

Contact

S. Van Linden
N. Van Den Bossche

E-mail

stephanie.vanlinden@ugent.be
nathan.vandenbossche@ugent.be

Date

08-03-2019

T +32 9 264 39 75
F +32 9 264 41 85

Lucht- en waterdichtheid van raamaansluitingen

1. Inleiding

In het kader van het Tetra-project KMO Reno – een onderzoeksproject dat focust op de kwalitatieve renovatie van KMO-gebouwen – werden testen uitgevoerd op de lucht- en waterdichtheid van raamaansluitingen. Lucht- en waterdichtheid van de gevel vormen cruciale factoren bij het energieverbruik en de duurzaamheid van een gebouw. Aangezien literatuur aantoont dat de meeste gebreken in een gevel voorkomen ter hoogte van raamaansluitingen, is het van belang om voldoende aandacht te schenken aan het correct uitvoeren van de lucht- en waterdichting van deze aansluitingen.

De lucht- en waterdichtheid van zelfklevende folies, geprefabriceerde EPDM kaders, zwelbanden en vloeibare afdichtingen, toegepast om de voegen tussen een raam en de muuropbouw aan de buitenzijde af te dichten, werden getest. Er werd steeds getracht om de aansluitingen zo lucht- en waterdicht mogelijk uit te voeren. Hierbij werden eveneens de uitvoeringsgevoeligheden van de materialen geëvalueerd.

2. Testopstellingen

De lucht- en waterdichtheid van zelfklevende folies, geprefabriceerde EPDM frames, zwelbanden en vloeibare afdichtingen, toegepast om raamaansluitingen aan de buitenzijde af te dichten, werden geëvalueerd aan de hand van zes testopstellingen. Figuur 3 toont horizontale en verticale detail snedes van de verschillende testopstellingen en een vooraanzicht van de raamaansluitingen.

Elke opstelling werd opgebouwd in een stalen frame met binnen-afmetingen 2390 x 1070 mm (Figuur 1). Deze stalen frames werden bevestigd aan een testkamer waarbij ze blootgesteld werden aan een gesimuleerde wind- en regenbelasting (Figuur 2). Vier verschillende muurconstructies werden toegepast: beton (1), metselwerk (2, 3, 6), structural insulated panel (4) en houtskelet (5). Voor opstelling 5 en 6 werd eveneens een gevelafwerking voorzien, respectievelijk ETICS en steenstrips verkleefd op cellenglas. De ramen hadden een breedte van 506 mm en een hoogte van 1010 mm en werden bevestigd aan de hand van L-profielen (1), raamankers (2, 3, 4, 6) of een geprefabriceerd kader (5).

De voeg tussen het raam en de wand werd telkens op een zo goed mogelijke manier afgedicht. Hierbij werd zowel het best uitgevoerde detail getest als enkele varianten hierop zodoende de impact van uitvoeringsfouten op de lucht- en waterdichtheid van de raamaansluitingen te evalueren.

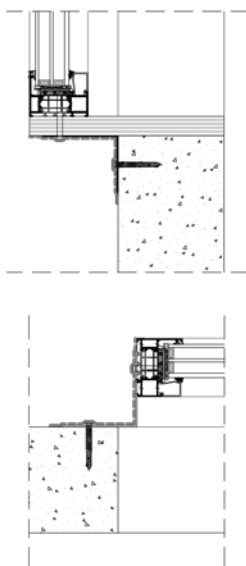
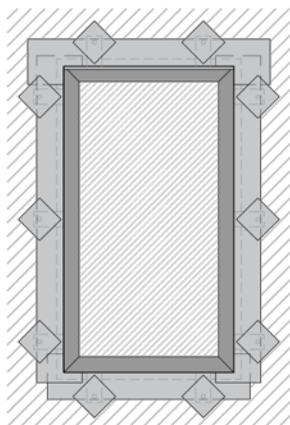


Figuur 1: Testopstelling 4 in stalen kader

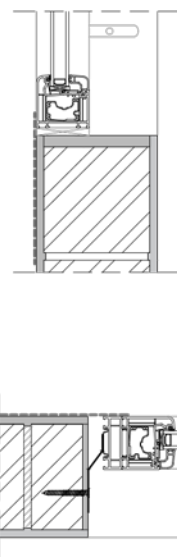
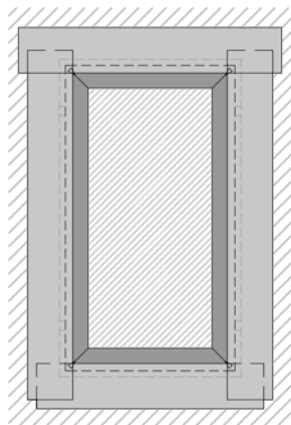


Figuur 2: Testopstelling 6 tegen testkamer

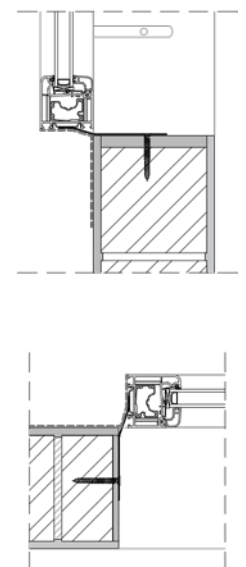
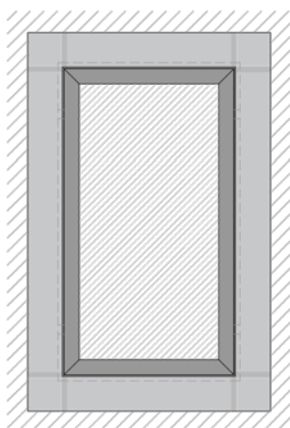
1) Butyl tape



