	-1471	-1542	-1605	-1661	-1784	-1887	-1977	-2055	-2125	-2247	-2398	-2484	-2559	-2628		
		$h_p/h = 0,025$	-952	-1016	-1073	-1124	-1171	-1254	-1324	-1387	-1444	-1495	-1606	-1699	-1779	-1850	-1913	-2022	-2159	-2234	-2303	-2365		
		$h_p/h = 0,05$	-846	-904	-954	-999	-1041	-1114	-1177	-1233	-1283	-1329	-1428	-1510	-1582	-1645	-1700	-1798	-1919	-1986	-2047	-2103		
		$h_p/h = 0,1$	-740	-791	-834	-875	-911	-975	-1031	-1079	-1123	-1163	-1249	-1321	-1383	-1439	-1488	-1573	-1679	-1738	-1792	-1840		
	DV 1	-	-634	-678	-716	-750	-781	-835	-883	-925	-963	-996	-1070	-1132	-1186	-1233	-1275	-1348	-1439	-1490	-1535	-1577		
	DV 2	-	-106	-113	-119	-125	-130	-139	-147	-154	-160	-166	-178	-189	-198	-206	-213	-225	-240	-248	-256	-263		

(*) DV = dakvlak.

Tabel 37 Windbelasting op een plat dak met een maximale helling van 5° voor een referentiewindsnelheid $v_{b,0} = 24 \text{ m/s}$.

Ruwheidscategorie (zie tabel 2, p. 12)		Dakhoogte tot (m)																																					
Zone o	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4,9	6,0	7,1	9,5	13,4	16,2	19,1	22,2										
Zone I	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4,8	6,1	7,5	8,9	10,4	13,5	18,5	22,1	25,8	29,5								
Zone II	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4,2	5,0	5,9	6,8	7,6	9,9	12,2	14,6	17,0	19,5	24,6	32,4	37,8	43,3	48,9			
Zone III	6,0	7,0	8,0	9,0	10,0	12,0	14,0	16,0	18,0	20,0	25,0	30,0	35,0	40,0	45,0	55,0	70,0	80,0	90,0	100,0																			
Zone IV	13,8	15,9	17,9	19,9	21,9	25,8	29,6	33,4	37,2	40,9	50,0	58,9	67,8	76,5	85,1	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0																			
Luchtopen dakvloer		Dakzone (*)																																					
		Geval 1 a : dominante luchtopen gevel																																					
Luchtopen dakvloer	Hoek	Zonder opstand	-1871	-1998	-2110	-2210	-2302	-2464	-2604	-2728	-2839	-2939	-3158	-3340	-3498	-3636	-3760	-3977	-4243	-4394	-4528	-4650																	
		$h_p/h = 0,025$	-1698	-1813	-1915	-2007	-2090	-2236	-2364	-2476	-2577	-2668	-2866	-3032	-3174	-3301	-3414	-3610	-3851	-3988	-4111	-4221																	
		$h_p/h = 0,05$	-1583	-1691	-1785	-1871	-1948	-2085	-2204	-2309	-2402	-2487	-2672	-2826	-2959	-3077	-3183	-3365	-3590	-3718	-3832	-3935																	
		$h_p/h = 0,1$	-1469	-1568	-1656	-1734	-1807	-1933	-2043	-2140	-2227	-2307	-2477	-2621	-2744	-2853	-2951	-3121	-3329	-3447	-3553	-3648																	
	Rand	Zonder opstand	-1583	-1691	-1785	-1871	-1948	-2085	-2204	-2309	-2402	-2487	-2672	-2826	-2959	-3077	-3183	-3365	-3590	-3718	-3832	-3935																	
		$h_p/h = 0,025$	-1469	-1568	-1656	-1734	-1807	-1933	-2043	-2140	-2227	-2307	-2477	-2621	-2744	-2853	-2951	-3121	-3329	-3447	-3553	-3648																	
		$h_p/h = 0,05$	-1353	-1445	-1526	-1598	-1665	-1782	-1883	-1972	-2053	-2125	-2283	-2415	-2529	-2630	-2720	-2875	-3068	-3177	-3274	-3362																	
		$h_p/h = 0,1$	-1238	-1321	-1395	-1462	-1523	-1630	-1722	-1805	-1878	-1945	-2089	-2209	-2314	-2406	-2488	-2631	-2807	-2907	-2996	-3076																	
	DV 1	-	-1123	-1199	-1266	-1326	-1382	-1479	-1562	-1636	-1703	-1764	-1895	-2004	-2098	-2182	-2257	-2386	-2546	-2636	-2717	-2790																	
	DV 2	-	-547	-584	-617	-646	-673	-720	-761	-797	-830	-859	-923	-976	-1022	-1063	-1099	-1162	-1240	-1284	-1323	-1359																	
	Hoek	Zonder opstand	-1958	-2090	-2208	-2313	-2409	-2578	-2724	-2854	-2970	-3075	-3303	-3494	-3659	-3804	-3935	-4161	-4439	-4597	-4737	-4864																	
		$h_p/h = 0,025$	-1785	-1906	-2013	-2109	-2196	-2350	-2484	-2602	-2708	-2804	-3011	-3185	-3336	-3469	-3587	-3793	-4048	-4191	-4319	-4436																	
		$h_p/h = 0,05$	-1670	-1783	-1883	-1972	-2055	-2198	-2323	-2434	-2533	-2622	-2817	-2980	-3121	-3245	-3356	-3548	-3786	-3921	-4040	-4149																	
		$h_p/h = 0,1$	-1555	-1659	-1753	-1836	-1913	-2047	-2163	-2266	-2359	-2442	-2623	-2774	-2906	-3021	-3124	-3304	-3525	-3650	-3762	-3863																	
Rand	Zonder opstand	-1670	-1783	-1883	-1972	-2055	-2198	-2323	-2434	-2533	-2622	-2817	-2980	-3121	-3245	-3356	-3548	-3786	-3921	-4040	-4149																		
	$h_p/h = 0,025$	-1555	-1659	-1753	-1836	-1913	-2047	-2163	-2266	-2359	-2442	-2623	-2774	-2906	-3021	-3124	-3304	-3525	-3650	-3762	-3863																		
	$h_p/h = 0,05$	-1440	-1537	-1623	-1701	-1771	-1896	-2003	-2098	-2184	-2261	-2429	-2569	-2690	-2797	-2893	-3060	-3264	-3380	-3484	-3577																		
	$h_p/h = 0,1$	-1324	-1414	-1494	-1565	-1630	-1744	-1843	-1931	-2008	-2080	-2234	-2363	-2475	-2573	-2661	-2814	-3003	-3110	-3205	-3291																		
DV 1	-	-1209	-1291	-1363	-1429	-1488	-1592	-1683	-1762	-1834	-1899	-2040	-2159	-2260	-2349	-2430	-2570	-2742	-2839	-2926	-3005																		
DV 2	-	-633	-676	-714	-748	-780	-834	-882	-923	-961	-995	-1069	-1131	-1183	-1231	-1273	-1346	-1436	-1487	-1533	-1574																		
Luchtopen dakvloer	Hoek	Zonder opstand	-1555	-1659	-1753	-1836	-1913	-2047	-2163	-2266	-2359	-2442	-2623	-2774	-2906	-3021	-3124	-3304	-3525	-3650	-3762	-3863																	
		$h_p/h = 0,025$	-1382	-1475	-1558	-1633	-1700	-1820	-1923	-2014	-2096	-2171	-2332	-2466	-2583	-2685	-2777	-2936	-3134	-3245	-3344	-3434																	
		$h_p/h = 0,05$	-1267	-1353	-1428	-1496	-1558	-1668	-1763	-1846	-1921	-1990	-2137	-2260	-2368	-2461	-2546	-2692	-2872	-2974	-3065	-3147																	
		$h_p/h = 0,1$	-1152	-1230	-1298	-1360	-1417	-1517	-1603	-1679	-1746	-1808	-1943	-2056	-2152	-2238	-2314	-2447	-2611	-2704	-2786	-2861																	
	Rand	Zonder opstand	-1267	-1353	-1428	-1496	-1558	-1668	-1763	-1846	-1921	-1990	-2137	-2260	-2368	-2461	-2546	-2692	-2872	-2974	-3065	-3147																	
		$h_p/h = 0,025$	-1152	-1230	-1298	-1360	-1417	-1517	-1603	-1679	-1746	-1808	-1943	-2056	-2152	-2238	-2314	-2447	-2611	-2704	-2786	-2861																	
		$h_p/h = 0,05$	-1036	-1107	-1169	-1224	-1275	-1365	-1443	-1510	-1572	-1628	-1748	-1850	-1937	-2014	-2083	-2203	-2350	-2434	-2508	-2575																	
		$h_p/h = 0,1$	-921	-983	-1039	-1088	-1133	-1213	-1282	-1343	-1397	-1447	-1555	-1645	-1721	-1790	-1851	-1958	-2089	-2163	-2229	-2289																	
	DV 1	-	-807	-860	-909	-952	-992	-1061	-1121	-1175	-1223	-1266	-1360	-1439	-1507	-1567	-1621	-1713	-1828	-1893	-1950	-2003																	
	DV 2	-	-231	-246	-259	-272	-283	-304	-320	-336	-349	-362	-389	-411	-431	-447	-463	-490	-522	-541	-557	-572																	
	Luchtopen dakvloer	Hoek	Zonder opstand	-1440	-1537	-1623	-1701	-1771	-1896	-2003	-2098	-2184	-2261	-2429	-2569	-2690	-2797	-2893	-3060	-3264	-3380	-3484	-3577																
			$h_p/h = 0,025$	-1267	-1353	-1428	-1496	-1558	-1668	-1763	-1846	-1921	-1990	-2137	-2260	-2368	-2461	-2546	-2692	-2872	-2974	-3065	-3147																
			$h_p/h = 0,05$	-1152	-1230	-1298	-1360	-1417	-1517	-1603	-1679	-1746	-1808	-1943	-2056	-2152	-2238	-2314	-2447	-2611	-2704	-2786	-2861																
			$h_p/h = 0,1$	-1036	-1107	-1169	-1224	-1275	-1365	-1443	-1510	-1572	-1628	-1748	-1850	-1937	-2014	-2083	-2203	-2350	-2434	-2508	-2575																
Rand		Zonder opstand	-1152	-1230	-1298	-1360	-1417	-1517	-1603	-1679	-1746	-1808	-1943	-2056	-2152	-2238	-2314	-2447	-2611	-2704	-2786	-2861																	
		$h_p/h = 0,025$	-1036	-1107	-1169	-1224	-1275	-1365	-1443	-1510	-1572	-1628	-1748	-1850	-1937	-2014	-2083	-2203	-2350	-2434	-2508	-2575																	
		$h_p/h = 0,05$	-921	-983	-1039	-1088	-1133	-1213	-1282	-1343	-1397	-1447	-1555	-1645	-1721	-1790	-1851	-1958	-2089	-2163	-2229	-2289																	
		$h_p/h = 0,1$	-807	-860	-909	-952	-992	-1061	-1121	-1175	-1223	-1266	-1360	-1439	-1507	-1567	-1621	-1713	-1828	-1893	-1950	-2003																	
DV 1		-	-691	-738	-779	-817	-850	-910	-961	-1007	-1048	-1085	-1166	-1233	-1292	-1343	-1389	-1469	-1567	-1622	-1672	-1717																	
DV 2		-	-115	-123	-130	-136	-142	-152	-160	-168	-175	-181	-194	-206	-215	-224	-231	-245	-261	-270	-279	-286																	

