



wtcb.be
Onderzoekt • Ontwikkelt • Informeert

Contact

EEN UITGAVE VAN HET WETENSCHAPPELIJK EN TECHNISCH CENTRUM VOOR HET BOUWBEDRIJF

2014/1

Nieuwe eisen ... nieuwe risico's!

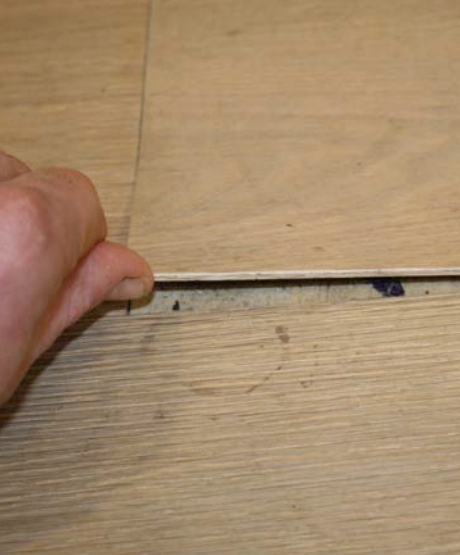


**Een scharnier-
moment voor
de bouwpatho-
logie?**
p3

**Gebruik van
regenwater in
gebouwen**
p9

**Waterdichte en
goed geïsoleerde
muurvoeten**
p18

**Nieuwe
aandachtspunten
voor ETICS**
p21



Inhoud 2014/1

Een scharniermoment voor de bouwpathologie? 3

Groter, dunner of gezonder: wat zijn de gevolgen voor de aannemer? 6

Gebruik van regenwater in gebouwen..... 9

Tussen ruwbouw en afwerking: evolutie van de materialen en hun karakteristieken.....12

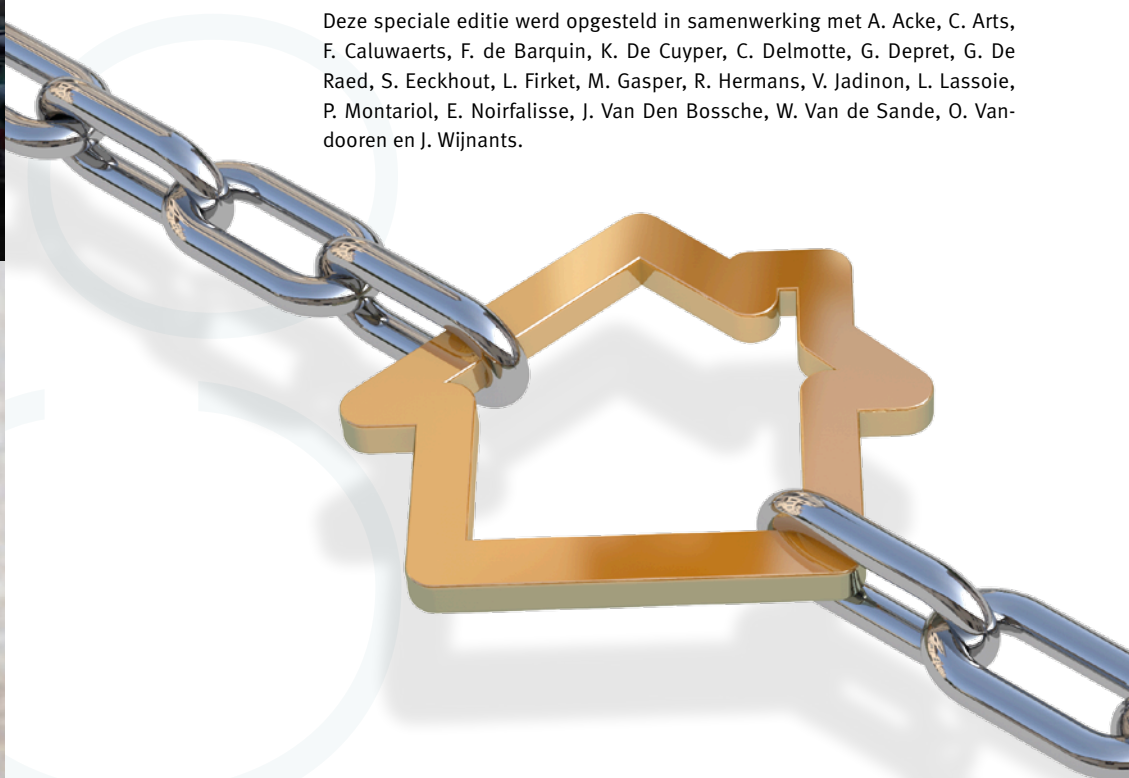
Vochtproblemen aan de aansluiting van het schrijnwerk op de ruwbouw15

Waterdichte en goed geïsoleerde muurvoeten: toegankelijk voor iedereen.....18

Nieuwe aandachtspunten voor ETICS 21

Leveren moderne stookketels die minder verbruiken en compacter zijn ook minder problemen op? 24

Deze speciale editie werd opgesteld in samenwerking met A. Acke, C. Arts, F. Caluwaerts, F. de Barquin, K. De Cuyper, C. Delmotte, G. Depret, G. De Raed, S. Eeckhout, L. Firket, M. Gasper, R. Hermans, V. Jadinon, L. Lassoie, P. Montariol, E. Noirfalisse, J. Van Den Bossche, W. Van de Sande, O. Van-dooren en J. Wijnants.



Een **scharniermoment** voor de bouwpathologie?

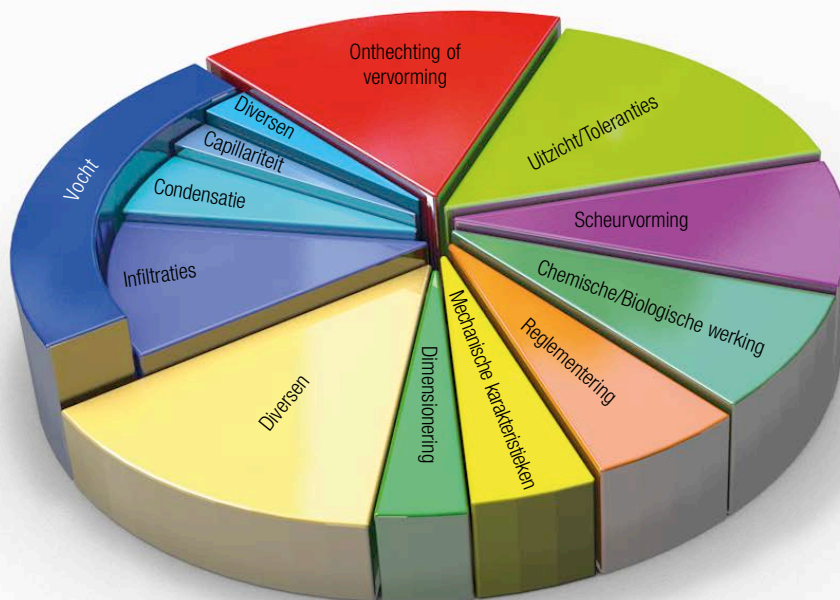
Bouwpathologie als hefboom voor innovatie

We hebben het geluk om tegenwoordig nog talloze historische gebouwen te mogen bewonderen die de tand des tijds hebben doorstaan. Het is dan ook volkomen terecht dat volkeren zoals de Romeinen geprezen worden voor hun bouwtechnische kennis en organisatietalent. Na het lezen van deze WTCB-Contact zal blijken dat deze vaardigheden meer dan ooit actueel zijn en dus cruciaal blijven voor het welslagen van hedendaagse bouwwerken.

Net zoals destijds komen er tijdens of na het bouwproces echter soms onvolkomenheden aan het licht die aanleiding kunnen geven tot bouwschade. Deze schade moet steeds grondig geanalyseerd worden zodat ze op doeltreffende wijze hersteld kan worden en we er de nodige lessen kunnen uit trekken. De studie van bouwpathologie is met andere woorden bijzonder verrijkend. Ze vormt tevens een optimale voedingsbodem voor het initiëren van innovatieve producten en systemen die een halt kunnen toeroepen aan bepaalde types bouwschade en die door hun ontstaanswijze bovendien meteen afgestemd zijn op de bezorgdheden van de bouwprofessionelen.

Binnen het WTCB fungeert het departement Technisch advies en consultancy (TAC) als vraagbaak voor de bouwprofessionelen. De medewerkers van dit departement houden de vinger aan de pols van de bouwsector en krijgen hierdoor een goed beeld van de moeilijkheden waarmee de vakmensen dagelijks geconfronteerd worden. Het bovenstaande taartdiagram geeft de verdeling weer van vragen die hen in 2011 en 2012 voorgelegd werden. Deze statistische gegevens zijn enkel gebaseerd op de schriftelijke adviezen die aan de bouwprofessionelen verstrekt werden.

Zo blijkt 'vocht' nog steeds vijand nummer één te zijn van de bouwsector. Gezien de hemelsluizen zich ook in de toekomst zullen blijven openen, er steeds meer maatregelen genomen worden om onze gebouwen nog beter toegankelijk te maken (plaatselijk sterke verlaging van drempels en opkanten)



Verdeling van de aard van de vragen die in 2011 en 2012 schriftelijk beantwoord werden door het departement TAC

en het voornemen om in de toekomst ook meer waterrijke bouwterreinen te benutten, mogen we aannemen dat de strijd tegen vocht ook in het komende decennium een bijzonder aandachtspunt zal blijven.

De tweede meest voorkomende vragen betreffen het loskomen van bouwmaterialen en -elementen. En dit terwijl er momenteel nochtans zeer kwalitatieve hechtingsmiddelen ontwikkeld worden. Een gedeeltelijke verklaring kan teruggevonden worden in de alsmaar kortere bouwtermijnen die ervoor zorgen dat de afbouw steeds sneller volgt op de ruwbouw. Hierdoor moeten de nieuwe performantere hechtmiddelen ook meteen weerstand bieden aan grotere residuele spanningen (bv. ten gevolge van de restkrimp van de ondergrond) waartegen ze niet noodzakelijk bestand zijn. In dit geval kon de vooruitgang op het vlak van materiaaleigenschappen dus helaas niet verzilverd worden in een daling van het aantal schadegevallen door onthechting. Aangezien de tendens naar steeds krappere bouwtermijnen waarschijnlijk nog lang niet voorbij is, moeten

er naast hoogwaardige hechtingsmiddelen ook innovatieve oplossingen ontwikkeld worden om de voormelde restspanningen zoveel mogelijk te reduceren.

Evoluties leiden tot nieuwe vormen van bouwschade

Het volledige bouwproces was de jongste jaren onderhevig aan revolutionaire veranderingen onder invloed van talrijke nieuwe maatschappelijke uitdagingen. De hiermee gepaard gaande verplichtingen resulteerden reeds in een aangepaste regelgeving. Deze evolutie zal de komende decennia ongetwijfeld nog gevoelig versterkt worden. Men mag dan ook verwachten dat de opvatting en de uitvoering van de bouwwerken nog sterke wijzigingen zullen ondergaan en dat er zich nieuwe schadebeelden zullen ontwikkelen naar aanleiding van de toenemende complexiteit van het bouwproces.

Binnen het departement TAC groeide al langere tijd het besef dat de bouwpathologie

aan het veranderen was. We stelden immers vast dat het arsenaal aan trefwoorden dat we hanteerden om onze statistieken op te maken, niet langer toereikend was om alle voorgelegde vragen te klasseren. Dit was onder meer te wijten aan het relatief recente karakter van de voorgeschotelde onderwerpen zoals het hergebruik van hemelwater binnenshuis of de aanwending van hernieuwbare energiebronnen. Het betreft allemaal aspecten of thema's die enkele jaren voorheen niet of nauwelijks aan bod kwamen. We hebben in 2013 dan ook beslist om onze trefwoordenlijst uit te breiden om de inkomende dossiers preciezer te kunnen catalogeren. Dergelijke ingrijpende veranderingen in de thematiek lijken te duiden op een scharniermoment voor de bouwpathologie.

Deze vaststellingen hebben ons ertoe aanzet om deze thematische WTCB-Contact niet toe te spitsen op de meest voorkomende of de zogenoemde 'klassiekers' onder de bouwschade, maar eerder te wijden aan de huidige evoluties. We willen hierna in het bijzonder aandacht schenken aan de bouwpathologie die zich momenteel aankondigt of – beter nog – waarmee de bouwprofessionen in de toekomst rekening zullen moeten houden om bouwschade te vermijden. Het is inmiddels bijna een cliché geworden, maar onze leuze is en blijft: 'Beter voorkomen dan genezen!'

Voornoemde evolutie houdt ongetwijfeld ook belangrijke inhoudelijke veranderingen in voor de zeven fundamentele eisen voor bouwproducten volgens de Europese Bouwproductenrichtlijn:

- mechanische sterkte en stabiliteit
- brandveiligheid
- hygiëne, gezondheid en milieu
- gebruiksveiligheid en toegankelijkheid
- geluidswering
- energiebesparing en thermische isolatie
- duurzaam gebruik van natuurlijke grondstoffen.

De wijzigingen in deze eisen zullen onvermijdelijk een invloed uitoefenen op onze bouwwijze en kunnen bijgevolg aan de oorsprong liggen van nieuwe schadebeelden.

Overzicht van recente pathologie en toekomstige aandachtspunten

Het staat buiten kijf dat ons klimaat belangrijke wijzigingen ondergaat. Het evaluatie-

rapport van het 'Intergovernmental panel on climate change' (IPCC) van 27 september 2013 bevestigde nogmaals de globale klimaatverandering. We vernemen deze klimaatwisselingen bovendien niet alleen via de media maar ondervinden de gevolgen ervan ook regelmatig aan den lijve. Denken we maar aan de gure winters van de voorbije jaren met soms langdurige sneeuwophopingen die aanleiding gaven tot het bezwijken van daken en het afrukken van dakgoten.

De hedendaagse daken worden kleine groene-energiecentrales. Doordat we in de toekomst steeds vaker geconfronteerd zullen worden met stormweer, moeten we erop toezien dat de installaties met zonnepanelen nu reeds degelijk bevestigd en/of geballast worden. De huidige normen bieden hierop nog geen afdoend antwoord. Een onderschatting van de windbelasting kan nochtans tot ernstige materiële schade leiden of, erger nog, tot dodelijke slachtoffers. Nieuwe rekenregels zullen met andere woorden soelaas moeten bieden.

Door de toenemende isolatiediktes in de gevels en in de andere bouwelementen van de gebouwschil, dient ook de positie van het schrijnwerk herzien te worden om ongewenste warmteverliezen en schimmelontwikkeling te voorkomen ter hoogte van de aansluiting van het schrijnwerk op de ruwbouw. Hierbij mag men echter niet uit het oog verliezen dat een meer uitkragende positie van het schrijnwerk ten aanzien van de achterliggende draagstructuur gevolgen inhoudt voor de dimensionering van de verankeringen die de krachtwerkingen (belastingen door eigen gewicht en wind) moeten overdragen naar de draagstructuur (zie p. 15-17).

De gevelvoeten verdienen niet alleen aandacht vanuit bouwfysische overwegingen maar moeten ook bestudeerd worden op het vlak van mechanische sterkte en stabiliteit. Indien er bijvoorbeeld geen gebruikgemaakt wordt van een voldoende drukvast thermisch isolerend element dat de continuïteit tussen de vloer- en gevelisolatie verzekert, wordt de gevelisolatie vaak ondergronds doorgetrokken om ervoor te zorgen dat de 'weg van de kleinste thermische weerstand' minstens één meter bedraagt. In dit laatste geval dient men ook rekening te houden met de horizontale belasting die uitgeoefend wordt door de aanliggende grond (eventueel versterkt door naburig verkeer). Om hiertegen weerstand te bieden, vult men de spouw onderaan volledig op met drukvaste vocht-

bestendige isolatieplaten die voorkomen dat het gevelmetselwerk onderaan naar binnen gedrukt wordt (zie p. 18-20).

In gebouwen waar een zeer hoge luchtdichtheid vooropgesteld wordt, durft men soms te opteren voor dampkappen met recirculatie. In combinatie met een onaangepaste verluchting van de ruimten kan dit echter leiden tot een langdurig hoge relatieve luchtvochtigheid die, ook zonder oppervlaktecondensatie te veroorzaken, aanleiding kan geven tot een omvangrijke schimmelontwikkeling. Een snelle afvoer van de geproduceerde dampen blijft met andere woorden nog steeds een absolute noodzaak.

Het is zeer belangrijk om een goed evenwicht te vinden tussen enerzijds het luchtdicht bouwen en anderzijds de emissie van vluchtige organische stoffen (VOS) die schadelijk kunnen zijn voor de gezondheid van de gebouwgebruikers. Dit kan onder andere tot stand gebracht worden door middel van een gepaste en gecontroleerde ventilatie.

Doordat Europa aandringt op een zo laag mogelijke VOS-emissie, worden aannemers ook steeds vaker geconfronteerd met verven en lijmen die overwegend watergedragen zijn en die hierdoor andere eigenschappen vertonen. Dit heeft onder meer een weerslag op de voorbereiding van de ondergrond, de



toepassings- en drogingsomstandigheden en de behaalde prestaties. Het is niet denkbeeldig dat deze mentaliteitswijziging in het begin tot discussies zal leiden op de bouwplaats (zie p. 6-8). 

De bewustwording dat het hemelwater optimaal beheerd dient te worden, resulteert steeds meer in het nuttige gebruik van regenwater binnen de woningen. Dit vereist niet alleen een permanente en volledige scheiding van het leidingwaternet, maar ook een goed ontwerp van het opslag- en verdeelsysteem (zie p. 9-11). 

Ook de kwaliteit van de buitenlucht treedt meer op de voorgrond. Zo nemen talrijke grootsteden maatregelen om de pollutie van de buitenlucht te beperken. In Londen en Parijs uit zich dit bijvoorbeeld in een verbod op het gebruik van open haarden omwille van hun fijnstofproductie.

