

Experimenteel onderzoek naar zelfhechtende membranen

Mathieu De Cock

Promotor: prof. Jan Moens
Begeleider: Nathan Van Den Bossche

Masterproef ingediend tot het behalen van de academische graad van
Master in de ingenieurswetenschappen: architectuur

Vakgroep Architectuur en stedenbouw
Voorzitter: prof. dr. Bart Verschaffel
Faculteit Ingenieurswetenschappen
Academiejaar 2008-2009



Voorwoord

Ik wil dit voorwoord graag gebruiken om iedereen te bedanken die heeft bijgedragen tot het verwezenlijken van deze scriptie: prof. Jan Moens en Nathan Van Den Bossche voor de uitstekende ondersteuning en begeleiding; Redgy Huwel en Antoine Depoortere van het Testcentrum voor Gevelementen voor hun advies en technische ondersteuning; Ben Merchie en Arne Verduyn voor hun hulp bij het uitvoeren van de proeven; Daphne De Clerck voor het nalezen van deze scriptie; mijn medestudenten Arne, Benjamin, Joke, Jolien en Sam voor de solidariteit in de laatste rechte lijn naar de finish; de fabrikanten die meewerkten aan dit onderzoek voor het ter beschikking stellen van hun producten; mijn grootvader voor het helpen bij de proeven en het nalezen van dit werk en mijn ouders voor hun steun en hulp op elk moment.

De auteur geeft de toelating deze masterproef voor consultatie beschikbaar te stellen en delen van de masterproef te kopiëren voor persoonlijk gebruik. Elk ander gebruik valt onder de beperkingen van het auteursrecht, in het bijzonder met betrekking tot de verplichting de bron uitdrukkelijk te vermelden bij het aanhalen van resultaten uit deze masterproef.

Mathieu De Cock

Inhoudstabel

Deel I Membranen rond buitenschrijnwerk

1	<i>Inleiding</i>	3
2	<i>Zelfhechtende membranen</i>	6
	De toplaag	6
	Het kleefmiddel	6
	De beschermfolie	9
	De ondergrond en het gebruik van een hechtprimer	9
3	<i>Breukpatronen</i>	10
4	<i>Duurzaamheid van zelfhechtende membranen</i>	13
	Duurzaamheid van het hechtmiddel	14
	Duurzaamheid van het hele membraan	15
	Blootstelling aan buitenklimaat	15
	Blootstelling aan hoge temperaturen	16
	Duurzaamheid van de aanhechting	18
	Blootstelling aan een constant klimaat	18
	Blootstelling aan een variërend klimaat	20
	Blootstelling aan water	20
	Blootstelling aan U.V.-straling	24
	Blootstelling aan een dynamische kracht (vermoeiing)	24
	Duurzaamheid van het volledige systeem	26

Deel II Experimenteel onderzoek van zelfhechtende membranen

1	<i>Inleiding</i>	28
2	<i>Afschuifproeven: procedure</i>	30
	Vorbereiding van de membranen	30
	Vorbereiding van de substraten	30
	Samenstellen van de testsamples	31
	Methode van de afschuifproef	32
	Testen van de duurzaamheid	34

	Blootstelling aan warm water	34
	Blootstelling aan constante temperatuur	35
3	<i>Afschuifproeven: resultaten</i>	36
	Effect van een primer op verschillende ondergronden	37
	Hechting van verschillende membranen op een bepaalde ondergrond	43
	Geschaafd hout	43
	Ruw hout	43
	MDF	44
	OSB	45
	Softboard	45
	Baksteen	46
	Beton	47
	Cellenbeton	48
	Aluminium (geanodiseerd)	48
	PVC	48
	Eigen toplaag en lijmlaag	49
	Invloed van de droogtijd van de primer	50
	Invloed van de droogtijd van de hechting	51
	Invloed van de aandrukkracht	53
	Invloed van de temperatuur bij verwerking	54
	Invloed van stof	57
	Invloed van vocht	60
	Invloed van de toestand van het oppervlak	62
	Ontvetten van aluminium	62
	Gladde en ruwe zijde van een baksteen	62
	Duurzaamheid bij blootstelling aan constante temperatuur	63
	Duurzaam bij blootstelling aan water van 60°C	67
4	<i>Bijkomende proeven</i>	70
	Afpelproeven	70
	Resultaten	71
	Kruipproeven	74
	Proefvoorstel voor het aanbrengen van een drukverschil	75
	Proefopstelling	75
	Evaluatie	76

5	<i>Vergelijking met soortgelijke zelfhechtende membranen</i>	78
	Membraan E	78
	Membraan F	78
	Membraan G	79

Deel III Plaatsing van zelfhechtende membranen

1	<i>Inleiding</i>	82
2	<i>Membraan als scheiding tussen twee klimaten</i>	83
3	<i>Aansluitingen</i>	87
	Waterdrainerende functie boven ramen bij spouwmuren	87
	Schrijnwerk rondom inkleven	89
	Algemene richtlijnen	89
	Hoekoplossingen	90
	Referentiedetails	91

Bijlagen

Bibliografische referenties

Deel I

Membranen rond buitenschrijnwerk

1 Inleiding

Het gebruik van spouwdrainagemembranen boven buitenschrijnwerk (zie figuur 1) is vandaag, in combinatie met open stootvoegen, een standaard uitvoeringspraktijk in de Belgische en Centraal-Europese bouwpraktijk.

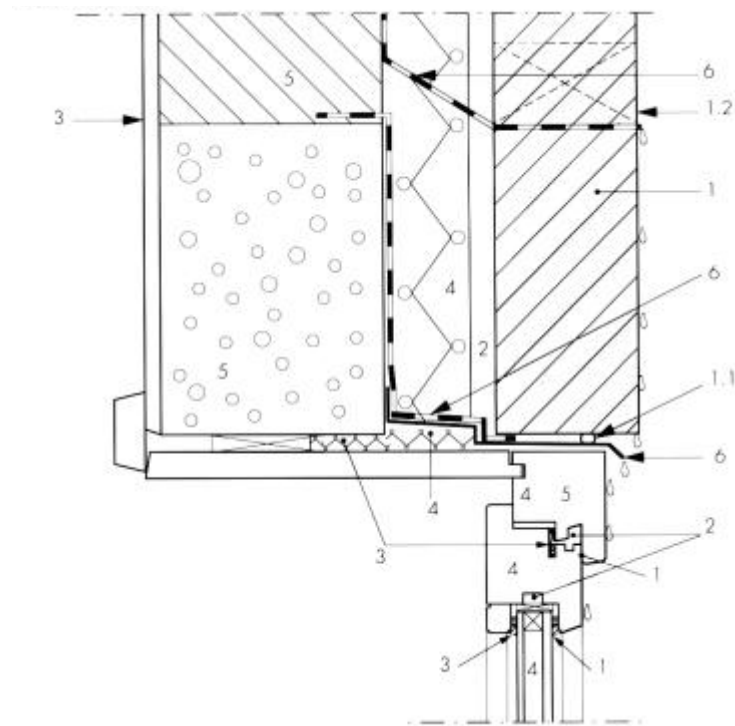
Traditioneel worden spouwdrainagemembranen ingemetseld, maar meer en meer worden deze membranen verkleefd en/of mechanisch bevestigd op het binnenspouwblad. In dit werk worden alleen de zelfhechtende varianten van deze membranen behandeld. Deze membranen kunnen niet alleen boven, maar ook helemaal rondom het buitenschrijnwerk gebruikt worden (Fig. 2).

Praktijk en onderzoek wijzen uit dat de aansluiting tussen het schrijnwerk en de ruwbouw één van de meest kwetsbare plaatsen voor waterinfiltratie is in een gebouw [1]. Zeker naarmate men te maken heeft met hogere winddrukken, bvb. bij hoge gebouwen of gebouwen in open vlaktes, of een lichte gevelbekleding wordt de aansluiting rondom het schrijnwerk een kritieke factor. Problemen in de bouwpraktijk hebben uitgewezen dat het gebruik van enkel een slab boven en een soepele voeg rondom het schrijnwerk bij hoge winddrukken kan leiden tot waterschade [2]. Om de waterdichtheid van de aansluiting te garanderen wordt dus steeds vaker gebruik gemaakt van zelfhechtende membranen.

Het gebruik van zelfhechtende membranen rondom het schrijnwerk wordt ook gestimuleerd door stijgende aandacht voor het milieu en de hogere energieprijzen. EPR verplicht ontwerpers dikkere isolatiepakketten te voorzien, waardoor spouwen steeds breder worden en men vaak naar andere oplossingen dan klassieke methodes met een soepele voeg moet uitkijken. Door de komst van EPR moet men ook luchtdichter gaan bouwen en bij het bepalen van het energieverlies met meer rekening houden dan enkel met de globale isolatiewaarde.

Zelfhechtende membranen kunnen dus als waterdrainerend membraan, luchtdicht scherm, damp-scherm of als een combinatie van de vorige gebruikt worden.

Literatuurstudie wijst uit dat naar de toepassing van zelfhechtende membranen eigenlijk nog maar weinig objectief onderzoek is verricht en dat men bijna geen ervaring heeft met de langetermijnprestaties van de verlijmingen, omdat dit eigenlijk nog maar een vrij recente toepassing is. Ook het ontbreken van onbetwiste standaardtests vormt nog een groot probleem.



- 1. waterscherm met drainage
 - 1.1 kitvoeg + voegbodem met minstens twee drainageopeningen
 - 1.2 open stootvoeg
- 2. draineerruimten
- 3. luchtdichtheid
- 4. warmte-isolatie
- 5. mechanische sterkte
- 6. folie voor het opvangen van draineerwater en/of stijve plaat, met aangepaste helling

Fig. 1: Voorbeeld typische plaatsing van een spouwdrainagemembraan boven schrijnwerk [22]



Fig. 2 Foto plaatsing membranen (nog niet verkleefd op ruwbouw) op de werf van Leopold Village, Brussel

2 Zelfhechtende membranen

Om gedurende de hele levensduur van het gebouw een duurzame waterdichting te verwezelijken, moeten membranen hechten op een breed gamma van substraten en zowel tijdens als na de opbouw van het bouwwerk weerstand kunnen bieden aan sollicitaties van allerlei aard.

Verschillende fabrikanten bieden een ander antwoord op dit vraagstuk onder de vorm van diverse membranen.

Door de band genomen bestaan zelfhechtende membranen uit 3 delen: een toplaag, kleefmiddel en een beschermfolie.

De toplaag

In België bestaat de toplaag doorgaans uit EPDM of polyethyleen met een aluminiumcoating. De toplaag heeft als voornaamste functie het verzorgen van de integriteit van het geheel, zodat plaatsers het membraan kunnen verwerken. Bovendien moet de toplaag bij extreme temperaturen het vormen van kanaaltjes of plooien, die de waterdichtheid in het gedrang kunnen brengen, tegengaan en het kleefmiddel beschermen tegen U.V.-straling. Dit laatste is vooral van belang in de werffase, wanneer het membraan nog niet beschermd wordt door een buitenspouwblad of gevelbekleding.

Het kleefmiddel

Het kleefmiddel zorgt voor de waterdichte aansluiting met het schrijnwerk en/of de ruwbouw. De algemene kwaliteit van zelfhechtende membranen is in zeer sterke mate afhankelijk van de kwaliteit en de duurzaamheid van het kleefmiddel.

De meest courante kleefstoffen die gebruikt worden bij zelfhechtende membranen voor waterdichting zijn op basis van butyl of SBS-bitumen. Enerzijds verschillen beide kleefstoffen in uitzicht: kleefmiddel op basis van butyl heeft een grijs en vetzig uiterlijk, terwijl kleefmiddel op basis van bitumen er zwart en viskeuzer uit ziet. Anderzijds zijn er ook variaties in eigenschappen qua kleefsterkte, compatibiliteit met verschillende ondergronden, U.V.-gevoeligheid, thermische vloeï en weerstand tegen vocht.

In tabel I zijn de verschillende eigenschappen die fabrikanten geven aan kleefmiddelen op basis van butyl en bitumen opgelijst [5]. Uit proeven (zie Deel II) blijkt dat dit niet altijd even correct is.

Bitumen	vs.	Butyl
• Hecht goed zonder primer op een droog en proper oppervlak bij temperaturen > 10°C • Primer aanbevolen in moeilijke omstandigheden (stoffig of vochtig) • Wordt kleveriger bij hogere temperaturen → hecht gemakkelijker bij warmer weer • Eens goed gehecht moeilijk te repositioneren • Loopt gemakkelijk uit bij hoge temperaturen en wordt vrij bros bij lagere temperaturen • Kwetsbaar voor U.V.-aantasting • Meer verschillende varianten dan bij butyl • Meestal goedkoper		• Hecht bij lagere temperaturen ook zonder primer • Primer aanbevolen in moeilijke omstandigheden (stoffig of vochtig) • Op zich al vrij kleverig • Gemakkelijker te repositioneren • Loopt minder uit bij hoge temperaturen en blijft flexibel bij lagere temperaturen • Butyl op een koud oppervlak gekleefd, zou los komen als dat oppervlak warmer wordt • Minder kwetsbaar voor U.V.-aantasting • Minder varianten • Duurder

Tabel 1: Eigenschappen van bitumen vs. butyl volgens diverse fabrikanten [5]

Kleefstoffen op basis van butyl of bitumen behoren allen tot de categorie van de “pressure sensitive adhesives” (drukgevoelige kleefmiddelen), dat wil zeggen dat deze kleefstoffen hechten door middel van het aanbrengen van een drukkracht. Er komt dus geen water, warmte of solvent bij te pas om het kleefmiddel te laten hechten. Zoals de naam “pressure sensitive adhesive” aangeeft, is de mate van hechting afhankelijk van de grootte van de druk die men bij het hechten aanbrengt. [2]

Drukgevoelige kleefstoffen mogen enerzijds niet al te vloeibaar zijn, zodat ze niet wegstromen wanneer er druk wordt aangebracht bij het verkleven. Anderzijds moeten ze wel vloeibaar genoeg zijn om zich voldoende over het oppervlak van de ondergrond te kunnen verspreiden en in de microstructuur van de ondergrond te kunnen binnendringen (Fig. 3) om zodoende voor een

voldoende groot contactoppervlak tussen het kleefmiddel en de ondergrond te zorgen.

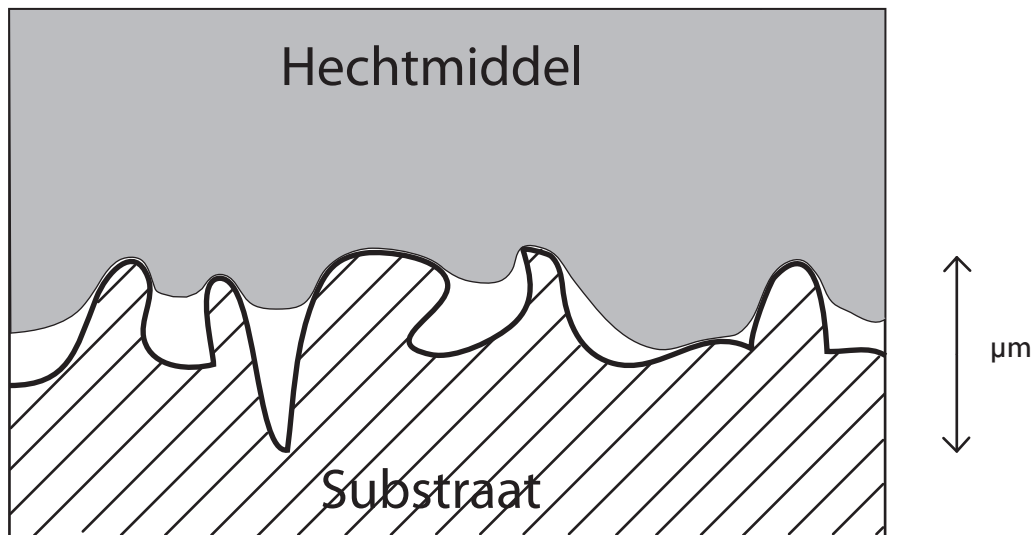


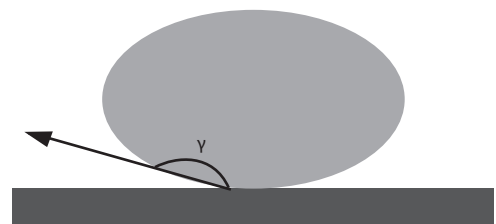
Fig. 3: Het hechtmiddel moet in de microstructuur van het substraat kunnen dringen

De capaciteit van een bepaalde vloeistof om een specifiek oppervlak te bevochtigen wordt vastgesteld door de contacthoek tussen de vloeistof en het oppervlak te meten. Hoe kleiner de contacthoek en hoe kleiner de oppervlaktespanning in de vloeistof, hoe beter de vloeistof in staat is om zich over de ondergrond te verspreiden. (Fig. 4) Deze theorie geldt natuurlijk in mindere mate voor de viskeuze butyl- en bitumenverlijmingen, maar geeft wel een idee van de werking van hechtmiddelen.



“wetting”: $\gamma < 90^\circ$

Adhesie tussen kleefmiddel en ondergrond is groter dan cohesie van het kleefmiddel, vloeistof verspreidt zich dus over oppervlak



“dewetting”: $\gamma > 90^\circ$

Adhesie tussen kleefmiddel en ondergrond is kleiner dan cohesie van het kleefmiddel, vloeistof trekt eerder samen

Fig. 4: “wetting” en “dewetting”

Zodra het kleefmiddel en de ondergrond door het drukken met mekaar in contact zijn gebracht, bepalen intermoleculaire krachten, zoals vanderwaalskrachten, covalente bindingen en waterstofbruggen, in belangrijke mate de sterkte van de hechting. [4]

De beschermfolie

Als beschermfolie wordt meestal een laagje polyethyleen gebruikt, dat vlak voor het kleven van het membraan kan afgepeld worden. De beschermfolie heeft een dubbele functie: beschermen (tegen bvb. stof) van het kleefmiddel voor het plaatsen van de folie en vermijden dat de verschillende lagen aan elkaar kleven als de folie opgerold is.

De ondergrond en het gebruik van een hechtprimer

De ondergrond waarop het membraan gekleefd wordt, zal in sterke mate de kwaliteit van de hechting bepalen.

In grote lijnen kan men de verschillende ondergronden in twee groepen onderverdelen: de poreuze en de niet-poreuze materialen. In de groep van de poreuze materialen vindt men steenachtige materialen zoals snelbouwsteen, beton, gipskarton, cementering,... Ook organische materialen als hout en houtderivaten bevinden zich in deze groep. De resultaten van trekproeven op membranen die verlijmd zijn op poreuze materialen hebben meestal een grotere spreiding door de anisotrope eigenschappen van de ondergrond.

Bij de niet-poreuze materialen vinden we minerale substraten en kunststoffen. In deze groepen zitten o.a. aluminium en staal, maar ook PVC, PE en EPDM. De materialen in deze groep zijn isotroop, testresultaten op dergelijke materialen kennen dus veelal een kleine spreiding.

De courante kleefmiddelen hechten niet altijd voldoende in minder ideale omstandigheden. Plaatsing op een koud, nat of stoffig substraat kan tot problemen leiden, bij dergelijke omstandigheden raden fabrikanten vaak een hechtprimer aan, als ze de plaatsing al niet überhaupt afraden. Ook in ideale omstandigheden kan voorbehandeling van een ondergrond nuttig zijn om de oneffen microstructuur van een substraat te nivelleren, zodat het contactoppervlak met het hechtmiddel vergroot.

Over de aanhechting van zelfhechtende membranen op verschillende ondergronden zijn echter weinig (neutrale) onderzoeksgegevens gekend. Men kan wel informatie vinden in de instructies die bij de membranen te vinden zijn, maar deze bevatten geen gedetailleerde gegevens.

3 Breukpatronen

Er zijn verschillende factoren die kunnen bijdragen tot het verzwakken van de verbinding van het membraan met de ondergrond. Zonlicht en warmte kunnen het hechtmiddel verzwakken en solventen kunnen het hechtmiddel verteren of oplossen. Wanneer de hechting aan spanningen onderworpen wordt, zal deze begeven als de spanningen de kritische spanning van de verbinding overstijgen. Er zijn vijf manieren waarop een verlijming kan falen via een adhesieve (interfacial) of een cohesieve breuk (Fig. 5, 6, 7 en 8). Een adhesieve breuk (Fig. 5, 6) ontstaat wanneer de binding in het raakvlak tussen het hechtmiddel en het substraat of het hechtmiddel en de toplaag van het membraan faalt. Een cohesieve breuk (Fig. 5, 7 en 8) ontstaat wanneer de binding binnen in de hechtlaag, het substraat of de toplaag faalt.