(*) DV = dakvlak.

Tabel 39 Windbelasting op een plat dak met een maximale helling van 5° voor een referentiewindsnelheid $v_{b,0} = 26 \text{ m/s}$.

Ruwheidscategorie (zie tabel 2, p. 12)		Dakhogte tot (m)																						
Zone o		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4,9	6,0	7,1	9,5	13,4	16,2	19,1	22,2		
Zone I		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4,8	6,1	7,5	8,9	10,4	13,5	18,5	22,1	25,8	29,5		
Zone II		-	-	-	-	-	4,2	5,0	5,9	6,8	7,6	9,9	12,2	14,6	17,0	19,5	24,6	32,4	37,8	43,3	48,9			
Zone III		6,0	7,0	8,0	9,0	10,0	12,0	14,0	16,0	18,0	20,0	25,0	30,0	35,0	40,0	45,0	55,0	70,0	80,0	90,0	100,0			
Zone IV		13,8	15,9	17,9	19,9	21,9	25,8	29,6	33,4	37,2	40,9	50,0	58,9	67,8	76,5	85,1	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0			
Dakzone (*)																								
Luchtopen dakvloer	Geval 1 a : dominante luchtopen gevel	Hoek	Zonder opstand	-2196	-2345	-2476	-2595	-2702	-2892	-3056	-3201	-3332	-3449	-3705	-3920	-4105	-4268	-4414	-4667	-4980	-5156	-5314	-5458	
			$h_p/h = 0,025$	-1994	-2128	-2247	-2355	-2453	-2625	-2774	-2906	-3024	-3131	-3363	-3558	-3726	-3873	-4007	-4236	-4520	-4680	-4824	-4954	
			$h_p/h = 0,05$	-1858	-1984	-2096	-2196	-2286	-2447	-2586	-2709	-2819	-2919	-3135	-3317	-3473	-3611	-3735	-3949	-4213	-4363	-4497	-4618	
			$h_p/h = 0,1$	-1723	-1840	-1943	-2035	-2121	-2269	-2398	-2512	-2614	-2707	-2908	-3075	-3221	-3348	-3463	-3662	-3907	-4046	-4170	-4282	
		Rand	Zonder opstand	-1858	-1984	-2096	-2196	-2286	-2447	-2586	-2709	-2819	-2919	-3135	-3317	-3473	-3611	-3735	-3949	-4213	-4363	-4497	-4618	
			$h_p/h = 0,025$	-1723	-1840	-1943	-2035	-2121	-2269	-2398	-2512	-2614	-2707	-2908	-3075	-3221	-3348	-3463	-3662	-3907	-4046	-4170	-4282	
			$h_p/h = 0,05$	-1588	-1696	-1791	-1876	-1954	-2091	-2209	-2315	-2409	-2495	-2679	-2834	-2968	-3086	-3192	-3374	-3600	-3728	-3843	-3946	
			$h_p/h = 0,1$	-1453	-1551	-1638	-1717	-1787	-1913	-2021	-2118	-2204	-2282	-2451	-2593	-2715	-2823	-2920	-3087	-3295	-3411	-3516	-3610	
		DV 1	-	-1318	-1407	-1486	-1557	-1621	-1735	-1833	-1921	-1999	-2070	-2223	-2352	-2463	-2560	-2648	-2800	-2988	-3094	-3188	-3274	
		DV 2	-	-642	-685	-724	-758	-790	-845	-894	-936	-974	-1008	-1083	-1145	-1200	-1247	-1290	-1364	-1456	-1508	-1554	-1595	
	Geval 1 b : dominante luchtopen gevel	Hoek	Zonder opstand	-2297	-2453	-2591	-2714	-2827	-3025	-3197	-3349	-3485	-3609	-3876	-4100	-4294	-4465	-4618	-4883	-5210	-5394	-5560	-5710	
			$h_p/h = 0,025$	-2095	-2236	-2362	-2475	-2577	-2759	-2915	-3054	-3178	-3290	-3535	-3739	-3915	-4071	-4211	-4452	-4749	-4918	-5069	-5206	
			$h_p/h = 0,05$	-1959	-2093	-2209	-2315	-2411	-2581	-2727	-2857	-2972	-3078	-3307	-3498	-3662	-3809	-3938	-4164	-4444	-4601	-4742	-4870	
			$h_p/h = 0,1$	-1824	-1948	-2058	-2156	-2245	-2402	-2539	-2659	-2768	-2866	-3078	-3257	-3410	-3546	-3667	-3877	-4137	-4284	-4415	-4534	
		Rand	Zonder opstand	-1959	-2093	-2209	-2315	-2411	-2581	-2727	-2857	-2972	-3078	-3307	-3498	-3662	-3809	-3938	-4164	-4444	-4601	-4742	-4870	
			$h_p/h = 0,025$	-1824	-1948	-2058	-2156	-2245	-2402	-2539	-2659	-2768	-2866	-3078	-3257	-3410	-3546	-3667	-3877	-4137	-4284	-4415	-4534	
			$h_p/h = 0,05$	-1689	-1804	-1905	-1996	-2079	-2224	-2351	-2462	-2562	-2654	-2850	-3015	-3158	-3283	-3396	-3590	-3831	-3966	-4088	-4198	
			$h_p/h = 0,1$	-1554	-1659	-1753	-1836	-1912	-2046	-2163	-2266	-2358	-2441	-2622	-2774	-2905	-3021	-3123	-3303	-3524	-3649	-3760	-3862	
		DV 1	-	-1419	-1515	-1600	-1676	-1746	-1869	-1975	-2069	-2153	-2229	-2395	-2533	-2652	-2758	-2852	-3016	-3218	-3332	-3434	-3526	
		DV 2	-	-744	-794	-838	-878	-915	-979	-1034	-1083	-1128	-1168	-1254	-1327	-1389	-1445	-1494	-1580	-1685	-1746	-1798	-1847	
Geval 2 : gevels met een gelijkmatige luchtdoorlaatbaarheid	Hoek	Zonder opstand	-1824	-1948	-2058	-2156	-2245	-2402	-2539	-2659	-2768	-2866	-3078	-3257	-3410	-3546	-3667	-3877	-4137	-4284	-4415	-4534		
		$h_p/h = 0,025$	-1621	-1732	-1829	-1916	-1996	-2135	-2257	-2364	-2460	-2547	-2736	-2895	-3031	-3151	-3260	-3447	-3677	-3808	-3924	-4030		
		$h_p/h = 0,05$	-1486	-1587	-1676	-1757	-1829	-1958	-2069	-2167	-2255	-2335	-2509	-2653	-2779	-2889	-2988	-3160	-3371	-3490	-3598	-3694		
		$h_p/h = 0,1$	-1352	-1443	-1524	-1596	-1663	-1780	-1881	-1970	-2050	-2123	-2280	-2412	-2526	-2626	-2716	-2872	-3064	-3173	-3271	-3359		
	Rand	Zonder opstand	-1486	-1587	-1676	-1757	-1829	-1958	-2069	-2167	-2255	-2335	-2509	-2653	-2779	-2889	-2988	-3160	-3371	-3490	-3598	-3694		
		$h_p/h = 0,025$	-1352	-1443	-1524	-1596	-1663	-1780	-1881	-1970	-2050	-2123	-2280	-2412	-2526	-2626	-2716	-2872	-3064	-3173	-3271	-3359		
		$h_p/h = 0,05$	-1217	-1298	-1371	-1437	-1496	-1602	-1693	-1773	-1846	-1910	-2052	-2171	-2273	-2364	-2445	-2585	-2758	-2856	-2944	-3022		
		$h_p/h = 0,1$	-1082	-1155	-1220	-1277	-1331	-1423	-1505	-1576	-1640	-1698	-1824	-1930	-2021	-2101	-2173	-2297	-2451	-2538	-2616	-2686		
	DV 1	-	-946	-1010	-1067	-1118	-1164	-1245	-1317	-1379	-1435	-1486	-1596	-1688	-1768	-1838	-1901	-2010	-2146	-2221	-2289	-2351		
	DV 2	-	-270	-289	-305	-319	-332	-356	-376	-394	-410	-425	-456	-482	-506	-525	-544	-574	-613	-634	-654	-671		
Geval 3 : luchtdichte dakvloer	$C_p = C_{pe}$	Hoek	Zonder opstand	-1689	-1804	-1905	-1996	-2079	-2224	-2351	-2462	-2562	-2654	-2850	-3015	-3158	-3283	-3396	-3590	-3831	-3966	-4088	-4198	
			$h_p/h = 0,025$	-1486	-1587	-1676	-1757	-1829	-1958	-2069	-2167	-2255	-2335	-2509	-2653	-2779	-2889	-2988	-3160	-3371	-3490	-3598	-3694	
			$h_p/h = 0,05$	-1352	-1443	-1524	-1596	-1663	-1780	-1881	-1970	-2050	-2123	-2280	-2412	-2526	-2626	-2716	-2872	-3064	-3173	-3271	-3359	
			$h_p/h = 0,1$	-1217	-1298	-1371	-1437	-1496	-1602	-1693	-1773	-1846	-1910	-2052	-2171	-2273	-2364	-2445	-2585	-2758	-2856	-2944	-3022	
		Rand	Zonder opstand	-1352	-1443	-1524	-1596	-1663	-1780	-1881	-1970	-2050	-2123	-2280	-2412	-2526	-2626	-2716	-2872	-3064	-3173	-3271	-3359	
			$h_p/h = 0,025$	-1217	-1298	-1371	-1437	-1496	-1602	-1693	-1773	-1846	-1910	-2052	-2171	-2273	-2364	-2445	-2585	-2758	-2856	-2944	-3022	
			$h_p/h = 0,05$	-1082	-1155	-1220	-1277	-1331	-1423	-1505	-1576	-1640	-1698	-1824	-1930	-2021	-2101	-2173	-2297	-2451	-2538	-2616	-2686	
			$h_p/h = 0,1$	-946	-1010	-1067	-1118	-1164	-1245	-1317	-1379	-1435	-1486	-1596	-1688	-1768	-1838	-1901	-2010	-2146	-2221	-2289	-2351	
		DV 1	-	-811	-866	-914	-958	-997	-1068	-1129	-1182	-1230	-1274	-1368	-1447	-1516	-1576	-1630	-1723	-1839	-1904	-1962	-2015	
		DV 2	-	135	144	153	159	167	178	188	197	205	212	228	241	253	263	271	287	307	318	327	336	