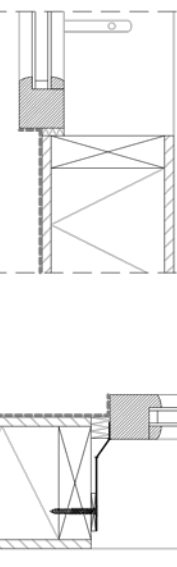
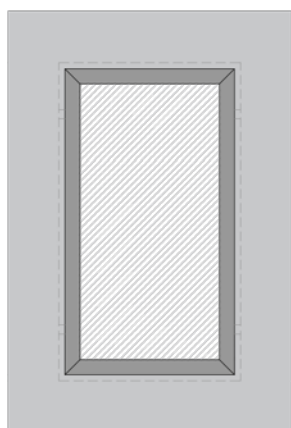
2) Zelfklevende folies



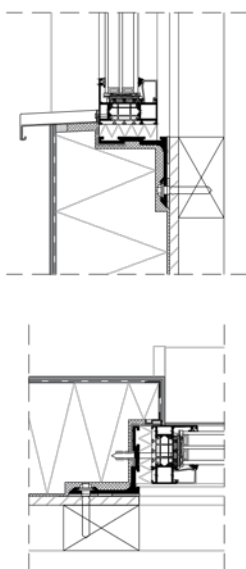
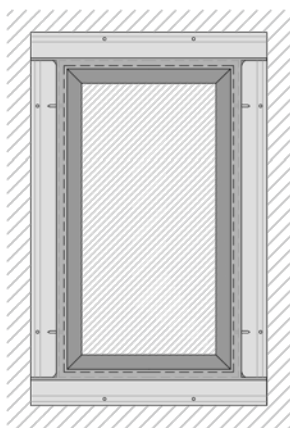
3) EPDM frame



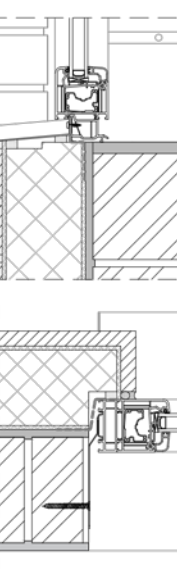
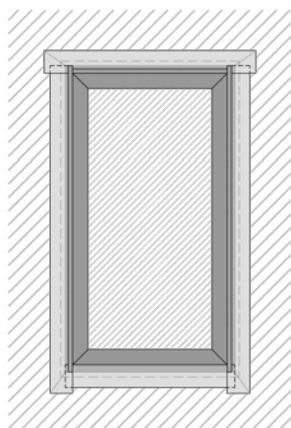
4) Vloeibaar aangebrachte coating



5) Zwelband + coating / tape



6) Zwelband + EPDM



Figuur 3: Horizontale en verticale detail snedes van testopstellingen en vooraanzicht van raamaansluitingen

3. Testprocedure

3.1 Luchtdichtheid

De luchtdichtheid van de materialen werd getest aan de hand van een gekalibreerde testbank in het Testcentrum voor Gevelementen van de Universiteit Gent volgens de richtlijnen van NBN EN 12114:2000 *Thermische eigenschappen van gebouwen – Luchtdoorlatendheid van gebouwen en bouwelementen – Laboratoriumbeproevingmethode*.

De proeven zijn uitgevoerd binnen de beperkingen die opgelegd zijn door NBN EN 12114:2000:

- Temperatuur in het interval [15°C; 30°C]
- Relatieve vochtigheid in het interval [25%; 75%]

De testbank beschikt over een frequentie gestuurde ventilator die lucht blaast in de opstelling. Tussen de ventilator en de opstelling kunnen diafragma's ingeschoven worden. Het geleverde luchtdebiet wordt d.m.v. een formule afgeleid uit het drukverschil dat aanwezig is over het geplaatste diafragma:

$$V = C \cdot \Delta P^n$$

met: V = luchtdebiet [m^3/h]

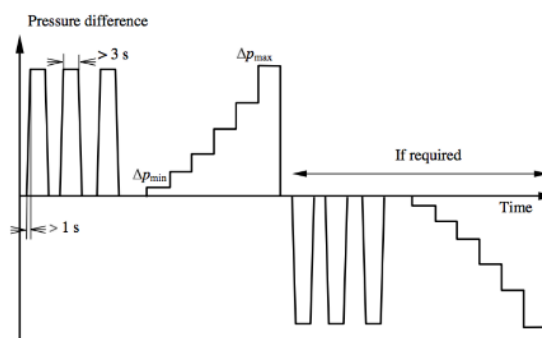
C = stromingscoëfficiënt [$\text{m}^3/(\text{h} \cdot \text{Pa}^n)$]

ΔP = drukverschil [Pa]

n = stromingscoëfficiënt [-]

De stromingsexponent van de cirkelvormige diafragma's is steeds gelijk aan 0,5. De stromingscoëfficiënt is afhankelijk van het geplaatste diafragma.