Doordat het buitengeluidsniveau in onze huidige maatschappij onophoudelijk toeneemt (drukverkeer, hogere bevolkingsdichtheid ...), koesteren velen de schaarse momenten van rust. Het is bovendien bewezen dat een hoog akoestisch comfort een belangrijke gunstige invloed uitoefent op onze gezondheid en productiviteit. Het is dan ook niet verwonderlijk dat er maatregelen getroffen worden om een beter akoestisch comfort na te stre-

ven, a fortiori nu twee- en driegevelwoningen erg in trek zijn omwille van hun energetische compactheid enerzijds en de schaarste aan betaalbare bouwgronden anderzijds. Om het akoestische comfort te verhogen, worden er steeds vaker elastische lagen geïntegreerd in de bouwelementen, -knopen en -stroken om de geluidsoverdracht te beperken. Nu, naast zwevende vloeren, ook 'zwevende muren' een realiteit zijn, moet men erop toezien dat deze laatste de stabiliteit van de structuur niet verstoren.

Hoewel zwevende dekvloeren inmiddels goed ingeburgerd zijn, moeten we toch vaststellen dat ze nog regelmatig aanleiding geven tot geschillen op de bouwplaats. We raden daarom aan om niet alleen het isolatiemateriaal oordeelkundig te kiezen en zorgvuldig te plaatsen, maar om er ook op toe te zien dat de dekvloermortel goed verdicht wordt en zodoende een toereikende mechanische sterkte vertoont (zie p. 12-14). 

De huidige CV-installaties bevatten compacte stookketels met zeer hoge rendementen. Om hun goede werking, hoge rendement en lange levensduur te verzekeren, moet men afzettingen in deze ketels zoveel mogelijk vermijden. Een van de doorslaggevende factoren hiervoor is de kwaliteit van het vulwater (zie p. 24-26). 

In de toekomst zal men vaker hernieuwbare energiebronnen moeten aanspreken. Men moet er echter rekening mee houden dat ook de bijhorende installaties complexer zullen worden waardoor de inregeling en het onderhoud ervan nog bepalender zullen worden voor hun doeltreffende werking.

De toekomstige bouwpathologie zal echter niet alleen voortvloeien uit de evolutie van de voormelde fundamentele eisen die aan de gebouwen gesteld worden, maar ook uit tal van andere parameters die het bouwproces beïnvloeden, zoals (zie p. 6-8) :

- modetrends (bv. de productie van zeer grote, maar dunne tegels die een aannemer tegelwerken ertoe aanzetten om uitvoeringstechnieken toe te passen die aanleunen bij deze van een aannemer glaswerken)
- economische aspecten (bv. de toenemende uitvoeringssnelheid, de verhoogde complexiteit van het bouwproces waardoor een degelijk beheer en organisatie onontbeerlijk zijn en het zoeken naar betaalbare en technisch verantwoorde materialen)

- het toenemende gebruik van innovatieve materialen, systemen en technieken die soms wat 'leergeld' vergen alvorens hun troeven en voordelen volledig tot uiting komen.

Uit het taartdiagram op p. 3 komt ook duidelijk naar voren dat de bouwheer gevoelig is voor het uitzicht van de afwerkingen. Het is dan ook zeer belangrijk om hem vooraf goed te informeren over de prestaties en de kenmerken van de gemaakte keuzes zodat hij geen onhaalbare verwachtingen koestert. Daar waar een bouwheer terecht begrip toont voor de tijdelijke vorming van onderkoelingscondensatie op het buitenvlak van zijn performante dubbele of driedubbele beglazing omdat dit fenomeen de hoge isolatiegraad ervan aantoonst, is hij doorgaans minder tolerant voor de aftekening van de pluggen in de gevelbepleistering van een buitenisolatiesysteem. In het artikel op p. 21-23  worden enkele voorzorgsmaatregelen geformuleerd om dit laatste verschijnsel beter te beheersen.

Streven naar een toekomst zonder bouwschade

Iedere bouwpartner moet een solidaire inspanning leveren om ervoor te zorgen dat ze met een doorgedacht ontwerp, een superieure materiaalkwaliteit, een verzorgde uitvoering van de werken en een aangepast gebruik en onderhoud van het gebouw, duurzame en betaalbare bouwwerken kunnen realiseren.

Daarnaast zullen we in de toekomst ook naar een minimum aan schadegevallen en conflicten tussen bouwpartners streven om, naast imagoschade, ook de onnodige financiële verliezen die ermee gepaard gaan, te vermijden.

Deze thematische WTCB-Contact, die volledig gewijd is aan nieuwe vormen van bouwpathologie, heeft vooral tot doel om uw professionele geest te prikkelen en u te behoeden voor bouwgebreken. We zullen de focus in de hierna volgende artikels daarom vooral richten op de meest actuele schadebeelden, de voornaamste toekomstige aandachtspunten en de voorzorgsmaatregelen die eruit afgeleid kunnen worden.

We hopen allemaal immers stiekem dat onze verre nakomelingen terecht fier zullen zijn op onze bouwwerken van vandaag en morgen. 



De huidige tendensen en modetrends spoorden de sector aan om steeds grotere maar ook dünnere harde vloerbekledingsproducten te produceren. Indien men bij de plaatsing van deze producten echter geen rekening houdt met de specifieke eisen voor de toleranties en de verlijmings- of uitvoeringstermijnen, kan men te maken krijgen met een plaatselijk loskomende en/of hol klinkende harde-vloerbekleding. Het is dan ook raadzaam om bij de toepassing van dergelijke producten een beroep te doen op gekwalificeerde vakmannen en te zorgen voor een goede planning en coördinatie van de werken om de juiste drogings-termijnen te garanderen. De evolutie in de regelgevingen kunnen ook bepaalde gewoontes wijzigen. Zo maakt men bijvoorbeeld vaker gebruik van verven met een zogenaamd 'verminderd VOS-gehalte' die gepaard kunnen gaan met toepassingsproblemen.

Groter, dunner of gezonder: wat zijn de gevolgen voor de aannemer?

1 'Hol klinkende' of loskomende harde vloerbekledingen

Eerst en vooral moeten we bij vloerbetegelungen een onderscheid maken tussen enerzijds het loskomen van meerdere tegels die een holle klank afgeven – een fenomeen dat doorgaans ook gepaard gaat met een knarsend geluid bij beloping en schade aan de naastliggende voegen – en, anderzijds, enkele tegels of tegeldelen die plaatselijk hol klinken. Dit laatste fenomeen kan zich voordoen in zones waar de tegel geen contact heeft met de mortel(lijm) maar zal, bij een normale belasting en een voldoende tegeldikte, normaalgesproken geen invloed hebben op de duurzaamheid van de vloerbekleding.

1.1 'Hol klinkende' vloerbetegelungen

Indien men een holle klank hoort wanneer een hard voorwerp in contact komt met het tegeloppervlak en indien dit fenomeen zich op meerdere naast elkaar geplaatste tegels voordoet, is de kans groot dat deze tegels volledig losgekomen zijn en op korte of lange termijn schade zullen vertonen (deze situatie wordt besproken in § 1.2). Indien deze holle klank zich echter enkel voordoet op beperkte delen van bepaalde tegels en niet gepaard gaat met schade aan de voegen, is de holle klank waarschijnlijk te wijten aan een plaatselijke discontinuïteit tussen de betegeling en het lijmproduct (bv. door luchtinsluiting tijdens de plaatsing). Een kleine tegelzone die niet volledig in contact staat met de gebruikte tegellijm zal immers meteen een andere klank opleveren, ook al is het hechtende gedeelte ruimschoots groot genoeg om een langdurige hechting van de tegel te garanderen. Dit fenomeen kan veroorzaakt worden door een vlakheidsgebrek in de ondergrond en/of in de tegel dat aanleiding geeft tot een

Voor te schrijven vlakheidsklasse afhankelijk van het tegelformaat

Vlakheidstolerantie onder de lat van 2 m	
Tegels met een klein formaat	Tegels met een groot tot zeer groot formaat (*)
Klasse 2 (normale uitvoering): 4mm	Klasse 1 (strengere uitvoering): 3mm
(*) Tegels met een groot en zeer groot formaat worden als volgt gedefinieerd (l: lengte, b: breedte): • groot formaat: $30\text{ cm} \leq l < 60\text{ cm}$ of $30\text{ cm} \leq b < 60\text{ cm}$ • zeer groot formaat: $60\text{ cm} \leq l < 100\text{ cm}$ of $60\text{ cm} \leq b < 100\text{ cm}$.	

onvolledig contact tussen de betegeling en de ondergrond. We willen hierbij opmerken dat het risico op een plaatselijke holle klank in het tegeloppervlak toeneemt naarmate het tegelformaat groter is.

De keuze van de mortellijm of lijm kan ook op een ander vlak bepalend zijn. De huidige keramische tegels zijn vaak zeer weinig poreus waardoor het centraal aangebrachte lijmproduct niet altijd correct zal drogen bij grootformaattegels. Het vocht dat in de mortellijm of lijm aanwezig is, moet in dit geval immers een lange weg afleggen om de

voegen te bereiken en kan zo de optimale hechting van het volledige tegeloppervlak verstoren omwille van verminderde mechanische prestaties van het hechtingsproduct in het centrale gedeelte.

Het is bij de plaatsing van tegels met een (zeer) groot formaat dan ook belangrijk dat de opdrachtgever een vlakheidsklasse voor de ondergrond voorschrijft die overeenstemt met een strenge uitvoering (zie bovenstaande tabel). Men kiest in dit geval ook best voor een dubbelzijdige verlijming en een sneldrogend lijmproduct.



1 en 2 | Scheurvorming en ponsschade op een tegel met een zeer groot formaat en een zeer geringe dikte (links) ten gevolge van een onvoldoende verlijming (rechts)



3 | Opwelling van de betegeling op een verharde dekvloer

We willen er ten slotte op wijzen dat een holle klank geen afdoende reden is om een betegeling af te keuren, tenzij er zich hierdoor ook andere problemen voordoen zoals het loskomen van de tegels of een degradatie van de voegen.

Het gebruik van tegels met een oppervlakte van een vierkante meter of meer en een dikte kleiner dan 3 mm kan aanleiding geven tot scheurvorming en ponsschade indien de verlijming niet over de volledige oppervlakte gebeurde (vooral belangrijk aan de tegelranden) (zie afbeeldingen 1 en 2). Het is echter zelfs met een dubbele verlijming moeilijk om te garanderen dat het volledige tegeloppervlak correct verlijmd wordt. Het is waarschijnlijk om deze reden dat de fabrikanten van dergelijke grootformaattegels aangeven dat hun producten niet geschikt zijn voor zeer geconcentreerde grote belastingen (supermarkten, winkels, luchthavens, inkomhallen van hotels, ...). Onze ervaring leert ons echter dat deze problemen zich eveneens kunnen voordoen in ruimten met minder hoge belastingen (bv. in de leefruimte van woningen).

1.2 Onthechting van vloerbetegelingen

Zoals hiervoor reeds aangegeven werd, duidt een algemene holle klank in meerdere naburige tegels doorgaans op een onthechting van de tegelvloer. Deze is meestal te wijten aan het feit dat de spanningen tussen de vloerbetegeling en de ondergrond groter zijn dan de hechting tussen de betegeling en de mortellijm enerzijds of tussen de mortellijm en de ondergrond anderzijds (afhankelijk van het onthechtingsvlak).

Onthechtingsproblemen met tegelvloeren die soms gepaard gaan met opwelling (zie afbeelding 3), kunnen toegeschreven worden aan schuifspanningen in het raakvlak tussen de betegeling en de ondergrond. Deze worden vaak veroorzaakt door een combinatie van de volgende factoren:

- de hydraulische krimp van de cementgebonden ondergrond
- de differentiële dimensionale veranderingen van thermische oorsprong in de tegelopbouw
- de eventuele verminderde hechting van de tegels aan de ondergrond.

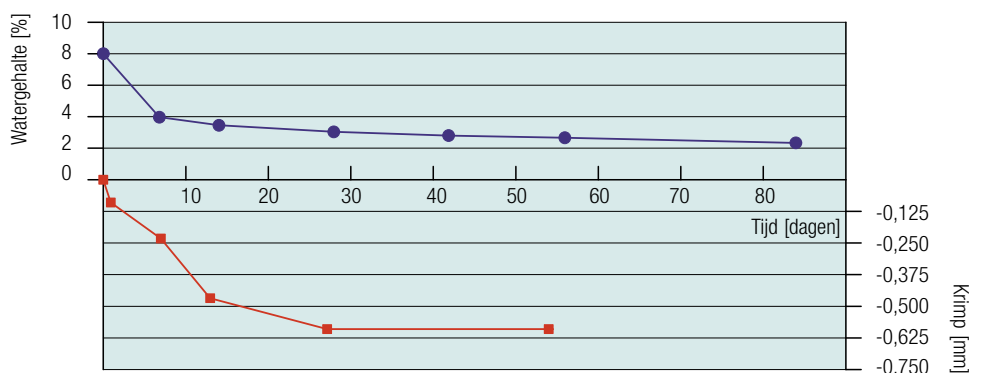
We wijdden reeds diverse publicaties aan de oorzaken van onthechtings- en opwellingproblemen in betegelingen. Toch kunnen enkele nieuwe tendensen de ontwikkeling ervan in de hand werken, zoals:

- een meer veralgemeende toepassing van de techniek van de zwevende dekvloeren
- de evolutie naar steeds striktere uitvoeringstermijnen

- de keuze voor tegels met een groot of zeer groot formaat.

Wat de uitvoeringstermijnen betreft, willen we erop wijzen dat de WTCB-onderzoeksresultaten aangetoond hebben dat het bij een plaatsing op een verharde (zwevende en/of hechtende) dekvloer zeer belangrijk is om de wachttijd voor de plaatsing van de betegeling strikt na te leven om spanningen naar aanleiding van de krimp van de dekvloer te vermijden. Bij normale drogingsvoorwaarden en traditionele dekvloersamenstellingen is het aangeraden om hetzelfde aantal weken te wachten als de dikte van de dekvloer in centimeters, met een minimum van 28 dagen (zie afbeelding 4).

Ook indien men voor sneldrogende of anhydrietgebonden dekvloeren kiest om de uitvoeringstermijnen te beperken of om betere mechanische karakteristieken te verwezenlijken, is het niet uitgesloten dat er zich ondanks deze keuze toch onthechtingsproblemen voordoen. Dit is vooral het geval wanneer de betegeling aangebracht wordt op een onvoldoende droge anhydrietgebonden dekvloer (zie afbeeldingen 5 en 6, p. 8). Doordat anhydrietgebonden dekvloeren zeer vochtgevoelig zijn, moeten ze normaal kunnen drogen (in een droge omgeving) en moet men na hun droging elke herhaalde-lijke of langdurige bevochtiging vermijden. Indien niet aan deze voorwaarden voldaan wordt, zullen de vooropgestelde mechanische karakteristieken van de dekvloer niet gehaald worden. Daarnaast kan ook de mortellijm schade vertonen indien hij cementgebonden is. Onder invloed van vocht kan er immers secundaire etringiet gevormd worden (gehydrateerde tricalciumaluminaat) naar aanleiding van een reactie tussen het calciumsulfaat (van de dekvloer) en de tri-



4 | Evolutie van de krimp en het watergehalte (gemeten bij droging in een stoof bij 105 °C) van een cementgebonden dekvloer die verhardt bij een temperatuur van 20 °C en een relatieve luchtvochtigheid van 60 %.



5 en 6 | Onthechting van een betegeling op een anhydrietgebonden dekvloer

1. enkele dagen geleden losgemaakte tegel
2. recent losgemaakte tegel

calciumaluminaten (van het cement dat vervat zit in traditionele mortellijmen).

Om dergelijke situaties te vermijden, is het raadzaam om er bij de plaatsing van keramische tegels op een anhydrietgebonden dekvloer voor te zorgen dat deze laatste een massavochtgehalte van hoogstens 0,5 % heeft (gemeten met de carbideflës). Deze werkwijze zal helaas geen noemenswaardige inkorting van de uitvoeringstermijnen inhouden.

2 Onthechting van de toplaag van meerlagig parket

Men verkiest vaak meerlagig parket (goed voor zo'n 75 % van de huidige Europese markt) boven massief parket omwille van zijn grotere dimensionale stabiliteit. Toch worden vele bouwprofessionelen bij deze parketten frequent geconfronteerd met loskomende toplagen (zie afbeelding 7). Dit fenomeen kan jammer genoeg meestal niet voorspeld worden vóór de plaatsing van het parket.



7 | Onthechting van de toplaag van een meerlagig parket

De oorzaak van dit fenomeen kan vaak teruggevonden worden in een gebrekkige verlijming en/of in het gebruik van een minderwaardige lijm. Andere factoren die dergelijke schadegevallen kunnen beïnvloeden zijn: de uitgeoefende druk en de gehanteerde wachttijd bij het aandrukken van de elementen, de hoeveelheid lijm en de lijmverdeling, de vochtigheidsgraad van de elementen bij de vervaardiging van planken, een zeer droog binnenklimaat in de winterperiode na de plaatsing van het parket, ...

Om een onthechting van de toplaag te voorkomen, moet men zorgen voor een voldoende en performante verlijming van zowel de toplaag aan de kern als binnenin de meerlagige plaat.

Er bestaan momenteel op Europees niveau echter nog geen criteria voor de verlijmingskwaliteit waarmee fabrikanten de prestaties van hun product zouden kunnen aantonen.