(*) DV = dakvlak.

Inwendige condensatie – Rekenmethode en beoordelingscriteria

Om het type damp scherm te kunnen kiezen dat geïnstalleerd moet worden in een plattedakopbouw (hoofdstuk 6, p. 55) dient men de mogelijk aanwezige hoeveelheid condensatie te bepalen omdat deze beperkt moet worden. Het condensaat dat teweeggebracht wordt door dampdiffusie kan als eerste benadering berekend worden volgens de Glaser methode. Deze is echter gebaseerd op een statische berekening die geen rekening houdt met de dynamiek van de fenomenen (opslag van vocht en warmte in de materialen), met de overdracht van water onder vloeibare vorm (capillariteit van de materialen) en met het hygroscopische gedrag van de materialen. Hoewel deze processen doorgaans slechts weinig belang hebben in de meest courante platte daken, kan het soms nodig zijn om over te gaan tot een analyse met een dynamische hygrothermische simulatiesoftware, gebaseerd op een meer gesofisticeerde methode (zie de norm NBN EN 15026) [B52]. Dit type software laat toe om rekening te houden met voormelde mechanismen en talloze andere parameters. Het buitenklimaat kan in detail beschreven worden, d.w.z. met specificatie van de temperatuur en de relatieve vochtigheid, maar ook van de directe en diffuse bezonning, de hemeltemperatuur (uitwisselingen door straling tussen het dak en het hemelgewelf), de neerslag, de windrichting, de windsnelheid ... Naast de oriëntatie en de helling van de wand kan men ook parameters zoals de zonneabsorptiecoëfficiënt en de emissiviteit in aanmerking nemen bij de berekening van de thermische en hydro-

sche uitwisselingen tussen het dak en zijn omgeving (binnen en buiten). Men kan bovendien heel wat informatie verkrijgen over de staat van de wand, zoals de temperatuur en de relatieve vochtigheid op elk punt van het complex, maar ook de vochtigheidsgraad van de materialen, de capillaire druk en de evolutie in de tijd van de verschillende berekende grootheden.

Voor de berekening van de klimatologische gegevens van het dichtstbijzijnde weerstation moet men zoveel mogelijk rekening houden met de oriëntatie, de helling en de absorptie karakteristieken van het dak.

De gegevens uit tabel 40 kunnen gebruikt worden om het risico op inwendige condensatie in de wand te beoordelen. We willen erop wijzen dat de aanwezigheid van een jaarlijkse residuele condensatie in het dak enkel tijdelijk toelaatbaar is en voor zover de hoeveelheid condensatie te allen tijde onder de aanvaardbare bovengrens blijft.

In een klassieke dakopbouw is het voornamelijk de isolatie die onderhevig zal zijn aan condensatie. In bijzondere dakopbouwen kunnen ook de andere materialen hieraan blootgesteld worden (zie tabel 40). Wanneer de constructie hout bevat, dan dient men ervoor te zorgen dat het massavochtgehalte van het materiaal niet hoger wordt dan 20 %, voor zover de rekenmethode toelaat om deze waarde te verkrijgen.

Tabel 40 Beoordelingscriteria voor inwendige condensatie.