Volgens NBN EN 12114:2000 dient het testelement onderworpen te worden aan minimaal zes drukverschilstappen en dit bij overdruk en indien nodig ook bij onderdruk. Bij elke drukverhoging dient het luchtlekdebiet gemeten te worden. Er werd gekozen om acht drukverschilstappen toe te passen tussen 0 en 600 Pa. De metingen werden telkens eerst bij overdruk uitgevoerd en daaropvolgend bij onderdruk. Voorafgaande aan de test, werd het element steeds onderworpen aan drie drukpulsen van 600 Pa.



Figuur 4: Verloop luchtdichtheidstest

De gemeten resultaten werden eerst omgerekend naar een debiet bij normomstandigheden (20°C, 50% RV, 101325 Pa) op basis van de gemeten temperatuur en luchtvochtigheid. Vervolgens werd door de gemeten punten een exponentiële curve gefit die beantwoordt aan $V = C \cdot \Delta P^n$. Hiervan werden vervolgens de stromingscoëfficiënt en stromingsexponent berekend, waarna de luchtdebieten bij de volgende drukverschillen 50-100-150-200-250-300-450-600 Pa bepaald werden.

Om het onzekerheidsinterval van het resultaat te bepalen werd er met volgende aspecten rekening gehouden:

- Fout bij omrekening naar normomstandigheden door fout op meetinstrumenten. Monte-Carlo analyse van 1000 simulaties toont echter aan dat de maximale fout beperkt is tot 0,14% en dus verwaarloosbaar.
- Fout door linearisatie en best fit naar power law $V=C.\Delta p^n$ aan de hand van een inverse t-distributie. Dit geeft een zicht op de onzekerheid van de stromingscoëfficiënt C en stromingsexponent n.
- Foutenpropagatie in power law:

$$\sigma_V^2 = \sigma_C * \sigma_n \left[(\Delta P^n * \frac{\sigma_C}{\sigma_n} + (C * \Delta P^n * \ln(\Delta P))^2 * \frac{\sigma_n}{\sigma_C} + 2 * C * \Delta P^{2n} * \ln(\Delta P) * r \right]$$

Met r: pearson correlation coefficient. Op basis van een 30-tal metingen werd hiervoor als conservatieve aanname -0,5 genomen. C en n zijn immers negatief gecorreleerd.

- Op basis van een t-distributie op 40 metingen werd vastgesteld dat het 95%betrouwbaarheidsinterval van de debietsmeting resulteert in een fout van 3,965%.
- Het netto debiet wordt bekomen door het referentiedebiet af te trekken van het bruto-debiet. Door de uitgebreide foutenanalyse is er geen systematische fout in de opstelling mogelijk, en kunnen de fouten kwadratisch opgeteld worden.

De totale fout op de berekenende waardes bij 50 – 100 – 150 - ... - 600 Pa is dus samengesteld uit een relatieve fout van 3,965% per meetpunt en de gepropageerde fout door een curve te fitten door 8 meetpunten.

Het gemeten luchtdebiet Q_{tot} is samengesteld uit het debiet door de raamaansluiting en het lekdebiet door de aansluitingen van de opstelling zelf en de testwand.

$$Q_{tot} = Q_{raamaansluiting} + Q_{opstelling}$$

Dit laatstgenoemde debiet werd bepaald aan de hand van een referentiemeting waarbij de raamopening wordt bedekt met een luchtdichte plaat. Deze referentiemeting werd zowel in overdruk als onderdruk uitgevoerd en werd afgetrokken van het gemeten luchtdebiet tijdens de luchtdichtheidstest Q_{tot} wat resulteerde in het nettodebiet van de raamaansluiting.

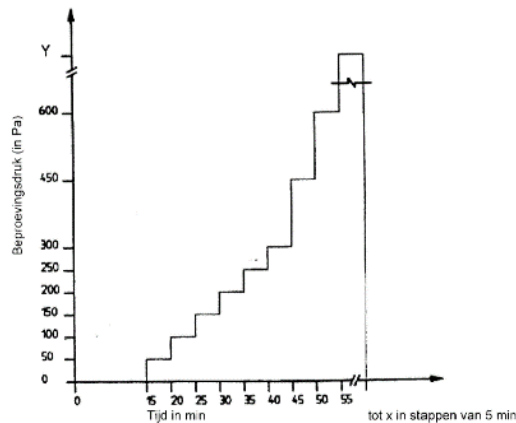
3.2 Waterdichtheid

Aangezien er geen specifieke testmethode bestaat voor de beproeving van de waterdichtheid van raamaansluitingen werd de norm voor ramen en deuren toegepast, NBN EN 1027:2016 *Ramen en deuren – Waterdichtheid – Beproevingsmethode*. Op een afstand van 250 ± 10 mm ten opzichte van het testelement en op een hoogte van 150 mm ten opzichte van de aansluiting werd een sproeibuis geïnstalleerd met drie driving rain sproeikoppen die beantwoorden aan de vereisten van NBN EN 1027. Er werd een continu waterdebiet van $2,0 \text{ l/min/m}^2$ toegepast op de opstelling. De eerste 15 minuten van de test werd water gespreid zonder een drukverschil op te leggen. Vervolgens werd het drukverschil elke 5 minuten stapsgewijs verhoogd met 50 Pa tot een drukverschil van 300 Pa en vervolgens werd de druk verhoogd met stappen van 150 Pa.