3 Uitzicht van verven met een zogenaamd 'verminderd VOS-gehalte'

Sinds 2010 spoort een Europese richtlijn m.b.t. het VOS-gehalte (vluchtige organische stoffen) van verven fabrikanten aan om het oplosmiddelgehalte van hun producten aan-

zienlijk te verlagen. De druk werd onlangs verder opgevoerd onder invloed van Franse verplichtingen en Europese kwaliteitslabels die nog lagere VOS-emissies opleggen. Hoewel deze evolutie ongetwijfeld een meerwaarde betekent voor de kwaliteit van de binnenlucht in onze gebouwen en bijgevolg ook voor de gezondheid van de gebouwgebruikers en de schilders, gaat ze niettemin gepaard met een aantal uitvoeringsproblemen.

Zo meldde een aantal bedrijven ons dat het bij bepaalde drogingsomstandigheden soms erg moeilijk was om aanzetfouten te vermijden. De problemen doen zich overwegend voor bij relatief droge en warme temperaturen. Er zit voorlopig helaas niet anders op dan betere uitvoeringsomstandigheden af te wachten of een beroep te doen op verdunningsmiddelen of toeslagstoffen die ... wederom het VOS-gehalte van de verven verhogen.

Het WTCB ziet er bij de ontwikkeling van nieuwe verven met lage emissies dan ook op toe dat deze ook kunnen uitgevoerd worden bij bouwplaatsomstandigheden die minder gunstig zijn voor de droging van de verf.

Er werden recent nieuwe verfsystemen ontwikkeld (bv. alkydharsen in emulsie) die een oplossing zouden kunnen bieden voor dit uitvoeringsprobleem zonder afbreuk te doen aan de hoge binnenluchtkwaliteit. Deze systemen zijn echter nog volop in ontwikkeling en zijn nog niet bij alle fabrikanten verkrijgbaar. We beschikken bovendien nog over onvoldoende ervaring om een oordeel te kunnen vellen over de algemene doeltreffendheid van deze systemen.

4 Besluit

In een wereld waarin alles steeds sneller moet gaan en 'time is money' de (al dan niet terechte) leuze is, zijn een goede planning en coördinatie van de werken evenals voorschriften die aangepast zijn aan de toe te passen materialen onontbeerlijk voor een kwaliteitsvol en duurzaam resultaat.

Deze stelling werd de afgelopen jaren nogmaals bevestigd door de verschijning op de markt van vloerafwerkingselementen met steeds grotere afmetingen en steeds kleinere diktes. Aangezien deze grootformaattegels moeilijk te hanteren en te plaatsen zijn, zullen ze een extra inspanning vergen van de diverse bouwpartners. |

De bewustwording dat het hemelwater, zowel op openbaar als op privédomein, optimaal beheerd dient te worden, resulteert steeds meer in het nuttige gebruik van regenwater. Voor deze toepassing moet het water echter van voldoende hoge kwaliteit zijn, hetgeen enkel verzekerd kan worden door een goed ontworpen opslag- en verdeelsysteem. Hierbij vormen onder andere de aanwezigheid van filters en een vlottende aanzuiging alsook een regelmatig onderhoud belangrijke aandachtspunten.

Gebruik van regenwater in gebouwen

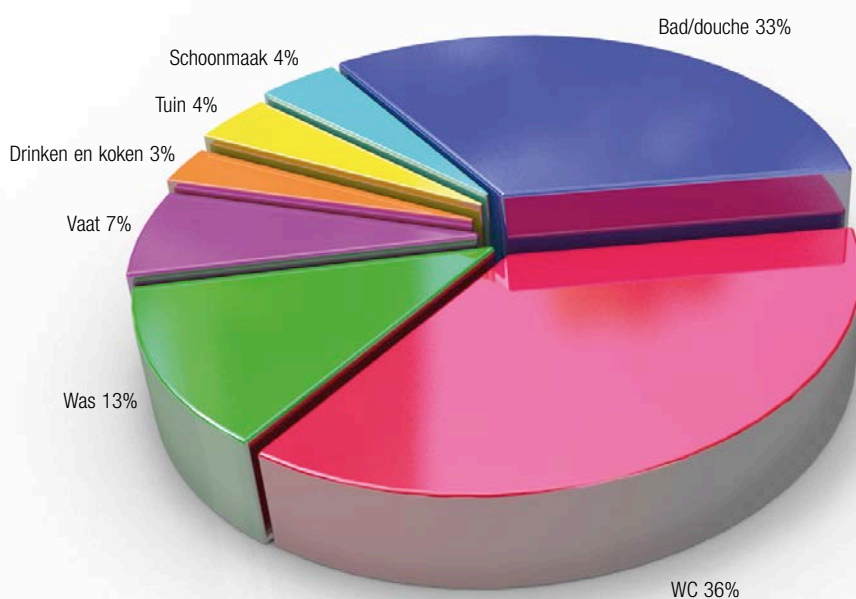
Soms met een kleurtje, soms met een geurtje, maar in ieder geval drinkwaterbesparend

In de jaren 90 van de vorige eeuw groeide het besef dat het lozen van regenwater in het riool, samen met het huishoudelijke afvalwater, geen goede manier van werken is omwille van de volgende redenen:

- de verdunning van het afvalwater die op deze manier ontstaat, leidt tot een minder efficiënte werking van de rioolwaterzuiveringsinstallaties
- de snelle afvoer via de riolen van deze steeds groter wordende hoeveelheden regenwater verergerd de overstromingsproblematiek (door de steeds grotere verharde oppervlakte die aangesloten is op de riolering).

Om deze problemen te verhelpen, wordt voorgesteld om het regenwater sindsdien zoveel mogelijk af te koppelen van de gemengde riolering en de opslag en het gebruik ervan binnen gebouwen te stimuleren (zie [WTCB-Dossier 2007/1.10](#)). Zo had de 50 à 75 m³ drinkwater die gedurende het jaar 2000 voor niet-sanitaire toepassingen (was, schoonmaak, tuin en toiletspoeling, zie afbeelding 1) verbruikt werd door een gezin van 2 à 3 personen bijvoorbeeld gedekt kunnen worden door de 80 m³ proper regenwater die jaarlijks beschikbaar is op een dak van 100 m².

Om hun inwoners aan te zetten daadwerkelijk gebruik te maken van regenwater, beslisten verschillende gemeenten om hiervoor premies toe te kennen en voerden sommige Gewesten nieuwe reglementeringen in. Door al deze initiatieven ging het gebruik van hemelwater binnen gebouwen het voorbije decennium in stijgende lijn. Dit leidde tot een aanzienlijke daling van het huishoudelijke drinkwaterverbruik: van 120 liter per dag en per persoon in de jaren 90 naar minder dan 110 liter nu. Tegelijk werden we bij het WTCB geconfronteerd met een aantal nieuwe problemen die een voor een aan bod zul-



1 | Huishoudelijk drinkwaterverbruik anno 2000 op basis van een verbruik van 120 liter per dag en per persoon (bron: Waterwijzer voor architecten, VMM, 2000)

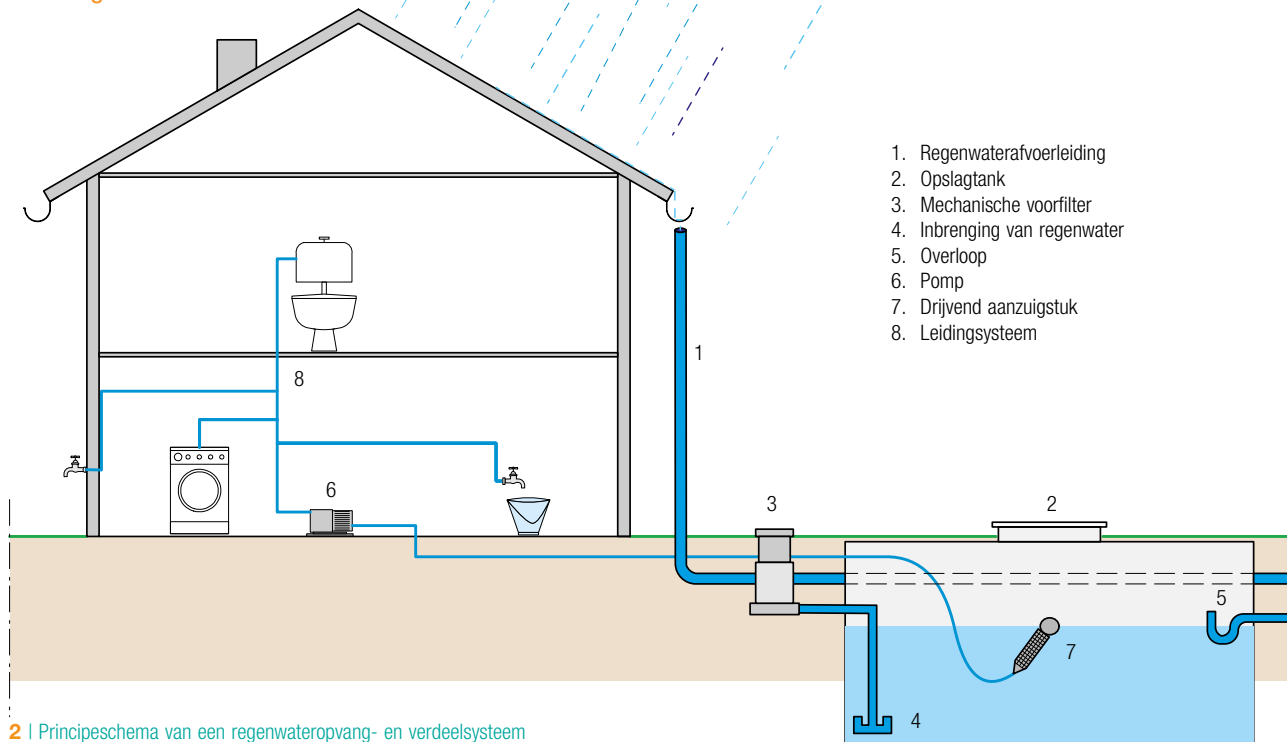
len komen in § 2. Vooraleer we het hierover hebben, overlopen we nog kort de principele opbouw van een modern regenwateropvang- en verdeelsysteem.

1 Het regenwateropvang- en verdeelsysteem: meer dan een reservoir en een pomp

Afbeelding 2 op de volgende pagina geeft het prinsipeschema weer van een modern regenwateropvang- en verdeelsysteem. De regenwaterafvoerleidingen (1) van de daken leiden het opgevangen water doorheen een mechanische voorfilter (3) met een maaswijdte van

200 tot 500 µm naar de opslagtank (2). De voorfilter beperkt onder meer de aanvoer van bladeren naar het reservoir. Het water wordt door middel van een speciaal mondstuk onderaan de tank aangevoerd om het opwoelen van de bodemplagen te vermijden (4). Het reservoir moet steeds voorzien zijn van een overloop (5) voor de afvoer van overtollig water. Een pomp (6) zorgt voor de aanzuiging uit de tank via een drijvend aanzuigstuk (7) dat zich op een tiental centimeter onder het wateroppervlak bevindt. Op die manier wordt de aanzuiging van bodemslib vermeden.

Na de pomp stroomt het regenwater door gaans nog door een bijkomende filter (maas-



2 | Principeschema van een regenwateropvang- en verdeelsysteem

wijde van 50 tot 150 μm) alvorens het in het gebouw verdeeld wordt via een leidingstelsel (8) dat volledig gescheiden is van het drinkwatercircuit (ook tijdelijke verbindingen met bijvoorbeeld soepele slangen zijn verboden). Men mag voor dit leidingstelsel geen verzinkt stalen leidingen aanwenden aangezien deze niet bestand zijn tegen de vervoerde waterkwaliteit. Men moet op alle tappunten die met regenwater gevoed worden, duidelijk aangeven dat het om ondrinkbaar water gaat.

Regenwatersystemen zijn ten slotte vaak uitgerust met een voorziening die toelaat om op een veilige manier automatisch over te schakelen op drinkwater indien er te weinig regenwater beschikbaar is (niet weergegeven in het schema). Deze overschakeling wordt meestal aangestuurd door een niveausonde in de tank.

2 Overzicht van de voorkomende problemen

Tot op heden werd het WTCB met de volgende kwaliteitsproblemen geconfronteerd die te maken hebben met het gebruik van regenwater in gebouwen:

- stinkend water
- geelbruine verkleuring
- afzettingen in sanitaire toestellen.

Deze lijst sluit uiteraard niet uit dat er zich nog andere problemen kunnen voordoen bij het gebruik van regenwater.

2.1 Stinkend water

2.1.1 Omschrijving

Na enkele jaren van goede werking kan het regenwater plots gaan stinken. Dit is vanzelfsprekend heel vervelend, zeker indien men dit water voor de was gebruikt.

Dit fenomeen doet zich dikwijls voor na een warme periode met weinig of geen regenwaterverbruik (bv. tijdens de vakantie). De oorzaak van deze geurvorming kan toegeschreven worden aan de aanwezigheid van bepaalde bacteriën: zuurvormende bacteriën leiden tot scherp ruikend water, terwijl sulfaatreducerende bacteriën de geur van rotte eieren produceren. Hoewel beide bacteriën van nature aanwezig zijn in de omgeving (en dus ook in het regenwatersysteem), zullen er enkel geurproblemen optreden indien deze bacteriën zich massaal gaan vermenigvuldigen wanneer de omstandigheden hiervoor gunstig zijn in de opslagtank en de leidingen. Dit is bijvoorbeeld het geval bij stagnerend water, hogere temperaturen, organische verontreiniging, onvoldoende onderhoud ...

De geurhinder valt jammer genoeg niet zo eenvoudig te verhelpen. Een doeltreffende behandeling vereist immers het reinigen, spoelen en desinfecteren van de opslagtank en van alle verdeelleidingen en aangesloten toestellen (toiletreservoirs, wasmachines ...) die met dit water gevoed worden. Soms

zal men zelfs verschillende behandelingen moeten uitvoeren om tot een bevredigend resultaat te komen.

2.1.2 Opmerkingen

Dit probleem toont aan dat de bacteriologische kwaliteit van het regenwater in bepaalde gevallen zeer slecht kan zijn. Men kan de kwaliteit van dit water dan ook niet vergelijken met deze van drinkwater. Vandaar dat de toepassing van regenwater enkel overwogen mag worden voor niet-sanitaire toepassingen en bijvoorbeeld niet voor gebruik in de keuken of in de badkamer, zelfs niet na een eventuele behandeling. Men kan immers nooit garanderen dat het behandelde water in alle omstandigheden zal voldoen aan de eisen die gesteld worden aan drinkwater.

De geurproblemen kunnen echter ook andere oorzaken hebben. Zo kan er bijvoorbeeld te veel stofmeel in de opslagtank terechtkomen of kan een naburige duiventil zorgen voor grote hoeveelheden uitwerpselen in het regenwater. Het spreekt voor zich dat in dit laatste geval een grondige reiniging en desinfectie noodzakelijk zijn. Men heeft er bovendien alle baat bij om de afzettingen in de opslagtank te beperken. De aanwezigheid van een aangepaste en goed onderhouden voorfilter in de leiding die het regenwater naar de tank voert, is dan ook een basisvereiste.

2.2 Geelbruine verkleuring

2.2.1 Omschrijving

Een ander probleem dat occasioneel vastgesteld wordt, is de geelbruine verkleuring van het water. Deze wordt onder meer opgemerkt bij water dat afkomstig is van groendaken. De verkleuring wordt in dit geval veroorzaakt door de uitloging van bepaalde stoffen uit de substraatlaag waarin de planten aangebracht werden (zie [WTCB-Dossier 2006/3.2](#)). We willen er echter op wijzen dat een regenwateropvang na een groendak weinig gebruikelijk is aangezien de nog af te voeren waterhoeveelheid zeer miniem is.

Dit probleem kan zich ook voordoen op daken met materialen die verweren onder invloed van de Uv-stralen van de zon. De verkleuring is in dit geval te wijten aan de afgifte van bepaalde stoffen die vervolgens vervoerd worden door de regen. Het fenomeen zal doorgaans optreden na langere zonnige periodes zonder regen. Het regenwater zal bijgevolg niet altijd even fel verkleurd zijn (zie afbeelding 3). Doordat dit verschijnsel al enige tijd gekend is, geven de fabrikanten van bepaalde materialen (bv. van naakte APP-gemodificeerde membranen) reeds aan dat het raadzaam is om hun producten te beschermen tegen de zoninwerking indien regenwaterrecuperatie aan de orde is (zie [TV 215](#)).

Dit verkleuringsprobleem is vrij eenvoudig op te lossen door een actieve koolfilter aan te brengen in de verdeelleiding na de opslagtank. Afbeelding 4 illustreert het resultaat van een dergelijke behandeling.

2.2.2 Opmerking

We ontvangen ook soms meldingen van

zwarte stoffen in suspensie in het regenwater. Het gaat in dit geval om slib dat vanop de bodem van de opslagtank door de pomp opgezogen werd. Men kan dit risico beperken door de wateraanzuiging te laten plaatsvinden op een zekere afstand van het wateroppervlak (bv. met een vlottende aanzuiging) en door gebruik te maken van een voorfilter die de toevoer van organisch materiaal in de opslagtank beperkt (zie § 1).

2.3 Afzettingen in sanitaire toestellen

Een laatste probleem waarvan we kennis hebben, betreft het voorkomen van witbruine slibachtige afzettingen in toiletspoelbakken die gevoed worden met regenwater en in de leidingen die het verdelen. Analyse toont aan dat het om calciumcarbonaat (calciet) gaat. Deze afzettingen zijn onesthetisch in sanitaire toestellen en kunnen onder meer zorgen voor een slechte werking van de spoelbakken.

Dit probleem doet zich voor bij platte daken met een ballastlaag die een fijne tot zeer fijne fractie bevat. Door de regen kunnen deze kleine deeltjes in de opslagtank terechtkomen. Indien deze gesuspendeerde deeltjes er niet volledig kunnen decanteren (bv. door te grote stromingssnelheden, de opwoeling van de bodem door het instromende water en de aanzuiging van het regenwater nabij de bodem van de tank) kunnen ze in het verdeelsysteem terechtkomen, waar ze zich bij waterstagnatie (zoals in een spoelbak) zullen afzetten.