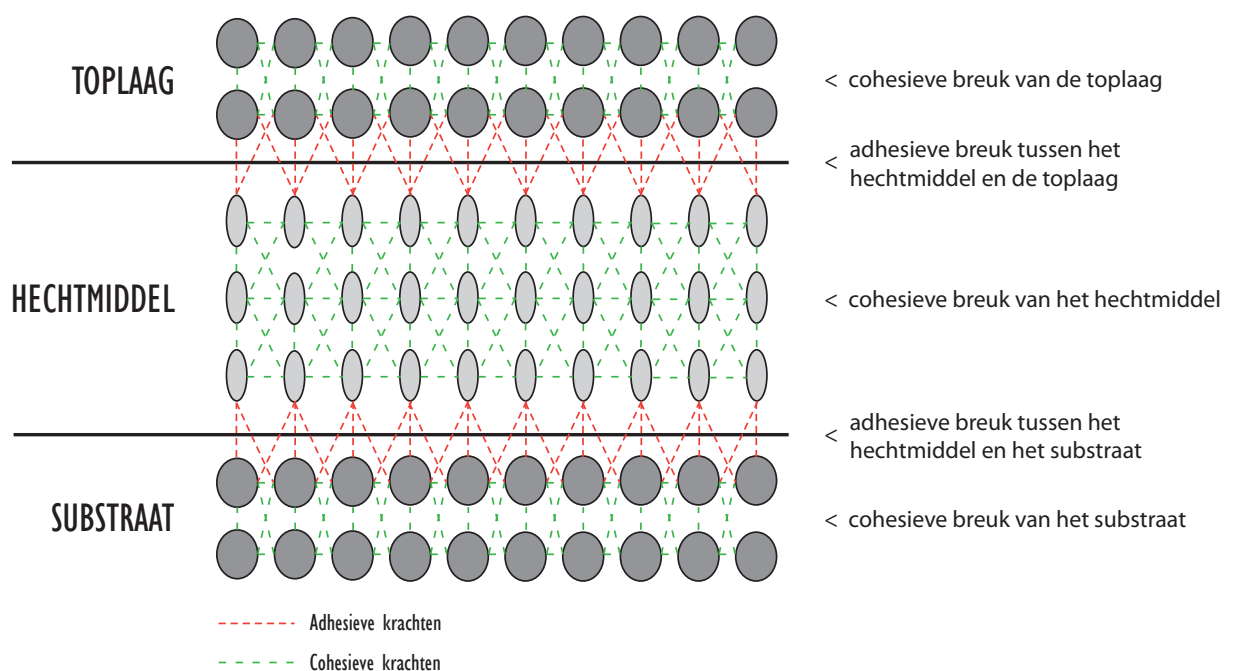


Fig. 5: Cohesie, adhesie en de 5 mogelijke breuken (moleculair niveau) [5]

Cohesie (Fig. 5) wordt gedefinieerd als de interne sterkte van een kleefmiddel tengevolge van intermoleculaire aantrekking (elektrostatische krachten, vanderwaalskrachten,...) binnen dat kleefmiddel. Adhesie (Fig. 5) is de onderlinge aantrekkingskracht (elektrostatische krachten, vanderwaalskrachten,...) tussen ongelijke moleculen, in dit geval tussen hechtmiddel en substraat of

hechtmiddel en toplaag. De adhesie wordt sterk bepaald door de mogelijkheid van het hechtmiddel om het substraat te bevochtigen.

Adhesie en cohesie zijn beide bepalend voor de sterkte van de hechting van een zelfklevend membraan op de ondergrond, de zwakste schakel van beide bepaalt de sterkte van de verbinding. De cohesieve eigenschappen worden in se door de fabrikant bepaald door de aard en de kwaliteit van het hechtmiddel. De mate van adhesie wordt bepaald door de combinatie hechtmiddel-ondergrond, de toestand van de ondergrond en de omstandigheden van de verwerking.

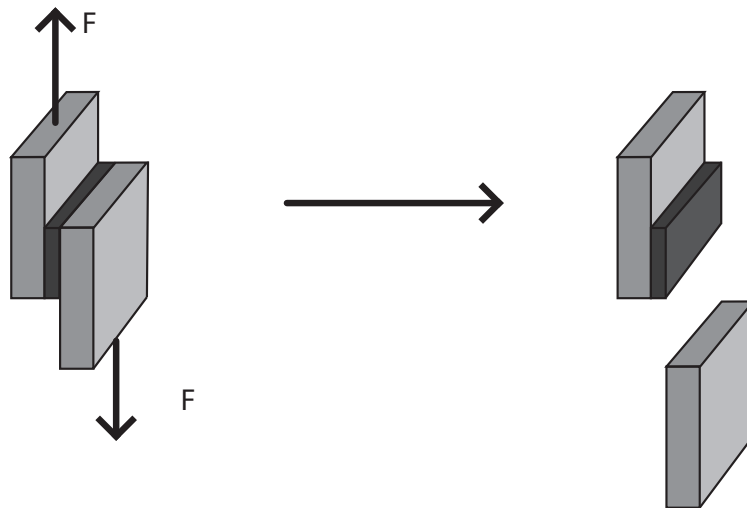


Fig. 6: Adhesieve breuk hechtmiddel - substraat/toplaag (componentniveau)

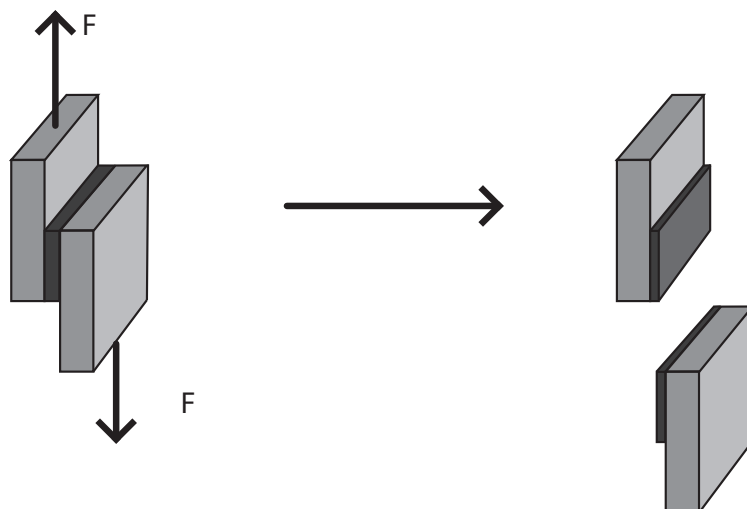


Fig. 7: Cohesieve breuk hechtmiddel (componentniveau)

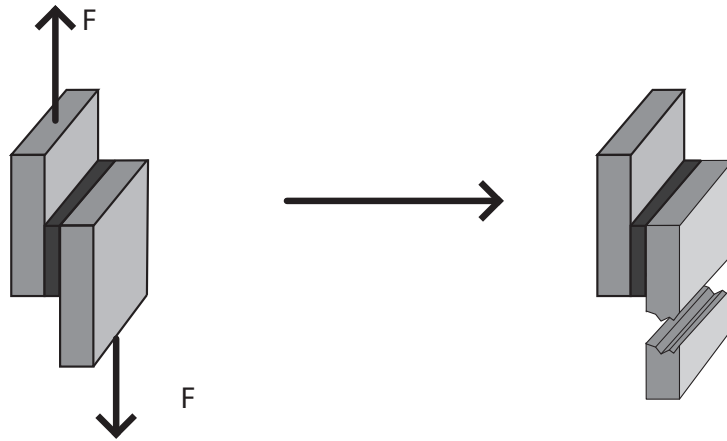


Fig. 8: Cohesieve breuk substraat/toplaag (componentniveau)

4 Duurzaamheid van zelfhechtende membranen

Praktijk en onderzoek hebben uitgewezen dat men met zelfhechtende membranen op de meeste ondergronden dezelfde initiële kwaliteit qua waterdichting boven en rond het schrijnwerk kan bekomen als met niet-zelfhechtende membranen [6] [7]. Naast deze initiële kwaliteit is vanzelfsprekend ook de duurzaamheid van de verkleaving essentieel.

Kleefverbindingen kunnen hun sterkte verliezen bij blootstelling aan vochtigheid, hoge temperaturen, U.V.-straling, alkaliën of langdurige belasting.

Hoewel de toplaag ook als afscherming van het hechtmiddel tegen U.V.-straling dient, zouden vooral membranen met hechtmiddel op basis van bitumen kwetsbaar zijn voor dergelijke straling [5]. Het U.V.-licht zou het hechtmiddel laten oxideren, zodat de lijm langzaam brosser wordt. Vooral tijdens het uitvoeren van het bouwwerk, als de membranen nog niet beschermd worden door het buitenspouwblad of de gevelbekleding, kan dit tot problemen leiden.

Water kan zowel de chemische als de fysische eigenschappen van het hechtmiddel aantasten en de eigenschappen van het raakvlak tussen het hechtmiddel en het substraat beïnvloeden [8].

Bij sommige onderzoeken werden ook tests met kunstmatige veroudering van zelfhechtende membranen uitgevoerd. Bij kunstmatige veroudering wordt het membraan (of alleen het hechtmiddel) onderworpen aan extreme omstandigheden om zo de veranderingen van de eigenschappen van het product op lange termijn te kunnen inschatten op vlak van dimensionele stabiliteit, bestendigheid tegen vocht, chemicaliën of solventen, U.V.-straling of vermoeiing.

Bij dergelijke tests wordt men echter vaak met een aantal moeilijkheden/onzekerheden geconfronteerd. Het is eerst en vooral zeer moeilijk om vast te leggen in hoeverre men de omstandigheden moet uitvergrooten om een bepaalde veroudering te simuleren. Men moet ook goed opletten om met extreme omstandigheden geen effecten te veroorzaken die in realiteit niet zouden optreden en het resultaat abnormaal vervormen of verschillen tussen producten veroorzaken die er in realiteit niet zijn.

Op Europees of Belgisch vlak bestaan er geen genormaliseerde procedures i.v.m. het testen van de duurzaamheid van zelfhechtende membranen. Hier en daar is er wel al onderzoek gebeurd, al was dat dan vaak wel binnen de schoot van een fabrikant. Het testen van de duurzaamheid gebeurt op 3 niveaus: op niveau van het hechtmiddel, het membraan of het volledige systeem.

Hieronder wordt een overzicht gegeven van het reeds uitgevoerde onderzoek en de proefmethodes van certificeringsinstellingen, externe controlebureaus, fabrikanten e.a.

Duurzaamheid van het hechtmiddel

De bedoeling van het testen van de hechtmiddelen is om op de fysische en chemische kenmerken te karakteriseren en te bepalen of de kleefstoffen op basis van bitumen of butyl degraderen, bros worden of sterk beginnen vloeien. Als hechtmiddelen bros worden of sterk beginnen vloeien, ontstaat het risico dat het membraan niet goed meer in staat is om vocht tegen te houden, of zelfs dat het membraan van de ondergrond los komt. [5]

A.D. Zima e.a. (in 2004 allen werkzaam bij DuPont, een producent van onder andere membranen met butylhechtmiddel) testten 3 stalen hechtmiddel op basis van bitumen en 3 stalen op basis van butyl volgens een voorstel van proefmethode die in een technische publicatie in het Journal of ASTM International gepubliceerd werd. [5]

ASTM International (American Society for Testing and Materials) is een Amerikaanse standaardisatieorganisatie. ASTM publiceert technische standaarden op het gebied van materialen en diensten. ASTM is in 1898 opgericht door een groep wetenschappers en ingenieurs, met als initiële doelstelling het oplossen van de toen veel voorkomende breuken in spoorstaven. Dit resulteerde in een standaard voor de staalkwaliteit voor spoorstaven. Het gebruik van ASTM-standaarden vindt buiten de Verenigde Staten op vrijwillige basis plaats. In de Verenigde Staten wordt het gebruik van ASTM-standaarden veelal door overheden bij wet verplicht gesteld. [10]

De eerste stap in het testproces was het verwijderen van het kleefmiddel van de verschillende membranen. Men gebruikte vloeibare stikstof om het hechtmiddel van de membranen te bevriezen en de kleefstof er af te halen. Het verwijderen van de kleefstof ging bij het ene membraan gemakkelijker dan bij het andere, bij de membranen met butyl was het zo moeilijk om het hechtmiddel te verwijderen dat men bij één van de butylproducten geen staal kon nemen. Het afgeschraapte hechtmiddel werd opgewarmd en samengeperst tot stalen van $6,45 \text{ cm}^2 \times 1,3 \text{ cm}$ dik.

Na het persen van de stalen werd van elke soort een staal 20 weken in een oven op 70°C , één in een “ecosphere” (een klimaatkamer die een wisselend klimaat ($5\text{-}100^\circ\text{C}$; $0\text{-}100\%$ R.H.) nabootst) en één als referentie bij kamertemperatuur bewaard. De temperatuur van 70°C is gekozen om de temperatuur op een zonnige dag in een spouw achter lichte gevelbekleding te simuleren.

Voor en na het testen werden de stalen aan een visuele controle onderworpen. Geen van de referentiestalen vertoonde na 20 weken enige zichtbare veroudering. Zoals u kan zien op figuur 9 waren stalen A1 en A2 (bitumen) licht uitgelopen in de hoeken toen deze uit de “ecosphere” kwamen, terwijl A3, B1 en B2 niet vloeiden. Van de stalen die uit de oven kwamen (Fig. 10), liepen A2, A1 en A3 respectievelijk vrij sterk tot matig uit. De stalen met hechtmiddel op basis van butyl (B1 en B2) vertoonden geen schade.

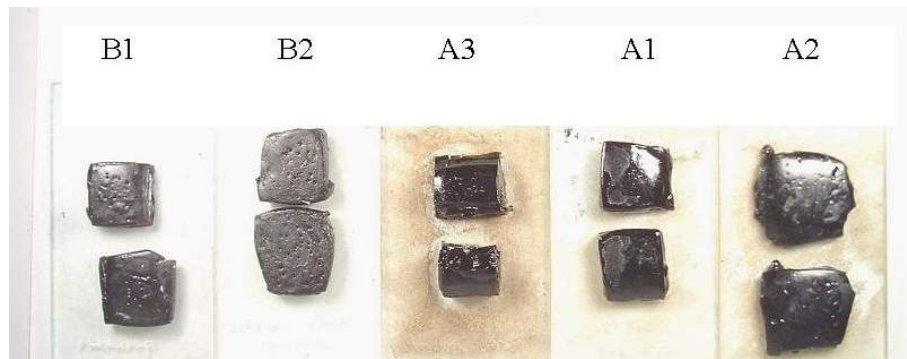


Fig. 9: Foto van de stalen uit de "ecosphere" (A1, 2, 3 zijn op basis van bitumen; B1, 2 op basis van butyl) [5]

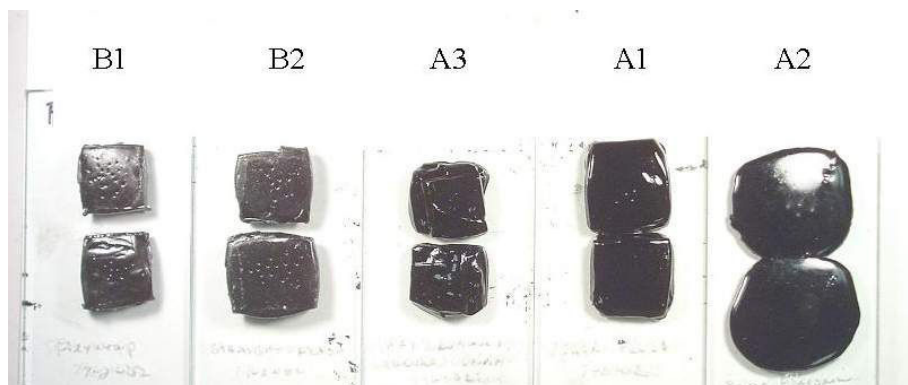


Fig. 10: Foto van de stalen uit de oven op 70°C (A1, 2, 3 zijn op basis van bitumen; B1, 2 op basis van butyl) [4]

Bij de bovenstaande testprocedure kan men zich afvragen in hoeverre de behandeling met vloeibare stikstof de eigenschappen van het hechtmiddel wijzigt. In de beschrijving van de proeven is ook niet te vinden welke types bitumen en butyl men gebruikt heeft, terwijl er tussen diverse types grote kwalitatieve verschillen kunnen zijn.

Duurzaamheid van het hele membraan

Blootstelling aan buitenklimaat

Zoals reeds eerder vermeld kunnen zelfhechtende membranen op een bouwwerf soms voor een lange periode blootgesteld worden aan het buitenklimaat.

De norm G155 van ASTM [9] beschrijft een test om het effect van het buitenklimaat te testen met een Wheaterometer. In deze Wheaterometer veroudert men stroken van 1,27 cm x 5,08 cm die op PVC werden verkleefd, volgens de cyclus die in tabel 2 beschreven wordt. De keuze voor stijve PVC is in dit geval verantwoord omdat dit in Noord-Amerika vaak als materiaal voor schrijnwerk wordt gebruikt. Op vooraf bepaalde tijdstippen worden de samples aan een visuele inspectie onderworpen en wordt het PVC aan een driepuntsbuigproef onderworpen.

Duur	Temperatuur	Sproeien	Vochtigheid	U.V.
120 min.	70°C	nee	50 % RH	ja
60 min.	37°C	nee	95 % RH	nee
40 min.	70°C	nee	50 % RH	ja
20 min.	70°C	ja	45°C water	ja
60 min.	70°C	nee	50 % RH	ja
60 min.	38°C	ja	45°C water	nee

Tabel 2: Geprogrammeerde cyclus van de Weatherometer

Uit het onderzoek van A.D.Zima, e.a. [5] bleek dat al na één week blootstelling in de Weatherometer de membranen met bitumineus hechtmiddel ernstige beschadigingen vertoonden, terwijl de varianten met butyl nog zo goed als onbeschadigd leken. Na 14 weken waren de bitumineuze bijna volledig vernietigd. De membranen met butylhechtmiddel doorstonden de test vrij goed, ze vertoonden alleen wat krimp en vlekvorming op de toplaag door hechtmiddel dat door de toplaag is gemigreerd.

De Wheaterometer is een toestel dat door de firma Atlas op de markt wordt gebracht. In dit apparaat simuleert men o.a. de weersinvloeden waaraan materialen in de praktijk blootgesteld worden, door middel van verhoogde temperatuur en relatieve vochtigheid, intermitterend watersproeien en sterk U.V.-licht. [9]

Blootstelling aan hoge temperaturen

Na het afwerken van het gebouw is het zelfklevende membraan meestal wel beschermd tegen U.V.-straling en rechtstreekse inslag van regenwater, maar het is nog steeds kwetsbaar voor hoge temperaturen en vochtigheid. In Sacramento (U.S.A.), bijvoorbeeld, hebben metingen uitgewezen dat de oppervlaktetemperatuur van een wand, die bij een buitentemperatuur van 29°C aan het zonlicht werd blootgesteld, opliep tot 76°C. [5] Wanneer we dan een situatie zouden bekijken met een dunne gevelbekleding, kan men zich inbeelden dat de temperatuur in de spouw achter de bekleding al gauw oploopt tot 70°C.

Voor een onderzoek van James D. Katsaros (DuPont) werden zowel membranen met butyl- als

bitumineus hechtmiddel verlijmd op OSB en op OSB waarop een regenscherm bevestigd was (Fig. 11). De stalen werden gedurende 14 dagen in een oven op 70°C met luchtcirculatie geplaatst.

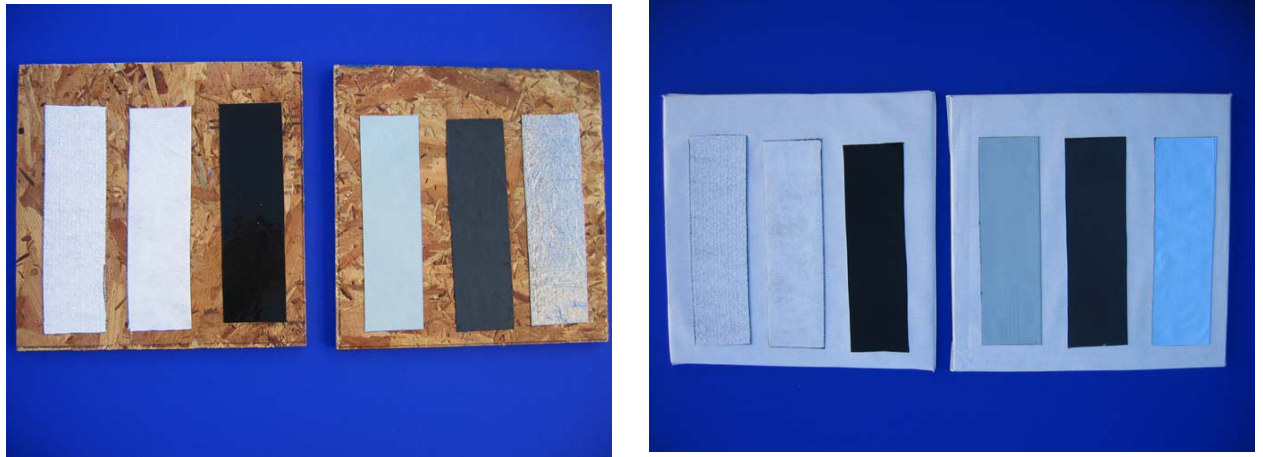


Fig. 11: Foto van de stalen vòòr het testen (de drie meest linkse zijn telkens op basis van butyl; rechtse op basis van bitumen) [13]



Fig. 12: Foto van de stalen na het testen (de drie meest linkse zijn telkens op basis van butyl; rechtse op basis van bitumen) [13]

Zoals men in figuur 12 bij de OSB-ondergrond kan zien, had de test vooral op de membranen met bitumineuze kleefstof een dramatisch effect. Het meest rechtse membraan, dat voorzien is van een PE-folie met alu-coating, was het minst aangetast van de drie bitumineuze membranen. De andere twee membranen hebben een kunststoffolie als toplaag, welke minder stabiel blijkt te zijn bij hoge temperaturen. Ook bij de membranen met een butylkleefmiddel blijkt het monster met de kunststoffolie (meest rechtse van de drie) meer aangetast dan de andere twee membranen. In de afbeelding van de test met het regenscherm als ondergrond, kan men in grote lijnen dezelfde

verschijnselen herkennen. Hierbij kan men wel opmerken dat de beide kleefstoffen vrij sterk uitlopen, wat tot het uitdrogen van hechting kan leiden. [13] Deze test van Katsaros toont aan dat er een duidelijk verschil is in kwaliteit tussen de verschillende types toplagen.