De metingen werden telkens uitgevoerd binnen de beperkingen die opgelegd zijn door NBN EN 1027:

- Temperatuur van het gebruikte water [$+4^\circ\text{C}$; $+30^\circ\text{C}$]
- Omgevingstemperatuur [$+10^\circ\text{C}$; $+30^\circ\text{C}$]
- Relatieve vochtigheid [25%; 75%]

Er werd tijdens de test visueel gecontroleerd of er waterinfiltratie zichtbaar was aan de binnenzijde van de opstelling.



Figuur 5: Verloop waterdichtheidstest

4. Classificatie

Binnen de Belgische context bestaan er geen specifieke richtlijnen voor de luchtdichtheid van raamaansluitingen. Om de gemeten waarde toch te kaderen, kan er gekeken worden naar de Nederlandse norm NEN 2687 *Luchtdoorlatendheid van woningen – Eisen*. Deze specificeert drie luchtdichtheidsklassen: klasse 1 (basis), klasse 2 (goed), klasse 3 (zeer goed, passiefhuis). SBR¹, de Stichting BouwResearch, heeft richtlijnen gepubliceerd voor maximale luchtlekkages voor verschillende gebouwcomponenten en interfaces zodat er voldaan wordt aan een totaal maximaal lekdebiet van het gebouw volgens deze klassen. Het maximale lekdebiet voor raamaansluitingen bedraagt voor klasse 1, 2 en 3 respectievelijk 0,05; 0,025; 0,005 dm³/(s.m.ΔPⁿ). Omgezet naar een lekdebiet bij 50 Pa met n = 0,66 resulteert dit voor elke klasse in 2,38; 1,19; 0,24 m³/h.m.

Ift Rosenheim² (Institut für Fenster und Fassaden, Türen und Tore, Glas und Baustoffe), een Duits testinstituut voor de evaluatie van constructiematerialen, heeft eveneens richtlijnen gepubliceerd voor het uitvoeren van testen op raamaansluitingen en een eis om te voldoen aan de luchtdichtheid voor lage-energiewoningen. Deze eis stelt dat het luchtdebiet kleiner dient te zijn dan een waarde $a < 0,1 \text{ m}^3/(\text{m.h.}(\text{daPa})^{2/3})$. Dit komt overeen met een luchtdebiet van 0,29 m³/h.m bij een drukverschil van 50 Pa.

Van Den Bossche³ berekende dat indien het luchtlekdebiet door raamaansluitingen van een woning gelimiteerd wordt tot 10% van het totale luchtlekdebiet, het lekdebiet van de raamaansluiting voor een gemiddelde Belgische vrijstaande woning gelimiteerd dient te worden tot 3,3 m³/h.m bij 50 Pa. Voor passiefwoningen wordt deze maximale waarde verlaagd tot 0,33 m³/h.m bij 50 Pa.

Ook op vlak van waterdichtheid bestaat er geen specifieke richtlijn voor raamaansluitingen binnen de Belgische context. Aangezien de testmethode voor ramen toegepast wordt, kan ook de classificatie voor vensters, prNBN B 25-002-01:2018, toegepast worden. Deze norm relateert de classificatie die beschreven wordt in EN 12208 *Ramen en deuren – Waterdichtheid – Classificatie* aan blootstellingsklassen die in België voorkomen. Een raam dat voldoet aan klasse 9A vertoont volgens EN 12208 geen lekkage bij een drukverschil van 600 Pa en mag toegepast worden in een project tot een blootstellingsklasse W5 volgens prNBN B 25-002-01:2018. Deze blootstellingsklasse stemt overeen met bv. een project in kustgebied tot een referentiehoogte van 42 m en een basiswindsnelheid van 26 m/s. In België wordt een waterdichtheidsklasse 9A of geen waterlekage bij een drukverschil van 600 Pa courant toegepast als te behalen eis.

¹ SBRCURnet, Luchtdicht bouwen: Theorie – ontwerp – praktijk. (2007)

² ift Rosenheim, ift-Richtlinie MO-01/1 Wall connection of windows Part 1 Method to determine the fitness for use of weatherproofing systems (2007)

³ Van Den Bossche N. et al., Airtightness of the window-wall interface in cavity brick walls, 2011, Energy and Buildings 45

5. Resultaten en discussie

Voor elke opstelling werd er telkens gestreefd naar een zo lucht- en waterdicht mogelijke raamaansluiting zodoende een “best practice” opstelling te bekomen. Bijkomend aan deze “best practice” opstellingen werd de impact van enkele uitvoeringsfouten of variaties van de opstellingen op de prestatie van de raamaansluitingen geëvalueerd.