Men zal deze fracties niet kunnen weren door bijvoorbeeld een filter met een maaswijdte van 50 µm aan te brengen. De beste oplossing bestaat dan ook uit het vervangen van de ballast op het dak door goed

gewassen grind. Men gebruikt bij voorkeur grind zonder kalksteen (kwartsgrind). Deze laatste fractie kan immers eroderen onder invloed van het zure regenwater waardoor er zich na verloop van de tijd toch fijnere deeltjes zouden kunnen vormen.

3 Besluit

Het toenemende gebruik van regenwater in gebouwen brengt een aantal nieuwe bouwproblemen met zich mee die te wijten zijn aan de waterkwaliteit. In tegenstelling tot drinkwater is deze bij regenwater immers sterk afhankelijk van de stoffen waarmee het in contact komt (gebruikte materialen, omgevingsverontreinigingen ...), de wijze waarop het opgeslagen en gebruikt wordt en de mate waarin het regenwatersysteem onderhouden wordt.

Een aantal problemen kunnen ondervangen worden door een goed ontwerp van het opslag- en verdeelsysteem. Dit systeem is bij voorkeur uitgerust met een voorfilter, een vlottende aanzuiging, een aangepaste nafilter en corrosiebestendige pompen en leidingen. Daarnaast is ook een grondig en regelmatig onderhoud een goede manier om problemen te vermijden (zie [‘Onderhoudsgids voor duurzame gebouwen’](#), WTCB, 2011).

Ten slotte staven de vastgestelde problemen onze overtuiging dat regenwater in gebouwen enkel gebruikt mag worden voor niet-sanitaire toepassingen en in geen geval aangewend mag worden in de keuken of in de badkamer. Zelfs met speciale regenwaterbehandelingen kan men immers nooit garanderen dat dit water beantwoordt aan de eisen die in de verschillende gewesten gesteld worden aan water dat bestemd is voor menselijke consumptie. **I**



3 | Verkleuring van het water afkomstig van een plat dak met een afdichtingsmembraan



4 | Effect van een actieve koolfilter op bruin regenwater: voor (links) en na (rechts) de behandeling



Eenmaal de ruwbouw- en isolatiewerkzaamheden achter de rug zijn, gaat de aandacht naar de afwerking van de binnenruimten. Doorgaans is het – om verschillende redenen (luchtdichtheid, thermische en akoestische isolatie, toleranties ...) – echter onmogelijk om rechtstreeks een afwerkingslaag aan te brengen op de ruwbouwelementen en moeten er aangepaste tussenlagen voorzien worden (bv. een dekvloer of bepleistering). De wijzigingen in het bouwproces onder invloed van de nieuwe maatschappelijke uitdagingen en de steeds strenger wordende reglementeringen oefenen bovendien een invloed uit op de karakteristieken en de uitvoering van deze tussenlagen en brengen in sommige gevallen ook nieuwe vormen van pathologie met zich mee.

Tussen ruwbouw en afwerking: evolutie van de materialen en hun karakteristieken

Evolutie naar zwevende dekvloeren

Vóór de invoering van de EPB-regelgeving werden vloeren nauwelijks thermisch geïsoleerd en werden de dekvloeren rechtstreeks op de draagvloer aangebracht (eventueel met tussenplaatsing van een kunststof-folie). Slechts in zeer uitzonderlijke gevallen werd er een zwevende dekvloer voorzien op een dunne laag thermische of akoestische isolatie. De meest frequente schadegevallen met dekvloeren die destijds gemeld werden bij het WTCB, betroffen het ontstaan van scheuren in de dekvloer en het minder cohesief zijn van het oppervlak van de dekvloer.

Scheurvorming in dekvloeren is vaak het gevolg van de onvermijdelijke krimpwerking van de dekvloer tijdens de droging. Een beperkte oppervlaktecohesie van de dekvloer (zie afbeelding 1) is op haar beurt veelal te wijten aan een onaangepaste samenstelling of onvoldoende verdichting van de dekvloermortel en/of aan een te snelle droging van het dekvloeroppervlak. Dit laatste kan bijvoorbeeld het geval zijn wanneer de dekvloer uitgevoerd wordt in een gebouw dat nog niet luchtdicht is. Steeds vaker worden ook warmtekanonnen of luchtontvochtigers gebruikt om de drogingstermijnen zo kort mogelijk te houden en het bouwtempo te bevorderen. Door het inzetten van dergelijke toestellen neemt de kans op een te snelle droging van de dekvloer echter toe.

Tegenwoordig dient men om akoestische en energetische redenen normaliter steeds een akoestische en/of thermische isolatie te voorzien in de vloeropbouw. Deze wordt

doorgaans rechtstreeks aangebracht op de draagvloer of op een uitvullingslaag die op deze laatste aangebracht werd (en waarin de leidingen vervat zitten). De dekvloer wordt vervolgens aangebracht op deze isolatielaag. We spreken in dit geval van een zwevende dekvloer.

In de TV 193 en het WTCB-Dossier 2009/3.15 gaf het WTCB reeds aan dat de realisatie van een zwevende dekvloer delicaat is. Daarom worden voor dit soort dekvloeren ook een aantal bijkomende plaatsingsrichtlijnen voorgeschreven. Zo dienen zwevende dekvloeren steeds uitgerust te zijn met een wapening die aangebracht wordt tussen het onderste derde en de helft van de dikte van de dekvloer. Deze wapening moet de opgewekte spanningen in de dekvloer verdelen en de vervormingen van de dekvloer (bv. krimp en uitzetting) opvangen en overbrengen naar de verdeelvoegen. Daarnaast moet de dekvloer ook onderverdeeld worden in velden met een oppervlakte van maximaal 50 m² (40 m² voor verwarmde vloeren), een lengte van maximaal 8 m en een lengte/breedteverhouding

van maximaal 2/1. Verder worden er ook eisen gesteld aan de samendrukking van de (thermische) isolatie onder de dekvloer (zie WTCB-Dossier 2010/4.12). Hierbij wordt de samendrukking vaak beperkt tot een zeker percentage van de oorspronkelijke dikte van het isolatiemateriaal en worden er ook eisen gesteld aan de absolute vervorming van de isolatie (in mm).

Aangezien de mechanische karakteristieken de belangrijkste eigenschap van de (zwevende) dekvloer zijn, is een goede samenstelling van deze laatste van primordiaal belang. Voor de realisatie van een zwevende dekvloer wordt doorgaans minstens 250 kg cement per m³ zand gebruikt. Het aangevulde zand mag niet te fijn zijn (zie TV 189, afbeelding 7), vermits dit de krimpwerking van de dekvloer kan bevorderen. We raden aan om zand te gebruiken met een granulometrie van minstens 2/5.

Een belangrijk bijkomend aandachtspunt voor de realisatie van een zwevende dekvloer met toereikende mechanische eigen-



1 | Dekvloer met plaatselijk minder cohesieve zones



2 en 3 | Scheurvorming in een vloerbetegeling met thermische blokken onder het raam. De scheurvorming verloopt in het verlengde van de binnenzijde van de isolerende blokken

schappen is de verdichting of compactering van de dekvloermortel. Deze bewerking is immers moeilijker te realiseren op een onderlaag die een zekere samendrukking kan ondergaan en grotere onvlakheden kan vertonen (bv. bij onderlagen uit niet-vlakgeschuurd gespoten polyurethaanschuim). Het is dan ook niet verwonderlijk dat de afdeling Technisch advies regelmatig schadegevallen te zien krijgt waarbij de zwevende dekvloer een te beperkte mechanische sterkte heeft om er bijvoorbeeld een betegeling, parket of soepele vloerbekleding hechtend op aan te brengen. Dit gebrek aan cohesie kan gecontroleerd worden aan de hand van een ponsproef voor dekvloeren.

Naar onze mening ligt een onvoldoende verdichting van de dekvloer vaak aan de basis van dergelijke schadegevallen. Bij zwevende dekvloeren die in één laag aangebracht worden, stellen we immers vaker vast dat het onderste gedeelte minder goed verdicht is. Aangezien de wapening zich bij deze dekvloeren net in dit onderste gedeelte bevindt en steeds goed ingebed moet zijn om optimaal te functioneren, kan dit een probleem vormen. Zoals reeds aangegeven werd in de TV 189 en 193 over dekvloeren, dient een gewapende dekvloer dan ook normaliter aangebracht te worden in twee, 'nat in nat' aangebrachte, goed gecompacteerd lagen waartussen de wapening ingebed wordt.

Vermits men vanaf eind 2020 enkel nog bijna-energie neutrale gebouwen zal mogen realiseren en ook de eisen op akoestisch gebied steeds strenger worden, zal de dikte van de isolatie onder de zwevende dek-

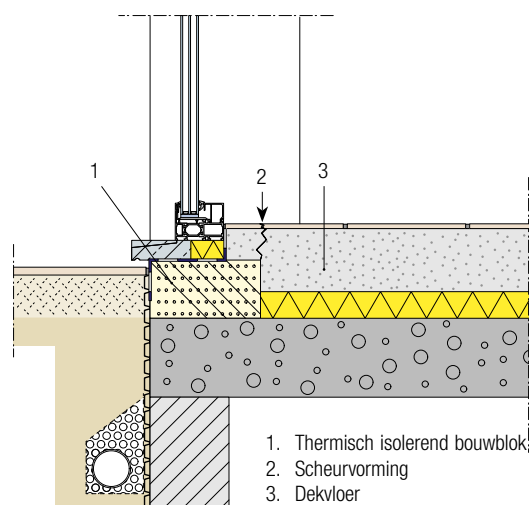
vloeren de komende jaren ongetwijfeld nog toenemen. Hierdoor zal de realisatie van zwevende dekvloeren met een voldoende grote mechanische sterkte nog deliquer worden. Het is dan ook raadzaam om de bovenvermelde richtlijnen, die in de toekomst mogelijk nog zullen verstrengd of aangevuld worden, strikt na te leven.

Ook andere wijzigingen in het bouwproces kunnen leiden tot nieuwe vormen van schade aan de dekvloer en soms ook aan de vloerafwerking die erop aangebracht werd. Zo werden in een bepaald bouwproject onderaan de muurvoeten thermisch isolerende blokken gebruikt om de continuïteit tussen de vloerisolatie en de muurisolatie te realiseren (zie afbeelding 4). Daarnaast werd er ook geopteerd voor vensters tot op vloerniveau en werd het schrijnwerk zo ver mogelijk naar buiten geplaatst (vensters in het verlengde van het gevelvlak). Als gevolg hiervan moest de dekvloer doorgetrokken worden over de thermisch isolerende blokken om de betegeling te kunnen uitvoeren tot tegen het raam.

Naar aanleiding van differentiële vervormingen tussen het gedeelte van de dekvloer op de isolatie en het gedeelte op de thermisch isolerende blokken, ontstond er scheurvorming in de dekvloer in het verlengde van de binnenzijde van de thermisch isolerende blokken. Deze werd vervolgens ook zichtbaar in de vloerbetegeling en uitte zich in de vorm van een scheur in de tegelvloer parallel met de vensters (zie afbeeldingen 2 en 3).

Teneinde vochtinfiltraties uit te sluiten, is

het ons inziens raadzaam om het buitenschrijnwerk niet in het gevelvlak te voorzien, maar het iets meer naar binnen (achter de slag) te plaatsen. Om scheurvorming in de tegelvloer te vermijden, laat men het binnenvlak van het schrijnwerk liefst samenvallen met het binnenvlak van de thermisch isolerende blokken. Indien dit niet mogelijk is, voorziet men een bewegingsvoeg in de dekvloer en in de betegeling in het verlengde van de binnenzijde van de thermisch isolerende blokken. In de ontwerpfase kan men dan voorzien dat deze voeg in het verlengde van de binnenzijde van de muren komt te liggen en kan men het tegelpatroon hierop afstemmen.



4 | Doorsnede aansluiting tussen de vloer, de muur en het schrijnwerk



Ecologisch verantwoorde binnenbepleisteringen

In onze huidige samenleving wordt het milieu hoog in het vaandel gedragen. Velen opteren dan ook voor bouwmaterialen die meer ecologisch verantwoord zijn en een zo gering mogelijke voetafdruk op het milieu nalaten. Zo wordt in sommige gevallen voor een leembepoistering gekozen in plaats van voor een traditionele gipsbepleistering. Deze bepleisteringen bestaan doorgaans uit een grondlaag op basis van zand, klei en stro waaraan nog toeslagstoffen kunnen toegevoegd worden zoals hennep hout of natuurlijke kleupigmenten en een fijnere eindlaag uit klei, zand, marmermeel, cellulose en natuurlijke pigmenten (deze eindlaag kan ook op andere ondergronden aangebracht worden). Dergelijke leembepoisteringen worden soms verondersteld om warmtevasthoudende en vochtregulerende eigenschappen te hebben. Dit houdt echter niet in dat er bijvoorbeeld geen aandacht meer dient besteed te worden aan het binnenklimaat of aan het vochtgehalte van de ondergrond en de bepleistering op het moment van het aanbrengen van het pleister.

Afbeelding 5 toont een leembepoistering die aangebracht werd op snelbouwmetselwerk. Door de overmatige en vroegtijdige krimpwerking van de leembepoistering is deze laatste gaan scheuren en is ze ten slotte losgekomen. De oorzaak kan toegeschreven worden aan een sterk absorberende ondergrond in combinatie met een groot aanvangsvochtgehalte van het pleister en/of een snelle droging op het moment van de uitvoering van het pleisterwerk en meteen nadien. Ook de gevoeligheid van dit pleistertype voor een droger binnenklimaat speelt een rol. In deze specifieke situatie werd de leembepoistering aangebracht in een ruimte met een vrij droog binnenklimaat (er waren vóór aanvang van de pleisterwerken gedurende een lange periode luchtontvochtigers aanwezig in de ruimte). Dit heeft waarschijnlijk geleid tot een snellere droging van de leembepoistering met het ontstaan van krimp-scheuren tot gevolg.

Omwille van zijn gevoeligheid voor een droger binnenklimaat met een relatieve luchtvochtigheid die schommelt rond de grens van 30 %, is het gebruik van dit pleistertype in goed geventileerde woningen niet altijd raadzaam. Deze woningen worden gedurende koude perioden immers doorgaans gekenmerkt door een droger binnenklimaat en een lagere relatieve luchtvochtigheid.

Het uitzicht van geschilderde dunne bepleisteringen op gipsblokwanden

Om het bouwtempo op te drijven, worden steeds vaker binnenwanden gerealiseerd met geïjmd gipsblokken (grotere elementen, snelle verlijming). Vermits dergelijke wanden minder onvlakheden kennen dan traditioneel metselwerk, worden ze vaak voorzien van een dunne vliespleister (maximaal 2 à 3 mm dik) die nadien geschilderd wordt.

Na de uitvoering van deze werkzaamheden krijgen we soms klachten over het uitzicht van de wanden (golven, onvlakheden). Dit is vooral het geval wanneer een glanzende verf aangebracht werd en/of indien de wanden sterk belicht worden van buitenaf (wat vaak het geval is, gezien de huidige woningen steeds grotere glaspartijen hebben) of door een muurverlichting.

5 | Krimp-scheuren in een leembepoistering



6 | Oneffenheden in het pleister worden zichtbaar bij scherpe belichting

Men moet er rekening mee houden dat geringe onvlakheden in het oppervlak van dergelijke gipsblokwanden nooit helemaal vermeden kunnen worden en ook niet altijd volledig kunnen weggewerkt worden in de dunne vliespleister of bij de voorbereidende werkzaamheden die uitgevoerd worden door de schilder. Men treft op dergelijke wanden dan ook vaak repetitieve kleinere golven aan van vaak zeer kleine oneffenheden (in tegenstelling tot traditionele bepleisteringen waarbij de golven zich doorgaans uitspreiden over grotere lengtes en de onvlakheden meestal iets groter zijn). Onder een scherpe wandbelichting (zie afbeelding 6) kunnen echter zelfs onvlakheden van enkele tienden van een millimeter sterk opvallen (vooral bij verven met een hoge glansgraad). We zijn dan ook van mening dat een beoordeling van het wandoppervlak bij scherp licht te streng is en dat men bij dergelijke wanden tolerant moet zijn voor geringe onvlakheden. Wanneer gebruikgemaakt wordt van een muurverlichting en/of de wanden regelmatig onderhevig zijn aan een scherpe lichtinval, is het bijgevolg raadzaam om te opteren voor een matte verf – waardoor de onvermijdelijke geringe onvlakheden minder in het oog zullen springen – of voor een ander afwerkingstype.

We kunnen tot slot stellen dat de wijzigende bouwmethodes en de nieuwe schadegevallen die ermee gepaard kunnen gaan, ook een invloed uitoefenen op de keuze, de karakteristieken en de uitvoering van de tussenlagen. Het valt dan ook te verwachten dat de vereisten met betrekking tot dergelijke tussenlagen in de (nabije) toekomst nog aangescherpt zullen worden.

Ook voor de schrijnwerker en glaswerker brengen de recente evoluties in het bouwproces nieuwe vormen van bouwpathologie met zich mee. We gaan in dit artikel dieper in op de vocht risico's en problemen met de krachtoverbrenging die zich kunnen voordoen ter hoogte van de aansluiting van het schrijnwerk op de ruwbouw. De ervaring op de bouwplaats leert ons immers dat deze problemen vermeden kunnen worden indien men rekening houdt met een aantal principes.

Vochtproblemen aan de aansluiting van het **schrijnwerk** op de ruwbouw

Bij de plaatsing van schrijnwerk in recente gebouwen wordt er van bij de opvatting op toegezien dat de noodzakelijke prestaties van de gebouwschil niet in het gedrang komen ter hoogte van de aansluiting van het schrijnwerk op de ruwbouw.