Aard van het condensatieoppervlak	Criterium (kg/m ²) (*)
Capillair niet-hygroscopisch materiaal (bv. baksteen): het condensaat wordt door het materiaal opgezogen door capillariteit. Hierdoor ontstaat er een kritische vochtige zone over een bepaalde dikte en komt er een evenwicht tussen bevochtiging en droging tot stand. De aanwezigheid van condensatie is aanvaardbaar indien het materiaal vorstbestendig is of indien de vochtige zone zich niet uitstrekt tot aan het geveloppervlak. Zo niet, dan zouden er in het laatste geval zoutuitbloeiingen kunnen ontstaan op de plaatsen die niet door de regen afgespoeld worden.	<ul style="list-style-type: none"> Vorstbestendig: $m_r + m_c \leq w_{cr} \cdot d$ Niet-vorstbestendig: $m_r + m_c \leq 0,05 w_{cr} \cdot d$
Hygroscopisch weinig capillair materiaal (bv. hout): de opeenvolging van vochtige en droge perioden leidt tot een jaarlijkse schommeling van het hygroscopische vochtgehalte van het materiaal. Deze schommeling is niet problematisch voor zover er geen jaarlijkse residuele bevochtiging optreedt en de vochtgehalten laag genoeg zijn om het verrotten van de plantaardige materialen te verhinderen.	<ul style="list-style-type: none"> $m_r \leq 0$ Vochtbestendig materiaal: $m_c \leq 0,03 \rho d \leq 0,200$ Niet-vochtbestendig materiaal: $m_c \leq 0,050$
Niet-hygroscopisch en niet-capillair materiaal (kunststof, metaal): de condensatiedruppels blijven als gevolg van de oppervlaktespanning op het condensatieoppervlak hangen totdat ze bij een bepaalde afmeting neerdruppelen. Indien het condensaat niet afgevoerd wordt via een gedraineerde spouw, dan kan het ernstige schade veroorzaken. De toelaatbare hoeveelheid condensaat is afhankelijk van de helling.	<ul style="list-style-type: none"> $m_r \leq 0$ Zo goed als verticale hellende wand: $m_c \leq 0,200$ Zo goed als horizontale hellende wand: $m_c \leq 0,5$
Isolatiemateriaal met een dampremmende buitenafwerking (warm plat dak): het isolatiemateriaal wordt vanaf het condensatieoppervlak over een bepaalde dikte met water verzadigd, waardoor de energieverliezen doorheen de constructie toenemen.	<ul style="list-style-type: none"> $m_r \leq 0$ $m_c \leq 0,200$
(*) m_r : maximale hoeveelheid residuele condensatie (kg/m ²) – m_c : maximale hoeveelheid condensatie (kg/m ²) – w_{cr} : kritisch vochtgehalte (kg/m ³) – d = dikte van de laag (m) – ρ = dichtheid (kg/m ³).	

ATG – BENOR – ETA

Voor alle bouwproducten die behandeld worden in een geharmoniseerde norm of een Europese technische beoordeling (zie verder), is de **CE-markering** de enige die de conformiteit van het product met de door de fabrikant gedeclareerde prestaties attesteert. Deze stemmen overeen met de essentiële karakteristieken die beschouwd worden door de geharmoniseerde norm of door de Europese technische beoordeling. Er zijn ook andere markeringen toegelaten, voor zover ze de gebruikers van de producten beschermen en niet onderhevig zijn aan de geharmoniseerde wetgeving van de Europese Unie.

De Bouwproductenverordening (Verordening (EU) nr. 305/2011) [E7] maakt gebruik van **Europese technische beoordelingen** (*European Technical Assessments – ETA's*). Het gaat hier om een gedocumenteerde beoordeling van de essentiële karakteristieken van een bouwproduct, opgesteld overeenkomstig het van toepassing zijnde **Europese beoordelingsdocument** (*European Assessment Document – EAD*). Een fabrikant kan een ETA aanvragen bij een technische beoordelingsinstantie wanneer zijn product niet (volledig) gedekt wordt door een geharmoniseerde norm. De Europese beoordelingsdocumenten hebben tegenwoordig de status van geharmoniseerde Europese technische specificaties en worden in het Publicatieblad van de Europese Unie op dezelfde wijze geciteerd als de geharmoniseerde normen. Het enige verschil ligt in het feit dat deze citering niet gepaard gaat met een coëxistentieperiode, aangezien de toepassing van een Europees beoordelingsdocument op vrijwillige basis gebeurt, in tegenstelling tot de geharmoniseerde Europese normen.

In België blijven de vrijwillige merken **ATG** en **BENOR** van toepassing wanneer deze een meerwaarde bieden ten opzichte van de CE-markering voor wat de bescherming van de gebruikers betreft. Beide merken spelen in op de specifieke informatie- en betrouwbaarheidsbehoeften van de gebruikers in de Belgische bouwsector, rekening houdend met de risico's die gepaard gaan met de toepassing van de producten en de systemen waarin de producten aangevend worden.

De **technische goedkeuring ATG** omvat een beschrijving van het product of het systeem evenals van de technische karakteristieken ervan. Ze geeft een gunstig advies over het product of het systeem van een fabrikant voor een welbepaald toepassingsdomein. De ATG wordt in principe afgeleverd op basis van een goedkeuringsleidraad en heeft betrekking op produc-

ten of systemen waarvoor er geen productnormen bestaan (voornamelijk innovatieve producten en systemen of producten die opgebouwd zijn uit meerdere bestanddelen). Ze wordt steeds vergezeld door een certificatie. Deze wordt toegekend door een certificatieorganisme dat gemandateerd werd door de BUtgb (Belgische Unie voor de technische goedkeuring in de bouw) en dat een periodieke externe controle uitvoert van de conformiteit van de productie met de gepubliceerde goedkeuring. De certificatie zorgt ervoor dat het product dat vermeld is in de tekst van de technische goedkeuring overeenstemt met het product dat op de Belgische markt gebracht wordt.

In het verleden werden alle technische goedkeuringen om de 3 tot 5 jaar vernieuwd. Dit proces omvatte een volledige herbeoordeling van het dossier en van de belangrijkste kenmerken van het product of systeem op basis van de nieuwste technische en wetenschappelijke kennis. Vanwege het periodieke karakter van de vernieuwing verwezen de teksten van de technische goedkeuringen in sommige gevallen echter naar verouderde wetgeving en specificaties en – door verbeteringen vanwege de fabrikanten – kwamen de op de markt gebrachte producten niet altijd overeen met het product dat vermeld werd in de tekst van de technische goedkeuring.

De **BUtgb** introduceerde daarom het concept van de **doorlopende evaluatie**, waarbij er voor de meeste productfamilies onderzocht wordt of de geschiktheid voor de beoogde toepassing gehandhaafd blijft enerzijds en of de tekst van de technische goedkeuring het product of het systeem waarin het product gebruikt wordt nog steeds weerspiegelt anderzijds. In principe wordt de geldigheid van de technische goedkeuring jaarlijks verlengd.

De doorlopende evaluatie is een proces dat gericht is op de blijvende geldigheid van het goedkeurings- en certificeringsdossier en van de tekst van de technische goedkeuring, zonder vernieuwingsaanvraag. De goedkeuring blijft dus geldig zonder einddatum, tenzij deze ingetrokken wordt.

Het **Bureau voor Normalisatie (NBN)** is verantwoordelijk voor de ontwikkeling en publicatie van normen in België. **BENOR vzw** zorgt samen met haar leden-certificatieorganismen voor de attestatie van het feit dat een product of dienst voldoet aan een normatief technisch kwaliteitsreferentiesysteem dat aanvaard wordt door alle partijen die betrokken zijn bij het op de markt brengen en de toepassing ervan. Dit refe-

rentiesysteem bestaat uit een norm en een normatief document dat aangeduid wordt als 'Prescriptions techniques – Technische Voorschriften' (PTV's). Het **BENOR-merk** dekt alle karakteristieken van het product die relevant zijn voor zijn toepassing en uitvoering. De BENOR-licentie is gebaseerd op een product-certificatie:

- de fabrikant waarborgt dat zijn product of dienst conform blijft aan de hand van een industriële of sectorale zelfcontrole
- een certificatieorganisme bevestigt aan de hand van een periodieke externe controle het bestaan van een toereikend vertrouwensniveau in het vermogen van de fabrikant om de conformiteit van zijn product te waarborgen en reikt hiervoor het bewijs aan door de aflevering van een BENOR-conformiteitscertificaat. De periodieke externe controle laat toe om de betrouwbaarheid van de zelfcontrole na te gaan en om stalen te nemen met het oog op de uitvoering van controleproeven.

Lijst van de gebruikte afkortingen

Dakisolatie	
CG (<i>cellular glass</i>)	Cellenglas
EPB (<i>expanded perlite board</i>)	Geëxpandeerd perliet
EPS (<i>expanded polystyrene</i>)	Geëxpandeerd polystyreen
ICB (<i>impregnated cork board</i>)	Kurk
MW (<i>mineral wool</i>)	Minerale wol
PF (<i>phenolic foam</i>)	Fenolschuim
PU	Polyurethaan (PUR) / polyisocyanuraat (PIR)
VIP (<i>vacuum insulation panel</i>)	Vacuümisolatiepaneel
WF (<i>wood fibre</i>)	Houtvezel
XPS (<i>extruded polystyrene</i>)	Geëxtrudeerd polystyreen

Dakafdichting / Dampscherm	
Bitumineuze materialen	
Px	Bitumineus membraan gewapend met een niet-geweven polyester, waarbij x de dikte in mm voorstelt
Vx	Bitumineus membraan gewapend met een glasvlies, waarbij x de dikte in mm voorstelt
Synthetische materialen (kunststoffen)	
ECB of EBT	Vinylacetaat-ethyleen-copolymeer en bitumen
EPDM	Ethyleen-propyleen-dieen-monomeer-terpolymeer
EVA	Vinylacetaat-ethyleen-copolymeer
FPO	Flexibel polyolefine (ook TPO genoemd, thermoplastisch polyolefine)
PE	Polyethyleen
PIB	Polyisobutyleen
PVC	Polyvinylchloride (soepel)
Vloeibaar aangebrachte materialen	
PMMA	Polymethylmethacrylaat
PU	Polyurethaan
PUE	Polyurea
PUMA	Hybride PU-PMMA-hars
SMP	Silaangemodificeerd polymeer (<i>sylic modified polymer</i>)
UP of PES	Onverzadigd polyester