In het Lawrence Berkeley National Laboratory (University of California, U.S.A.) heeft men soortgelijke tests uitgevoerd op diverse tapes die gebruikt worden bij het plaatsen van ventilatiekanalen (Duct Tapes) [12] [13]. Bij deze tests werd een procedure gevolgd (UL 181 B) die door het Underwriters Laboratory (UL), een Amerikaanse certificeringsinstelling, werd opgesteld. Bij deze testprocedure, die de “baking test” heet, worden membranen verkleefd op 3 samples van een te testen ondergrond en worden deze in een oven geplaatst. Om de aantasting van de ondergrond zelf te beoordelen, wordt ook een sample van de ondergrond, zonder membraan, in de oven geplaatst.

De stalen blijven gedurende 60 dagen in de oven liggen die constant op 100°C wordt gehouden. Nadien worden de stalen visueel geïnspecteerd op mogelijke degradatieverschijnselen.

De tapes die getest werden bestonden uit verschillende combinaties van toplagen (polyetheen (PE) - PE met alu-coating - polyethyleen (PP) - vinyl) en hechtmiddelen (bitumen - butyl - acryl). Alle tapes behalve de tape met een PE-toplaag met alu-coating en butylhechtmiddel vertoonden ernstige beschadigingen.

Duurzaamheid van de aanhechting

Eén van de belangrijkste eisen voor zelfhechtende membranen met het oog op vochtbeheersing in de schil van een gebouw is dat het membraan moet blijven kleven aan de ondergrond waarmee het membraan verkleefd wordt, in het bijzonder bij blootstelling aan het buitenklimaat. Vaak kan het blootstellen aan grote water- of thermische lasten onthechting van het membraan veroorzaken. [5]

Blootstelling aan een constant klimaat

In de laboratoria van DuPont werd door A.D. Zima e.a. ook onderzoek gedaan naar het effect van hoge temperaturen op de aanhechting van verschillende zelfhechtende membranen op diverse ondergronden. De tests werden uitgevoerd volgens het testprotocol AMAA 800 (AMAA is een certificeringsinstelling uit de V.S.). Opnieuw koos men ervoor om membranen met butyl- én bitumineuze hechtmiddelen te beproeven. De membranen werden bij kamertemperatuur verkleefd op OSB, PVC en een regenscherm met een roller met een gewicht van 2 kg. De membranen werden 14 dagen in een oven op 70°C bewaard, en er werden ter referentie ook stalen bij kamertemperatuur bewaard. Nadien werden de stalen in een trekbank onderworpen aan een afpeltest

(Fig. 13) onder 180° met een snelheid van 5,1 cm/min. (2 inches/min.).

Bij de stalen die in het labo bij kamertemperatuur bewaard werden, bereikte men bij de membranen met butylhechtmiddel in grote lijn de hoogste resultaten. De ondergrond bleek ook een redelijk effect te hebben op de resultaten: algemeen presteerden de membranen het best op PVC en het slechtst op OSB. In de butyllijm ontstond er meestal een cohesieve breuk, terwijl bij de bitumineuze membranen er een adhesieve breuk ontstond tussen het hechtmiddel en het substraat. De monsters die uit de oven kwamen werden eerst een tijdje bij kamertemperatuur bewaard, alvorens tot het testen over te gaan. Uit de resultaten bleek dat de afpelweerstand bij de meeste membranen was toegenomen en dat de bitumineuze verlijmingen het nu vaker cohesief begaven. [5]

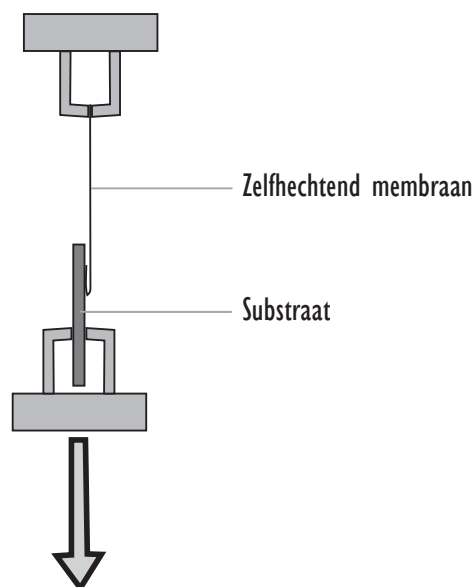


Fig. 13: Principe van een afpelproef onder 180° in een trekbank

De Duitse ingenieur Thomas Ackermann (Instituut voor Bouwfysica en Bouwpraktijk, Technische Hogeschool Bielfeld) voerde tests uit naar de duurzaamheid van de verkleaving van luchtdichtheidschermen met kleefbanden en lijmen op verschillende ondergronden. De verklevingen werden aan 2 constante klimaten blootgesteld gedurende verschillende tijdsduren ($T=65^\circ\text{C}$, $\text{RH}=80\%$ gedurende 60, 180 en 220 dagen; $T=100^\circ\text{C}$ gedurende 60, 180 en 168 dagen) alvorens men tot een afpelproef onder 180° overging. De maximale opgenomen kracht geldt als maat voor de sterkte van de verbinding. Ook bij dit onderzoek werden stalen in een referentieklimaat ($T=23^\circ\text{C}$, $\text{RH}=50\%$) bewaard gedurende 48 uur en werden ze nadien getest. Om de duurzaamheid van de aanhechting te beoordelen werden de testresultaten van de membranen die aan een hogere temperatuur werden blootgesteld, vergeleken met de soortgelijke membranen die in de referentiekamer werden

bewaard [10, 15].

Blootstelling aan een variërend klimaat

AMAA heeft ook een richtlijn voorzien voor het kunstmatig verouderen van zelfhechtende membranen bij een wisselend klimaat, nl. AMAA 711-07. De monsters worden 10 keer aan de cyclus in onderstaande tabel 3 onderworpen. Voorbereiden en testen gebeurt op dezelfde wijze als bij de tests onder een constant klimaat, zoals hoger vermeld.

Ook in de studie van Ackermann wordt het testen van samples bij een wisselend klimaat besproken. Bij deze tests gaat hij ook analoog te werk als bij de tests bij een constant klimaat, alleen gaat het hier om een wisselend klimaat volgens de cyclus die in tabel 4 beschreven wordt. De cyclus wordt 120, 360 en 560 keer doorlopen, wat respectievelijk met 60, 180 en 280 dagen overeenkomt.

Duur	Temperatuur
8 uur	50°C
5 min.	overgang van 50°C naar -40°C
16 uur	-40°C
5 min.	overgang van -40°C naar 50°C

Tabel 3: Temperatuurscyclus volgens de richtlijn AMAA 711-07

Duur	Temperatuur	Relatieve vochtigheid
6 uur	5°C	80 %
	overgang	80 %
6 uur	55°C	80 %
	overgang	80 %

Tabel 4: Cyclus bij de test met wisselend klimaat in de studie van T. Ackermann

Blootstelling aan water

Bij het onderzoek van Zima e.a. (DuPont) werd ook getest op kunstmatige veroudering met blootstelling aan gedestilleerd water. Bij de test die bij “blootstelling aan een constant klimaat” werd besproken, werden ook samples één week bij kamertemperatuur bewaard, waarna ze voor één week in het water werden ondergedompeld. De samples werden eveneens aan een afpeltest onder 180° onderworpen.

Bij deze test stelde men een sterk uitgesproken verschil vast tussen butyl en bitumen. De kwaliteit van de butylverlijmingen op OSB leek algemeen licht te verslechteren, terwijl deze van de bitumen

vrij sterk afnam. Op vinyl of op het regenscherm werd de sterkte van noch butyl, noch bitumen duidelijk aangetast. Beide soorten verlijmingen verloren hun aanhechting door een adhesieve breuk tussen de lijmlaag en het substraat.

In België werd door de Werkgroep Membranen van het BCCA een goedkeuringsleidraad [17] opgesteld voor het bekomen van een ATG voor membranen toegepast in de gevelbouw. De leidraad maakt een selectie van proeven (meestal gerelateerd aan een Europese norm) die moeten uitgevoerd worden om een ATG te bekomen. Aan elke proef wordt door het BUtgb telkens een minimumprestatie gekoppeld. Voor de aanhechting van membranen op verschillende ondergronden en de gevoeligheid voor veroudering, warmte en vochtigheid bestaat geen Europese norm. De werkgroep ontwikkelde hiervoor een eigen test en bijhorende minimumprestatie.

De ATG (Algemene Technische Goedkeuring) is een vrijwillige technische goedkeuring die een technisch advies verstrekt, waarbij ook het product en zijn technische eigenschappen volledig beschreven worden. Een ATG is een gunstige beoordeling van één bepaald bouwproduct van één fabrikant voor een welbepaalde toepassing. Ze moet het de gebruiker ook mogelijk maken de overeenkomstigheid van de op de bouwplaats afgeleverde producten met de bestaande goedkeuring te controleren. ATG's worden afgeleverd voor producten, waarvoor geen productnormen bestaan. Het betreft dan ook voornamelijk systemen, innovatieve producten en producten die uit meerdere componenten bestaan. Een ATG wordt in principe afgeleverd op basis van een goedkeuringsleidraad. Dergelijke leidraad wordt opgesteld door deskundigen van de Belgische Unie voor de technische goedkeuring in de bouw (BUtgb) en vormt een beoordelingsbasis voor bouwproducten. [15]

Bij het uitvoeren van de test wordt de folie verlijmd, volgens de voorschriften van de fabrikant, op stukken beton en roofing met een standaardoppervlak van 200 x 200 mm. Om de invloed van de randen te verwaarlozen dient een folie met een breedte van 50 mm verlijmd op een afstand van minimum 50 mm van de randen van het substraat (Fig. 14). In een trekbank wordt er een afschuifproef (principe: Fig. 15) volgens EN 12317-2 [19] uitgevoerd op stalen die bij omgevings-temperatuur bewaard zijn en op stalen die gedurende één week in water met een temperatuur van 60°C zijn ondergedompeld.

Gedurende de proef wordt de kracht continu geregistreerd. De trekbank moet een kracht kunnen opmeten van 2000 N en de snelheid van de grijper die de kracht uitoefent is 100 + 10 mm/min. Als een minimum te behalen waarde geldt 100N/50mm voor de onverouderde stalen, de sterkte van de aanhechting bij verouderde stalen mag niet minder zijn dan 50 % van de sterkte bij de onverouderde stalen [16,17]. Beide waarden worden bepaald conform de Europese norm EN 12317-2.

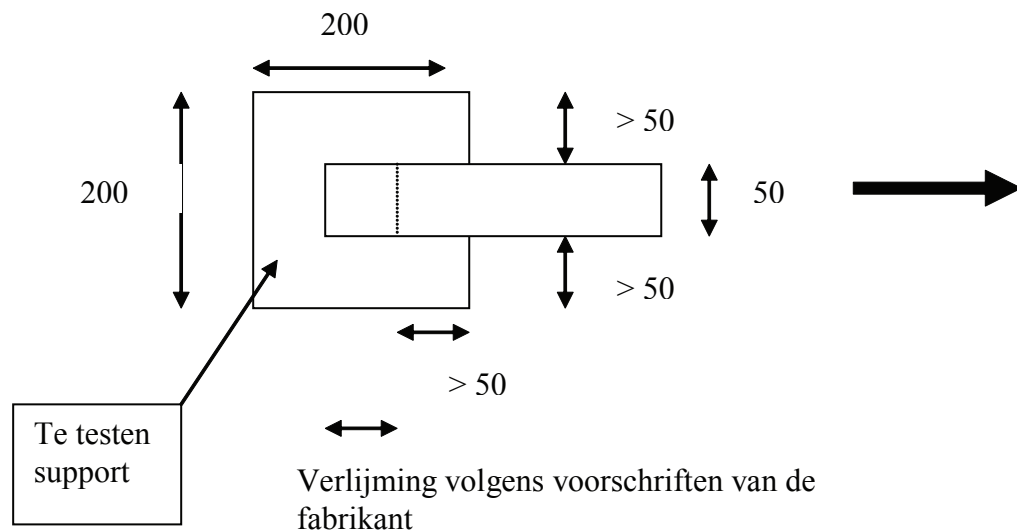


Fig. 14: Principe van de afschuiftest van membranen verkleefd op verschillende ondergronden [16]

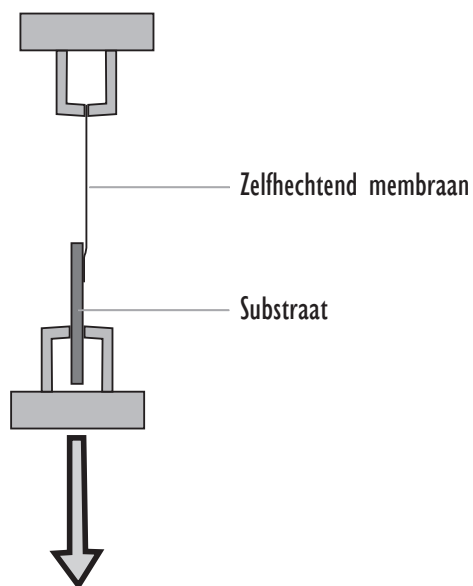


Fig. 15: Principe van een afschuijproef in een trekbank

De Werkgroep Membranen van het BCCA ontwikkelde nog een tweede test i.v.m. de blootstelling aan water in het kader van de goedkeuringsleidraad voor het bekomen van een ATG [17,19]. Hierbij worden de folies volgens de voorschriften van de fabrikant verlijmd op een vochtige, in de handel courant verkrijgbare betonnen latei met een hoogte van 200 mm (Fig. 16).

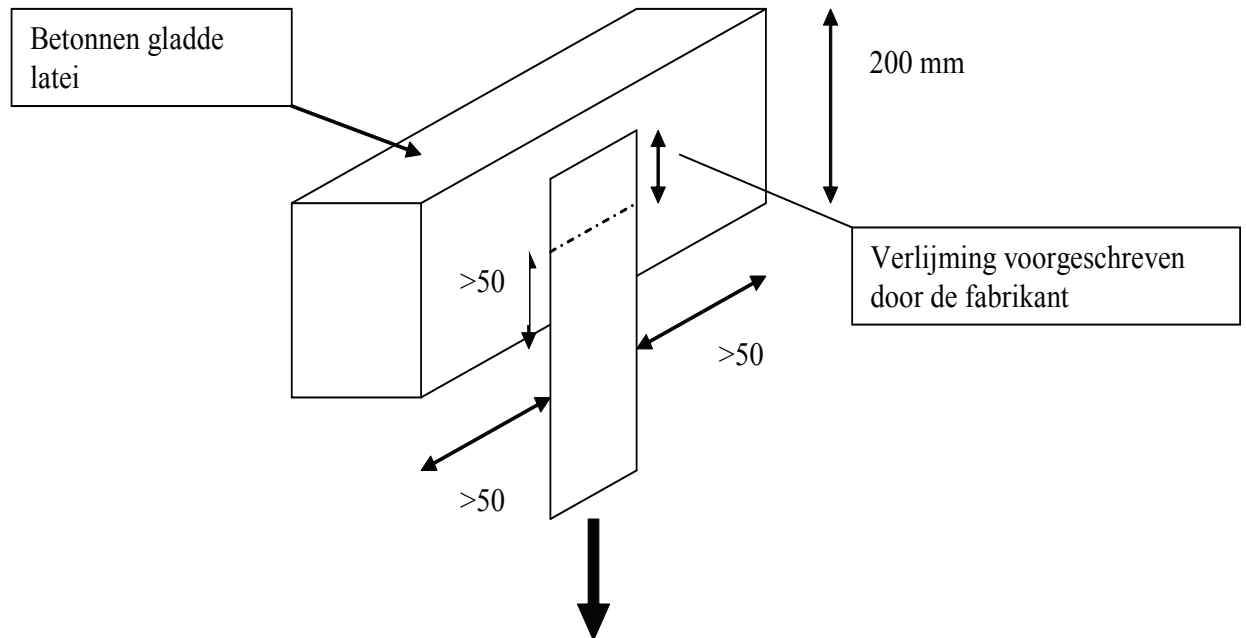


Fig. 16: Kruipproef van het BCCA op een vochtige ondergrond

De betonnen latei wordt gedurende 2 uur in water ondergedompeld, met een druk van een waterkolom van 10 mm op het te beproeven oppervlak. Vervolgens laat men de betonnen latei gedurende 2 uur uitdrogen. De folie, met een breedte van 50 mm en een lengte van 300 mm, wordt verlijmd volgens de voorschriften van de fabrikant. De verlijming moet hier ook gebeuren op minstens 50 mm van de rand van de support om randinvloeden te vermijden. Ten slotte wordt, 24 uur na de verlijming, gedurende 15 min een kruipproef uitgevoerd met een totale belasting van 25 N in de richting van de folie. De proef wordt positief beoordeeld als het membraan niet loskomt van de betonnen latei. [19] Deze laatste proef evalueert niet onmiddellijk het blootstellen van de aanhechting op zich aan water, maar eerder de mate waarin een bepaalde kleefstof zich kan aanhechten aan een vochtige ondergrond.

Ook het AMAA ontwikkelde een testprocedure om de invloed van water op de aanhechting van membranen te testen. Deze procedure schrijft echter alleen het testen op geanodiseerd aluminium als ondergrond voor, iets wat in de U.S.A. wel vaker gebeurt. De resultaten van tests op aluminium zouden een zeer kleine spreiding hebben, waardoor het een zeer dankbare testondergrond is. Een monster van 50 x 400 mm van het te testen membraan wordt op een stuk aluminium van 100 x 375 mm verkleefd (Fig. 17). De 350 mm te verkleven zone wordt vijfmaal aangedrukt met een roller met een gewicht van 2 kg (+/- 45 gr.)

Voor men de samples in water plaatst, conditioneert men de monsters 24 uur bij een temperatuur van 23°C ($\pm 1^{\circ}\text{C}$) en een relatieve vochtigheid van 50% ($\pm 5\%$). Als referentie wordt na deze conditionering een afpelproef onder 90° uitgevoerd op de eerste 90 mm. van de verkleving. Na het onderdompelen gedurende één week in water met een temperatuur van 23°C ($\pm 1^{\circ}\text{C}$) pelt men het resterende deel van de verkleving af. De maximale waarde van de afpelweerstand moet voldoen aan een ondergrens van 0,26 N/mm. De samples worden ook visueel geëvalueerd.

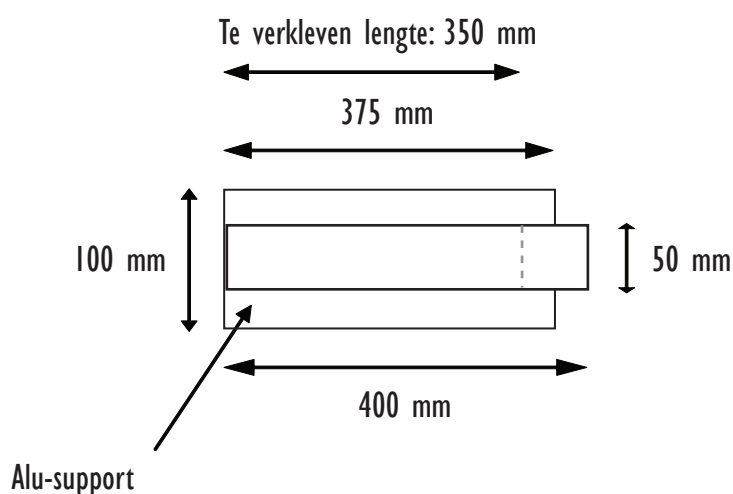


Fig. 17: Verkleving volgens de testprocedure van AMAA

Blootstelling aan U.V.-straling

De eerder vermelde norm G155 van ASTM [5] (zie “Blootstelling aan buitenklimaat”) beschrijft het testen van membranen in de Weatherometer. In deze procedure is ook blootstelling aan U.V.-straling verwerkt.