Om te kunnen voldoen aan de eisen uit de energieprestatieregelgeving, is het immers van primordiaal belang om de continuïteit van de schil van het beschermde volume te verzorgen. Deze continuïteit moet er bovendien voor zorgen dat de binnenoppervlakte-temperaturen niet te laag zijn, aangezien dit oppervlaktecondensatie en schimmelvorming in de hand zou kunnen werken.

Men moet bij de opvatting van deze aansluiting tevens rekening houden met de waterdichtheid van de gevel en erop toezien dat deze verzorgd blijft ter hoogte van raamopeningen om infiltraties te vermijden.

Ten slotte oefent de positionering van het schrijnwerk in recente gebouwen ook een invloed uit op de krachtoverdracht naar de ruwbouw waardoor een aangepaste verankeringwijze noodzakelijk is.

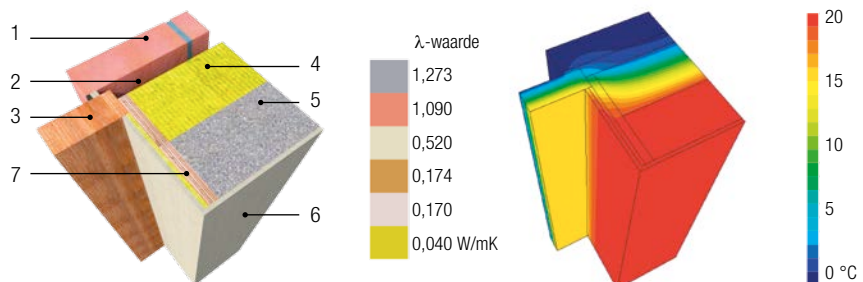
bouwknope toe op de aansluiting van het buitenschrijnwerk op de ruwbouw. In plaats daarvan kan men ook de lineaire warmteoverdrachtscoëfficiënt door transmissie ψ_e hanteren om de warmteverliezen ter hoogte van deze aansluiting te bepalen. We willen erop wijzen dat deze uit gevalideerde berekening bekomen coëfficiënt kleiner dan of gelijk moet zijn aan de limietwaarde die voor de specifieke toepassing voorzien wordt in de energieprestatieregelgeving. Voor venster- en deuraansluitingen werd deze limietwaarde $\psi_{e,lim}$ vastgelegd op 0,10 W/mK.

We bespreken hierna de aansluiting van een houten buitenschrijnwerk op een traditionele spouwmuur uit metselwerk met een dik isolatiepakket (U-waarde van de buitenmuur = 0,24 W/m²K). We hebben hierbij de

keuze om het schrijnwerk tegen het gevelmetselwerk te plaatsen (zie afbeelding 1) of

Plaatsing van buitenschrijnwerk

Het WTCB voert momenteel een prenootatief onderzoek naar de prestaties van de verschillende plaatsingswijzen voor buitenschrijnwerk. Dit onderzoek zal, in samenspraak met het Technisch Comité 'Buitenschrijnwerk', bovendien de basis vormen voor de realisatie van technische details in het kader van de herziening van de TV 188 over de plaatsing van buitenschrijnwerk.



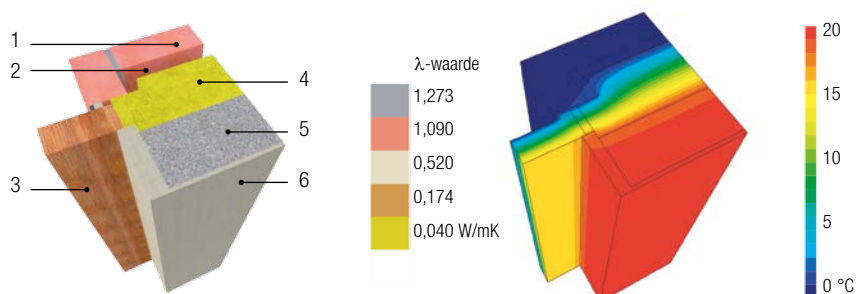
1 | Het houten schrijnwerk werd tegen het gevelmetselwerk geplaatst ($\psi_e = 0,27$ W/mK)

1 Oppervlaktecondensatie aan de raamopening

Men moet de positie van het schrijnwerk ten opzichte van de isolatie tijdens de ontwerp-fase oordeelkundig kiezen om het risico op schimmelvorming onder invloed van de hygroscopiciteit van de materialen en condensatie te beperken. Door de noodzaak van een dik isolatiepakket als gevolg van de energieprestatieregelgeving in onze gewesten, krijgen we immers te maken met grote spouwbreedtes.

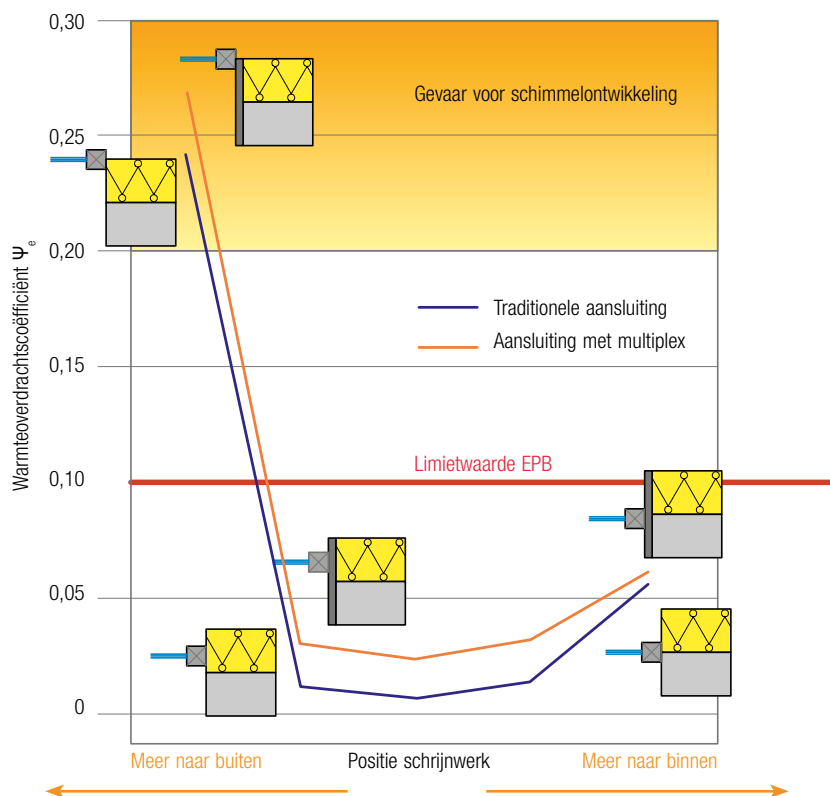
In het WTCB-Dossier 2012/4.8 pasten we de drie basisregels voor EPB-aanvaardbare

1. Gevelmetselwerk
2. Luchtspouw
3. Houten buitenschrijnwerk
4. Isolatie
5. Binnenmetselwerk
6. Bepoelstering
7. Multiplexplaat



2 | Het houten schrijnwerk werd verder naar binnen geplaatst ($\psi_e = 0,077$ W/mK)

3 | Variatie van de warmteoverdrachtscoëfficiënt ψ_e volgens de positionering van het buitenschrijnwerk binnen de EPB-aarvaarde grenzen



Het gevelblad van aan slagregen blootgestelde spouwmuren (vooral zuid- of west georiënteerde muren) zal na enige tijd in de massa verzadigd raken met vocht. Hierdoor zal het overtollige water langs de spouwzijde afvloeien. Het buitenspouwblad vormt met andere woorden slechts een betrekkelijke bescherming tegen vocht in de tweetrapsdichting die de waterdichtheid van de gebouschil moet verzorgen.

Bij naar binnen inspringend schrijnwerk ten opzichte van het gevelvlak waarbij de spouwsluiting gerealiseerd werd door de retour van het gevelmetselwerk (zie afbeelding 2, p. 15), moeten we er bijgevolg op toezien dat het spouwwater dat langs de achterzijde van de retour afvloeit, zijn weg naar buiten vindt. Indien dit niet gebeurt, kan dit water doorheen de spouwisolatie naar de binnenmuur dringen en er vochtproblemen in de binnenafwerking veroorzaken (zie afbeelding 5). Om dit probleem te vermijden, brengt men onder de dorpel een bijkomend waterkerend membraan aan dat het water aan de retour opvangt (zie afbeelding 4).

om het verder naar binnen te plaatsen met behulp van een spouwsluiting die gerealiseerd wordt door een retour van het gevelmetselwerk (zie afbeelding 2, p. 15) of door een decoratief plaatmateriaal.

Het spreekt voor zich dat de warmteoverdrachtscoëfficiënt ψ_e in deze twee voorbeelden door verschillende parameters beïnvloed wordt en dat de bekomen waarde sterk afhankelijk is van de bij het ontwerp gemaakte keuzes. We stellen niettemin vast dat de limietwaarde $\psi_{e,lim}$ ($\psi_e = 0,27 \text{ W/mK} > 0,10 \text{ W/mK} = \psi_{e,lim}$) niet gerespecteerd kon worden in het eerste voorbeeld (terwijl we nochtans rekening gehouden hebben met de EPB-basisregels).

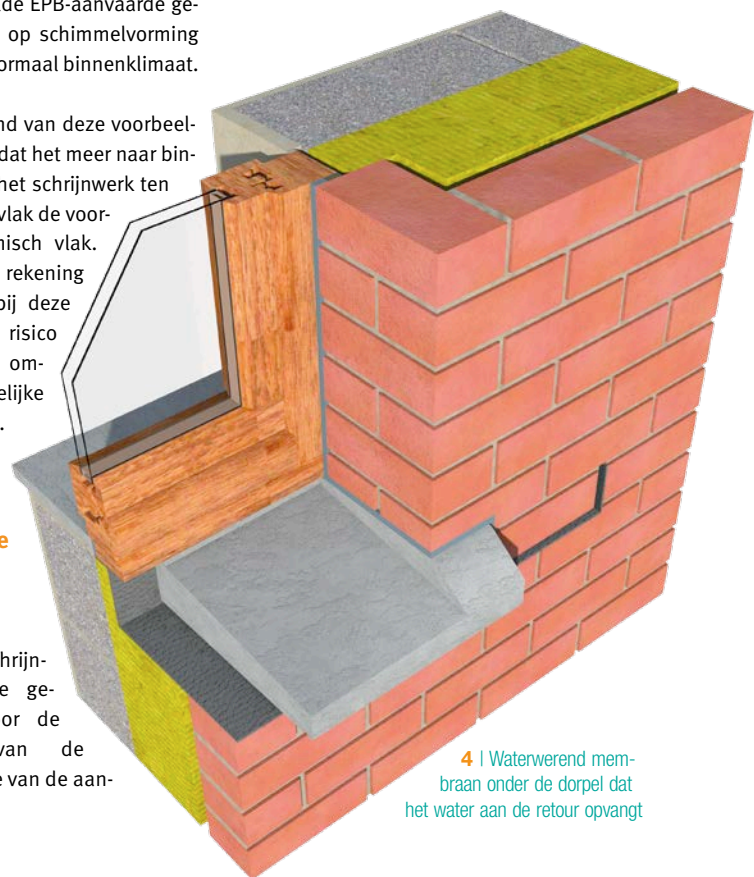
In afbeelding 3 varieerden we bij wijze van voorbeeld de positie van het buitenschrijnwerk ten opzichte van de isolatielaag binnen de grenzen van de EPB-aanvaarde basisregels. We kunnen hieruit afleiden dat het verder naar buiten positioneren van het schrijnwerk kan leiden tot een substantiële verhoging van de warmteoverdrachtscoëfficiënt ψ_e (en dus tot warmteverliezen). Deze coëfficiënt kan zelfs zo sterk verhogen dat hij de EPB-limietwaarde overschrijdt.

We kunnen daarnaast ook uit de grafiek afleiden dat er in bepaalde EPB-aanvaarde gevallen een reëel risico op schimmelvorming bestaat, zelfs bij een normaal binnenklimaat.

We zouden aan de hand van deze voorbeelden kunnen besluiten dat het meer naar binnen positioneren van het schrijnwerk ten opzichte van het gevelvlak de voorkeur geniet op thermisch vlak. Men moet er evenwel rekening mee houden dat er bij deze opstelling een groter risico op infiltraties bestaat omwille van de onvermijdelijke spouwsluiting (zie § 2).

2 Vochtinfiltratie aan de raamopening

De positie van het schrijnwerk kan belangrijke gevolgen inhouden voor de vochtthuishouding van de spouwmuur ter hoogte van de aansluiting.



4 | Waterwerend membraan onder de dorpel dat het water aan de retour opvangt

5 | In deze opstelling kan het water doorheen de spouwisolatie naar de binnenmuur dringen



Traditioneel buitenschrijnwerk wordt gewoonlijk in een neg van een halve steen geplaatst. Tegenwoordig geven vele architecten echter de voorkeur aan het verder naar buiten plaatsen van het schrijnwerk (in het gevelvlak of zelfs uitkragend). Dit houdt niet alleen een hygrothermisch risico in (zie § 1), maar zorgt ook voor een sterkere blootstelling van de aansluitvoegen tussen de ruwbouw en het schrijnwerk aan de weersinvloeden. Het is dan ook geen overbodige luxe om in dit geval een aantal bijkomende maatregelen te treffen ter bescherming van de vaak vochtgevoelige binnenafwerkingsmaterialen.

kantelen van de dorpel en/of het verzakken van het buitenschrijnwerk.

Indien het schrijnwerk verder naar binnen geplaatst wordt, zal de dorpel verder uitkragen naar binnen en verhoogt het risico op gekantelde dorpels en verzakt buitenschrijnwerk.

Indien het buitenschrijnwerk daarentegen verder naar buiten geplaatst wordt, zal de ondersteuning zwaarder belast worden door de verhoogde hefboom. We raden in dit geval dan ook aan om gebruik te maken van

specifieke ankers die speciaal voor dergelijke toepassingen gedimensioneerd werden.

4 Plaatsing van de beglazing

De tendens naar steeds grotere beglaasde oppervlakken zorgt er, samen met de eisen uit de norm NBN S 23-002 en de toepassing van drievoudige beglazingen, voor dat het gewicht van de huidige beglazingen aanzienlijk groter is dan voorheen. Men opteert er daarom vaak voor om de beglazingen pas te plaatsen nadat het schrijnwerk verankerd werd.

Zonder tijdelijke afdichting in de raamopeningen zullen bepaalde (binnen)materialen hierdoor gedurende langere tijd blootstaan aan de weersinvloeden. Zo kan een multiplexplaat die gebruikt werd voor de plaatsing van het buitenschrijnwerk (zoals in afbeelding 1, p. 15) bijvoorbeeld delamineren of schimmelvorming vertonen. Deze verwerking zal het snelste zichtbaar zijn aan de plaatranden (zie afbeelding 6).

Om dergelijke bouwschade te vermijden, raden we aan om multiplexplaten te gebruiken die geschikt zijn voor buitentoepassingen. Deze beschikken over een watervaste verlijming (van klasse 2 of 3 volgens de norm NBN EN 314 of een WBP volgens STS 52.04, zie [WTCB-Dossier 2009/3.8](#)) en hebben duurzamere fineerlagen (indien houtsoorten gebruikt worden van duurzaamheidsklasse IV of V, worden deze idealiter voorzien van een gepaste verduurzaming).

3 Krachtoverdracht

De krachten die inwerken op het buitenschrijnwerk moeten steeds overgedragen worden naar de draagstructuur van het gebouw. De horizontale windbelasting op het buitenschrijnwerk wordt doorgaans opgevangen door laterale ankers of schroeven terwijl de verticale belasting opgevangen wordt door een ondersteuning aan de onderzijde van het schrijnwerk die verankerd is aan de ruwbouw. Deze ondersteuning moet volgens de [TV 188](#) voldoende stijf zijn om spanningen in de onderliggende dorpels te vermijden. In de praktijk werd hiervan soms afgeweken voor buitenschrijnwerk met relatief kleine afmetingen. Deze werkwijze kan in recente gebouwen met bredere spouwbreedtes en een onvoldoende stijve ondersteuning echter aanleiding geven tot het

6 | Schimmelvorming op het multiplexkader door langdurige blootstelling aan vocht



Door de toenemende thermische prestatie-eisen die opgelegd worden aan gebouwen, past men alsmaar grotere isolatiediktes toe in de vloeren en spouwmuren. Hierdoor ontstaan er echter hoogteverschillen die de toegankelijkheid in het gedrang kunnen brengen. Om hieraan te verhelpen, streeft men vaak een zo klein mogelijk hoogteverschil na tussen de binnen- en de buitenverharding. Dit kan op zijn beurt aanleiding geven tot vochtproblemen. In dit artikel wordt toegelicht hoe men waterinfiltraties kan voorkomen, zonder in te boeten aan toegankelijkheid.

Waterdichte en goed geïsoleerde muurvoeten: **toegankelijk** voor iedereen

Het toenemende aantal prestatie-eisen dat aan gebouwen wordt opgelegd, zorgt vooral ter hoogte van de gevelvoet van traditionele spouwmuren wel eens voor extra moeilijkheden om de continuïteit van de prestaties (stabiliteit, thermische isolatie, water- en luchtdichtheid, akoestische isolatie, toegankelijkheid...) te waarborgen.