Plaatsingstechnieken voor afdichtingen	
L	Losliggende plaatsing
T	Plaatsing in totale hechting
P	Plaatsing in partiële hechting
M	Mechanische bevestiging

Markering en goedkeuringen	
ATG	Technische goedkeuring
EAD	Europees beoordelingsdocument (<i>European Assessment Document</i>), vervangt de ETAG (<i>European Technical Approval Guide</i> - Europese technische goedkeuringsleidraad)
EOTA	<i>European Organisation for Technical Assessment</i>
ETA	Europese technische beoordeling (<i>European Technical Assessment</i>)
BUtgb	Belgische Unie voor de technische goedkeuring in de bouw
EUtgb	Europese Unie voor de technische goedkeuring in de bouw
Duurzaam bouwen	
LCA	Levenscyclusanalyse (<i>Life Cycle Assessment</i>)
EPD	Milieuproductverklaring (<i>Environmental Product Declaration</i>)

LITERATUURLIJST

A

Akbari H. en Levinson R.

A1 Evolution of Cool-Roof Standards in the US. Londen, Advances in Building Energy Research, januari 2008.

B

Belgian Construction Certification Association (BCCA, <https://www.bcca.be>)

B1 PTV 46-002 Onderlagen en dampschermen voor platte daken in de vorm van membranen op basis van bitumineuze bindmiddelen. Brussel, BCCA, Prescriptions techniques/Technische Voorschriften, nr. 46-002, 2019.

Belgische Unie voor de technische goedkeuring in de bouw (BUtgb, Brussel, www.butgb.be)

B2 BUtgb Nota 2010 'Aanbevelingen ter beoordeling van de kwaliteit van vloeibaar aangebrachte waterdichtingen voor daken, terrassen en balkons'.

B3 Vloeibare harssystemen gebruikt als afdichting voor bruggen en andere berijdbare oppervlakken in beton. Goedkeuringsleidraad, nr. G0003, 2013.

B4 Windbelasting op platte daken volgens windnorm NBN EN 1991-1-4. Informatieblad, nr. 2, 2012.

Belgische Vereniging van Aannemers van Dichtingswerken (BEVAD)

B5 Brandveilig werken bij dakafdichtingswerken. Brussel, BEVAD, maart 2014.

Building Cost Information Service (BCIS, www.bcis.co.uk)

B6 Life Expectancy of Building Components: Surveyors' Experiences of Buildings in Use: a Practical Guide. Londen, BCIS, 2006.

Bundesministerium für Wohnen, Stadtentwicklung und Bauwesen

B7 Nutzungsdauern von Bauteilen für Lebenszyklusanalysen. Berlijn, 2011.

Bureau voor Normalisatie (NBN, Brussel, www.nbn.be)

B8 CEN/TS 16459:2019 Externe brandblootstelling van daken en dakbedekkingen. Uitgebreide toepassing van testresultaten van CEN/TS 1187.

B9 NBN B 03-003:2003 Vervormingen van draagsystemen. Vervormingsgrenswaarden. Gebouwen.

B10 NBN B 03-004:2017 Borstweringen van gebouwen.

B11 NBN B 52-011:1989 Waterafvoer van kunstwerken. Berekeningswijze van de waterafvoer van wegbruggen.

B12 NBN B 62-002:2008 Thermische prestaties van gebouwen. Berekening van de warmtedoorgangscoefficiënten (U-waarden) van gebouwcomponenten en gebouwelementen. Berekening van de warmteoverdrachtscoëfficiënten door transmissie (HT-waarde) en ventilatie (Hv-waarde).

B13 NBN B 62-002/A1:2001 Berekening van warmtedoorgangscoefficiënten van wanden van gebouwen (+ erratum).

B14 NBN CEN/TS 1187:2013 Testmethoden voor het gedrag van daken bij een brand vanaf de buitenzijde.

B15 NBN D 50-001:1991 Ventilatievoorzieningen in woongebouwen.

B16 NBN EN 300:2006 Oriented Strand Boards (OSB). Termen en definities, classificatie en specificaties.

B17 NBN EN 312:2010 Spaanplaat. Specificaties.

B18 NBN EN 338:2016 Structureel hout. Sterkteklassen.

B19 NBN EN 622-1:2003 Vezelplaten. Eisen. Deel 1: algemene eisen.

B20 NBN EN 622-2:2004 Vezelplaten. Voorschriften. Deel 2: eisen voor harde platen (+ AC:2005).

B21 NBN EN 622-3:2004 Vezelplaten. Voorschriften. Deel 3: eisen voor middelharde platen.

- B22 NBN EN 622-4:2019 Vezelplaten. Specificaties. Deel 4: eisen voor softboards.
- B23 NBN EN 622-5:2010 Vezelplaten. Voorschriften. Deel 5: eisen voor platen vervaardigd volgens het droge proces (MDF).
- B24 NBN EN 636+A1:2015 Multiplex. Specificaties.
- B25 NBN EN 1107-1:1999 Flexibele afdichtingsbanen. Deel 1: bitumen afdichtingsbanen voor daken. Bepaling van de maatvastheid.
- B26 NBN EN 1109:2013 Flexibele afdichtingsbanen. Bitumen afdichtingsbanen voor daken. Bepaling van de flexibiliteit bij lage temperatuur.
- B27 NBN EN 1110:2011 Flexibele dakbanen voor waterafdichtingen. Bitumen banen voor waterafdichtingen voor daken. Bepaling van de vloe weerstand bij verhoogde temperatuur.
- B28 NBN EN 1849-2:2019 Flexibele platen voor waterdichting. Bepaling van dikte en massa per oppervlakte-eenheid. Deel 2: kunststoffen en rubberplaten voor waterdichting van daken.
- B29 NBN EN 1991-1-1:2002 Eurocode 1. Belastingen op constructies. Deel 1-1: algemene belastingen. Volumieke gewichten, eigen gewicht en opgelegde belastingen voor gebouwen (+ AC:2009).
- B30 NBN EN 1991-1-1 ANB:2007 Eurocode 1. Belastingen op constructies. Deel 1-1: algemene belastingen. Volumieke gewichten, eigen gewicht en opgelegde belastingen voor gebouwen.
- B31 NBN EN 1991-1-3:2003 Eurocode 1: belastingen op constructies. Deel 1-3: algemene belastingen. Sneeuwbelasting (+ AC:2009).
- B32 NBN EN 1991-1-4:2005 Eurocode 1: belastingen op constructies. Deel 1-4: algemene belastingen. Windbelasting (+ AC:2010).
- B33 NBN EN 1991-1-4 ANB:2010 Eurocode 1: belastingen op constructies. Deel 1-4 : algemene belastingen. Windbelasting. Nationale bijlage.
- B34 NBN EN 1995-1-1:2005 Eurocode 5: ontwerp en berekening van houtconstructies. Deel 1-1: algemeen. Gemeenschappelijke regels en regels voor gebouwen (+ AC:2006).
- B35 NBN EN 12056-3:2000 Binnenriolering onder vrij verval. Deel 3: ontwerp en berekening van hemelwaterafvoersystemen.
- B36 NBN EN 12316-1:1999 Flexibele banen voor waterafdichtingen. Deel 1: bitumen dakbanen voor waterafdichtingen. Deel 1: bepaling van de weerstand tegen pellen van verbindingen.
- B37 NBN EN 12730:2015 Flexibele banen voor waterafdichtingen. Bitumen, kunststof en rubber dakbanen voor waterafdichtingen. Bepaling van de weerstand tegen statische belasting.
- B38 NBN EN 13162+A1:2015 Producten voor thermische isolatie van gebouwen. Fabrieksmatig vervaardigde producten van minerale wol (MW). Specificatie.
- B39 NBN EN 13163:2012+A2:2016 Thermische isolatieproducten voor gebouwen. In de fabriek gemaakte producten van geëxpandeerd polystyreen (EPS). Specificatie.
- B40 NBN EN 13164+A1:2015 Producten voor thermische isolatie van gebouwen. Fabrieksmatig vervaardigde producten van geëxtrudeerd polystyreenschuim (XPS). Specificatie.
- B41 NBN EN 13165:2012+A2:2016 Thermische isolatieproducten voor gebouwen. In de fabriek gemaakte producten van hard polyurethaanschuim (PU). Specificatie.
- B42 NBN EN 13166:2012+A2:2016 Thermische isolatieproducten voor gebouwen. In de fabriek gemaakte producten van fenolschuim (PF). Specificatie.
- B43 NBN EN 13167+A1:2015 Producten voor thermische isolatie van gebouwen. Fabrieksmatig vervaardigde producten van cellulair glas (CG). Specificatie.
- B44 NBN EN 13169+A1:2015 Producten voor thermische isolatie van gebouwen. Fabrieksmatig vervaardigde producten van geëxpandeerd perliet (EPB). Specificatie.
- B45 NBN EN 13170+A1:2015 Producten voor thermische isolatie van gebouwen. Fabrieksmatig vervaardigde producten van geëxpandeerde kurk (ICB). Specificatie.
- B46 NBN EN 13171+A1:2015 Producten voor thermische isolatie van gebouwen. Fabrieksmatig vervaardigde producten van houtvezel (WF). Specificatie.
- B47 NBN EN 13501-1:2019 Brandclassificatie van bouwproducten en bouwelementen. Deel 1: classificatie op basis van gegevens van reactie op brandtests.
- B48 NBN EN 13501-2:2016 Brandclassificatie van bouwproducten en bouwelementen. Deel 2: classificatie met gegevens van brandwerendheidstests, met uitzondering van ventilatiediensten.
- B49 NBN EN 13501-5:2016 Brandclassificatie van bouwproducten en bouwelementen. Deel 5: classificatie met gegevens van externe brandblootstelling aan daktesten.
- B50 NBN EN 13707:2013 Flexibele banen voor waterafdichting. Gewapende bitumen dakbanen voor waterafdichtingen. Definities en eigenschappen.
- B51 NBN EN 13956:2013 Flexibele banen voor waterafdichting. Kunststof- en rubberbanen voor waterafdichting van daken. Definities en eigenschappen.