In de ook al eerder vermelde AMAA 71 I-07 is een test beschreven waarbij membranen kunstmatig verouderd worden door middel van U.V.-licht. De voorbereiding van de test gebeurt op dezelfde manier als bij de blootstelling aan een constant klimaat. De membranen worden nadien belast met U.V.-licht gedurende 2 weken. Het uitvoeren van de afpelproef onder 180° gebeurt ook weer zoals bij de blootstelling aan een constant klimaat.

Blootstelling aan een dynamische kracht (vermoeiing)

De zwaarste belasting waaraan een zelfhechtend membraan onderworpen wordt, is meestal windbelasting. De weerstand van een membraan tegen een dergelijke belasting die vaak in stoten gebeurt, kan men moeilijk afleiden uit tests met een statische belasting of met een trekbank, waarin het membraan met een constante snelheid naar beneden getrokken wordt.

T. Ackermann doet in “Untersuchungsergebnisse zur Dauerhaftigkeit von Verbindungen und Anschlüssen bei Luftdichtheitsschichten mittels Klebmassen und Klebebänder” [15] een voorstel voor een proefopstelling met een dynamische belasting (Fig. 18).

De luchtdichtheidsschermen worden door middel van de te testen tape of lijm op de ondergrond bevestigd op dezelfde wijze als bij de hierboven besproken tests door T. Ackermann. De substraten worden bovenaan in het toestel ingeklemd en gewichten van 0,5 kg, die initieel op een plaat rusten, worden aan de luchtdichtheidsschermen bevestigd. Tijdens het testen gaat de ondersteuningsplaat op en neer, bij de onderste stand van de plaat worden de kleefverbindingen belast met een afschuifkracht, in de bovenste stand van de plaat is de verbinding ontlast. De frequentie waarmee de plaat op en neer gaat, wordt niet in de proefomschrijving vermeld.



Fig. 18: Proefopstelling met dynamische belasting volgens T. Ackermann [14]

De belastingscyclus wordt herhaald tot de kleefverbinding het begeeft of zodanig verschuift dat het gewicht gedurende de hele cyclus op de plaat rust. Het aantal cycli die een bepaalde kleefverbinding overleeft, wordt als karakteriserend voor haar sterkte gezien. Ter referentie belast men ook identieke samples statisch met gewichten van 0,5 kg, om uit te maken of de kleefverbinding begeeft tengevolge van het dynamische karakter van de belasting of door de grootte van het gewicht.

Duurzaamheid van het volledige systeem

Zelfs als een product bij alle voorgaande tests positieve resultaten behaalt en het perfect volgens de voorschriften van de fabrikant wordt geplaatst, wil dit nog niet per se zeggen dat het membraan in situ ook goed zal presteren. Naast het testen van het product op zich en de aanhechting van een smalle strook van het membraan op een bepaalde ondergrond, kan het dus ook belangrijk zijn om informatie te hebben over de kwaliteit van een heel systeem. Met een systeem wordt bedoeld het geheel van de ruwbouw en het schrijnwerk en het product dat gebruikt wordt om de voeg tussen beide te dichten. [10]

IFT (Institut für Fenstertechnik te Rosenheim), een Duitse certificeringsinstelling, beproeft op regelmatige basis hele systemen, vensters die dus ingebouwd werden in ruwbouw en voorzien werden van een membraan ter afdichting van de voeg. Bij deze test onderzoekt men de water-, lucht- en geluidsdichtheid van de voegdichting tussen het raam en de ruwbouw. Alle producten die men voor de afdichting van de voeg gebruikt, zijn indien mogelijk afkomstig van dezelfde fabrikant.

Na het bepalen van de klasse van de water- en luchtdichtheid wordt het volledige systeem aan een aantal verschillende kunstmatige verouderingsmethodes onderworpen. Na elke stap voert men een visuele controle op eventuele degradatieverschijnselen uit. Als eerste stap wordt de buitenzijde 10 maal onderworpen aan een wisselend klimaat volgens de cyclus in tabel 5, terwijl de ruimte aan de binnenzijde op kamertemperatuur wordt gehouden.

Duur	Temperatuur
7 uren	60°C (+/- 3°C)
3 uren	overgang
14 uren	-15°C (+/- 3°C)
3 uren	overgang

Tabel 5: Cyclus bij de test van IFT op een compleet systeem

Na deze fase van de kunstmatige veroudering wordt het systeem aan een vochtbelasting blootgesteld, aan de buitenzijde voorziet men een temperatuur van -15°C (+/- 5°C) en aan de binnenzijde behoudt men een temperatuur van 20°C (+/- 5°C) bij een relatieve vochtigheid van 65 % (+/- 5%). Tot slot onderwerpt men de voegafdichting wisselend aan een onder- en overdruk van 1000 Pa gedurende 200 cycli. Ook hier wordt de frequentie van de cycli niet vermeld.

Na het doorlopen van alle verschillende stappen bepaalt men opnieuw de lucht-, water- en geluidsdichtheidsklassen en demonteert men de opstelling om te controleren of er geen water in het systeem is binnengedrongen. [24]

Deel II

Experimenteel onderzoek van
zelfhechtende membranen

1 Inleiding

In dit deel vindt men een overzicht van de resultaten van de tests die in het kader van dit werk uitgevoerd zijn. Bij gebrek aan Europese richtlijnen i.v.m. een testprotocol voor zelfhechtende membranen voor gevels, werden afschuifproeven uitgevoerd conform de eerder vermelde ATG-goedkeuringsleidraad.

Het gevoerde onderzoek spitst zich vooral toe op het bestuderen van eventuele correlaties tussen de afschuifweerstand die de aanhechting biedt en verschillende ondergronden en invloeden. Er werden tests uitgevoerd op 10 verschillende, isotrope en anisotrope (houtderivaten en minerale stoffen) ondergronden (Tabel 6) en de onderzochte invloeden zijn o.a. het gebruik van een primer, de verwerkingstemperatuur en verschillende oppervlaktebehandelingen (Tabel 7). In tweede instantie werden ook enkele verouderingstesten uitgevoerd en tot slot vonden er ook afpelproeven, kruiptesten en testen met het aanbrengen van een luchtdrukverschil over de membranen plaats.

Elke te beproeven combinatie werd telkens 5 keer getest, om dan het gemiddelde van deze 5 tests als karakteristieke waarde voor de sterkte van de verbinding te nemen. De tests werden telkens 5 keer uitgevoerd, omdat het verkregen gemiddelde enigzins statistisch relevant zou zijn.

Bij het testen werden vier membranen (Tabel 8) gebruikt van verschillende fabrikanten. Bijlage A bevat een staal van elk membraan. De membranen kregen een code van A tot D. Membraan D, van dezelfde fabrikant als membraan B, verschilt van de andere membranen omdat het hechtmiddel in een plaatselijke strook van 4 cm op de EPDM-toplaag wordt aangebracht.

Ondergrond	Verzaagd
Aluminium	uit raamprofiel
PVC	uit raamprofiel
Geschaafd hout	uit groter element
Ruw hout (vuren/grenen)	uit groter element
MDF	uit groter element
OSB	uit groter element
Softboard	uit groter element
Snelbouwsteen	nee
Beton	nee
Cellenbeton	uit groter element

Tabel 6: Verschillende geteste ondergronden

VERWERKINGSOMSTANDIGHEDEN	
Grootte van de aandrukkracht	0,5/1/2/4 kg
Droogtijd primer	1/24u
Droogtijd verkleving	2/24u, 1/2/3 weken
Gebruik van primer	ja/nee
Verwerkingstemperatuur	20/5/0/-5°C
Vochtigheid oppervlak	ja/nee
Hout schuren	ja/nee
Aluminium ontvetten	ja/nee
Ruwe vs. gladde zijde snelbouwsteen	

Tabel 7: Verschillende geteste verwerkingsomstandigheden

Code	Toplaag	Hechtmiddel	Wapening	Dikte toplaag	Dikte hechtmiddel	Afmetingen rol
A	Alu-coating	SBS-bitumen volvlakkig	nee	0,05 mm	0,85 mm	15 cm x 10 m
B	EPDM	Butyl volvlakkig	ja	0,90 mm	0,60 mm	30 cm x 20 m
C	EPDM	SBS-bitumen volvlakkig	ja (glasvezel)	0,80 mm	0,80 mm	30 cm x 20 m
D	EPDM	Butyl plaatselijk	nee	0,90 mm	0,70 mm	30 cm x 20 m

Tabel 8: Verschillende geteste membranen

Uiteraard kan men nog relevante te testen ondergronden, invloeden of membranen vinden, maar als men een ruwe schatting maakt van het aantal uit te voeren tests voor ondergronden, invloeden en membranen, komt men al zeer gauw in de buurt van 150 000 trekproeven. Omdat dit niet haalbaar was binnen het kader van deze scriptie is er voor een meer steekproefsgewijze methode geopteerd. De tests spitsen zich meestal toe op de membranen A, B en C, daar deze al een variatie in toplagen en hechtmiddelen bieden. Bij het testen van de verschillende invloeden werd er vaak van de 3 groepen ondergronden slechts één materiaal getest, omdat uit de proeven blijkt dat ondergronden binnen één groep zich in grote lijnen gelijkaardig gedragen. Door deze ingrepen kon het aantal uitgevoerde tests gereduceerd worden tot 1900.

Eerst wordt de testprocedure van de afschuifproeven volgens de ATG-leidraad uitvoerig toegelicht. Vervolgens worden de testresultaten besproken per ondergrond en per geteste invloed. Hierbij worden ook telkens de breukpatronen beschreven.

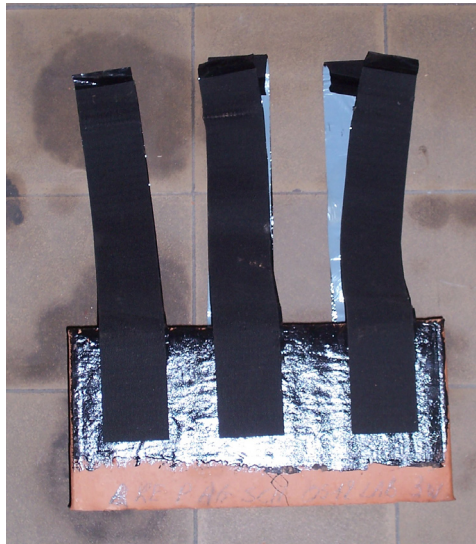
2 Afschuifproeven: procedure

Vorbereiding van de membranen

Conform de ATG-leidraad werden uit de geleverde rollen (Tabel 8) stroken van 5 x 30 cm gesneden. Uit de rol van membraan A werden in de lengterichting steeds 3 stroken gesneden, uit de andere rollen werden in de breedte steeds stroken van 5 cm afgesneden.

Vorbereiding van de substraten

De leidraad schrijft het gebruik van substraten van 20 x 20 cm voor, maar dit bleek niet altijd mogelijk, omdat veel van de geteste ondergronden in standaardafmetingen geproduceerd worden. Met het oog op een economisch materiaalgebruik, werden ook bvb. op één snelbouwsteen meerdere stroken op voor- en achterzijde gekleefd (Fig. 19). Waar mogelijk is er wel steeds een afstand van 5 cm tot de randen van het substraat of een andere strook gerespecteerd, conform de ATG-leidraad.



Figuur 19: 5 stroken verkleefd op één snelbouwsteen, voorzien van primer

De houtderivaten, cellenbeton, PVC en aluminium werden uit grote standaardelementen gezaagd (Tabel 9) tot kleinere, handelbare stukken, waarop er 5 stroken konden verkleefd worden, zoveel mogelijk met respect voor de afstand van 5 cm.

Ondergrond	Verzaagd	Afmetingen b x h x d (cm)
Aluminium	uit raamprofiel	6,7 x 10 x 5,7
PVC	uit raamprofiel	6,2 x 10 x 5
Geschaafd hout	uit groter element	30 x 9 x 1,8
Ruw hout (vuren/grenen)	uit groter element	30 x 9,6 x 1,6
MDF	uit groter element	30 x 20 x 0,9
OSB	uit groter element	30 x 20 x 1,9
Softboard	uit groter element	30 x 20 x 2,4
Snelbouwsteen	nee	28,5 x 13,6 x 8,7
Beton	nee	30 x 20 x 3
Cellenbeton	uit groter element	30 x 19,8 x 6,8

Tabel 9: Afmetingen gebruikte substraten

Voor het samenstellen van de testsamples, werd elk substraat met een handborstel ontstof. Nadien werden de substraten indien nodig ingestreken met de passende primer, die samen met de membranen werd geleverd door de fabrikanten. De primer kon steeds 1 u (+/- 10 min) drogen, voor de membranen verkleefd werden.

Verder in dit werk wordt de primer die bvb. bij membraan A hoort aangeduid als primer A.

Samenstellen van de testsamples

Met testsample bedoelen we het geheel van het substraat, eventueel met primer, en de 5 stroken van een membraan.

Na het versnijden van het membraan en de voorbereiding van het substraat werden de stroken op de substraten verkleefd (Fig. 19) conform de ATG-leidraad. Zoals eerder vermeld, werden op elk substraat 5 stroken van hetzelfde membraan gekleefd om een statistisch relevante analyse van de resultaten te kunnen maken. Er werd geopteerd om de stroken steeds over 5 cm te verkleven, dus met een hechtingsoppervlak van 5x5 cm. Hierop is, met een oppervlak van 4x5 cm, membraan D de enige uitzondering, aangezien de aangebrachte kleefstrook maar 4 cm breed is.

De ATG-leidraad schrijft niets voor i.v.m. de preconditionering van de membranen en substraten voor men tot het samenstellen van de samples overgaat. Er werd gekozen om beide minstens 24u in labocondities te bewaren.

Bij het verkleven werd eerst de beschermfolie over 5 cm van het membranen verwijderd en werden de membranen zacht handmatig gepositioneerd. Nadien werden ze aangerold door met een aandrukrol 5 maal heen en weer te gaan over het membraan met een constante snelheid. De gebruikte aandrukrol (Fig. 20) met een gewicht van 2 kg (+/- 50 g) is specifiek voor deze toepassing gemaakt. In principe zou men om een perfect reproduceerbare proef uit te kunnen voeren,

ook moeten beschikken over een toestel om de snelheid van het aanrollen helemaal te kunnen controleren, maar dat was praktisch niet haalbaar.



Figuur 20: Aandrukrol (2 kg)

Ook i.v.m. conditionering van de samples en het laten “drogen” van de verlijming voor het testen, bevat de ATG-leidraad geen concrete voorschriften. De Europese norm EN 13127-2, voor gelijkwaardige afschuifproeven, schrijft een conditionering van de verkleefde membranen voor van 2 uur in een klimaat van 23°C (+/- 2°C) en 50 % (+/- 5 %) voor men tot het testen overgaat.

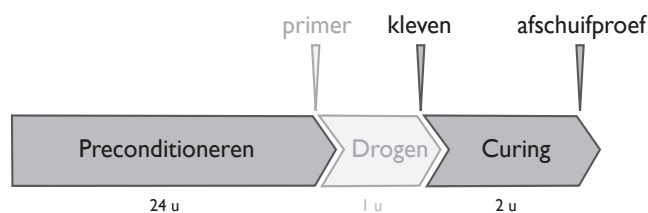


Fig 21: Verloop van de testprocedure

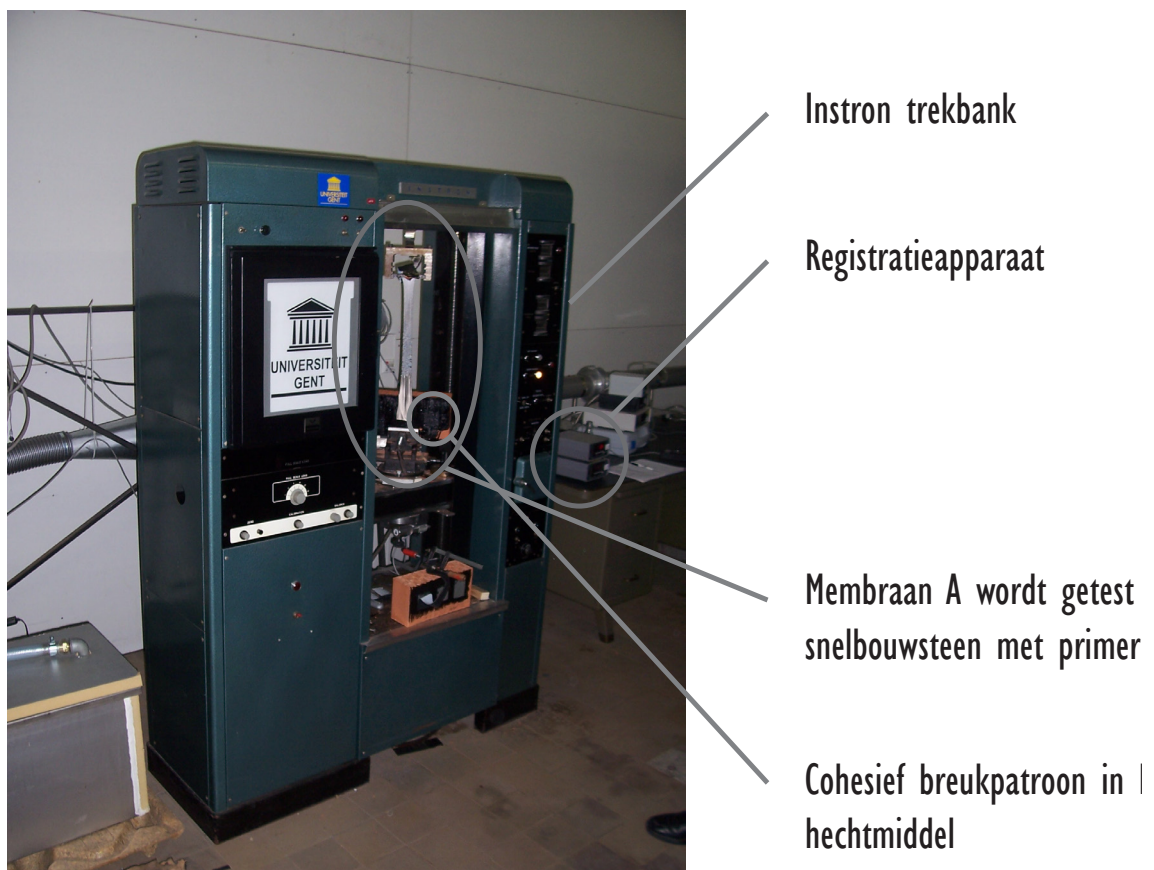
Figuur 21 vat de hele testprocedure nog eens bondig samen.

Methode van de afschuifproef

De afschuifproeven binnen het kader van dit werk werden uitgevoerd volgens EN 13127-2.

De afschuifproeven werden uitgevoerd op een gekalibreerde Instron trekbank (Fig. 22). Bovenaan in de trekbank is een klemsysteem gemonteerd, waarmee de membraanstrook kan vastgemaakt

worden. Aan de onderkant bevindt zich een bankschroef waarin het substraat kan geklemd worden. De positie van de bankschroef kan in beide asrichtingen aangepast worden, zodat het membraan perfect verticaal kan gepositioneerd worden en de belasting dus in de aslijn van de hechting kan aangebracht worden. Voor het starten van de trekproef wordt de resterende beschermfolie ook van het membraan verwijderd, zodat deze geen invloed kan uitoefenen tijdens de proef. De trekproef wordt uitgevoerd doordat de bankschroef en het substraat met een constante snelheid van 100 mm (+/- 10 mm) naar beneden worden getrokken (Fig. 22). Het testen gebeurt bij een constante temperatuur van 23°C (+/- 2°C). Een sensor registreert de maximale weerstand die tijdens de test wordt uitgeoefend. Per substraat werd de test, zoals eerder vermeld, 5 maal herhaald, werd het breukpatroon geregistreerd en werd het geteste sample gefotografeerd. De precieze resultaten van de proeven kan men in bijlage B terugvinden en bijlage C bevat de foto's van de samples.

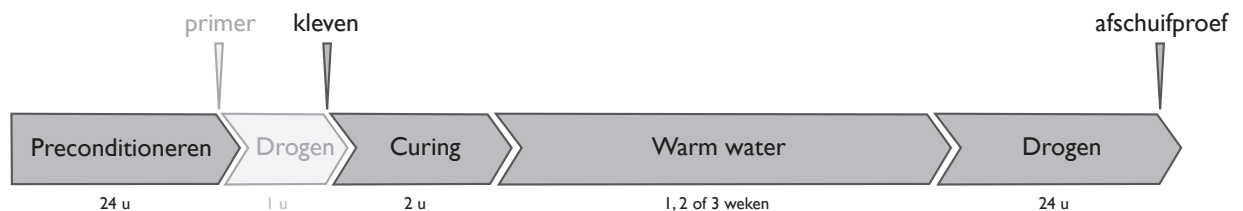


Figuur 22: Proefopstelling afschuifproef

Testen van de duurzaamheid

Blootstelling aan warm water

Er werd ook gepeild naar de duurzaamheid van de geselecteerde membranen bij blootstelling aan water met een temperatuur van 60°C ($\pm 1^{\circ}\text{C}$). Voor deze proef werden de samples op identieke wijze voorbereid en samengesteld als bij de gewone afschuifproef. Na 2 uren conditioneren van de samples werden deze voor 1, 2 of 3 weken in warm gedestilleerd water gelegd. Nadat het sample uit het water was gehaald, liet men het eerst 24u drogen in labocondities, waarna het getest werd zoals hierboven.