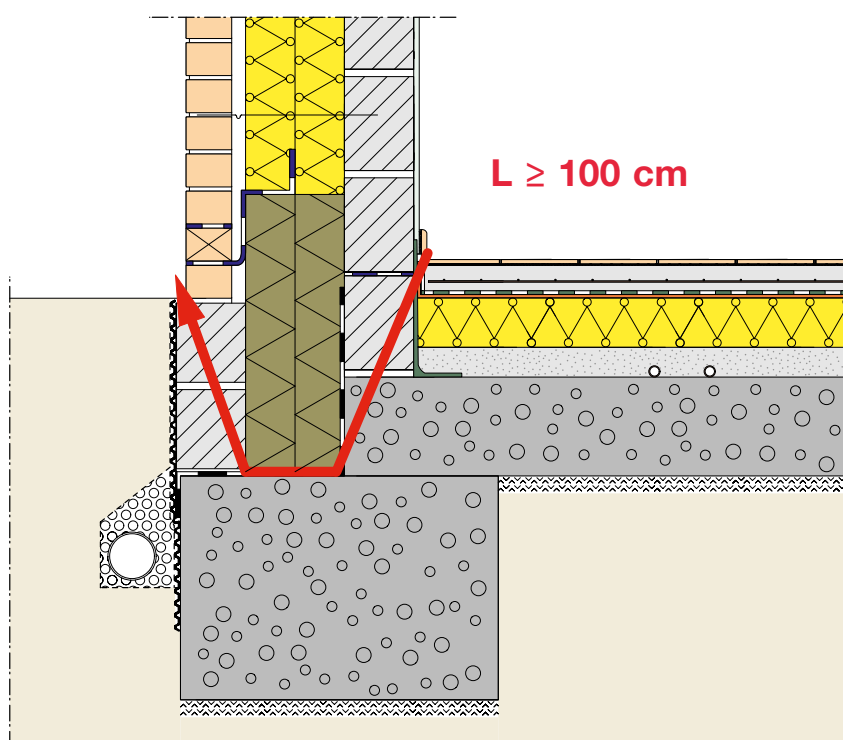
Bovendien neemt niet enkel het aantal, maar ook het niveau van de eisen steeds toe en dient men rekening te houden met alsmaar strengere reglementeringen inzake brand, thermische isolatie ... Ook toegankelijk en aanpasbaar bouwen maakt het onderwerp uit van nieuwe regelgeving (zie www.toegankelijk.be en www.construire-adaptable.be).

In de praktijk stelt men vast dat bouwschade vaker het gevolg is van anomalieën ter hoogte van de bouwknopen dan in de lopende delen. Niet zelden blijken de prestatie-eisen precies ter hoogte van de gevelvoet moeilijk met elkaar te verzoenen wanneer men voor elke eis het hoogste niveau nastreeft.

De opvatting en uitvoering van deze bouwknop vormt dan ook niet alleen een nieuwe uitdaging voor de ruwbouwaannemer zelf, maar ook voor de algemene aannemer die zorgt voor de coördinatie tussen de verschillende vaklieden die de bouwknop mee tot stand brengen.

Met of zonder isolerend bouwblok?

Om de warmteverliezen via de muurvoet te beperken en een koudebrug te vermijden, wordt vaak gebruikgemaakt van een isole-



1 | De lengte van de weg van de minste weerstand (rode lijn) moet groter dan of gelijk zijn aan 1 meter

rend bouwblok (i) onderaan de draagmuur. Deze toepassing is evenwel beperkt door de drukweerstand van het bouwblok. Bij de berekening van de sterkte van het metselwerk dient men onder meer rekening te houden met de invloed van het isolerende bouwblok, de metselstenen en de mortel (zie *WTCB-Dossiers nr. 2011/04.05*).

Het gebruik ervan wordt om deze reden doorgaans beperkt tot gebouwen met maximaal drie verdiepingen (vier bouwlagen), afhankelijk van de eigenschappen van de metselstenen en mortel of lijm.

Bij hogere gebouwen en bij gebouwen waarvan het binnenspouwblad betonnen kolommen of verdiepingshoge panelen bevat, dient men ervoor te zorgen dat de lengte van de 'weg van de kleinste thermische weerstand' minstens één meter bedraagt (zie afbeelding 1) omdat hier geen continuïteit bestaat tussen de isolatielagen in de gevel en deze in de vloeropbouw. Bij het niet naleven van dit principe zal de muurvoet sterk afkoelen tijdens de koude seizoenen. In combinatie met een minder gunstig binnenklimaat kan dit resulteren in oppervlaktecondensatie, hygroscopiciteit en uiteindelijk in schimmelvorming.

(i) Om te voldoen aan de EPB-eisen voor bouwknopen, dienen de eigenschappen van het isolerende bouwblok in overeenstemming te zijn met de drie volgende eisen:

- de warmtegeleidbaarheid λ van het isolerende bouwblok moet kleiner dan of gelijk zijn aan $0,2 \text{ W/mK}$
- de warmteweerstand R van het isolerende deel mag niet kleiner zijn dan de helft van het kleinste van de warmteweerstand van de isolatielagen van de vloer en gevel (met een bovengrens van $2 \text{ m}^2\text{K/W}$)
- de contactlengte mag nooit kleiner worden dan de helft van het kleinste van de dikte van het isolerende deel of de aansluitende isolatielaag.

Verzekeren van de water- en luchtdichtheid

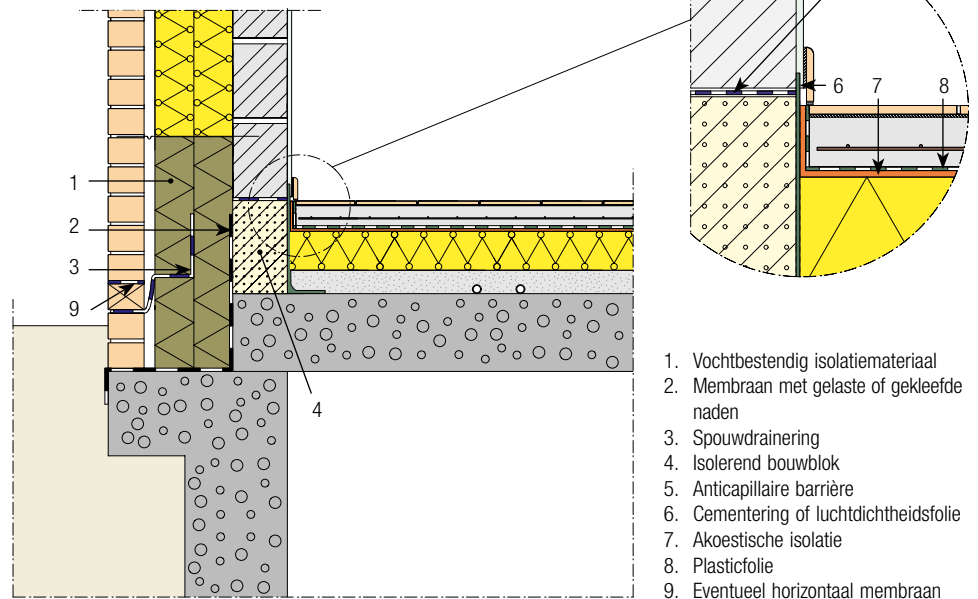
Een ontoereikende spouwdrainering geeft bij sterk aan slagregen blootgestelde gevels vaak aanleiding tot infiltraties. De voet van de draagmuur kan ook bevochtigd worden door de toevoer van grondvocht en/of door zijdelings infiltrerend oppervlaktewater (via de aanaarding en/of de buitenverharding).

Om de waterdichtheid ter hoogte van de muurvoet te garanderen, dient men verschillende membranen te voorzien (zie afbeelding 2). De bovenzijde van de betonnen draagvloer dient zich steeds hoger te situeren dan het maaiveld of de verharding rond het gebouw. Het membraan voor de spouwdrainering (3) moet bovendien een voldoende opstand hebben om te voorkomen dat het overbrugd wordt (bv. door mortelresten in de spouw).

Het ingegraven deel van de muurvoet wordt beschermd door een membraan (2) dat opgetrokken wordt tegen de buitenzijde van het isolerende bouwblok (zodat dit blok ook beschermd wordt). De naden in dit membraan moeten steeds gekleefd of gelast worden en vergen bijgevolg een specifieke uitvoering. Het is belangrijk dat de continuïteit van de verschillende membraandelen gegarandeerd wordt ter hoogte van de overgang tussen de raam- en deuropeningen en de rest van de gevel (zie afbeelding 3 en [Infofiche 20](#)).

Hogerop wordt in de spouwmuur een drainering voorzien (3) die het spouwwater naar buiten afvoert boven het niveau van het maaiveld. Deze kan tussen twee isolatielagen ingeklemd of verkleefd worden en hoeft niet tot aan de draagmuur te lopen. De isolatieplaten kunnen hiervoor recht of schuin afgesneden worden. De naden in het membraan van de spouwdrainering kunnen overlappend uitgevoerd of verlijmd worden. Deze werken worden gerealiseerd door de aannemer van de metselwerken. Boven dit membraan worden in het gevelmetselwerk open stootvoegen voorzien (1/3 stootvoegen) die zijn vrijgemaakt tot op de spouwdrainering (de lintvoeg moet onderbroken worden) en die in geen geval afgedicht mogen worden door latere verhardingen of aanvullingen. Soms voorziet men enkel in het gevelmetselwerk nog een extra horizontaal membraan (9) boven de open stootvoeg om te voorkomen dat de (vooral lichtgekleurde) bakstenen langdurig donker zouden verkleuren.

2 | Detaillering van een muurvoet met verhoogde thermische prestaties



Langs de binnenzijde wordt de luchtdichtheid verzekerd door de gipsgebonden bepleistering en de betonnen draagvloer. Wanneer ter hoogte van de plint een anticapillaire barrière voorzien werd (5), kan de continuïteit van de luchtdichtheid ofwel verkregen worden met een membraan of een dunlagig aangebracht vloeibaar product ofwel door middel van een vochtbestendige muurvoetbepleistering (bv. luchtdichte cementering, 6) met een voldoende dikte (zie [WTCB-Dossier 2013/3.9](#)).

Nastreven van een voldoende hoogteverschil

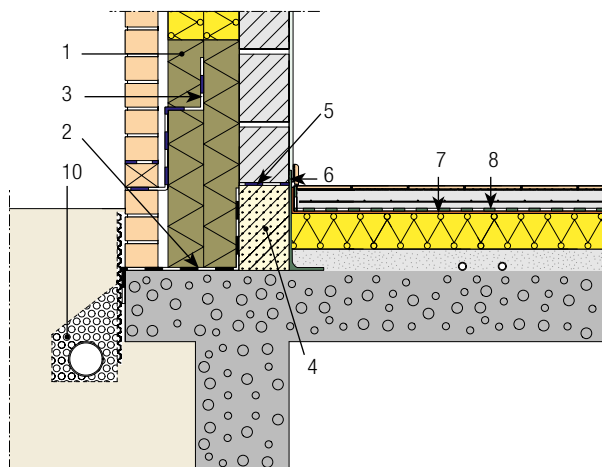
Zoals hiervoor aangegeven werd, situeert de buitenverharding of aanaarding zich omwille van de waterdichtheid (?) bij voorkeur lager dan het niveau van de bovenzijde van de betonnen draagvloer. Hierdoor ontstaat er echter een hoogteverschil van 20 tot 30 cm tussen de binnenvloer en de verharding rond het gebouw, wat toegankelijkheidsproblemen met zich meebrengt.



3 | Bescherming van de muurvoet door middel van een membraan met gelaste naden

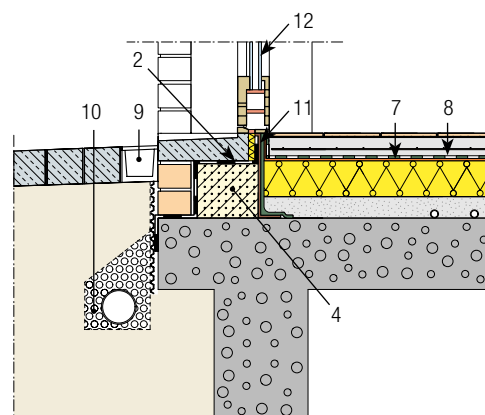
(?) We beschouwen hier de regendichtheid van het gelijkvloers. Afhankelijk van de vereiste waterdichtheidsklasse van de kelder kunnen aanvullende maatregelen vereist zijn, zoals een drainering of een kimplaat ter hoogte van de aansluiting tussen de kelder muur en de betonnen draagvloer.

4 | Verticale doorsnede ter hoogte van de gevel (links) en ter hoogte van de voordeur (rechts)



1. Vochtbestendig isolatiemateriaal
2. Membraan met gelaste of gekleefde naden
3. Spouwdrainering
4. Isolerend bouwblok

5. Anticapillaire barrière
6. Cementering of luchtdichtheidsfolie
7. Akoestische isolatie
8. Plasticfolie



9. Lijnafwatering (enkel in de deuropening)
10. Drainering
11. Luchtdichtheidsfolie
12. Voordeur

Om de integrale toegankelijkheid van het buitenschrijnwerk te waarborgen, moet aan drie voorwaarden voldaan worden:

- de toegang moet goed bereikbaar zijn
- het buitenschrijnwerk moet betreedbaar zijn en het hang- en sluitwerk moet eenvoudig te bedienen zijn
- de hoogteverschillen mogen niet groter zijn dan 20 mm.

Indien men de opstand tussen de binnen- en de buitenomgeving uit toegankelijkheidsoverwegingen verlaagt, neemt het risico op waterinfiltraties toe (zowel via de ruwbouw als via het schrijnwerk) en dient men bijzondere aandacht te besteden aan de detaillering. Om het risico op waterinfiltratie te beperken, zou men het niveau van de verharding of aanaarding rond het gebouw enkel ter hoogte van de toegang (voordeur) kunnen verhogen (zie [WTCB-Dossiers 2006/4.4](#) en [2007/1.12](#)). In de praktijk verkiest men echter vaker om de niveauverschillen over de gehele omtrek van het gebouw te reduceren.

In dit geval mag men niet zomaar op het onderste membraan (met gelijmde of gelaste naden, zie nr. 2 in afbeelding 4) rekenen om de waterdichtheid te verzekeren, aangezien de aanhechting van dit membraan op de ondergrond (betonnen draagvloer) doorgaans niet bestand is tegen waterdruk. Om deze reden zal men tegen de gevelvoet een draine-

ring (10) voorzien om te voorkomen dat er bij regenweer een tijdelijke waterdruk zou ontstaan waardoor het in de grond gedrongen regenwater het membraan kan omzeilen.

Deze drainering bestaat uit drie elementen, namelijk een collectorbuis, een drainerend materiaal en een filterdoek, die alle drie aangepast zijn aan de eigenschappen van de grond. De verzamelbuis (collector) moet steeds onder een voldoende helling geplaatst worden (0,5 % tot 1 % en nooit in tegenhelling), zodat de stroomsnelheid van het water voldoende hoog is. Ter hoogte van de deuropening (12) kan men de waterafvoer nog verbeteren door een lijnafwatering (9) of goot te voorzien. Verder dient men erop toe te zien dat de verhardingen rond het gebouw een helling van minstens 1,5 % vertonen (weg van de gevel).

Onderaan de gevel gebruikt men vochtbestendige isolatieplaten (bevochtiging kan immers niet uitgesloten worden). Wanneer men grote belastingen verwacht naast de gevel (bv. door verkeer), moet men erop toezien dat het spouwgedeelte onder de spouwdrainering volledig opgevuld is met drukvast isolatieplaten die voorkomen dat het gevelmetselwerk onderaan naar binnen gedrukt wordt bij belasting van de grond. Als alternatieve oplossing kan men het gevelmetselwerk onder het maaiveld ook vervangen door (beton)blokken met een grotere breedte.

Ook bij een goed toegankelijke detaillering dient men vooral ter hoogte van de deuropening aandacht te besteden aan de continuïteit van de luchtdichtheid. Schrijnwerkelementen met een vast onderprofiel scoren op dit vlak beter, hetgeen overigens ook de waterdichtheid ten goede komt. Het vaste onderprofiel vormt evenwel een drempel voor rolstoelgebruikers. We willen erop wijzen dat er systemen op de markt zijn die met een geringe drempelhoogte (≤ 20 mm) toch een aanslag voor de luchtdichtheid voorzien. Bovendien zijn deze profielen vaak thermisch onderbroken.

Besluit

Het vraagt specifieke aandacht om ter hoogte van de gevelvoet en de deuropening te beantwoorden aan de verschillende prestatie-eisen die aan hedendaagse gebouwen gesteld worden. Aangezien vrijwel iedere gevelvoet uniek is, worden in dit artikel een aantal principes en denkpistes aangereikt die men bij de opvatting kan hanteren om tot een juiste afstemming van deze prestatie-eisen te komen. Een dergelijk detail vraagt een goede coördinatie van de verschillende ambachtslieden die instaan voor de realisatie van de bouwknoop. Waar dit bij de opvatting van nieuwe gebouwen reeds heel wat aandacht vereist is, is de uitdaging bij de renovatie van bestaande gebouwen vanzelfsprekend nog groter. I

Zowel bij nieuwbouw als bij renovatie kiezen ontwerpers voor thermisch performantere wandsamenstellingen met steeds dikkere isolatielagen. In de praktijk stellen we dan ook vast dat naast klassieke wandopbouwen met een geïsoleerde spouw en houtskeletbouwwanden ook steeds vaker wandopbouwen met pleisterwerk op een dikke isolatielaag gebruikt worden (ETICS).

Nieuwe aandachtspunten voor ETICS

De laatste tijd werden ons regelmatig twee soorten schadegevallen gemeld die zich voordeden op het oppervlak van de pleistersystemen op isolatie:

- de aftekening van de schotelpluggen die de bevestiging van de thermische isolatieplaten verzekeren
- de verschijning van bruinkleurige afdruiptsporen die afkomstig zijn van de metalen muurkap.

1 Aftekening van schotelpluggen in de bepleistering

De afdeling Technisch advies krijgt de laatste jaren regelmatig vragen over dit schadebeeld. Van zodra de pleisterwerken voltooid zijn, tekenen de bevestigingselementen van de thermische isolatieplaten zich af in het pleisterwerk. Ze vormen vlekken die iets lichter en matter zijn dan de pleisterlaag zelf (zie afbeelding 1) en zijn vooral zichtbaar bij een heldere hemel en meer bepaald bij de overgang van nacht naar dag.