- B52 NBN EN 15026:2007 Hygrothermische prestatie van bouwcomponenten en -elementen. Beoordeling van vochtoverdracht door rekenkundige simulatie.
- B53 NBN EN 15804+A2:2019 Duurzaamheid van bouwwerken. Milieuproductverklaringen. Kernregels voor de productcategorie bouwproducten.
- B54 NBN EN 15978:2012 Duurzaamheid van constructies. Beoordeling van milieuprestaties van gebouwen. Rekenmethode.
- B55 NBN EN 16002:2019 en NBN EN 16002:2018/AC:2021 Flexibele platen voor waterdichting. Bepaling van de weerstand tegen windbelasting van mechanisch bevestigde flexibele platen voor dakafdichting.
- B56 NBN EN ISO 6946:2017 Bouwelementen en bouwelementen. Thermische weerstand en thermische doorlaatbaarheid. Berekeningsmethoden (ISO 6946: 2017).
- B57 NBN EN ISO 10456:2008 Bouwmaterialen en bouwwaren. Hygrothermische eigenschappen. Getabelleerde ontwerpwaarden en procedures voor de bepaling van de opgegeven en nuttige thermische waarden (ISO 10456:2007) (+ AC:2009).
- B58 NBN EN ISO 13788:2013 Hygrothermische prestatie van bouwcomponenten en -elementen. Binnenoppervlaktetemperatuur om kritische oppervlaktevochtigheid en inwendige condensatie te vermijden. Berekeningsmethoden (ISO 13788:2012).
- B59 NBN EN ISO 13943:2017 Brandveiligheid. Woordenschat (ISO 13943: 2017).
- B60 NBN S 01-400:1977 Akoestiek. Criteria van de akoestische isolatie.
- B61 NBN S 01-400-1:2008 Akoestische criteria voor woongebouwen.
- B62 NBN S 01-400-2:2012 Akoestische criteria voor schoolgebouwen.

C

Caluwaerts F. en De Raed G.

- C1 Specifieke schade aan houten terrassen. Brussel, Wetenschappelijk en Technisch Centrum voor het Bouwbedrijf, WTCB-Dossiers, nr. 2, Katern 7, 2012.

Charron S., Martin Y. en Lassoie L.

- C2 Plaatmaterialen en hun toepassingen. Brussel, Wetenschappelijk en Technisch Centrum voor het Bouwbedrijf, WTCB-Dossiers, nr. 2, Katern 20, 2015.

Caluwaerts F., Mahieu E. en Charron S.

- C3 Degradatie van multiplex in daktoepassingen. Brussel, Wetenschappelijk en Technisch Centrum voor het Bouwbedrijf, WTCB-Dossiers, nr. 4, Katern 7, 2016.

D

De Cuyper K., Dinne K. en Van De Vel L.

- D1 Regenwaterafvoer op groendaken. Brussel, Wetenschappelijk en Technisch Centrum voor het Bouwbedrijf, WTCB-Dossiers, nr. 3, Katern 2, 2006.

E

Eeckhout S. en Martin Y.

- E1 Brandveiligheid van industriële gebouwen: bijlage 6 van het koninklijk besluit 'Basisnormen'. Brussel, Wetenschappelijk en Technisch Centrum voor het Bouwbedrijf, WTCB-Dossiers, nr. 4, Katern 4, 2011.

European Organisation for Technical Assessment (EOTA, Brussel, www.eota.eu)

- E2 EAD 030351-00-0402 Systems of Mechanically Fastened Flexible Roof Waterproofing Sheets (vroeger ETAG 006). European Assessment Document, februari 2019.

- E3 EAD 030350-00-0402 Liquid Applied Roof Waterproofing Kits (vroeger ETAG 005). European Assessment Document, augustus 2018.
- E4 ETAG 031 Inverted Roofs Insulation Kits. Part 1: General. Part 2: Insulation with protective Finish. Europese technische goedkeuringsleidraad, nr. 031, december 2010.
- E5 ETAG 033 Liquid applied bridge deck waterproofing kits. Europese technische goedkeuringsleidraad, nr. 033, juli 2010.

Europese Commissie (<http://eur-lex.europa.eu>)

- E6 Beschikking 2000/553/EG van de Commissie van 6 september 2000 tot uitvoering van Richtlijn 89/106/EEG van de Raad met betrekking tot het brandgedrag aan de buitenzijde van dakbedekkingen. Brussel, Publicatieblad van de Europese Gemeenschappen, nr. L 235/19, 19 september 2000.

Europese Unie (Brussel, www.eur-lex.europa.eu)

- E7 Verordening (EU) nr. 305/2011 van het Europees Parlement en de Raad van 9 maart 2011 tot vaststelling van geharmoniseerde voorwaarden voor het verhandelen van bouwproducten en tot intrekking van Richtlijn 89/106/EEG van de Raad. Publicatieblad van de Europese Unie, L 88/5, 4 april 2011.

Europese Unie voor de technische goedkeuring in de Bouw (EUTgb, Brussel, www.ueatc.eu)

- E8 Guide technique UEAtc pour l'agrément des systèmes d'étanchéité de toiture en EPDM non armés, armés et/ou sous-facés (december 2001).
- E9 Guide technique UEAtc pour l'agrément des systèmes d'étanchéité de toiture en feuilles de bitume polymère polypropylène atactique (APP) ou styrène-butadiène-styrène (SBS) armées (december 2001).
- E10 Guide technique UEAtc pour l'agrément des systèmes d'étanchéité de toiture en polyoléfines flexibles (FPO) non armés, armés et/ou sous-facés (december 2001).
- E11 Guide technique UEAtc pour l'agrément des systèmes d'étanchéité de toiture en PVC non armés, armés et/ou sous-facés (december 2001).
- E12 Guide technique UEAtc pour l'agrément des systèmes isolants supports d'étanchéité des toitures plates et inclinées (1993).

F

Federale Overheidsdienst Binnenlandse Zaken (Brussel, www.ibz.be)

- F1 Koninklijk besluit van 7 juli 1994 tot vaststelling van de basisnormen voor de preventie van brand en ontploffing waaraan de nieuwe gebouwen moeten voldoen. Belgisch Staatsblad van 26 april 1995 (+ erratum BS 19/3/1996) en zijn wijzigingen van 4/4/1996 (BS 20/4/1996), van 18/12/1996 (BS 31/12/1996), van 19/12/1997 (BS 30/12/1997), van 4/4/2003 (BS 5/5/2003), van 13/6/2007 (BS 18/7/2007) + erratum (BS 17/8/2007), van 18/9/2008 (BS 16/10/2008), van 1/3/2009 (BS 15/7/2009) + erratum (BS 4/2/2011) en van 12/7/2012 (BS 21/9/2012) + erratum (BS 10/1/2014) (beschikbaar op de website van de Normen-Antenne Brandpreventie; www.normen.be/brand).

Federale Overheidsdienst Economie, KMO, Middenstand en Energie (Brussel, <http://economie.fgov.be>)

- F2 STS 08.82 Materialen voor thermische isolatie. Eengemaakte technische specificaties, 1997.
- F3 STS 31 Timmerwerk. Eengemaakte technische specificaties, 2008.
- F4 STS 32 Dakschrijnwerk. Eengemaakte technische specificaties, 1967.