Figuur 23: Verloop testprocedure bij blootstelling aan warm water

Op figuur 24 ziet men het geïsoleerde reservoir, met bijpassend thermokoppel, dat voor deze test werd gebruikt.

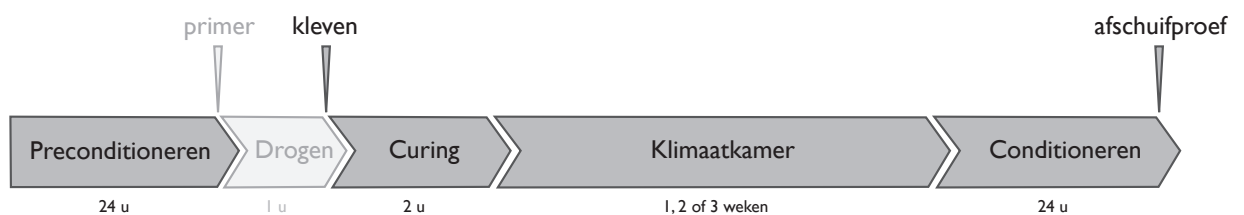
De gemiddelde afschuifweerstand die men uit deze proef kan afleiden wordt ter referentie vergeleken met de waarde die men uit de initiële proef haalt.



Figuur 24: Geïsoleerd reservoir met thermokoppel

Blootstelling aan constante temperatuur

Deze proef is analoog aan de proef “blootstelling aan warm water”, alleen werden de samples 1, 2 of 3 weken in een klimaatkamer (Fig. 26) bewaard bij een constante temperatuur van 80°C (+/- 2°C). De samples werden in dit geval ook aan een visuele inspectie onderworpen nadat ze uit de klimaatkamer kwamen. Ook bij deze proef werd 24 uur gewacht alvorens tot het testen over te gaan.

*Figuur 25: Verloop testprocedure bij blootstelling aan constante temperatuur*

Net als bij de proef met blootstelling aan water van 60°C worden de waarden, als referentie, vergeleken met de initiële resultaten.

*Figuur 26: Klimaatkamer met bijbehorend besturingstoestel*

3 Afschuifproeven: resultaten

Dit hoofdstuk bevat de resultaten van de tests die in het kader van dit werk werden uitgevoerd. De verwerking van de resultaten gebeurt in Microsoft Excel. De resultaten van de vijf trekproeven op elk sample worden ingevoerd in het softwarepakket, dat het gemiddelde, de standaardafwijking en de variatiecoëfficiënt berekent. Deze parameters worden gebruikt om de kwaliteit van de hechting van het membraan op de ondergrond te bepalen en te kunnen vergelijken met die van andere samples. Om twee sets resultaten te vergelijken, wordt opnieuw Excel (Anova variantie-analyse) gebruikt om te onderzoeken of er een significant verschil (verder meestal simpelweg als “verschil” beschreven) met een significantieniveau van 5 % te vinden is tussen beide reeksen. De precieze output van de variantieanalyses kan men terugvinden in bijlage D.

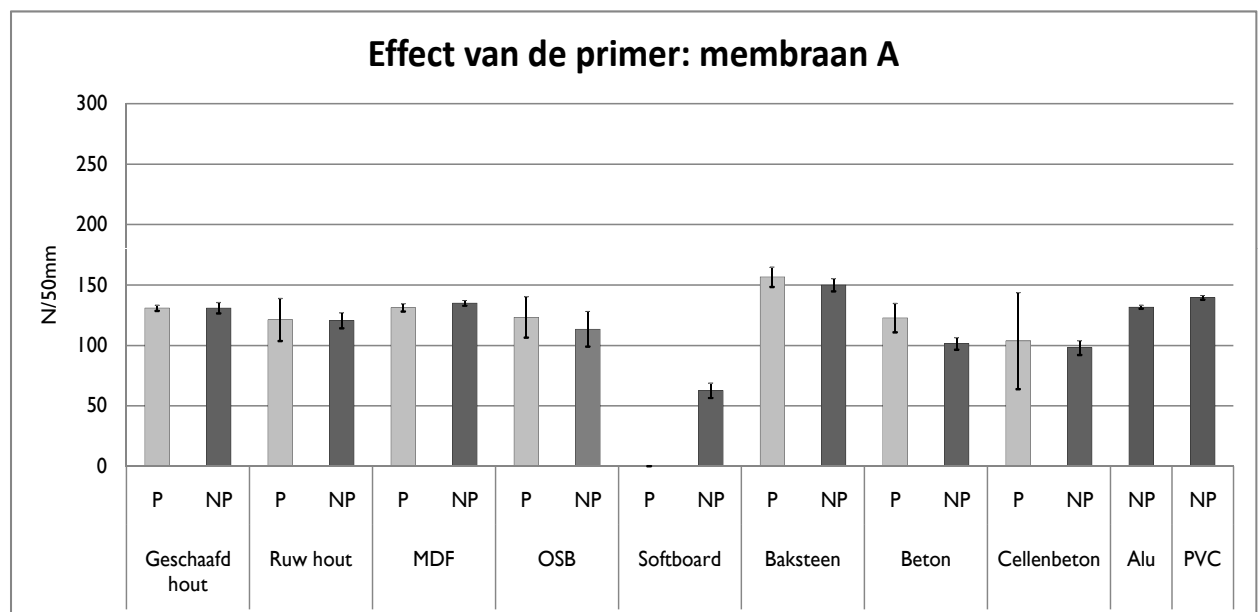
Om de resultaten op een toegankelijke manier over te brengen, worden de gemiddelden in dit hoofdstuk voorgesteld in grafieken, met de vermelding van de standaardafwijking van de vijf trekproeven per sample.

Naast het onderling vergelijken van resultaten, is het ook relevant om te beschikken over een algemeen criterium qua minimumprestatie van de hechting. EN 12317-2 stelt een ondergrens van 100 N/50 mm voor het “degelijk” presteren van de hechting van membranen bij een afschuifproef. De wetenschappelijke achtergrond van deze ondergrens is echter vrij vaag, zodat de correctheid ervan soms in twijfel getrokken wordt.

Effect van een primer op verschillende ondergronden

Membraan A

De afschuifweerstand van membraan A wordt voorgesteld in grafiek 1. De hoogte van de balkjes geeft het gemiddelde van de vijf trekproeven weer, terwijl de halter de standaardafwijking weergeeft.



Grafiek 1: Effect van een primer op de aanhechting van membraan A en de prestaties op verschillende ondergronden

Uit de Anova post-hoc-test (zie bijlage D) kunnen we volgende conclusies trekken i.v.m. het gebruik van de bijhorende primer van membraan A. Als men per houtderivaat de resultaten met en zonder primer met elkaar vergelijkt, kunnen we geen verschillen vinden. Het blijkt dus, zoals op de grafiek ook al te zien is, dat het gebruik van primer A ter voorbehandeling van hout weinig effect heeft. De uitzondering hierop is softboard. De primer heeft op softboard wel effect, maar het is een zeer negatief effect. Bij behandeling van softboard met primer A lijkt het softboard als een soort spons te werken en de primer op te zuigen. De primer droogt hierdoor heel slecht op, het oppervlak blijft vochtig en bijgevolg hecht het membraan niet op het natte oppervlak.

Softboard is een materiaal dat gemaakt wordt uit houtvezels. Houtvezels bevatten een natuurlijke bindstof 'lignine' waardoor de vezels bij elkaar worden gehouden, er worden dus geen extra lijmen of harsen toegevoegd. Uit de natte vezelmasse worden platen gevormd, die gedroogd worden zonder de platen te persen. Hierin verschilt softboard van de hardere plaatmaterialen zoals MDF en OSB, deze platen worden geperst na toevoeging van kunstharsen. softboard is dan ook veel poreuzer en lichter dan MDF en OSB.

Bij de eerste vier houtderivaten en de minerale materialen komt steeds hetzelfde breukpatroon terug. De membranen op een met primer behandelde ondergrond vertonen een adhesieve breuk in het vlak tussen het hechtmiddel en de behandelde ondergrond. Op een onbehandelde ondergrond komt hetzelfde breukpatroon voor, maar blijven er vlekken op het plaatmateriaal achter (Fig. 27). Deze vlekken wijzen erop dat bepaalde substanties uit het bitumineuze hechtmiddel in het hout trekken, wat zou kunnen betekenen dat het hechtmiddel op lange termijn uitdroogt en de hechting aan sterkte inboet. Het softboard zonder primer vertoont een cohesieve breuk van het substraat, de breuk treedt namelijk op door het loskomen van vezels van het softboard.



Figuur 27: Vlekvorming van membraan A op geschaafd hout

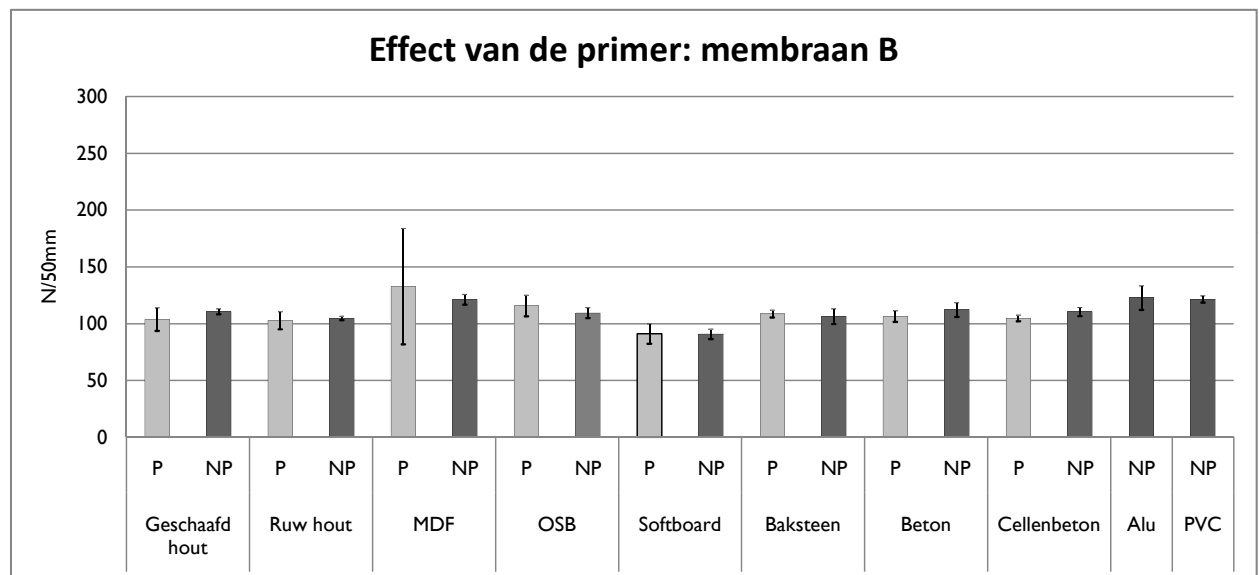
Bij de minerale materialen lijkt de primer een positief effect te hebben. De Anova post-hoc test wijst een significant verschil uit tussen de hechting op een behandelde en onbehandelde baksteen of stuk beton. Door de Anova-test met een 5 %-significantieinterval kunnen we met 95 % zekerheid zeggen dat dit verschil niet op toeval berust. Bij cellenbeton zien we dit verschil dan weer niet.

Uit de geanalyseerde gegevens kunnen we ook afleiden of er onderscheid te maken valt tussen de hechting van membraan A op verschillende ondergronden. Aangezien fabrikanten gewoonlijk het gebruik van een primer op alle houten en minerale ondergronden aanraden, zullen we bij deze materialen ons vooral richten op de resultaten van de met primer behandelde oppervlakken. Er zijn geen onderlinge verschillen te vinden binnen de houtderivaten die met primer behandeld zijn. Men zou kunnen verwachten dat het vrij viskeuze bitumineuze hechtmiddel moeilijker kan hechten op de oneffen structuur van het ruwe hout, maar dit blijkt niet het geval te zijn. De verschillen die men in de grafiek ziet, berusten dus waarschijnlijk op toeval. Mogelijks zijn deze verschillen er omdat er maar vijf metingen gebeurd zijn.

Baksteen met primer is significant beter dan beton en cellenbeton, waartussen de verschillen evenwel minder duidelijk zijn. Dit is misschien te wijten aan de grote standaardafwijking die we bij de vijf proefresultaten op cellenbeton vinden. Daarnaast kunnen we vaststellen dat de hechting op onbehandelde PVC beter is dan die op een onbehandeld aluminiumprofiel.

Membraan B

De primer die bij membraan B hoort, heeft volgens de proefresultaten geen effect op de meeste ondergronden. Alleen bij geschaafd hout is er een significant verschil merkbaar, de primer blijkt de aanhechting te verslechteren.



Grafiek 2: Effect van een primer op de aanhechting van membraan B en de prestaties op verschillende ondergronden

Op vlak van de prestaties van membraan B op verschillende ondergronden met primer zien we nergens grote verschillen, zelfs niet in vergelijking met het softboard.

Membraan B vertoont typisch een cohesieve breuk (Fig. 23) in het butylhechtmiddel.

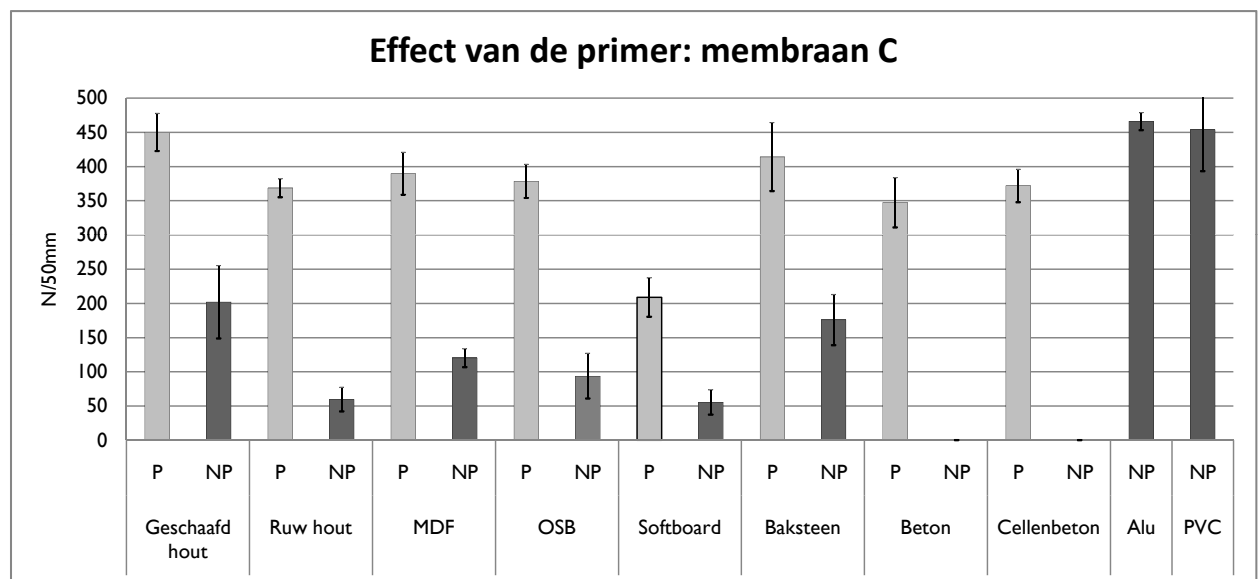
Membraan C

Bij membraan C (Graf. 3) vallen meteen de enorme verschillen op tussen de hechting met en zonder primer. De primer van membraan C is de enige die bij de initiële tests echt een zeer uitgesproken effect teweegbrengt. Op beton en cellenbeton is er zelfs helemaal geen hechting van het membraan zonder primer.

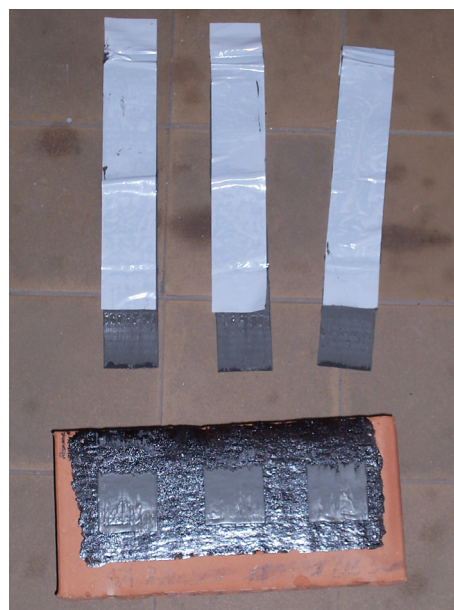
De hechting op geschaafd hout presteert beter dan op ruw hout, MDF en OSB, die alle drie op hetzelfde niveau presteren, terwijl de hechting op softboard opnieuw veel zwakker is. Tussen

baksteen, beton en cellenbeton zijn er geen verschillen.

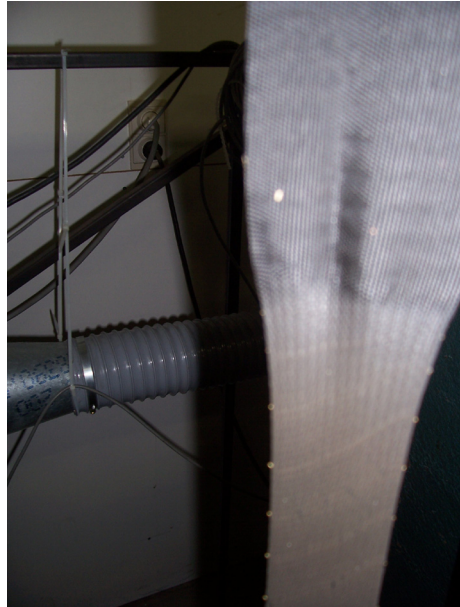
Membraan C, net als membraan A voorzien van een bitumineus hechtmiddel, vertoont meestal een adhesieve breuk in het vlak tussen het hechtmiddel en de primer of de ondergrond. In enkele gevallen treedt er een breuk van de glasvezelwapening op, waarna het membraan ter plaatse van de wapeningsbreuk sterk uitrekt (Fig. 29) en de weerstand van het membraan afneemt. In principe treedt er in deze gevallen dus niet echt een breuk van de aanhechting op bij de maximale afschuifspanning.



Grafiek 3: Effect van een primer op de aanhechting van membraan C en de prestaties op verschillende ondergronden



Figuur 28: Cohesieve breuk van membraan B op baksteen met primer



Figuur 29: Glasvezelbreuk in en grote rek van membraan C

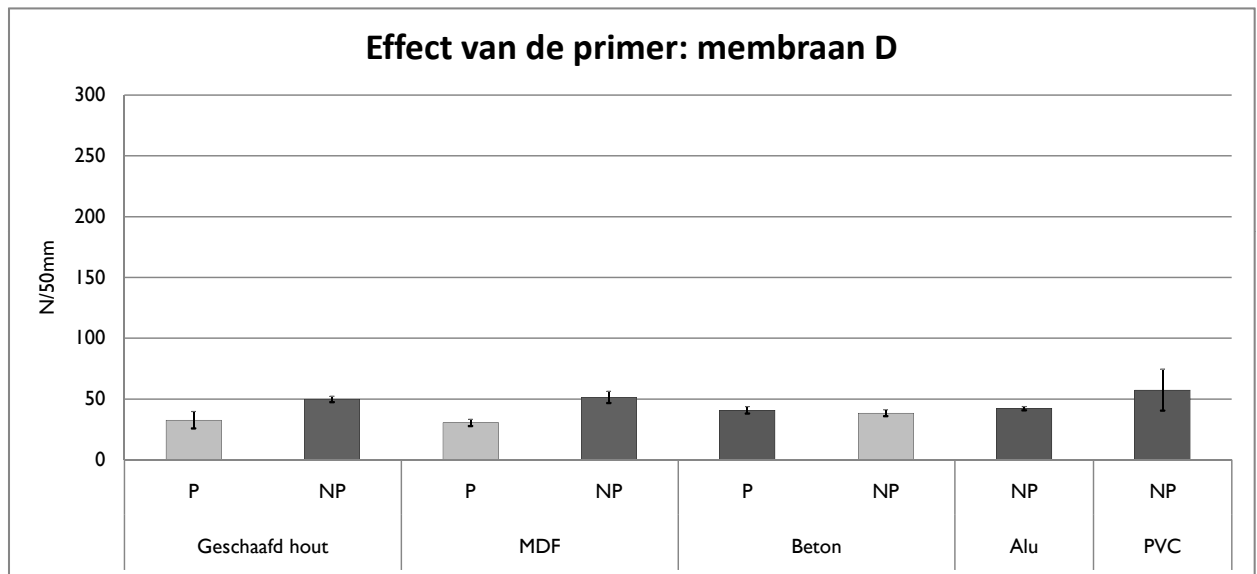
Membraan D

Om de prestaties van membraan D enigszins in te kunnen schatten, werden enkele steekproeven uitgevoerd.