Op dit moment van de dag kan de temperatuur van een buitenoppervlak 6 tot 8 °C lager liggen dan de temperatuur van de buitenlucht. Het is dit fenomeen, onder-

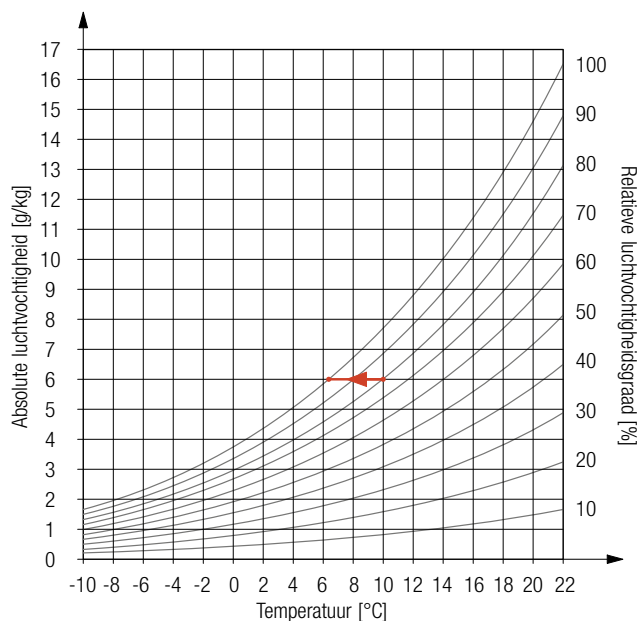
1 | Verschijning van lichte cirkels daar waar de schotelpluggen zich bevinden



koeling genoemd, dat verantwoordelijk is voor de dauwvorming (of het verschijnen van ijsbloemen indien de oppervlaktetemperatuur van de wand lager is dan 0 °C) die men 's ochtends bij heldere hemel kan aantreffen op de carrosserieën en ruiten van auto's of op elk niet-capillair oppervlak in een open plek. Indien we, bij wijze van voorbeeld, weersomstandigheden beschouwen met een temperatuur rond 10 °C en een relatieve vochtigheidsgraad van 80 %, kunnen we uit de grafiek van afbeelding 2 afleiden dat er zich oppervlaktecondensatie kan voordoen op elk oppervlak met een temperatuur lager dan 6,5 °C.

Bij thermisch zwak geïsoleerde wanden zorgen de warmtetransmissieverliezen ervoor dat de buitenoppervlaktetemperatuur van deze wanden hoger dan of gelijk is aan de buitenluchttemperatuur.

Bij sterk geïsoleerde gevels, daarentegen, zijn de warmtetransmissieverliezen te klein om het effect van onderkoeling tegen te gaan. Op deze gevels kan zich bijgevolg condensatie vormen. Op een homogeen geïsoleerde capillaire afwerkingslaag zal dit fenomeen, op een enigszins donkerdere verkleuring na, doorgaans niet zichtbaar zijn. Op een niet-capillair afwerkingsmateriaal (bv. een metalen bebording, een beglaasd vulpaneel of een gevelbekleding uit natuursteen met een zwakke porositeit) zal dit fenomeen zich daarentegen wel duidelijk uiten in de vorm van een dampwasem of condensatiedruppels. Afbeeldingen 3 en 4 op de volgende pagina tonen de vorming van oppervlaktecondensatie op het centra-



2 | Grafische voorstelling van de luchtvochtigheid afhankelijk van de temperatuur

le gedeelte van beglaasde vulpanelen of metalen bebordingselementen met geïntegreerde thermische isolatie. Ter hoogte van de plaatranden zijn de warmteverliezen dermate groot dat het onderkoelingsfenomeen de oppervlaktetemperatuur niet zal kunnen doen dalen tot onder het dauwpunt van de buitenlucht.

Hetzelfde fenomeen doet zich tevens regelmatig voor op het buitenoppervlak van driedubbele of dubbele hoogrendementsbeglazingen en maakte bovendien reeds het onderwerp uit van een artikel (*).

Afbeelding 1 toont een situatie waarbij de weersomstandigheden en de blootstelling van de gevel het onderkoelingsfenomeen in de hand werken. In dit geval is de temperatuur van de buitenbepleistering op isolatie lager dan de dauwpunttemperatuur van de buitenlucht waardoor er zich oppervlaktecondensatie vormt en de bepleistering

(*) Zie 'Condensatie op beglazing: soms aan de binnenkant, soms aan de buitenkant. (Actueel).' WTCB-Tijdschrift 1992/4.



3 en 4 | Vorming van oppervlaktecondensatie in het centrale gedeelte van beglaasde vulpanelen (links) of op de elementen van een metalen gevelbekleding met geïntegreerde isolatie (rechts)

donkderder kleurt. De schotelpluggen van de thermische isolatieplaten zijn niet onderhevig aan deze verkleuring doordat er zich op deze plaatsen iets grotere warmteverliezen voordoen dan in de rest van de bepleistering.

Preventie en oplossingen

Aangezien meerdere factoren een rol spelen bij de verschijning van dit fenomeen, kan men de volgende preventieve maatregelen overwegen:

- **het aantal mechanische verankeringen beperken** door ze enkel aan te brengen op plaatsen waar ze echt noodzakelijk zijn
- **mechanische bevestigingen gebruiken met een zo laag mogelijke puntwarmte-doorgangscoefficiënt** (aangeduid met de letter x), zeker indien de wand waarop het pleistersysteem op isolatie aangebracht wordt, een zwakke thermische weerstand heeft (bv. metselwerk uit zware beton- of kalkzandsteenblokken). Deze coëfficiënt wordt bepaald volgens het technische rapport nr. 25 (TR 025) van de EOTA (juni 2007) en wordt vermeld in de Europese Technische Goedkeuring (ETA) van de bevestiging waarnaar de Technische Goedkeuring van de bepleistering op isolatie verwijst. Indien deze coëfficiënt groter is dan 0,002 W/K, kan de projectontwerper voor een ETICS kiezen met in de thermische isolatie geïntegreerde schotelpluggen die bedekt zijn met een geïsoleerde dop. Voor dit systeem is een isolatiedikte van minstens 80 mm noodzakelijk. Het is belangrijk om voldoende rekening te houden met deze parameter aangezien hij een invloed uitoefent op de berekeningen van de gewijzigde warmtetransmissiecoëfficiënt van ETICS zoals beschreven in het voornoemde TR 025
- **het capillaire absorptievermogen van het afwerkpleister zoveel mogelijk verminderen**. ETAG 004 stelt dat de absorptie van de basisbepleistering en de afwerkingslaag slechts 1 kg/m² mag bedragen (of 500 g/m²

zonder vorstproef) na een proef waarbij de buitenzijde van de bepleistering gedurende een uur in water ondergedompeld werd. Aan de hand van deze waarde kan men het gedrag van de bepleistering in de tijd inschatten (vooral wat de vorstweerstand betreft). Deze waarde is echter te hoog om verkleuring te vermijden na bevochtiging van de bepleistering. Een absorptieproef met de Karstenpijp (zie § 9.1 van Bijlage 1 van de TV 224) laat toe om de absorptie van het pleisteroppervlak beter te bepalen en het risico op een differentiële verkleuring van het pleisteroppervlak nauwkeuriger in te schatten. Er werd hiervoor op dit moment echter nog geen limietwaarde vastgelegd. We willen erop wijzen dat men een geschikte deksel kan aanbrengen om de waterabsorptie aan het oppervlak van de bepleistering te verminderen. Deze werkwijze wordt ook aanbevolen om de kleur van de bepleistering te uniformiseren en de weerstand tegen vuil en biologische groei te verhogen. De aanwezigheid van een verflaag op een ETICS-oppervlak verandert echter niets aan de noodzaak van een regelmatig onderhoud (reinigingsbeurt en/of vernieuwing) (zie WTCB-Dossier 2013/2.9).

2 Verschijning van afdruiptsporen op het pleisteroppervlak in de nabijheid van de muurkappen

De metalen muurkappen die de bovenkant van de muuropstanden moeten bescher-

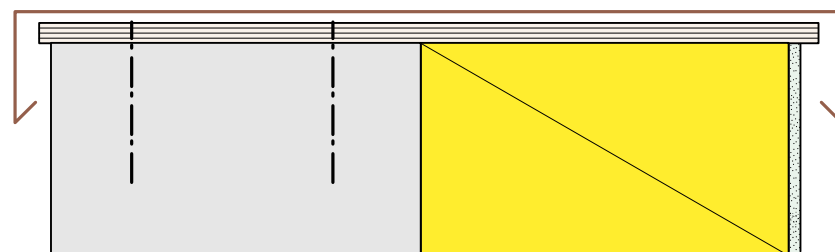
men, worden bij ETICS doorgaans aangebracht op een plaat die mechanisch bevestigd wordt aan de bovenzijde van het dragende metselwerk en die men over de dakrand laat uitkragen zodat hij het isolatiemateriaal onder de bepleistering volledig bedekt (zie afbeelding 5).

De afdeling Technisch advies werd recent meermaals gecontacteerd in verband met de verschijning van bruinkleurige vlekken op het pleisterwerk. De vlekken leken afkomstig te zijn van de onderkant van de metalen muurkappen die bevestigd waren op multiplexplaten.

In bepaalde gevallen konden we vaststellen dat de vlekken veroorzaakt werden door insijpelingen die zich voordeden ter hoogte van de aansluiting tussen twee muurkap-elementen of op plaatsen waar de bevestigingen van uitkragende borstweringen de muurkapelementen doorboorden. In deze situatie vormt de plaatsing van muurkappen zonder helling een verzwarende factor omwille van het risico op waterstagnaties die de insijpelende waterhoeveelheid aanzienlijk kunnen verhogen.

In andere gevallen toonde een grondige controle van de muurkappen aan dat deze prefect waterdicht waren waardoor waterinfiltraties konden uitgesloten worden. We konden na verder onderzoek vaststellen dat de vlekken veroorzaakt werden door de vorming van oppervlaktecondensatie aan de onderkant van de muurkappen ten gevolge van het onderkoelingsfenomeen.

Zoals hiervoor vermeld, veroorzaakt de blootstelling van een oppervlak aan de lucht een daling van de oppervlaktetemperatuur met meerdere graden ten opzichte van de buitenlucht. Bij elementen met een geringe dikte (en dus een zwakke thermische inertie) en een goede warmtegeleiding (zwakke thermische weerstand) zoals een metalen plaat, is



5 | Metalen muurkap die aan de bovenkant van een muuropstand bevestigd werd door middel van een multiplexplaat



6 en 7 | Verschijning van bruinkleurige afdruipsoren door condensatievorming ter hoogte van de muurkappen

de temperatuur aan de onderzijde van het element bijna identiek aan de temperatuur van de bovenzijde. Wanneer de buitenlucht in contact komt met de onderzijde van de muurkappen, is het mogelijk dat er niet alleen op de bovenzijde van de muurkappen, maar ook aan de onderzijde ervan oppervlaktecondensatie ontstaat. Hierdoor zullen ook de onderliggende platen vochtig worden. Bij aanzienlijke hoeveelheden condensatiewater kan dit vocht zelfs beginnen af te druipen en kunnen inhoudsstoffen uit de houtgebonden platen uitlogen en bruinkleurige vlekken veroorzaken op het onderliggende pleisteroppervlak (zie afbeeldingen 6 en 7).

Dit fenomeen zal nog aangewakkerd worden indien de onderzijde van de muurkappen of van de onderliggende platen in contact komt met binnenlucht uit het gebouw of bouwvocht uit het structuurbeton of hellingsbeton van het dak.

Preventie en oplossingen

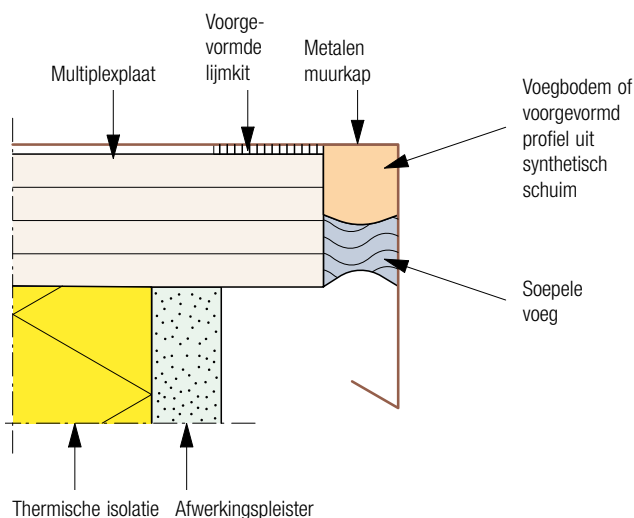
Om deze vorm van schade te vermijden, is het eerst en vooral raadzaam om de dichting van de verbindingen tussen de verschillende muurkapelementen grondig te bestuderen (opteren voor een totaalpakket voorgesteld door de fabrikant, aanbrenging van een afvoerkanal onder de voegen ...), alsook de aansluitingen tussen de borstweringstijlen en de muurkappen (kiezen voor een duurzaam waterdicht op de muurkap gelast of gelijmd voetstuk waarop de borstweringstijlen bevestigd worden ...).

Daarnaast is het belangrijk om elke aanvoer van buitenlucht tussen de muurkappen en de onderliggende platen te vermijden. Hiertoe kan men een voorgevormd dichtingsprofiel uit synthetisch schuim aanbrengen of een soepele voeg uitvoeren over de volledige lengte en aan beide zijden van de muurkappen.

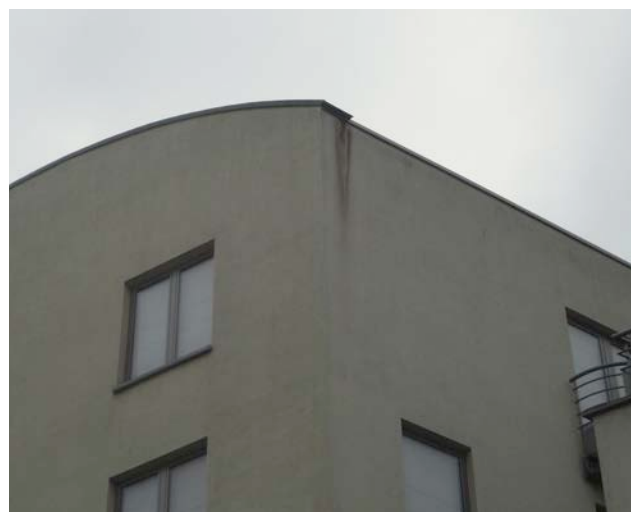
In deze context kan het eveneens noodzakelijk zijn om de kopse zijde van de houtgebonden plaat te beschermen en de thermische inertie van de muurkappen te verhogen ter hoogte van hun uitkraging. Om dit te bewerkstelligen, kan men de ruimte tussen de druiplijst van de muurkap en de kopse zijde van de multiplexplaat opvullen met een lijmkit of een voorgevormd dichtingsprofiel uit synthetisch schuim. Men dient erop toe te zien dat deze maatregel de goede werking van de druiplijst niet belemmert (zie afbeelding 8).

Ten slotte kan men ook overwegen om platen te gebruiken die minder gevoelig zijn voor de afscheiding van inhoudsstoffen (platen met een bakelietlaag, composietplaten ...). Hierbij moet men het risico op vlekvorming (in een open ruimte of niet) en het onesthetische karakter ervan (kleur van het pleisterwerk, sterk in het zicht of eerder uit het zicht ...) afwegen tegen de eventuele meerkosten die het gebruik van deze platen met zich meebrengen.

We willen erop wijzen dat het ontwerp van de bouwdetails een bepalende factor is voor de snelheid waarmee vuildeeltjes en micro-organismen zich op het pleisteroppervlak ontwikkelen. Het staat vast dat grote dakoversteken het beste middel zijn om de bepleistering te beschermen tegen verontreiniging door de regen. Het is in ieder geval aan te raden om situaties te vermijden waarbij het regenwater samenkomt in één specifieke gevelzone (zie afbeelding 9).



8 | Bescherming van de kopse zijde van de houtgebonden plaat door middel van een lijmkit of een voorgevormd profiel uit synthetisch schuim



9 | Het pleisteroppervlak is vuil geworden door aflopend regenwater



De afgelopen jaren zijn de stookketels van de nieuwe generatie een stuk rendabeler en compacter geworden. Deze evolutie ging echter gepaard met een toename van bepaalde problemen die vroeger zelden of nooit de kop opstaken. In dit artikel gaan we dieper in op twee schadegevallen die onderzocht werden naar aanleiding van de vervanging van een oude atmosferische stookketel door een nieuwe condensatieketel met een gesloten verbrandingskring.

Leveren moderne stookketels die minder verbruiken en compacter zijn ook minder problemen op?

Vochtproblemen ter hoogte van bestaande rookgasafvoerkanalen en een gebrekkige trek

De vervanging van een oude stookketel door een moderne gaat onder meer gepaard met een vermindering van de rookgastemperatuur in het afvoerkanaal van de verbrandingsgassen. De rookgastemperatuur aan de uitgang van de stookketel daalt immers van 200 °C of meer tot 120 °C of minder (bij condensatieketels is het bijvoorbeeld niet uitzonderlijk dat de rookgastemperatuur slechts 40 tot 50 °C bedraagt).

Indien de nieuwe stookketel aangesloten wordt op een bestaand (niet-geïsoleerd) rookgasafvoerkanaal, bestaat er een groot condensatierisico in dit kanaal. Wanneer de schoorsteen niet gevoerd werd, kan deze condensatie vochtplekken doen verschijnen op de binnenafwerking. Deze zullen zich vooral manifesteren aan de omtrek van het rookgasafvoerkanaal, voornamelijk aan de bovenkant ervan (waar de rookgastemperatuur het laagst is) (zie afbeeldingen 1 en 2).