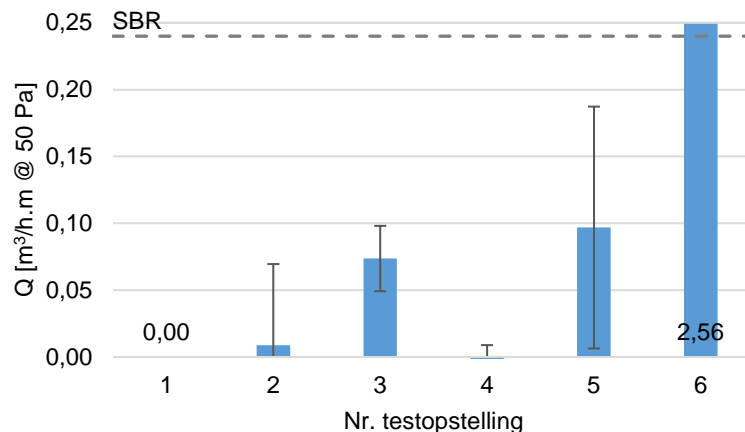
Tabel 1: Geteste raamaansluitingen

1. a) Best practice - butyl tape b) Zonder diagonale patches c) Tape op bovenzijde raam i.p.v. voorzijde	2. a) Best practice - zelfklevende folies b) Zonder driehoekige patches c) Grotere lengte onderste tape d) Onvoldoende aandrukken folies
3. c) Best practice - EPDM frame b) Verkeerde uitlijning frame c) Grootte frame > raam	4. a) Best practice - coating b) Eén laag coating
5. a) Best practice - zwelband + tape/coating b) Zonder gevelbekleding en zwelband - tape c) Zonder gevelbekleding en zwelband - coating	6. a) Beste practice - zwelband en EPDM b) Aansluiting twee zwelbanden c) Zwelband rond raam

5.1 Luchtdichtheid

Voorafgaande aan de waterdichtheidstesten, werd de luchtdichtheid van de raamaansluitingen getest. Hierbij dient opgemerkt te worden dat geen bijkomende luchtdichting geplaatst werd achter de geteste afdichtingen. Het volledig opgelegde drukverschil vindt dus plaats over de waterdichting. In werkelijkheid zal er meestal wel nog een bijkomende luchtdichting geplaatst worden die een deel van het drukverschil zal opvangen. Indien bijvoorbeeld een luchtdichting geplaatst wordt die even luchtdicht is als de waterdichting zal de helft van het optredende drukverschil opgevangen worden door de luchtdichting.

Figuur 5 toont de luchtlekdebieten van de verschillende opstellingen bij een drukverschil van 50 Pa. De stippenlijn duidt de eis voor een zeer goede luchtdichtheid volgens SBR aan, 0,24 m³/h.m.



Figuur 6: Resultaten luchtdichtheidstest

Opstellingen 1 tot en met 5 voldoen aan de eis die vooropgesteld wordt door SBR als zeer goede luchtdichtheid. Enkel opstelling 6 voldoet niet aan deze eis en vertoont een significant groter luchtlekdebiet. De luchtdichtheid van de geteste variaties was niet significant verschillend van de luchtdichtheid van de “best practice” raamaansluitingen.

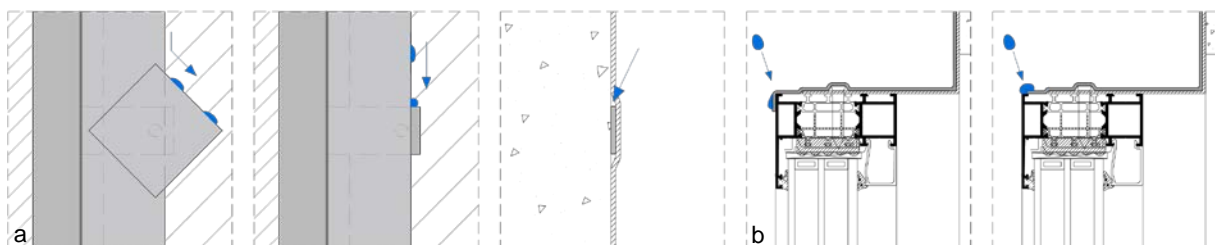
5.2 Waterdichtheid

Voor elke opstelling werd er gestreefd naar een waterdichte – geen lekkage zichtbaar bij 600 Pa – raamaansluiting. Dit bleek echter niet vanzelfsprekend aangezien voor elke methode om de raamaansluiting af te dichten meerdere variaties van de testopstelling getest moesten worden alvorens er geen lekken meer werden waargenomen aan de achterzijde van de opstelling bij een drukverschil van 600 Pa. Hierbij dient opgemerkt te worden dat de opstellingen als een worst-case scenario getest werden zonder bijkomende luchtdichting achter de geplaatste afdichting en zonder gevelbekleding voor opstellingen 1 tot en met 4. Tabel 2 toont hoeveel opstellingen getest moesten worden voor elke afdichtingsmethode alvorens deze waterdicht waren tot een drukverschil van 600 Pa. Tabel 2 toont eveneens het drukverschil waarbij lekkage werd waargenomen voor de meest significante variaties van de testopstellingen.