De hechting op geschaafd hout en MDF wordt beïnvloed door het gebruik van de primer, maar in negatieve zin. Op beton blijkt voorbehandeling geen aantoonbaar effect te hebben.

In onderlinge vergelijking scoort de verkleving op beide houtsoorten (met en zonder primer) op hetzelfde niveau. Tussen de hechting op beton met primer, aluminium en PVC zijn er geen verschillen.

Bij het falen van membraan D kunnen we een aparte breukstructuur optekenen. Zoals men in figuur 30 kan zien, is er een gemengde breuk met een streeppatroon, nl. deels cohesief in het butylhechtmiddel en deels adhesief in het vlak tussen het hechtmiddel en het substraat. Deze breukstructuur is waarschijnlijk te wijten aan de manier waarop bij de productie het hechtmiddel op de toplaag of de beschermfolie op het hechtmiddel wordt aangebracht.



Grafiek 4: Effect van een primer op de aanhechting van membraan D en de prestaties op verschillende ondergronden



Figuur 30: Gemengde breuk van membraan D op aluminium

Conclusie

Als we de prestaties van de vier geteste membranen algemeen vergelijken, dus over alle ondergronden heen, kunnen we duidelijke verschillen waarnemen. Bij deze vergelijking houden we alleen rekening met een voorbehandeling van de houtderivaten en minerale ondergronden en onbehandelde aluminium en PVC, zoals de meeste fabrikanten voorschrijven.

We merken volgende trend (respectievelijk van hoge naar lage afschuifweerstand): membraan B, A, C en D. Bij membraan C zien we wel een grotere spreiding van de testresultaten dan bij de andere membranen.

Qua effect van de primers tekent zich enkel bij membraan C een duidelijk positief effect af. De primer die geleverd wordt bij membraan B en D blijkt soms zelfs een nefaste invloed te hebben!

Het verschil in effectiviteit van de primers is waarschijnlijk te verklaren door een verschil in chemische eigenschappen en viscositeit van de primers: primer C is nl. eerder een dikke brij, terwijl primers A en B vloeibaarder zijn.

Tussen membranen B en D is er een duidelijk verschil, zelfs als we rekening houden met het kleinere hechtingsoppervlak van membraan D, hoewel beide membranen van dezelfde fabrikant komen en deze beweert dat beide evenwaardig presteren.

Mochten we met het minimum van 100N/50mm uit EN 12317-2 rekening houden, zouden membranen A, B, en C (met primer op houtderivaten en minerale ondergronden) bij deze initiële tests de ondergrens halen, met uitzondering van membraan A en B op softboard.

De aanbevelingen van de fabrikanten om op aluminium en PVC geen primer te gebruiken, blijken gegrond te zijn: de hechting op beide materialen presteert zonder primer evenwaardig aan de hechting op de andere ondergronden met primer. Mocht men toch een primer willen toepassen op aluminium en PVC, zou deze waarschijnlijk toch moeilijk hechten op deze ondergronden.

Hechting van verschillende membranen op een bepaalde ondergrond

In deze paragraaf worden eigenlijk dezelfde gegevens als hierboven bekeken, maar vanuit een ander perspectief. Per ondergrond wordt er geanalyseerd welk membraan er het beste presteert en wat het effect van de primers is op die specifieke ondergrond.

Geschaafd hout

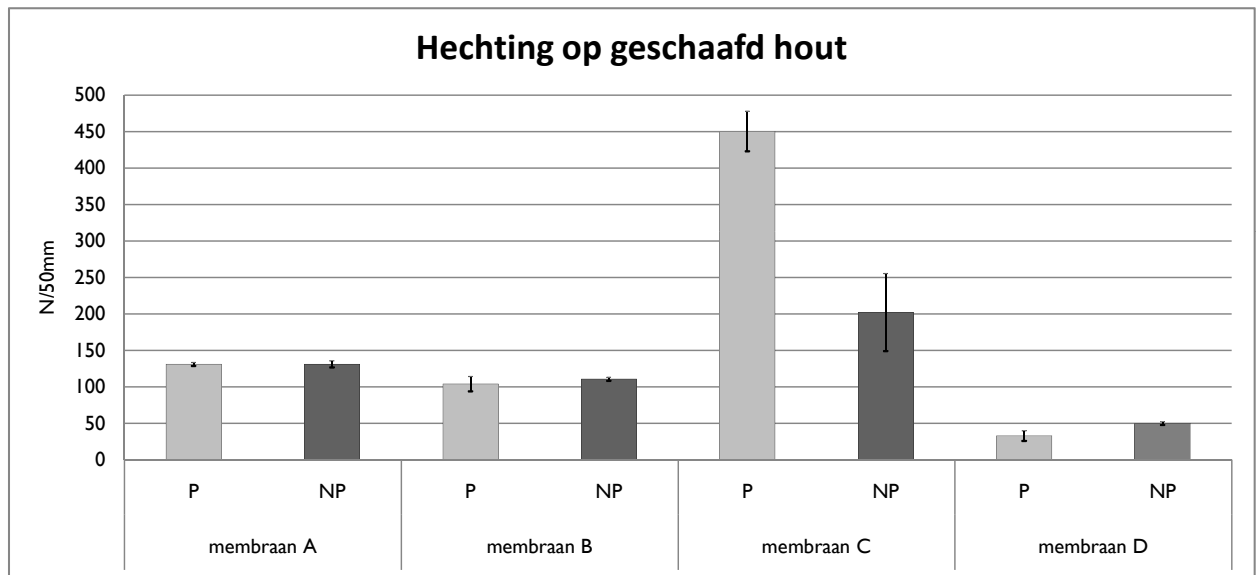
In grafiek 5 herkennen we onmiddellijk een trend die in de vorige paragraaf ook al naar voren kwam: membraan C-A-B-D als rangorde van hoogste afschuifweerstand naar laagste afschuifweerstand bij de initiële afschuifproeven.

Voorbehandeling met primer A lijkt weinig effect te hebben, in tegenstelling tot primer C, die de prestaties van membraan C meer dan verdubbelt. Membranen B en D presteren slechter als het geschaafde hout wordt voorbehandeld met de bijhorende primer. Voor beide membranen, die zoals eerder vermeld van dezelfde fabrikant komen, is de primer dezelfde.

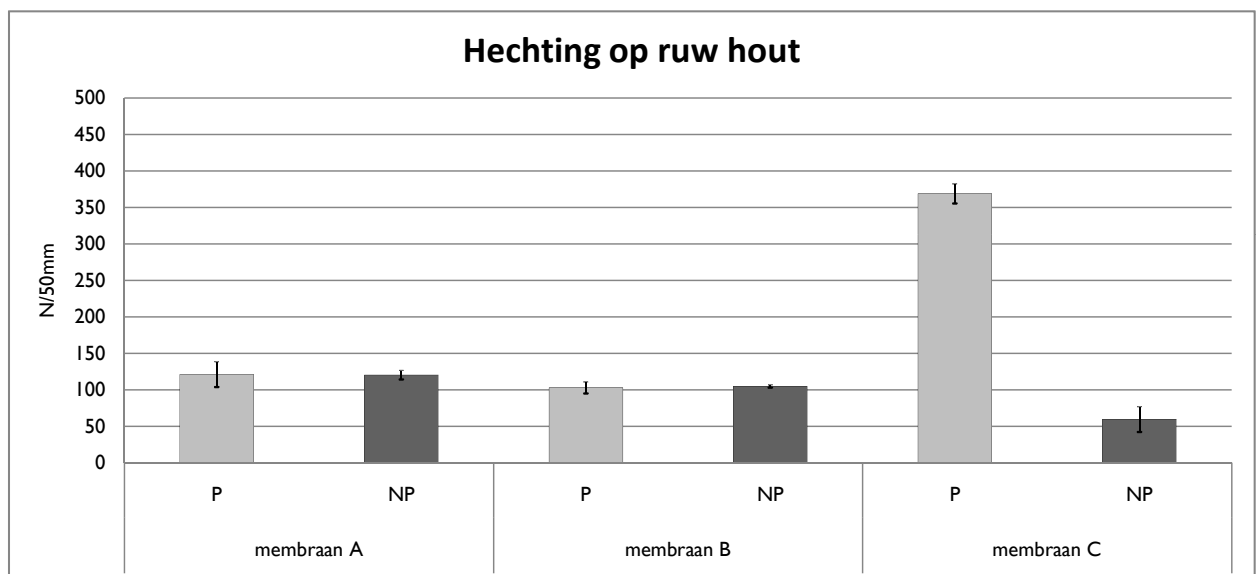
Ruw hout

Ook op ruw hout (Graf. 6) tekent zich opnieuw de trend C-A-B af.

Men zou kunnen verwachten dat een voorbehandeling van het ruwe hout met een primer algemeen een positief effect heeft, omdat de primer het ruwe oppervlak, met hier en daar losse vezels, zou egaliseren en de losse vezels zou binden, maar dit blijkt niet het geval te zijn. Enkel bij membraan C is het effect van een primer op ruw hout duidelijk merkbaar, maar dit is ook zo op de andere ondergronden.



Grafiek 5: Hechting van de verschillende membranen op geschaafd hout en het effect van de primers



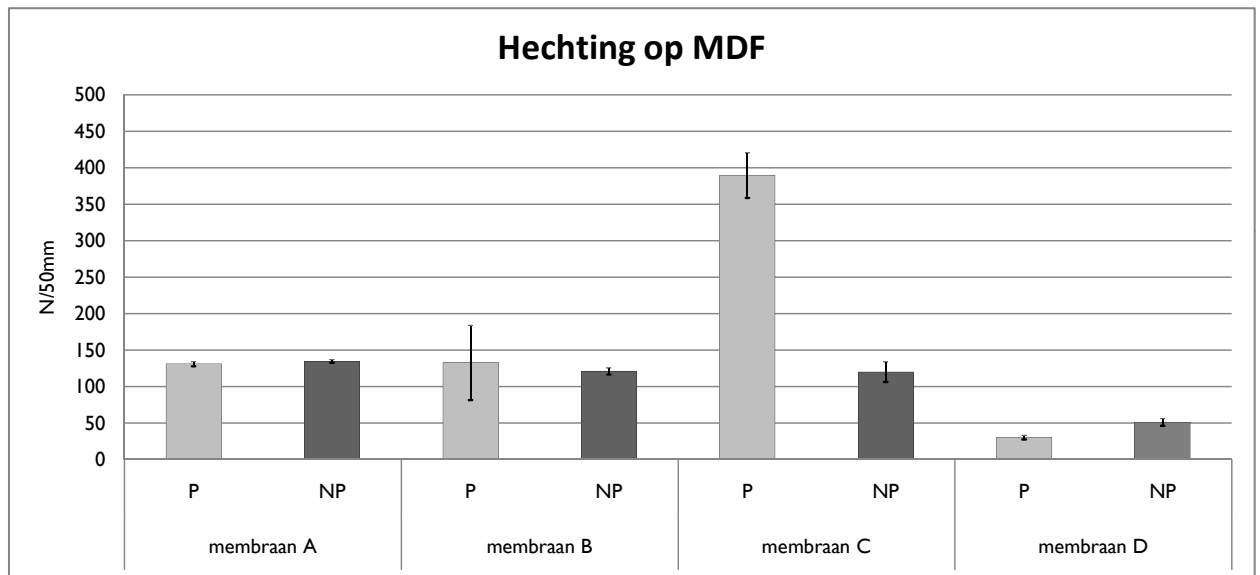
Grafiek 6: Hechting van de verschillende membranen op ruw hout en het effect van de primers

MDF

Op deze ondergrond is er geen onderscheid te maken tussen de prestatie van membraan A met primer en membraan B met primer, beiden presteren evenwaardig.

Opnieuw is er enkel bij membraan C een positief effect van de primer en primer D verslechtert de hechting.

Zonder primer hecht membraan C even goed op MDF, als membranen A en B met primer.



Grafiek 7: Hechting van de verschillende membranen op MDF en het effect van de primers

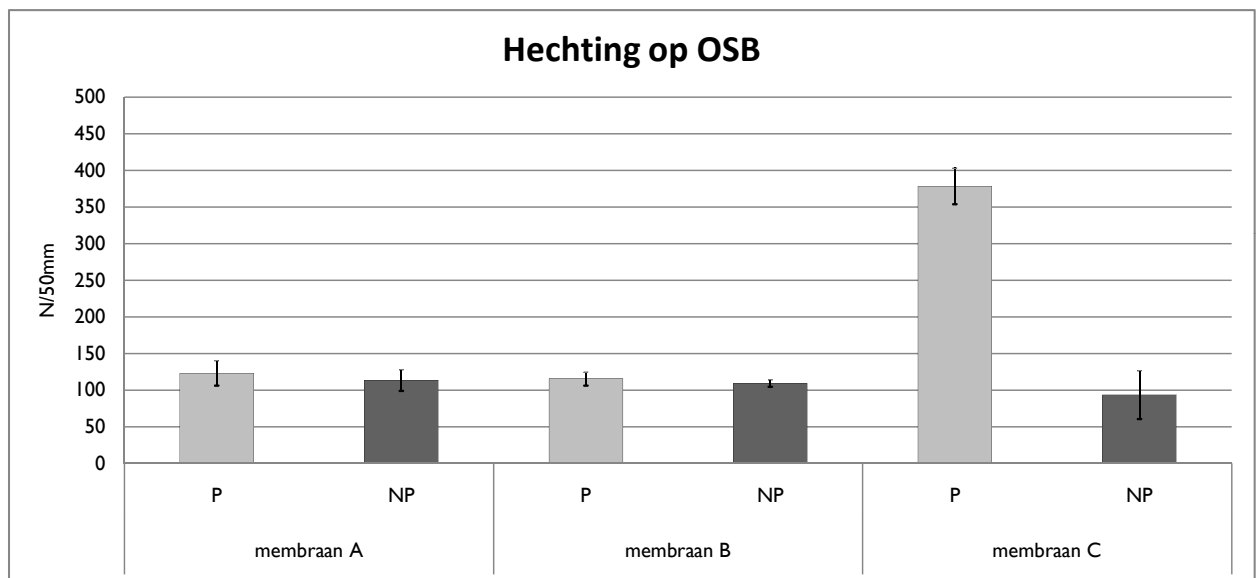
OSB

De fenomenen die men bij MDF kon waarnemen, blijken ook bij OSB voor te komen (Graf. 8). Ook hier ziet men een evenwaardige prestatie van membraan A met primer, membraan B met primer en membraan C zonder primer. De hechting van membraan C met primer piekt daar eens te meer boven uit en bij membranen A en B heeft de primer weinig effect.

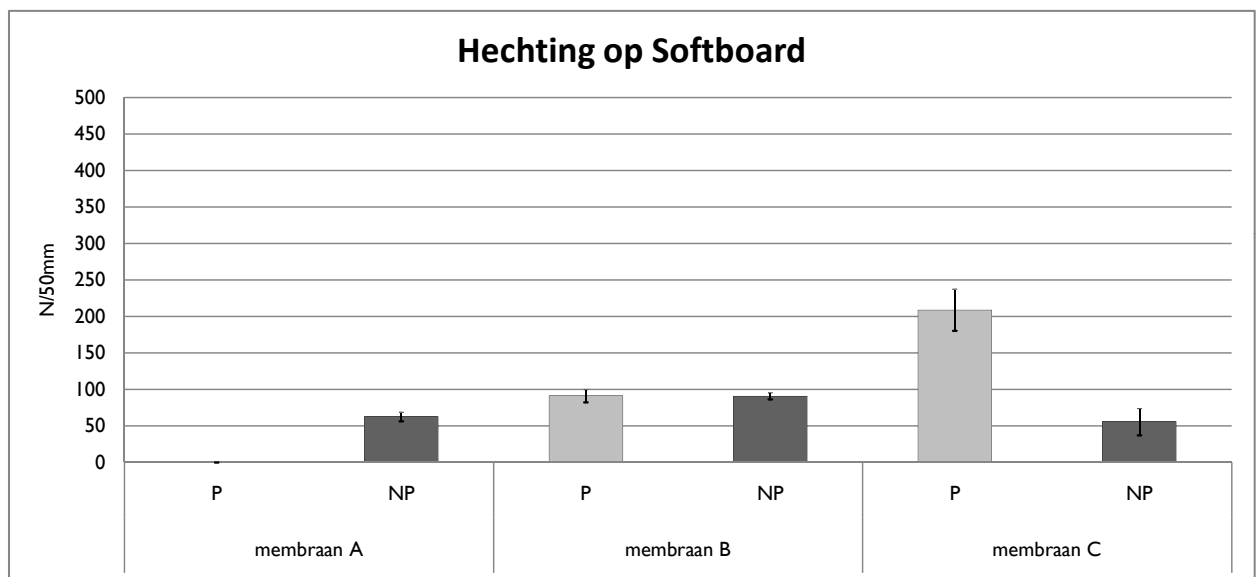
Softboard

Op softboard zien we, zoals eerder besproken, een erg funeste werking van de primer bij membraan A. De prestaties op softboard liggen algemeen gezien ook lager dan die op andere ondergronden.

Bij alle membranen veroorzaakt de afschuifproef op onbehandeld softboard een cohesieve breuk van het substraat, er worden vezels uit het oppervlak van de plaat losgetrokken. Bij membranen B en C zien we na behandeling met primer een adhesieve breuk, maar waarom de afschuifweerstand daar lager ligt dan bij andere materialen is niet meteen te verklaren.



Grafiek 8: Hechting van de verschillende membranen op OSB en het effect van de primers



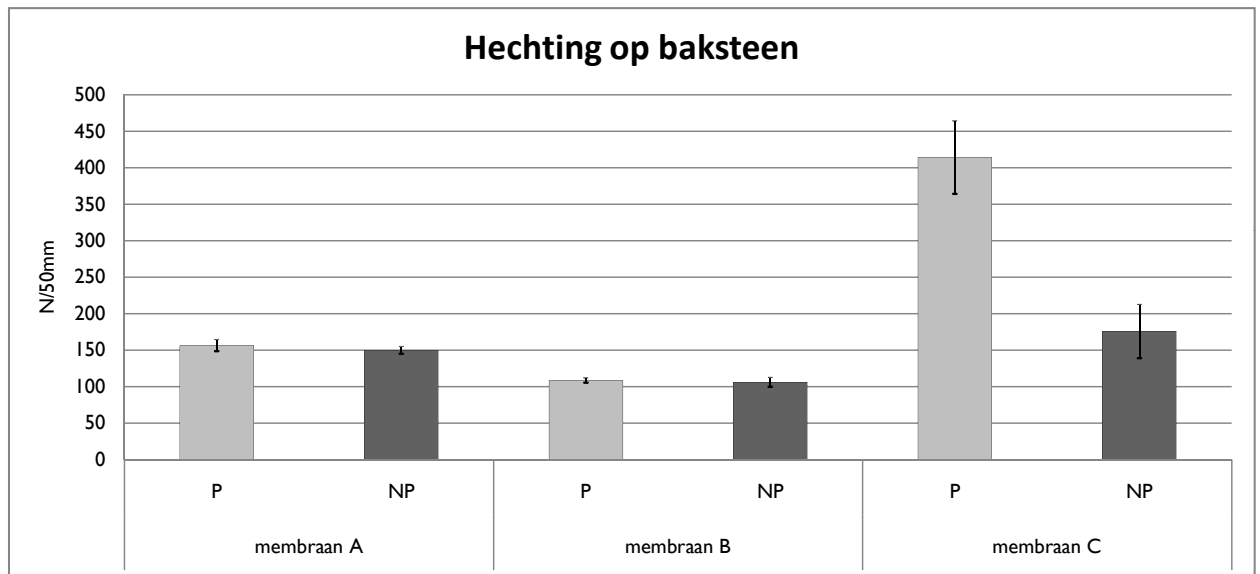
Grafiek 9: Hechting van de verschillende membranen op softboard en het effect van de primers

Baksteen

Op deze ondergrond komt de rangorde C-A-B terug expliciet naar voor.

Bij membranen A en C is er een verbetering van de weerstand na een voorbehandeling met de gepaste primer, zij het bij membraan C veel uitdrukkelijker.

Membraan C scoort zonder primer op hetzelfde niveau als membraan A met primer.