De hoeveelheid condensatie die gevormd kan worden in een rookgasafvoerkanaal, is

onder meer afhankelijk van het debiet van de rookgassen, de temperatuur ervan aan de uitgang van de stookketel en de afkoeling in het rookgasafvoerkanaal. Deze laatste parameter is mede afhankelijk van de sectie en de thermische isolatie van het rookgasafvoerkanaal (een overdimensionering van de sectie en een gebrek aan thermische isolatie leiden tot een grotere daling van de rookgastemperatuur), van de temperatuur in de ruimten die grenzen aan het rookgasafvoerkanaal (buitenomgeving, al dan niet verwarmde ruimte ...), van het tracé en de lengte van het rookgasafvoerkanaal en van de hoeveelheid waterdamp die ontstaat bij de verbranding (afhankelijk van de brandstof).

We willen er bovendien op wijzen dat de aansluiting van een nieuwe stookketel met natuurlijke trek op een bestaand rookgasafvoerkanaal aanleiding kan geven tot een gebrekkige trek, waardoor de beveiliging van de stookketel veelvuldig in werking kan treden.

Om voornoemde problemen (inwendige condensatie en gebrekkige trek) te vermijden, dient men vooraf te verifiëren of het bestaande rookgasafvoerkanaal (type, sectie, hoogte) hergebruikt kan worden (zie § 9.2

van de TV 235). Indien dit niet het geval is, dient men het rookgasafvoerkanaal aan te passen overeenkomstig de huidige normen (NBN B 61-001 of NBN B 61-002) of een nieuw rookgasafvoerkanaal te installeren dat aan voornoemde normen beantwoordt. In dit laatste geval dient men na te gaan of er geen stookketel met horizontaal geplaatste wanddoorvoer geplaatst kan worden.

Bij de vervanging van een stookketel die aangesloten was op een collectief rookgasafvoerkanaal (bv. in een appartementsgebouw) zal men een aantal bijkomende onderzoeken en/of interventies moeten uitvoeren. Bovendien is het gebruik van condensatieketels in combinatie met dergelijke kanalen uitgesloten (zie WTCB-Dossier 2012/4.15 en 2013/4.12).

Lekken in het watercircuit van de stookketel

Onze diensten werden reeds meermaals geconfronteerd met dergelijke lekproblemen. Deze manifesteren zich gewoonlijk enkele jaren nadat de nieuwe stookketel op een bestaande verwarmingskring aangesloten werd. In bepaalde gevallen blijkt de schade te wijten te zijn aan de waterkwaliteit van de installatie (aanwezigheid van afzettingen), aan het feit dat de installatie vooraf niet gereinigd werd en/of aan de afwezigheid (of het gebrekkige onderhoud) van filters of vuilafscheiders.

Zoals reeds aangehaald werd, worden de stookketels van de oude generatie alsmaar vaker vervangen door compactere ketels met een beter verbrandingsrendement. Deze compactheid is voornamelijk te danken aan het feit dat de warmtewisselaars steeds kleiner worden. Deze evolutie gaat gepaard met een kleiner warmte-uitwisselingsoppervlak,

1 en 2 | Verschijning van vochtplekken op de binnenafwerking en aan de omtrek van het rookgasafvoerkanaal





3 | Warmtewisselaar van een stookketel

een beperkte waterinhoud en een hogere warmtestroom per oppervlakte-eenheid.

Een compactere warmtewisselaar kan echter ook bepaalde nadelen vertonen. Het gebruik van leidingen met een kleinere diameter zorgt er immers voor dat ze gevoeliger worden voor afzettingen (die bv. afkomstig zijn uit de oorspronkelijk geplaatste installatie-onderdelen). Een afzetting van 1 mm in een warmtewisselaar die opgebouwd is uit leidingen met een diameter van 12 mm zorgt bij wijze van voorbeeld voor een sectievermindering van 20 %. De aanwezigheid van vaste deeltjes in het water van de installatie en de accumulatie ervan in een warmtewisselaar kan dan ook gepaard gaan met een minder goede door-

stroming, een rendementsdaling, een verhoging van de temperatuur van de materialen en een vroegtijdige slijtage, wat dan weer aanleiding kan geven tot mogelijke lekken.

Indien men wil komen tot een moderne stookketel met een duurzame werking en een constant rendement, dient men er met andere woorden voor te zorgen dat deze in de mate van het mogelijke gespaard blijft van afzettingen. De kwaliteit van het water zou aan de volgende eisen moeten voldoen:

- visueel aspect: geen deeltjes in suspensie
- pH bij 25 °C: 8,2 tot 10 indien er geen onderdelen uit aluminium aanwezig zijn (max. 8,5 indien de installatie onderdelen uit ongelegeerd aluminium bevat, max. 9 indien er onderdelen uit gelegeerd aluminium aanwezig zijn)
- zuurstofgehalte: < 0,02 mg/liter
- geleidbaarheid: ≤ 1500 µS/cm.

Indien men een nieuwe stookketel aansluit op een bestaande installatie waarvan het water niet aan deze eisen voldoet, dient men niet alleen de afzettingen te verwijderen (zie kader), maar ook de mogelijke toevoer van zuurstof in het circuit tot een minimum te beperken (zie kader 'Vermijden van slibvorming', p. 26).

De verwijdering van afzettingen uit een bestaande installatie kan gebeuren door een reiniging met water met een hoog debiet (of met een mengsel van water en perslucht). Men kan eveneens overgaan tot een chemische reiniging. Hierbij worden er bepaalde producten aan het water van de installatie toegevoegd die de afzettingen in suspensie



4 Afzettingen van ijzeroxides in de leidingen

brengen, waarna deze opgevangen worden door een slibfilter of geëvacueerd worden bij het ledigen van de installatie.

Indien de installatie zodanig opgebouwd is dat de toevoer van zuurstof en/of van corrosiebronnen niet uitgesloten kan worden, dient men te opteren voor een geschikte continue waterbehandeling die afgestemd moet worden op de in het water aanwezige materialen (1 tot 10 liter product per 1000 liter te behandelen water). De effecten van deze behandeling op de waterkwaliteit moeten op regelmatige basis gecontroleerd worden. Indien er water aan de installatie toegevoegd wordt, willen we erop wijzen dat ook dit vulwater behandeld moet worden. ■

Oorzaken van de afzettingen

De afzettingen in een centrale-verwarmingsinstallatie zijn meestal toe te schrijven aan:

- de vorming van ketelsteen als gevolg van een hoge watertemperatuur
- de vorming van slib ten gevolge van inwendige corrosie.

De vorming van ketelsteen (calciumcarbonaat)

Bij de opwarming van water dat calciumionen en - in mindere mate - magnesiumionen bevat (wat het geval is voor het grootste deel van het in België verdeelde drinkwater), zorgt de hierna vermelde reactie tussen deze ionen en de bicarbonaationen tot de neerslag van onoplosbaar calciumcarbonaat, kortweg aangeduid als kalk of ketelsteen: $\text{Ca}^{2+} + 2\text{HCO}_3^- \rightarrow \text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$.

Hoewel dit fenomeen zich ook voordoet bij lage temperaturen, zal het zich des te sneller manifesteren in geval van een temperatuurstijging (voornamelijk vanaf 60 °C).

De hoeveelheid ketelsteen die zich kan afzetten in een installatie (met name in het circuit van de stookketel) is sterk afhankelijk van de hardheid van het vulwater, de waterinhoud van de installatie en de hoeveelheid navulwater. De totale hardheid van het water (TH) weerspiegelt de hoeveelheid oplosbare calcium- en magnesiumionen en wordt vaak uitgedrukt in Franse (°f of °fH) of Duitse (°dH) graden, waarbij 1 °dH overeenstemt met 1,786 °fH. Afhankelijk van de plaats, varieert deze waarde in België van minder dan 6° fH

Vervolg op pagina 26

(zeer zacht water) tot meer dan 40° fH (zeer hard water). De fysico-chemische karakteristieken van het water kunnen opgevraagd worden bij de waterdistributiemaatschappij of kunnen eenvoudig afgeleid worden uit een meting van de hardheid van het water met behulp van een in de handel verkrijgbare kit.

Naargelang van zijn totale hardheid kan het water gekwalificeerd worden als:

TH [°fH]	0-7	7-15	15-25	25-42	>42
Hardheid	Zeer zacht	Zacht	Halfhard	Hard	Zeer hard

Naarmate de hardheid van het water groter is, zal het ook meer ketelsteenvormende ionen bevatten. Men zou dus geneigd kunnen zijn om zijn toevlucht te nemen tot regenwater (bijna volledig vrij van opgeloste zouten) of gedemineraliseerd water. Dit is echter niet aangeraden omdat dit gepaard kan gaan met een groter corrosierisico. Men dient dus de voorkeur te geven aan het gebruik van drinkwater, ondanks het feit dat dit gewoonlijk een grotere hardheid vertoont.

De hoeveelheid ketelsteen die zich in een installatie kan afzetten, is eveneens afhankelijk van de capaciteit ervan. Zo vertonen grotere installaties een groter watervolume. Dit volume is niet alleen afhankelijk van het totale geïnstalleerde ketelvermogen, maar ook van de aard van het warmteafgiftesysteem (radiatoren hebben een grotere waterinhoud dan convectoren).

De hoeveelheid navulwater kan eveneens een invloed uitoefenen op de omvang van de afzettingen. De regelmatige toevoeging van vers water leidt immers tot de toevoer van nieuwe calcium- en magnesiumionen die op hun beurt aanleiding kunnen geven tot de vorming van calciumcarbonaat. De hoeveelheid water die na de eerste vulling aan de installatie toegevoegd wordt (bv. na werken aan de installatie) zou met andere woorden beperkt moeten blijven. De norm NBN EN 14868 stelt in deze context trouwens dat er over de volledige levensduur van de installatie en na de eerste vulling ervan maximum twee totale bijkomende verversingen van de waterinhoud mogen plaatsgrijpen (dit is essentieel om het corrosierisico binnen de perken te houden; zie onderstaand kader).

Voor meer informatie over de kwaliteit van het vulwater van een centrale-verwarmingsinstallatie verwijzen we naar het [WTCB-Dossier 2012/2.13](#). Uit dit document blijkt dat men ter beperking van het risico op ketelsteenvorming gebruik zou kunnen maken van vulwater dat vooraf verzacht werd (bv. door een behandeling met harsen die een ionenuitwisseling tot stand brengen). Er loopt momenteel een prenormatief onderzoek naar de doeltreffendheid van de verschillende ketelsteenwerende behandelingen.

De vorming van slib

Wanneer ijzer (staal) in contact komt met zuurstofhoudend water (en dus niet met 'dood' water) worden de volgende ijzeroxiden gevormd:

- magnetiet (Fe_3O_4) dat zich afzet onder de vorm van een zeer dunne zwarte laag. Deze afzetting beschikt over magnetische eigenschappen
- hematiet (Fe_2O_3). Dit type afzetting ontstaat wanneer er een grote hoeveelheid zuurstof aanwezig is en wordt gekenmerkt door een roodbruine kleur.

Gezien 1 g in water opgelost O_2 aanleiding kan geven tot de vorming van 3,62 g Fe_3O_4 is het duidelijk dat de herhaalde toevoer van zuurstof in een installatie na verloop van tijd aan de grondslag kan liggen van een aanzienlijke hoeveelheid afzettingen. Als we ervan uitgaan dat 1 liter leidingwater ongeveer 10 mg opgeloste zuurstof bevat, mogen we aannemen dat elke in de waterinstallatie geïnjecteerde liter (niet-behandeld) water aanleiding zal geven tot de afzetting van 36 mg magnetiet.



In water gesuspenderde hematiet- of roestsporen

Vermijden van slibvorming

Indien men de gevormde hoeveelheid slib wil verminderen, dient men de zuurstoftoevoer in het water van de installatie te beperken. Hiertoe kunnen onder meer de volgende maatregelen getroffen worden:

- beperken van de waterhoeveelheid die aan de installatie toegevoegd wordt (volgens de norm NBN EN 14868): de som van het beginvolume (V_i) en de latere toevoegingen moet beperkt blijven tot 3 V_i . Hiertoe dient men erop toe te zien dat de installatie lekvrij is en uitgerust is met een correct gedimensioneerd expansievat. Bij grotere installaties moeten de in het circuit geïnjecteerde waterhoeveelheden overigens op regelmatige basis opgetekend worden
- afzien van het gebruik van open expansievaten (in oude installaties)
- opteren voor leidingen met een hoge zuurstofdiffusiedichtheid (bv. kunststofleidingen met een zuurstofbarrière of metalen leidingen).

WTCB-agenda

WTCB-Wintercursus 2014 – Energetische renovatie van gebouwen

- dinsdag 11 en 18 maart 2014, van 18u45 tot 21u45, Confederatie Bouw West-Vlaanderen, Kortrijksestraat 389A, 8500 Kortrijk
- donderdag 27 maart en 3 april 2014, van 18u45 tot 21u45, Confederatie Bouw Waasland, Kleine Laan 29, 9100 Sint-Niklaas

WTCB-Wintercursus 2014 – Brandveiligheid van gebouwen

- donderdag 13 en 20 maart 2014, van 18u45 tot 21u45, Syntra AB, Campus Mechelen, Industriepark Noord G2, Oude Baan 2, 2800 Mechelen
- dinsdag 25 maart en 1 april 2014, van 18u45 tot 21u45, Syntra Limburg, Campus Genk, Kerkstraat 1, 3600 Genk
- woensdag 23 en 30 april 2014, van 18u45 tot 21u45, Syntra Midden Vlaanderen, Wijngaardveld 9, 9300 Aalst

Energetisch performante nieuwbouw en renovaties

Gebouwschil (Brussels Meeting Centre, Poincarélaan 79, 1060 Brussel)

- energetische renovatie, gebouwschil: 11 maart 2014, van 12u30 tot 16u00
- prestaties van vensters, ramen en beglazing: 3 april 2014, van 12u30 tot 16u00
- het platte dak in al zijn vormen: 8 mei 2014, van 9u30 tot 16u30
- isolatie van hellende daken: 19 juni 2014, van 12u30 tot 16u00

Installaties (Brussels Meeting Centre, Poincarélaan 79, 1060 Brussel)

- energetische renovatie, technische installatie: 20 maart 2014, van 12u30 tot 16u00
- dimensionering van verwarmingsinstallaties met warm water: 15 mei 2014, van 12u30 tot 16u00
- ontwikkelingen inzake verlichting: 12 juni 2014, van 12u30 tot 16u00

TV 249: leidraad voor de goede uitvoering van schilderwerken

- 24 april 2014, van 18u30 tot 21u30, KHBO Vives, Campus Brugge, Xaverianenstraat 10, 8200 Brugge
- 28 april 2014, van 18u30 tot 21u30, Holiday Inn Gent Expo, Maalterkouter 3, 9051 Sint-Denijs-Westrem
- 8 mei 2014, van 18u30 tot 21u30, Holiday Inn Hasselt, Kattegatstraat 1, 3500 Hasselt
- 15 mei 2014, van 18u30 tot 21u30, Bemt, Kleinhoefstraat 6, 2440 Geel
- 27 mei 2014, van 18u30 tot 21u30, Gosset Hotel, Gossetlaan 52, 1702 Groot-Bijgaarden

Recente evoluties in de sanitaire technologie

- 14 mei 2014, van 16u00 tot 20u30, Gosset Hotel, Gossetlaan 52, 1702 Groot-Bijgaarden
- 21 mei 2014, van 16u00 tot 20u30, Bemt, Kleinhoefstraat 6, 2440 Geel
- 3 juni 2014, van 16u00 tot 20u30, KHBO Vives, Campus Brugge, Xaverianenstraat 10, 8200 Brugge

Publicaties

De WTCB-publicaties zijn beschikbaar:

- op onze website:
 - gratis voor aannemers die lid zijn van het WTCB
 - via abonnementsformule voor andere bouwprofessionelen (registratie op www.wtcb.be)
- in gedrukte vorm en op usb-stick.

Voor bijkomende inlichtingen kan u ons telefonisch bereiken op het nummer 02/529.81.00 (van 8u30 tot 12u00). U kan ook steeds bij ons terecht per fax (02/529.81.10) of per mail (publ@bbri.be).

Opleidingen

- Voor meer informatie met betrekking tot de opleidingen kan u zowel per telefoon (02/655.77.11), per fax (02/655.79.74) als per e-mail (info@bbri.be) contact opnemen met J.-P. Ginsberg.
- Nuttige link: www.wtcb.be (rubriek 'Agenda').



Publicatie van het Wetenschappelijk en Technisch Centrum voor het Bouwbedrijf, inrichting erkend bij toepassing van de besluitwet van 30 januari 1947

Verantwoordelijke uitgever: Jan Venstermans, WTCB, Lombardstraat 42, B-1000 Brussel

Dit is een tijdschrift van algemeen informatieve 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 teksten van dit tijdschrift is slechts toegelaten mits schriftelijk akkoord van de verantwoordelijke uitgever.

www.wtcb.be

Onderzoekt • Ontwikkelt • Informeert

Het WTCB vormt al meer dan vijftig jaar hét wetenschappelijke en technische middelpunt van de bouwsector. Het Centrum wordt hoofdzakelijk gefinancierd met het lidgeld van 85.000 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 Comités 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 de weg van de informatica. Onze website is zo opgesteld dat elke bouwprofessioneel met slechts enkele muisklikken de gewenste WTCB-publicatiereeksen 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 650 informatiesessies en themadagen voor bouwprofessionelen. Ook de aanvragen voor onze afdeling Technisch advies blijven binnenstromen, met meer dan 26.000 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

DEMONSTRATIE- EN INFORMATIECENTRUM

Marktplein 7 bus 1, B-3550 Heusden-Zolder
tel. 011/22 50 65
fax 02/725 32 12

- ICT-kenniscentrum voor bouwprofessionelen (ViBo)
- Digitaal documentatie- en informatiecentrum voor de bouw- en betonsector (Betonica)

BRUSSELS MEETING CENTRE

Poincarélaan 79, B-1060 Brussel
tel. 02/529 81 00
fax 02/529 81 10