Tabel 2: Resultaten waterdichtheidstest

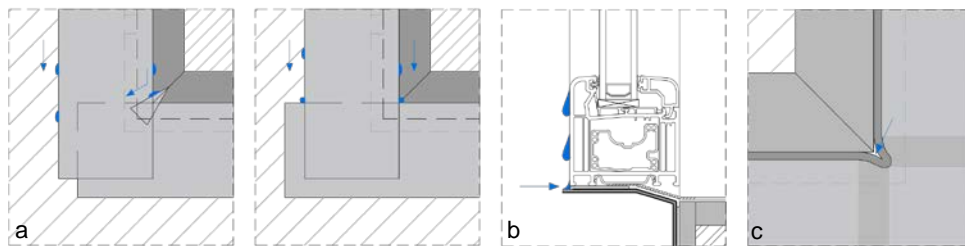
Testopstelling	Pass/fail	Testopstelling	Pass/fail
1. a) Best practice - butyl tape	Pass (7)	2. a) Best practice - zelfklevende folies	Pass (8)
b) Zonder diagonale patches	0 Pa	b) Zonder driehoekige patches	200 Pa
c) Tape op bovenzijde raam	0 Pa	c) Grotere lengte onderste tape	150 Pa
3. a) Best practice - EPDM frame	Pass (6)	d) Onvoldoende aandrukken folies	100 Pa
b) Verkeerde uitlijning frame	250 Pa	4. a) Best practice - coating	Pass (2)
c) Grootte frame > raam	250 Pa	b) Eén laag coating	150 Pa
5. a) Best practice - zwelband + tape/coating	Pass (2)	6. a) Zwelband en EPDM	450 Pa
b) Zonder gevelbekleding en zwelband - tape	0 Pa	b) Aansluiting twee zwelbanden	300 Pa
c) Zonder gevelbekleding en zwelband - coating	Pass	c) Hoeken zwelband rond raam	200 Pa

Opstelling 1 – De raamaansluiting afgedicht met butyl tape vertoonde reeds waterlekkages bij 0 Pa indien geen vierkante patches diagonaal verkleefd werden over de L-profielen waarmee het raam bevestigd werd aan de wand (1b). Aangezien de butyl tape deze profielen niet volledig bedekte, konden waterdruppels naar binnen dringen ter hoogte van de overgang tussen de wand en de ankers. Op dit punt was er een verminderde verkleving zichtbaar van de tape op de ondergrond omwille van het kleine hoogteverschil dat overbrugd moest worden. Aangezien de bijkomende patches diagonaal verkleefd werden, vormden deze geen onderbreking voor de aflopende waterdruppels. Indien deze patches recht verkleefd zouden worden, zouden druppels kunnen stagneren op de horizontale rand en een bijkomende druk creëren op het hechtingsvlak tussen de tape en de ondergrond. Ook het omplooiën van de butyl tape bovenop het raam bevorderde het aflopen van het water (1c). Er werd namelijk reeds waterlekkage waargenomen zonder opgelegd drukverschil indien de tape enkel bovenop het raam werd verkleefd.



Figuur 7: Variaties testopstelling 1 - butyl tape: a) impact diagonale patches, b) impact omplooiën tape bovenaan

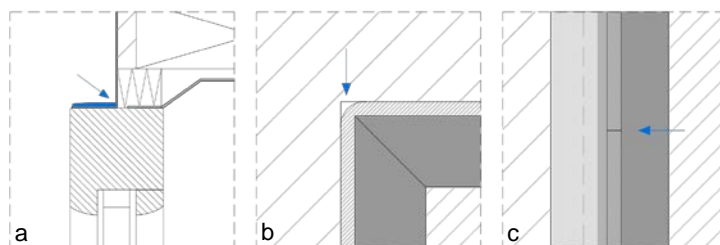
Opstelling 2 – Het aanbrengen van bijkomende patches had ook een positieve impact op de waterdichtheid van de raamaansluiting afgedicht met zelfklevende folies. Indien geen bijkomende driehoekige patches werden gekleefd op de overlap tussen de verticale en horizontale folies, werden reeds waterlekken waargenomen bij een drukverschil van 200 Pa (2b). Net zoals bij de butyl tape was er ter hoogte van deze overlappen een verminderde verkleving van de folies. Logischerwijze heeft ook het verlengen van de onderste folie een negatieve impact op de waterdichtheid aangezien bijkomende overlappen gevormd worden indien de lengte van de folie groter is dan de breedte tussen de twee verticale folies (2c). Het afvloeiende water zal afgeremd worden door de horizontale folie en zal ten gevolge van het opgelegde drukverschil door de opening ter hoogte van de overlap naar binnen geduwd worden. Deze openingen kunnen deels verkleind worden door de folies voldoende aan te drukken. Aangezien de geteste folies drukgevoelig zijn, zal de gewenste kleefkracht slechts bereikt worden na voldoende aandrukken met een aandrukrol. Bij het onvoldoende aandrukken van de folies werden reeds waterlekkages waargenomen bij een drukverschil van 100 Pa (2d).



Figuur 8: Variaties testopstelling 2 - zelfklevende folies en testopstelling 3 - EPDM frame: a) impact driehoekige patches en lengte onderste folie, b) impact uitlijning frame, c) impact grootte van frame t.o.v. omtrek raam

Opstelling 3 – De nauwkeurigheid waarmee het EPDM-frame uitgelijnd werd ten opzichte van het vlak van het raam was een bepalende factor voor de waterdichtheid van de raamaansluiting (3b). De onderzijde van het frame diende meer naar binnen geplaatst te worden ten opzichte van het vlak van het raam zodoende stagnerend water op het frame te vermijden. Aan de bovenzijde diende het frame echter meer naar de buitenkant geplaatst te worden. Ook wanneer een te groot frame toegepast werd, werden er reeds waterlekken waargenomen bij een drukverschil van 250 Pa (3c). Ter hoogte van een van de hoeken kon het frame onvoldoende verkleefd worden op het raam waardoor nog een opening zichtbaar was en water kon binnendringen.