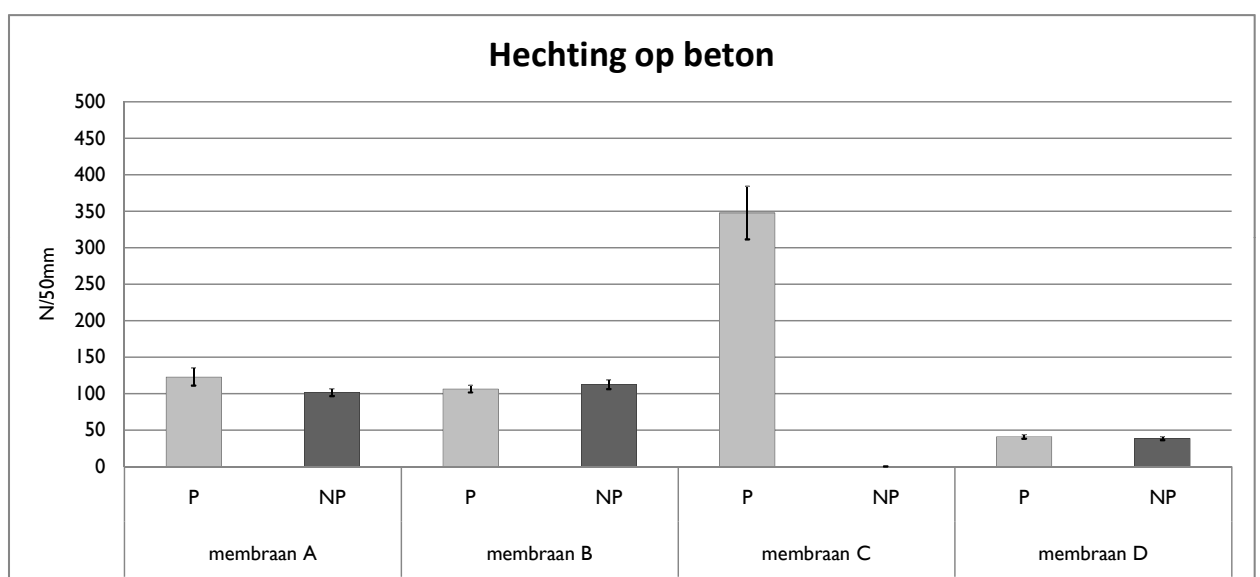


Grafiek 10: Hechting van de verschillende membranen op baksteen en het effect van de primers

Beton

Bij beton valt meteen op dat membraan C op een onbehandelde ondergrond niet kan hechten. Dit is te wijten aan het stofferige oppervlak van beton, hoewel de substraten steeds afgeborsteld werden voor het verkleven van de membranen.

Ook op beton, met primer, zien we de rangorde C-A-B-D en bij de bitumineuze membranen A en C is er een positieve invloed van de primer.

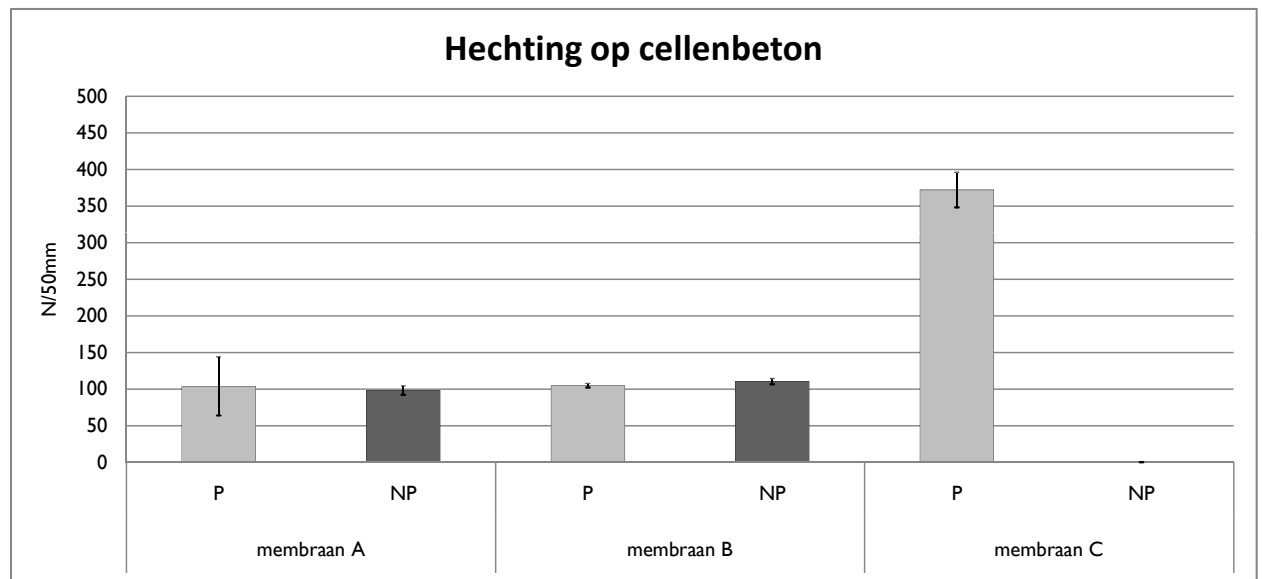


Grafiek 11: Hechting van de verschillende membranen op beton en het effect van de primers

Cellenbeton

Hier zien we eveneens dat membraan C niet hecht op een onbehandelde ondergrond.

Membranen A en B presteren evenwaardig en bij beiden is er geen effect t.g.v. het gebruik van een primer.



Grafiek 12: Hechting van de verschillende membranen op cellenbeton en het effect van de primers

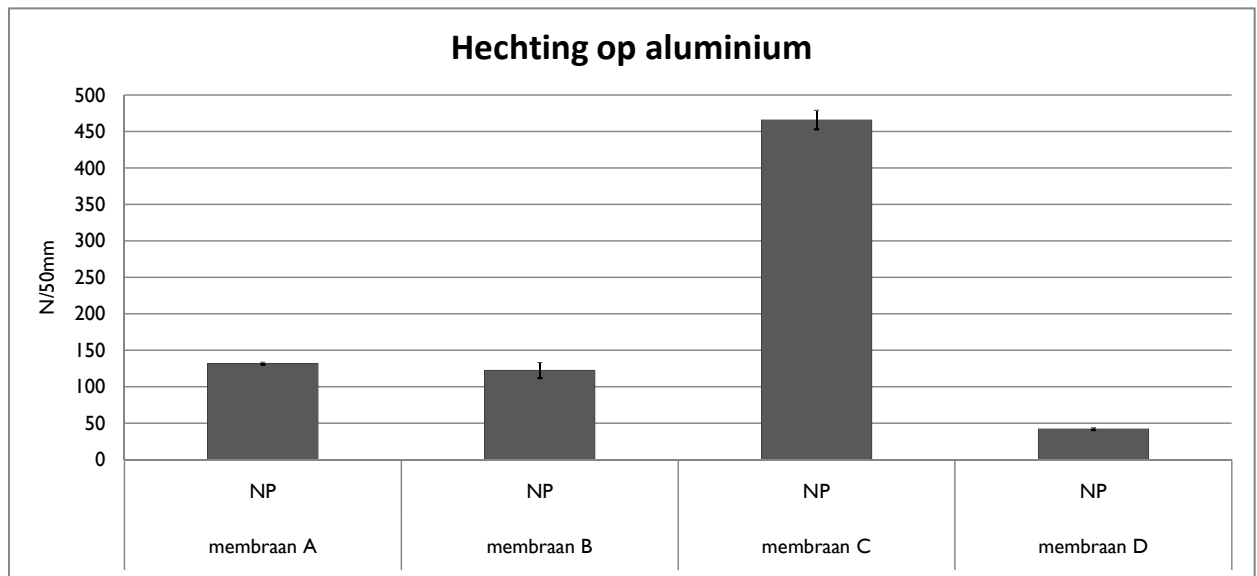
Aluminium (geanodiseerd)

Membraan A en B presteren op hetzelfde niveau op het geanodiseerde aluminium, terwijl membraan C duidelijk hoger en membraan D duidelijk lager scoort (Graf. 13).

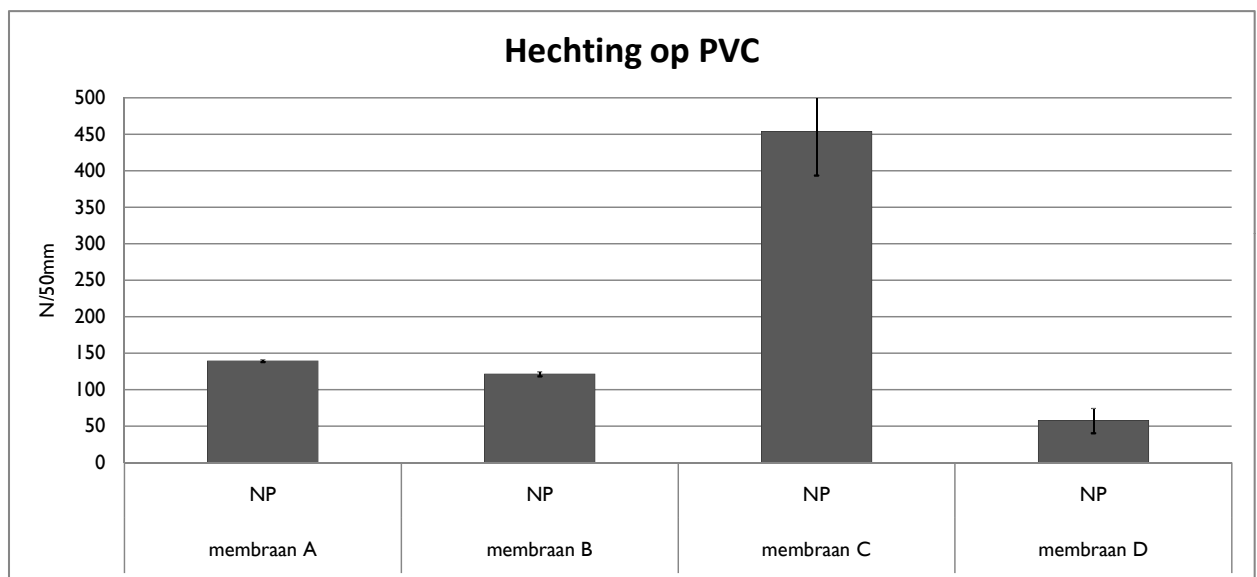
Op aluminium lijken de resultaten inderdaad, zoals eerdere studies uitwezen, de kleinste relatieve spreiding te hebben.

PVC

Op PVC presteert membraan B niet even goed als membraan A, hier komt de volgorde C-A-B-D terug. Er is ook een grotere spreiding te zien dan op, het nochtans eveneens isotrope, aluminium (Graf. 14).



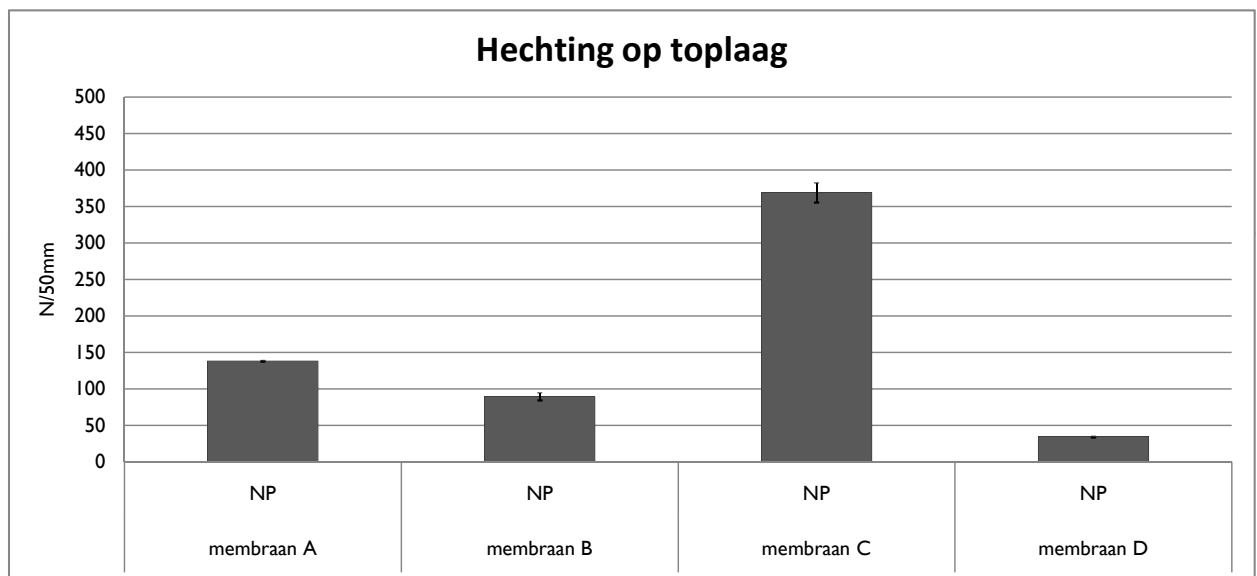
Grafiek 13: Hechting van de verschillende membranen op aluminium



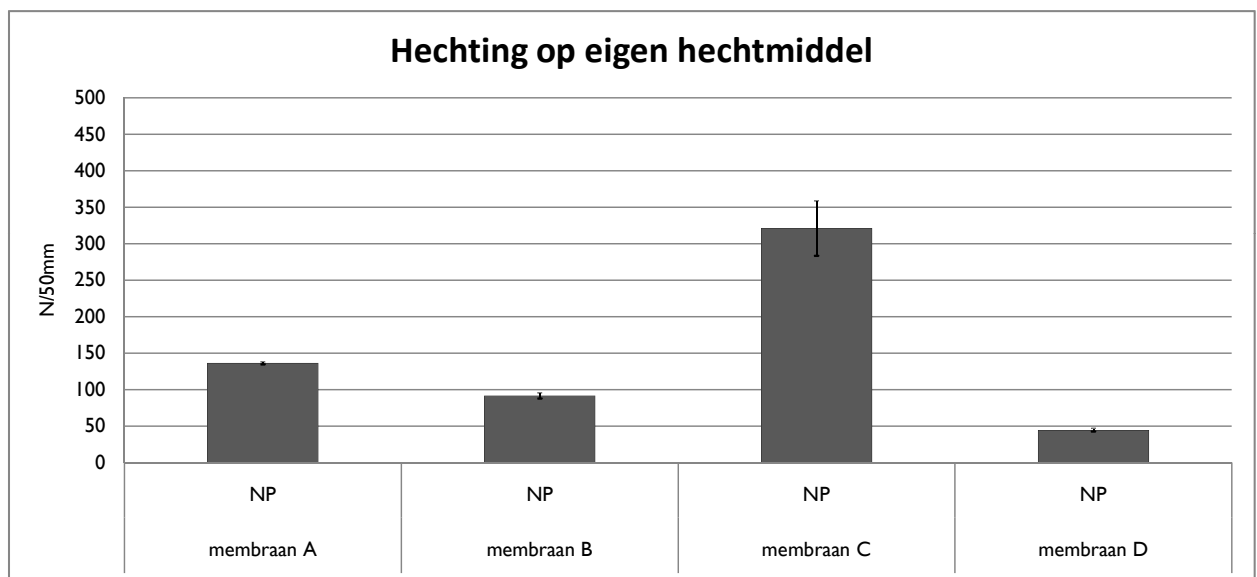
Grafiek 14: Hechting van de verschillende membranen op PVC

Eigen toplaag en lijmlaag

In sommige gevallen dienen membranen op hun eigen toplaag verkleefd te worden, bijvoorbeeld bij hoekoplossingen (zie Deel III). Daarom zijn tests uitgevoerd waarbij stroken van een membraan op de toplaag van andere stroken van hetzelfde membraan verlijmd werden. Er werden ook tests uitgevoerd waarbij twee stroken met de lijmlagen tegen mekaar verlijmd werden, hoewel dit in de praktijk zelden voorkomt. In beide gevallen komt de rangorde C-A-B-D terug en de membranen presteren in grootteorde op beide ondergronden gelijk.



Grafiek 15: Hechting van de verschillende membranen op hun eigen toplaag



Grafiek 16: Hechting van de verschillende membranen op hun eigen hechtmiddel

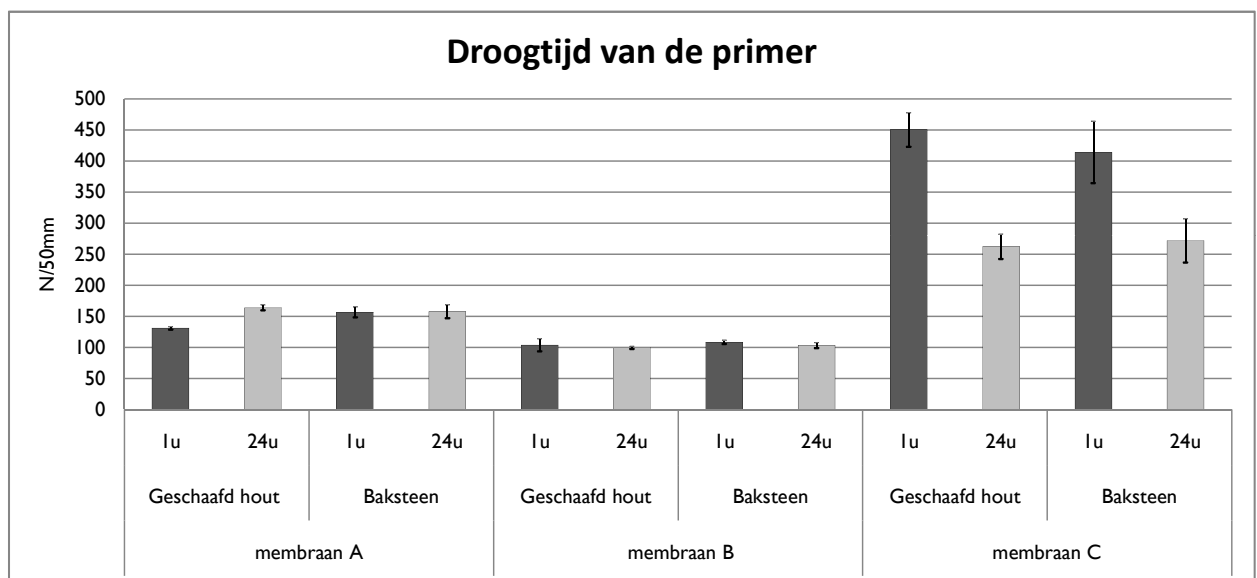
Invloed van de droogtijd van de primer

Om de invloed van de “curing period” of droogtijd van de primer te kunnen inschatten, zijn er op geschaafd hout en baksteen steekproeven gebeurd met membranen A, B en C, waarbij de primer 24 uren i.p.v. 1 uur kan drogen.

Naast het feit dat er bij membraan A op geschaafd hout een stijging van de afschuifweerstand te merken is, valt onmiddellijk de daling bij membraan C op. Als men primer C 24 uren i.p.v. 1 uur

laat drogen, daalt de afschuifweerstand van membraan C op geschaafd hout en baksteen met ongeveer 1/3. Het is mogelijk dat de reactiviteit van primer C groter is als de primer nog niet 100 % uitgedroogd is, wat na 24 uren wel het geval is. Primer A en B zijn veel vloeibaarder dan primer C, waardoor deze primers na 1 uur waarschijnlijk zo goed als volledig uitgedroogd zijn.

Bij membraan A op baksteen en membraan C, op beide ondergronden, zijn er geen verschillen.



Grafiek 17: Invloed van de droogtijd van de primer

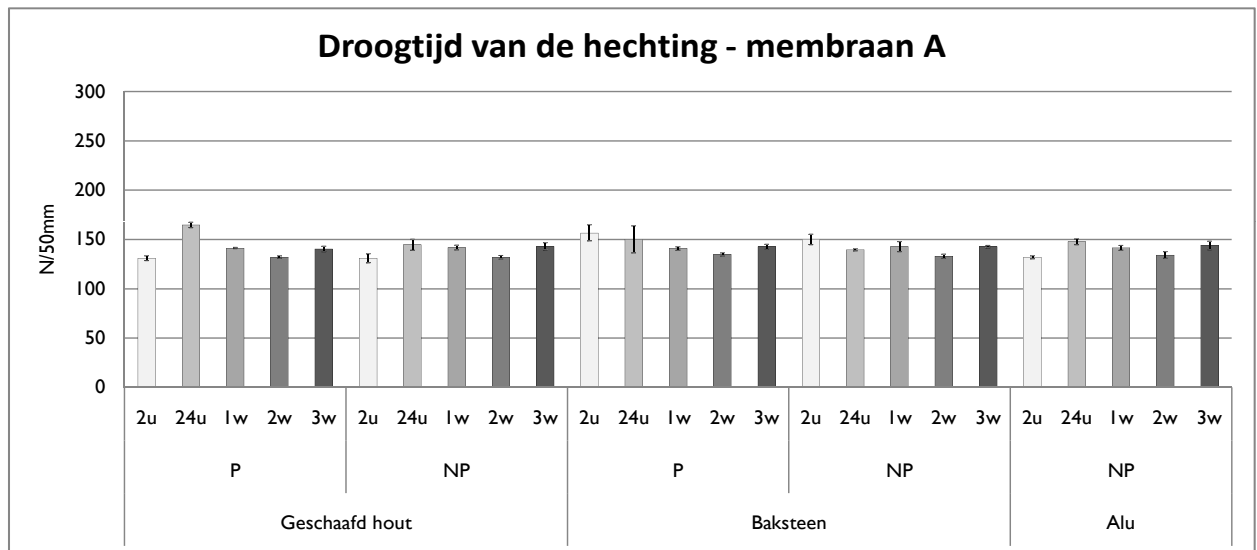
Invloed van de droogtijd van de hechting

In deze paragraaf worden de resultaten bekeken van afschuifproeven op membranen A, B en C waarvan de hechting, naast de normale 2 uur, 24 uren, 1 week, 2 weken en 3 weken kon rusten in labocondities.