Federale Overheidsdienst Volksgezondheid, Veiligheid van de Voedselketen en Leefmilieu (Brussel, <https://www.health.belgium.be>)

- F5 Koninklijk besluit van 22 mei 2014 tot vaststelling van de minimumeisen voor het aanbrengen van milieuboodschappen op bouwproducten en voor het registreren van milieuproductverklaringen in de federale databank. Belgisch Staatsblad, 14 juli 2014.

Federale Overheidsdienst Werkgelegenheid, Arbeid en Sociaal overleg (Brussel, <https://werk.belgie.be/nl>)

- F6 Koninklijk besluit van 13 juni 2005 betreffende het gebruik van persoonlijke beschermingsmiddelen. Belgisch Staatsblad, 14 juli 2005.

H

Hendriks N.A. en van den Hout A. F.

H1 Handboek Daken (deel A6130 'Witte dakbedekking'). Amsterdam, ten Hagen Stam Uitgevers, 1996.

I

Ingelaere B.

I1 Geluidsisolatie van hellende daken. Brussel, Wetenschappelijk en Technisch Centrum voor het Bouwbedrijf, WTCB-Dossiers, nr. 2, Katern 5, 2010.

J

Janssen A.

J1 Milieu-impact van platte daken. Brussel, Wetenschappelijk en Technisch Centrum voor het Bouwbedrijf, WTCB-Dossiers, nr. 3, Katern 6, 2013.

Janssen A., Delem L., Wastiels L. en Van Dessel J.

J2 Principes en aandachtspunten bij de keuze voor duurzame bouwmaterialen. Brussel, Wetenschappelijk en Technisch Centrum voor het Bouwbedrijf, WTCB-Rapport, nr. 17, 2016.

Janssen A. en Mahieu E.

J3 Milieu-impact van platte daken. Brussel, Wetenschappelijk en Technisch Centrum voor het Bouwbedrijf, WTCB-Dossiers, nr. 2, Katern 19, 2015.

Janssen A., Wastiels L. en Delem L.

J4 Levenscyclusanalyse of LCA. Brussel, Wetenschappelijk en Technisch Centrum voor het Bouwbedrijf, Infofiche, nr. 64, juni 2013.

K

Kiwa Nederland (Rijswijk, <https://www.kiwa.com>)

K1 BRL 1511 Deel 1 Algemene bepalingen (2012). Deel 2 Specifieke bepalingen voor gewapende dakbanen o.b.v. (gemodificeerd) bitumen (2012). Deel 3 Specifieke bepalingen voor dakbanen o.b.v. kunststof/bitumen compounds (2012). Deel 4 Specifieke bepalingen voor kunststof en rubber dakbanen (2013).

L

Lejeune G. en Van Den Bossche T.

L1 Houten terrasvloeren. Brussel, Wetenschappelijk en Technisch Centrum voor het Bouwbedrijf, WTCB-Tijdschrift, nr. 3, september 1994.

M

Mahieu E.

- M1 Aandachtspunten bij de plaatsing van zonnepanelen op platte daken. Brussel, Wetenschappelijk en Technisch Centrum voor het Bouwbedrijf, WTCB-Dossiers, nr. 4, Katern 7, 2010.
- M2 Inwendige condensatie. Brussel, Wetenschappelijk en Technisch Centrum voor het Bouwbedrijf, Infofiche, nr. 27, november 2007.
- M3 Kunnen waterretentiedaken zonder helling uitgevoerd worden? Brussel, Wetenschappelijk en Technisch Centrum voor het Bouwbedrijf, WTCB-Dossiers, nr. 6, Katern 4, 2019.
- M4 Omgekeerde condensatie. Brussel, Wetenschappelijk en Technisch Centrum voor het Bouwbedrijf, Infofiche, nr. 28, november 2007.
- M5 Opsporen van infiltraties bij platte daken. Brussel, Wetenschappelijk en Technisch Centrum voor het Bouwbedrijf, WTCB-Dossiers, nr. 4, Katern 6, 2016.
- M6 Platte daken met dakvloeren uit TT-elementen. Brussel, Wetenschappelijk en Technisch Centrum voor het Bouwbedrijf, WTCB-Dossiers, nr. 4, Katern 5, 2017.
- M7 Thermische isolatie van bestaande platte daken. Brussel, Wetenschappelijk en Technisch Centrum voor het Bouwbedrijf, Infofiche, nr. 26, november 2007.
- M8 Vloeibare afdichtingen op warme daken. Brussel, Wetenschappelijk en Technisch Centrum voor het Bouwbedrijf, WTCB-Dossiers, nr. 2, Katern 6, 2013.
- M9 Vochtproblemen door omgekeerde condensatie in warme platte daken. Brussel, Wetenschappelijk en Technisch Centrum voor het Bouwbedrijf, WTCB-Dossiers, nr. 2, Katern 5, 2017.

Mahieu E. en Noirfalisie E.

- M10 Cementgebonden afschotlagen op platte daken. Brussel, Wetenschappelijk en Technisch Centrum voor het Bouwbedrijf, WTCB-Dossiers, nr. 2, Katern 5, 2014.
- M11 Verlijming van isolatieplaten met PU-lijm op platte daken. Brussel, Wetenschappelijk en Technisch Centrum voor het Bouwbedrijf, WTCB-Dossiers, nr. 2, Katern 5, 2018.

Mahieu E., Noirfalisie E. en Steskens P.

- M12 Compactdaken, een nieuwe trend? Brussel, Wetenschappelijk en Technisch Centrum voor het Bouwbedrijf, WTCB-Dossiers, nr. 2, Katern 6, 2012.

Martin Y.

- M13 Brandpreventie bij groendaken. Brussel, Wetenschappelijk en Technisch Centrum voor het Bouwbedrijf, WTCB-Dossiers, nr. 4, Katern 7, 2011.

Martin Y. en De Proft K.

- M14 Brandveiligheid van houten terrassen op platte daken. Brussel, Wetenschappelijk en Technisch Centrum voor het Bouwbedrijf, WTCB-Dossiers, nr. 2, Katern 6, 2017.

Martin Y. en Eeckhout S.

- M15 Brandgedrag van platte daken. Brussel, Wetenschappelijk en Technisch Centrum voor het Bouwbedrijf, WTCB-Dossiers, nr. 4, Katern 6, 2014.

Martin Y., Eeckhout S. en Labrouche J.-F.

- M16 Brandgedrag van platte daken : ATG's om uit de impasse te geraken. Brussel, Wetenschappelijk en Technisch Centrum voor het Bouwbedrijf, WTCB-Dossiers, nr. 4, Katern 3, 2019.

N

Nationale Vereniging voor brand- en diefstalbestrijding (ANPI, <https://www.anpi.be>)

- N1 Werken met hittepunten. De vuurvergunningen. Brussel, ANPI, Technisch Dossier ANPI TD 148-2010, 2010.

Noirfalisse E.

- N2 Naar een vereenvoudigde studie van de windwerking op platte daken. Brussel, Wetenschappelijk en Technisch Centrum voor het Bouwbedrijf, WTCB-Dossiers, nr. 4, Katern 4, 2020.
- N3 Opslag en uitvoering van zelfklevende afdichtingsmembranen. Brussel, Wetenschappelijk en Technisch Centrum voor het Bouwbedrijf, WTCB-Dossiers, nr. 2, Katern 6, 2010.
- N4 Waterstagnaties op platte daken. Brussel, Wetenschappelijk en Technisch Centrum voor het Bouwbedrijf, WTCB-Dossiers, nr. 4, Katern 7, 2013.
- N5 Windweerstand van plattedakopbouwen met hellende plaatsing. Brussel, Wetenschappelijk en Technisch Centrum voor het Bouwbedrijf, WTCB-Dossiers, nr. 2, Katern 3, 2021.

Noirfalisse E. en Tilmans A.

- N6 Herziening van de TV 215: veranderingen op til voor het damp scherm. Brussel, Wetenschappelijk en Technisch Centrum voor het Bouwbedrijf, WTCB-Dossiers, nr. 2, Katern 3, 2019.

Noirfalisse E., Mahieu E. en Mertens S.

- N7 Het verschuiven van de dakopstand van platte daken geïsoleerd met PU-platen. Brussel, Wetenschappelijk en Technisch Centrum voor het Bouwbedrijf, WTCB-Dossiers, nr. 2, Katern 4, 2022.

P

Parmentier B., Zarmati G. en Lassoie L.

- P1 Sneeuw op daken: waarom zoveel schade? Brussel, Wetenschappelijk en Technisch Centrum voor het Bouwbedrijf, WTCB-Dossiers, nr. 4, Katern 2, 2011.