Opstelling 4 – De raamaansluiting van opstelling 4 werd afgedicht aan de hand van een coating. Deze coating werd vloeibaar aangebracht op afgesneden PUR-schuim en droogde uit tot een flexibel membraan. Indien slechts 1 laag van de coating werd aangebracht, waren er nog kleine openingen zichtbaar waardoor water lekte bij een drukverschil van 150 Pa. Enerzijds dient er voldoende aandacht geschonken te worden aan het dichten van elke kleine opening, anderzijds dient het PUR-schuim waarop de coating wordt aangebracht voldoende uitgehard te zijn alvorens de coating erover kan geplaatst worden. Er ontsnapt namelijk gas uit het PUR-schuim tijdens het uitharden waardoor kleine openingen kunnen gevormd worden in de coating vooraleer deze volledig uitgedroogd is.



Figuur 9: Variaties testopstelling 4 - coating en testopstelling 6 – zwelbanden: a) risico waterindringing horizontaal vlak, b) onvoldoende uitzwellen zwelband hoek, c) stompe voeg tussen twee zwelbanden

Opstelling 5 – De voeg tussen het raam en het geprefabriceerde kader waarmee het raam tegen de wand werd bevestigd, werd langs de ene zijde van de opstelling afgedicht met een tape en langs de

andere zijde met een coating aangebracht op PUR-schuim. De opstelling werd zowel getest met een gevelbekleding (ETICS) en zwelband als bijkomende waterdichting als zonder gevelbekleding. Zonder gevelbekleding werd er direct water gesproeid op de afdichting en het geprefabriceerde kader. Er vormde zich een waterkolom op de horizontale delen van het kader boven- en onderaan die een druk creëerde op de afdichtingen. De kleefkracht van de tape was onvoldoende om deze waterdruk op te vangen waardoor water reeds naar binnen lekte zonder een bijkomend opgelegd drukverschil (5b). Aan de zijde van de raamaansluiting die afgedicht werd met de coating, werden echter geen waterlekken waargenomen (5c). Met de gevelbekleding en de zwelband als bijkomende waterdichting werden geen waterlekken waargenomen tot en met een drukverschil van 600 Pa zowel aan de zijde van de tape als de zijde van de coating. Na de test voelde de ruimte tussen de zwelband en de tape en de coating volledig droog aan, wat impliceert dat er geen water lekte door de zwelband tijdens de test.

Opstelling 6 – Zwelbanden werden eveneens als primaire waterdichting toegepast in opstelling 6. Hierbij werd er opgemerkt dat water lekte ter hoogte van de aansluiting van twee verticale zwelbanden (6b). Het risico op waterlekage kan verlaagd worden door de zwelbanden steeds uit één stuk te plaatsen. Indien niet anders mogelijk dienen de zwelbanden een grotere lengte te hebben dan de lengte die ze moeten afdichten zodat de zwelbanden voldoende tegen elkaar kunnen gecompriëerd worden. Indien de zwelbanden rond het raam geplaatst worden in plaats van tegen de voorzijde van het raam, dient er eveneens voldoende lengte van de zwelband voorzien te worden ter hoogte van de hoeken zodat bij het uitzwellen de hoek volledig gevuld wordt (6c).

6. Conclusie

De lucht- en waterdichtheid van zelfklevende folies, geprefabriceerde EPDM frames, zwelbanden en vloeibare afdichtingen, toegepast om raamaansluitingen aan de buitenzijde af te dichten, werd geëvalueerd aan de hand van zes testopstellingen. De raamaansluitingen werden steeds zo lucht- en waterdicht mogelijk uitgevoerd.

Het luchtlekdebiet van vijf van de zes testopstellingen was kleiner dan de vooropgestelde eis van 0,24 m³/h.m voor een zeer goede luchtdichtheid volgens SBR. Er dient hierbij opgemerkt te worden dat er geen bijkomende luchtdichting geplaatst werd achter de geteste afdichtingen. Bijgevolg werd het volledig opgelegde drukverschil opgevangen door de afdichtingsmaterialen.

Het bekomen van waterdichte raamaansluitingen met de geteste materialen bleek echter niet zo evident te zijn. Voor iedere testopstelling moesten er meerdere varianten getest worden alvorens geen waterlekkages meer werden waargenomen bij een drukverschil van 600 Pa. Voor de zelfklevende folies dienden bv. 8 testen uitgevoerd te worden. Andere varianten dan de “best practice” opstellingen faalden bij relatief lage drukverschillen (0 – 250 Pa). De uitvoeringsvariaties die de grootste impact hadden op de waterdichtheid van de aansluitingen zijn de volgende:

- Uitlijning van tapes, folies en EPDM ten opzichte van het buitenvlak van het raam: waterlekkages werden waargenomen indien de bovenste strook van de afdichtingsmaterialen teruggetrokken werd geplaatst ten opzichte van het buitenvlak van het raam. Stagnerend water op de bovenzijde van het raam infiltreerde ter hoogte van de verkleving van de materialen op het raamkader (Figuur 7 b). Aan de onderzijde van het raam werden waterlekken vastgesteld indien de materialen vooruitspringend ten opzichte van het buitenvlak van het raam werden geplaatst (Figuur 8 b). Aflopend water werd opgevangen door het vooruitspringend deel van de afdichting en ten gevolge van de waterdruk en het opgelegde drukverschil infiltreerde het naar binnen toe;
- Overlapping van materialen: water kon binnendringen door kleine openingen ter hoogte van overlappingen tussen twee folies (Figuur 8 a) of tussen de afdichtingsmaterialen en ankers (Figuur 7 a). Ter hoogte van deze overlappingen diende een klein hoogteverschil overbrugd te worden door de afdichtingsmaterialen wat resulteerde in een verminderde verkleving van de materialen op het raamkader. Diagonaal aangebrachte patches bevorderden de afvloeiing van het water en verminderde zodoende het risico op infiltratie;
- Aandrukken van folies: waterlekken waren reeds zichtbaar bij een drukverschil van 100 Pa aan de achterzijde van de opstelling met onvoldoende aangedrukte folies. De kleefkracht van drukgevoelige folies wordt pas bereikt na voldoende aandrukken met een aandrukrol;
- Openingen in coating na uitdroging: water lekte door kleine openingen die nog aanwezig waren in de coating na het aanbrengen van één laag. Deze kleine openingen waren enerzijds gevormd doordat het achterliggende PUR-schuim nog niet volledig uitgehard was voor het aanbrengen van de coating. Hierdoor ontsnapten er nog kleine gasbelletjes uit het schuim tijdens het uitdrogen van de coating. Anderzijds resulteerde slechts één laag coating in een onvoldoende dekking van het PUR-schuim. Voornamelijk de aansluiting tussen het raam en het PUR-schuim vormde een cruciaal punt aangezien hier tijdens de test een waterkolom gevormd werd die een bijkomende waterdruk creëerde (Figuur 9 a);
- Compressiegraad zwelbanden: waterlekage werd vastgesteld ter hoogte van de stompe aansluiting tussen twee zwelbanden (Figuur 9 c). Beide zwelbanden dienen met een voldoende hoge compressie tegen elkaar geplaatst te worden zodat water niet in de voeg tussen beide kan indringen bij een opgelegd drukverschil. Ook ter hoogte van de hoeken van de raamaansluiting werden waterlekken waargenomen (Figuur 9 b). Onvoldoende lengte van de zwelband werd voorzien rond de hoek waardoor een opening zichtbaar bleef na het uitzwellen van de zwelband.

Op basis van de uitgevoerde testen kan er gesteld worden dat het zeker niet evident is om een raamaansluiting waterdicht af te dichten aan de hand van een ééntrapsdichting. Het plaatsen van een bijkomende luchtdichting aan de binnenzijde van de raamaansluiting kan resulteren in een vermindering

van het optredende drukverschil over de waterdichting en een verbeterde waterdichtheid. Indien bijvoorbeeld een luchtdichting geplaatst wordt die even luchtdicht is als de waterdichting, zal deze de helft van het opgelegde drukverschil opvangen, m.a.w. indien een drukverschil van 600 Pa wordt opgelegd zal het drukverschil over de waterdichting nog slechts 300 Pa zijn. Aangezien de meeste van de geteste variaties reeds waterlekkages vertoonden bij een drukverschil lager dan 300 Pa, zullen deze opstellingen nog steeds niet slagen voor de test. Waterlekkages werden zelfs reeds waargenomen zonder opgelegd drukverschil bij de raamaansluitingen afgedicht met tapes en folies. Hierbij dient ervoor gezorgd te worden dat de directe slagregenbelasting op deze materialen verminderd wordt. Dit kan bekomen worden door een bijkomende gedraineerde waterdichting te voorzien aan de buitenzijde van de tapes en ervoor te zorgen dat het drainagevlak niet samenvalt met het vlak van de tapes. Ook bij het gebruik van zwelbanden wordt er aanbevolen om een tweetrapsdichting toe te passen met drainagemogelijkheden tussen beide dichtingen. De compatibiliteit van de zwelbanden op de toegepaste ondergrond dient steeds nagegaan te worden, evenals de maximale voegbreedte om een voldoende hoge compressiegraad te bekomen en bijzondere aandacht dient besteed te worden aan de correcte plaatsing van de zwelbanden. Op basis van de uitgevoerde testen, kan er gesteld worden dat de raamaansluitingen het meest eenvoudig waterdicht afgedicht kunnen worden aan de hand van vloeibaar aangebrachte coatings indien deze aangebracht kunnen worden op een compatibele ondergrond. De coatings dienen steeds in twee lagen aangebracht te worden en een visuele controle is vereist om nog aanwezige openingen in de coating na uitdrogen te dichten.

Hoewel de raamaansluitingen getest werden als een worst-case scenario, bewijzen de metingen dat het niet evident is om een ééntrapsdichting te realiseren met de geteste afdichtingsmaterialen en dat er voldoende aandacht moet geschonken worden aan een correcte uitvoering van raamaansluitingen. Een directe slagregenbelasting op de geteste afdichtingsmaterialen dient vermeden of verminderd te worden door toepassing van een gedraineerde tweetrapsdichting en het drukverschil over de dichtingen dient verlaagd te worden door het plaatsen van een bijkomende luchtdichting aan de binnenzijde van de raamaansluiting. Het is steeds aangewezen om de slagregendichtheid van een mockup van de uit te voeren raamaansluiting te testen zodat de uitvoeringsgevoeligheden en de prestatie van de aansluiting reeds bepaald kunnen worden.