S

Service public de Wallonie (www.wallonie.be)

- S1 Document de référence pour les pertes par transmission. Annexe VII de l'arrêté du Gouvernement wallon du 10 mai 2012 modifiant, en ce qui concerne la performance énergétique des bâtiments, le code wallon de l'Aménagement du Territoire, de l'Urbanisme, du Patrimoine et de l'Énergie. Brussel, Belgisch Staatsblad, 22 juni 2012.

Steenbrugghe H.

- S2 Is een witte of zwarte kleur van het dak relevant? Deel 2: vervuiling en onderhoud van een witte kleur. Amersfoort (NL), Dakenraad, vol. 17, nr. 95, 2010/04.
- S3 Is een witte of zwarte kleur van het dak relevant? Deel 3: de thermische balans. Amersfoort (NL), Dakenraad, vol. 17, nr. 96, 2010/06.

Stichting Bouwresearch (SBR)

- S4 Levensduur van bouwproducten. Delft, SBR, 2008.

V

Vandooren O.

- V1 De houtfractie in hellende daken. Brussel, Wetenschappelijk en Technisch Centrum voor het Bouwbedrijf, WTCB-Contact, nr. 1, 2006.

Vos L.

- V2 Afvoeropeningen voor hemelwater. Brussel, Wetenschappelijk en Technisch Centrum voor het Bouwbedrijf, WTCB-Dossiers, nr. 2, Katern 5, 2013.

- V3 Noodafvoeren op platte daken. Brussel, Wetenschappelijk en Technisch Centrum voor het Bouwbedrijf, WTCB-Dossiers, nr. 5, Katern 8, 2019.

W

Wagneur M.

- W1 Onderhoudsgids voor duurzame gebouwen (hoofdstuk 3 'Daken'). Brussel, Wetenschappelijk en Technisch Centrum voor het Bouwbedrijf, Monografie, nr. 16, 2011.

Wastiels L.

- W2 Milieuboodschappen op bouwproducten. Brussel, Wetenschappelijk en Technisch Centrum voor het Bouwbedrijf, WTCB-Dossiers, nr. 2, Katern 3, 2015.

Wastiels L. en Delem L.

- W3 Bepalen van de milieuprestatie van gebouwen met de TOTEM-tool. Brussel, Wetenschappelijk en Technisch Centrum voor het Bouwbedrijf, WTCB-Dossiers, nr. 2, Katern 2, 2018.

Wetenschappelijk en Technisch Centrum voor het Bouwbedrijf (WTCB, Brussel, www.wtcb.be)

- W4 Akoestische isolatie tussen woningen (te verschijnen TV).
W5 Gebruik van regenwater in gebouwen. WTCB-Dossiers, nr. 1, Katern 3, 2014.
W6 Installaties voor hemelwaterafvoer onder vrij verval voor gebouwen. Ontwerp en dimensionering volgens de norm NBN EN 12056-3. WTCB-Rapport, nr. 21, september 2021.
W7 Luchtdichtheid van de gebouwschil bij platte daken. WTCB-Dossiers, nr. 1, Katern 7, 2012.
W8 TV 196 Balkons (juni 1995, gedeeltelijk vervangen door de WTCB-Dossiers 2011/4.9).
W9 TV 223 Draagvloeren in niet-industriële gebouwen (maart 2002).
W10 TV 229 Groendaken (september 2006).
W11 TV 236 Ontwerp en uitvoering van staalplaat-betonvloeren (september 2009).
W12 TV 239 Mechanische bevestiging van de isolatie en de afdichting op geprofileerde staalplaten (november 2010).
W13 TV 240 Pannendaken (februari 2011).
W14 TV 244 Aansluitingsdetails bij platte daken: algemene principes (februari 2021).
W15 TV 251 Thermische isolatie van hellende daken (augustus 2014).
W16 TV 253 Parkeerdaken. Deel 1: belastingen, ontwerpprincipes en samenstelling (december 2014).
W17 TV 255 Luchtdichtheid van gebouwen (november 2015).
W18 TV 256 Ontwerp en uitvoering van industriegebouwen in overeenstemming met de brandveiligheidseisen (maart 2016).
W19 TV 266 Metalen dakbedekkingen en gevelbekledingen met staande naden en roefnaden (juli 2018).
W20 TV 269 Houten vloerbedekkingen: plankenvloeren, parketten en houtfineervloeren. Deel 1: materialen, terminologie en eisen (juni 2019).
W21 TV 270 Installaties voor hemelwaterafvoer onder vrij verval voor gebouwen. Ontwerp en dimensionering (augustus 2019).
W22 TV 276 Leidraad voor de goede uitvoering van terrassen en garage-inritten op de volle grond (mei 2021).
W23 TV 277 Leidraad voor de goede uitvoering van harsgebonden vloeren (juni 2021).

Wetenschappelijk en Technisch Centrum voor het Bouwbedrijf – Vlaamse Huisvestingsmaatschappij

- W24 ABSW 2003 Algemeen bestek voor de sociale woningbouw. Prestatiebestek. Brussel, 3e uitgave, december 2003.

Z

Zarmati G.

- Z1 Windbelastingen op platte daken. Brussel, Wetenschappelijk en Technisch Centrum voor het Bouwbedrijf, WTCB-Dossiers, nr. 2, Katern 5, 2016.



Verantwoordelijke uitgever: Olivier Vandooren
WTCB, Lombardstraat 42
1000 Brussel

Taalkundige herziening en lay-out: A. Volant
Vertaling: D. Van de Velde
Tekeningen: Q. van Grieken en R. Hermans
Foto's WTCB: M. Sohie et al.

Onderzoekt • Ontwikkelt • Informeert

Het WTCB vormt al meer dan 55 jaar hét wetenschappelijke en technische middelpunt van de bouwsector. Het Centrum wordt hoofdzakelijk gefinancierd met de bijdragen van 95.000 aangesloten Belgische bouwbedrijven. Dankzij deze heterogene ledengroep zijn bijna alle bouwberoepen vertegenwoordigd en kan het WTCB bijdragen tot de kwaliteits- en productverbetering.

Onderzoek en innovatie

Een industrietak zonder innovatie is als cement zonder water. Het WTCB heeft er daarom voor gekozen om zijn onderzoeksactiviteiten zo nauw mogelijk te laten aansluiten bij de noden van de sector. De Technische Comit es die de WTCB-onderzoeken sturen, zijn samengesteld uit bouwprofessionelen (aannemers en experts) die dagelijks op het terrein staan.

Met de hulp van verschillende officiële instanties stimuleert het WTCB bedrijven om steeds verder te innoveren. De begeleiding die we aanbieden, is afgestemd op de actuele maatschappelijke uitdagingen en van toepassing op diverse domeinen.

Ontwikkeling, normalisatie, certificering en goedkeuring

Op vraag van overheden of privébedrijven werkt het WTCB ook mee aan diverse ontwikkelingsprojecten (contractresearch). Zo is het Centrum niet alleen nauw betrokken bij de activiteiten van de nationale (NBN), Europese (CEN) en internationale (ISO) normalisatie-instituten, maar ook bij instanties zoals de Belgische Unie voor de technische goedkeuring in de bouw (BUTgb). Al deze projecten geven ons meer inzicht in de bouwsector, waardoor we sneller kunnen inspelen op de noden van de verschillende bouwberoepen.

Informatieverspreiding en steun aan bedrijven

Om de kennis en ervaring die op deze manier vergaard wordt op een efficiënte manier te delen met de bedrijven uit de sector, kiest het Centrum resoluut voor de weg van de informatica. Onze website is zo opgesteld dat elke bouwprofessioneel met slechts enkele muisklikken de gewenste WTCB-publicatierreeksen of bouwnormen terugvindt.

Goede informatieverspreiding kan echter niet enkel elektronisch. Een persoonlijk contact is vaak nog steeds de beste aanpak. Jaarlijks organiseert het Centrum ongeveer 750 informatiesessies en themadagen voor bouwprofessionelen. Ook de aanvragen voor onze afdeling Technisch advies blijven binnenstromen, met meer dan 18.000 verstrekte adviezen per jaar.

MAATSCHAPPELIJKE ZETEL

Lombardstraat 42, B-1000 Brussel
tel. 02/502 66 90
fax 02/502 81 80
e-mail: info@bbri.be
website: www.wtcb.be

KANTOREN

Lozenberg 7, B-1932 Sint-Stevens-Woluwe
tel. 02/716 42 11
fax 02/725 32 12

- technisch advies – publicaties
- beheer – kwaliteit – informatietechnieken
- ontwikkeling – valorisatie
- technische goedkeuringen – normalisatie

PROEFSTATION

Avenue Pierre Holoffe 21, B-1342 Limelette
tel. 02/655 77 11
fax 02/653 07 29

- onderzoek en innovatie
- vorming
- bibliotheek

BRUSSELS GREENBIZZ

Dieudonné Lef vreststraat 17, B-1020 Brussel
tel. 02/233 81 00