Membraan A

In grafiek 16 zien we wel enkele kleine verschuivingen na verloop van tijd, maar die zijn niet van dergelijke mate dat we er onmiddellijk een duidelijk stijgende of dalende algemene trend uit kunnen afleiden. De kwaliteit van de hechting van de bitumineuze kleefstof van membraan A lijkt dus niet aantoonbaar te verbeteren of te verslechteren i.f.v. de droogtijd.

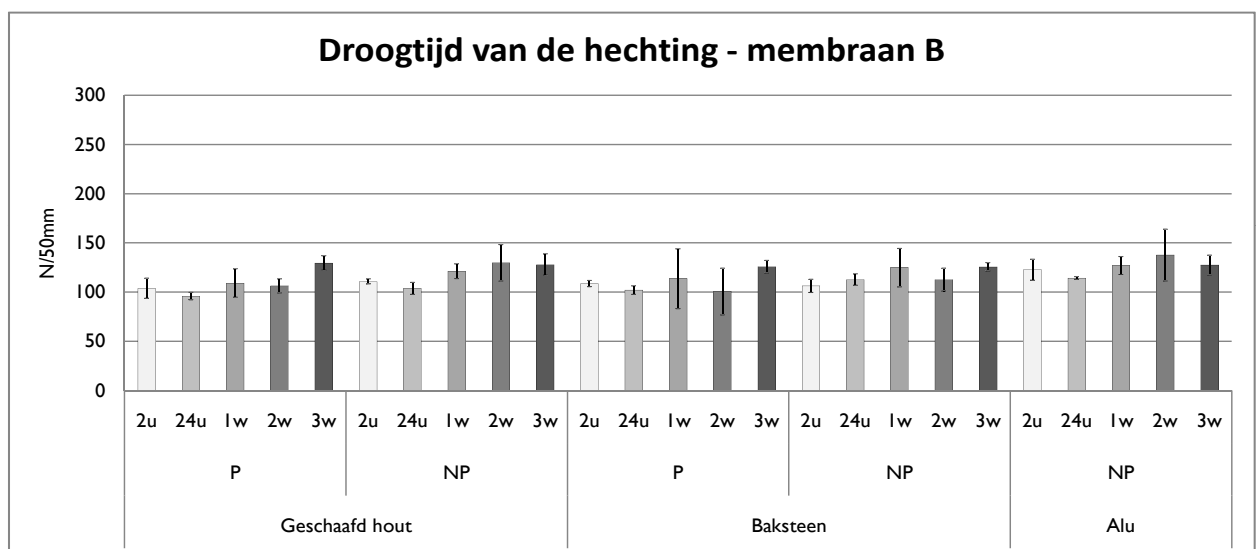
Een terugkerend patroon is dat de afschuifweerstand van de samples die 2 weken konden rusten iets lager ligt dan die van 1 en 3 weken. Daar is niet meteen een verklaring voor te vinden, behalve dat dit het gevolg zou kunnen zijn van de niet volledig controleerbare relatieve vochtigheid in het laboratorium.



Grafiek 18: Invloed van de droogtijd van de hechting bij membraan

Membraan B

Uit deze resultaten blijkt dat bij membraan B de afschuifweerstand volgens de Anova-analyse niet noemenswaardig toe- of afneemt, i.f.v. een langere droogtijd van de hechting.



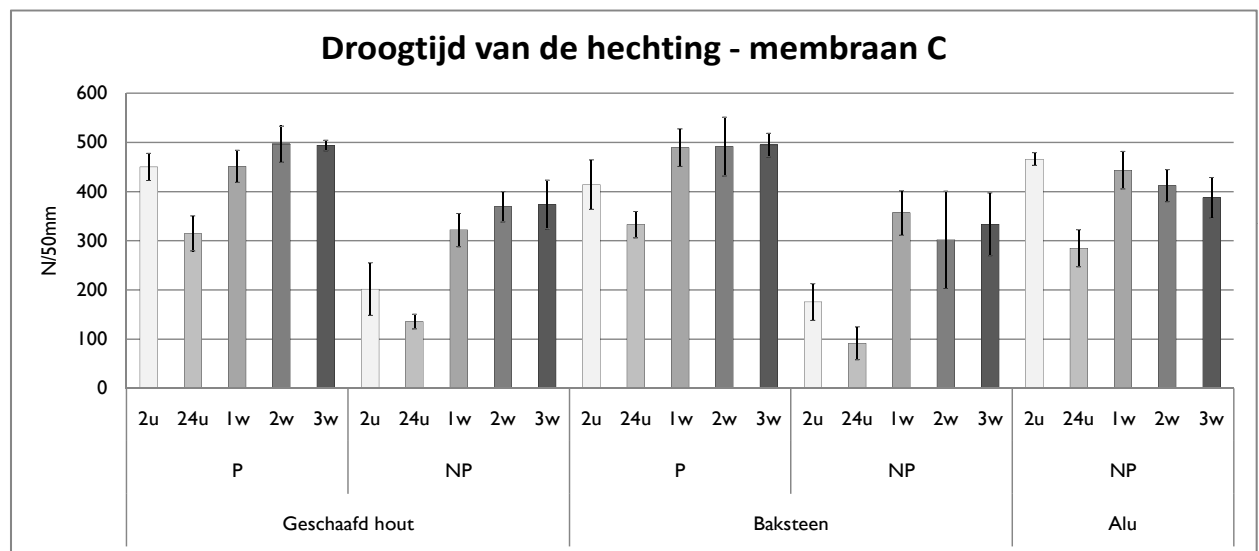
Grafiek 19: Invloed van de droogtijd van de hechting bij membraan B

Membraan C

Bij membraan C zien we een vreemde daling bij de samples die 24 uren konden rusten. Dit fenomeen is niet meteen te verklaren, behalve dat dit waarschijnlijk ook aan oncontroleerbare externe

invloeden te wijten is.

Als we de daling na 24 uren buiten beschouwing laten kunnen we, behalve bij aluminium, een licht stijgende trend doorheen de tijd van de gemiddelde afschuifweerstand noteren.



Grafiek 20: Invloed van de droogtijd van de hechting bij membraan C

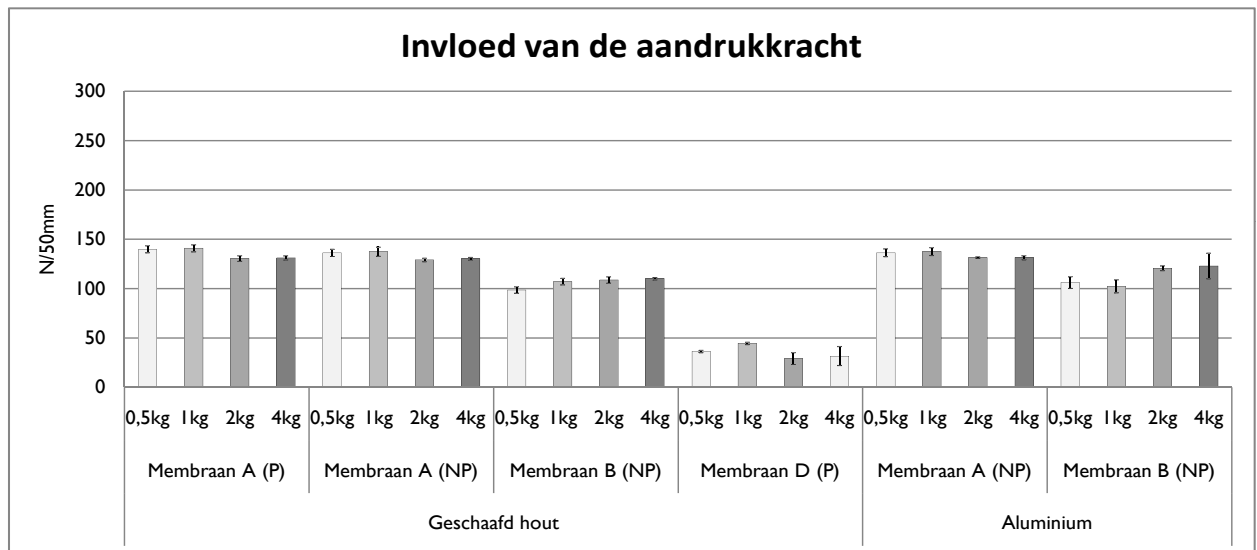
Aanbeveling

Om een beter zicht te krijgen op de prestaties van bitumineuze en butylhechtmiddelen na verloop van tijd zou men proeven kunnen doen over veel langere termijnen, in de zin van maanden en jaren. Theoretisch gezien zou men dan een dalende trend hoorheen de tijd moeten kunnen traceren. Er migreren substanties uit het hechtmiddel, zodat het brosser wordt en de afschuifweerstand daalt.

Invloed van de aandrukkracht

Om de invloed van de aandrukkracht te kunnen inschatten, zijn enkele steekproeven op membranen A, B en D gebeurd met een verschillende aandrukkracht.

Op een werf wordt een membraan door een installateur meestal aangedrukt met een roller. Om het interval waarin deze aandrukkracht ongeveer ligt te kunnen inschatten, hebben enkele personen met een roller over een weegschaal gerold. Omdat het resultaat steeds ergens tussen 2 en 4 kg lag, werden de steekproeven uitgevoerd met een roller met een gewicht van 2 en 4 kg. Daarnaast zijn ook proeven uitgevoerd met een gewicht van 0,5 en 1 kg om te beoordelen of de hechting sterk afneemt als men minder hard drukt bij het plaatsen. Men zou verwachten dat dit het geval is, aangezien het hechtmiddel bij een lagere drukkracht minder in de microstructuur van het substraat geperst wordt.



Grafiek 21: Invloed van de aandrukkracht

Het verschil tussen een aandrukkracht van 2 en 4 kg lijkt niet meteen een erg grote invloed te hebben op de afschuifweerstand, noch bij een bitumineus hechtmiddel, noch bij een hechtmiddel op basis van butyl.

Het verminderen van het gewicht van de aandrukrol naar 0,5 of 1 kg veroorzaakt ook niet meteen een algemeen verschil in resultaat, hoewel er bij membraan B zonder primer op beide ondergronden wel een lichte stijging merkbaar is. Bij membraan A lijkt de afschuifweerstand vreemd genoeg hoger te zijn bij 0,5 en 1 kg dan bij 2 en 4 kg. Door de hoge viscositeit van het bitumineuze hechtmiddel kan dit effect onmogelijk veroorzaakt worden door het wegdrukken van het hechtmiddel bij de hogere aandrukkrachten.

Invloed van de temperatuur bij verwerking

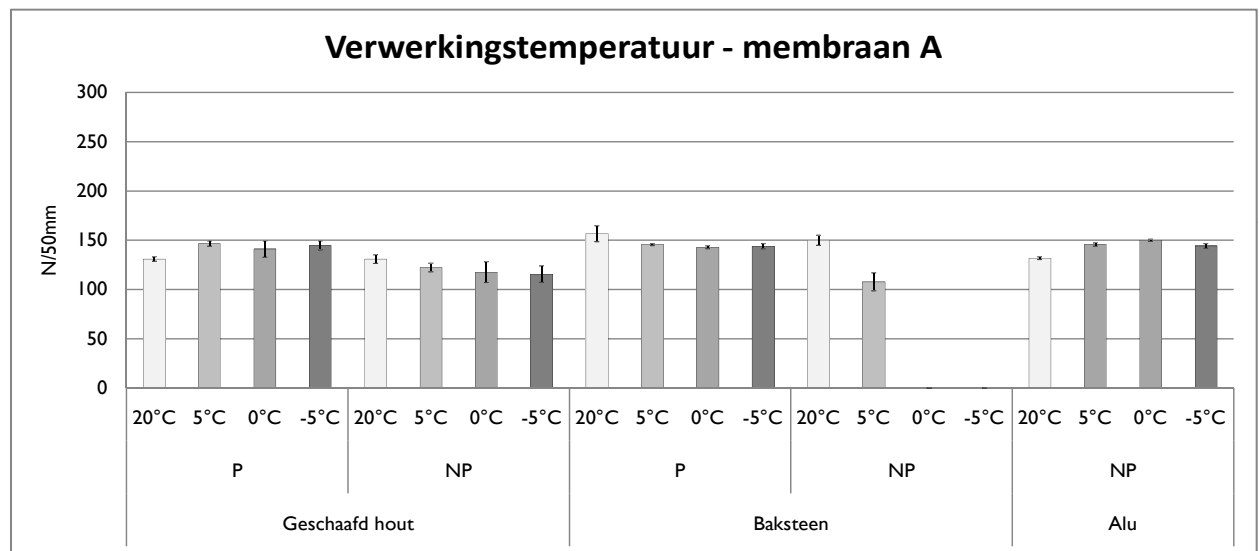
Fabrikanten raden vaak aan om hun product niet te gebruiken bij temperaturen lager dan 5°C. Om de relevantie van deze richtlijn te verifiëren, zijn enkele steekproeven uitgevoerd waarbij de samples samen werden gesteld bij temperaturen van 5°C, 0°C en -5°C. De membranen werden voor het verkleven, samen met de substraten en de primer, 24 uren in de klimaatkast geconditioneerd. Bij het samenstellen werden ze even uit de klimaatkast gehaald, om ze er dan gedurende de droogtijd van 2 uren opnieuw in te leggen.

Membraan A

Hier zien we niet onmiddellijk een algemene significante daling bij verkleving op aluminium of geschaafd hout en baksteen met primer. Bij baksteen is er wel een licht neerwaartse trend, maar

zonder primer manifesteert deze daling zich veel extremer: bij 5°C neemt de afschuifweerstand namelijk al met 1/3 af, terwijl er bij 0°C en -5°C al helemaal geen verkleaving meer mogelijk is. Ook op geschaafd hout zonder primer neemt de afschuifweerstand af naarmate men membraan A bij lagere temperaturen verwerkt. De oorzaak van deze daling op onbehandelde ondergronden ligt waarschijnlijk bij het feit dat het bitumineuze hechtmiddel bij de lage temperaturen stijver is en het oppervlak van het substraat minder gemakkelijk kan bevochtigen. Behandeling met een primer maakt het oppervlak van een substraat veel egaler, waardoor het hechtmiddel minder in holtes van de microstructuur moet geperst worden.

In grafiek 22 kan men dus een duidelijk positief effect van de primer zien, al is het bij baksteen wel explicieter dan bij hout.



Grafiek 22: Invloed van de verwerkingstemperatuur bij membraan A

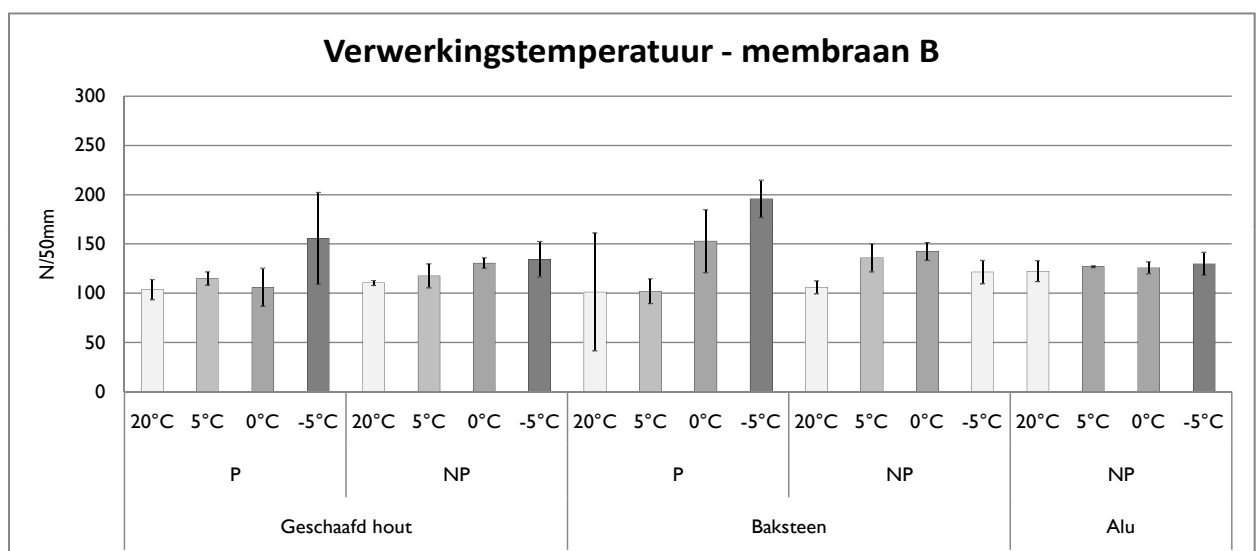
Membraan B

Bij membraan B zien we nergens een neerwaartse trend bij verwerking bij lagere temperaturen, integendeel, in de meeste gevallen neemt de afschuifweerstand zelfs toe (Graf. 23). Na verwerking bij kamertemperatuur zien we bij membraan B meestal een cohesieve breuk, de toename van de afschuifweerstand is dus waarschijnlijk het gevolg van het stijver worden van het butylhechtmiddel bij lagere temperaturen. Dit is ook te merken aan het breukpatroon bij lagere temperaturen, de breuk verschuift van een cohesieve naar een doorgaans gemengd cohesieve-adhesieve breuk (Fig. 31).

Qua gebruik van de primer is er bij membraan B geen verschil bij deze lage temperaturen.



Figuur 31: Gemengd cohesieve-adhesieve breuk bij verwerking van membraan B bij 0°C



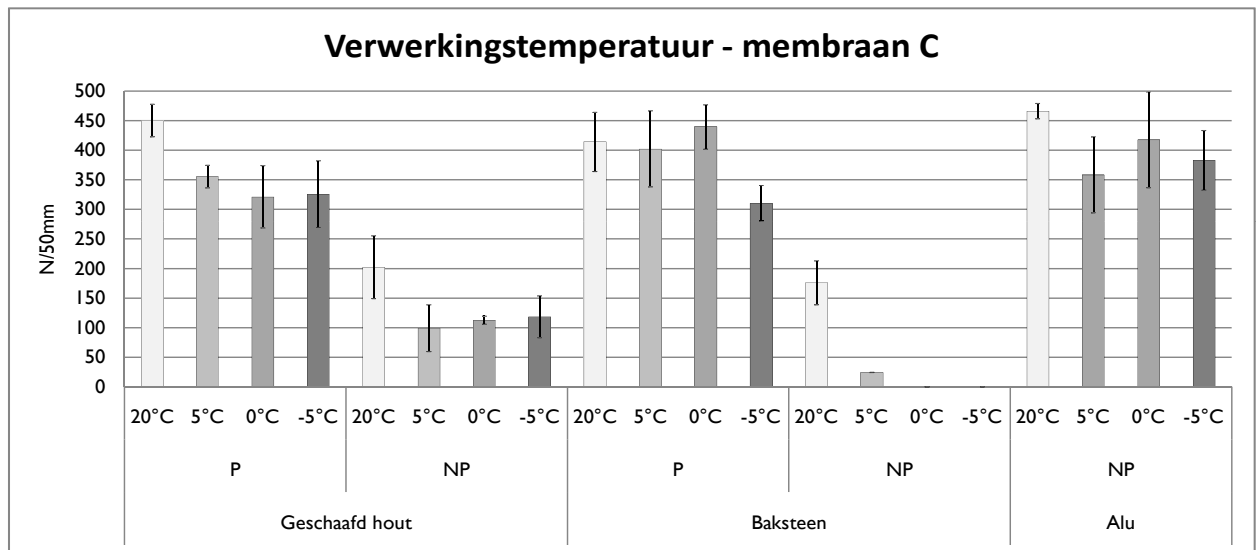
Grafiek 23: Invloed van de verwerkingstemperatuur bij membraan B

Membraan C

Hier zien we een duidelijke daling van de prestaties over de hele lijn naarmate men bij lagere temperaturen verkleeft, hoewel dit op baksteen met primer pas bij -5°C duidelijk wordt.

Als men geen primer op baksteen gebruikt heeft dit zichtbaar nefaste gevolgen voor de afschuifweerstand bij 5°C. Bij 0°C en -5°C is er al helemaal geen hechting meer mogelijk. Het dalen van de afschuifweerstand bij lage temperaturen is waarschijnlijk het gevolg van de al eerder vermelde stijging van de viscositeit van het bitumineuze hechtmiddel.

Er is in de grafiek een zeer duidelijk verschil merkbaar tussen het al dan niet gebruiken van een primer.



Grafiek 24: Invloed van de verwerkingstemperatuur bij membraan C

Conclusie

Verwerking bij een temperatuur van 5°C, of zelfs nog lager, geeft niet altijd een aantoonbare daling van de afschuifweerstand. Vooral bij membraan B (butylhechtmiddel) blijkt dit niet het geval te zijn, de hechting van het membraan lijkt zelfs nog te verbeteren door het stijver worden van het butyl.

Invloed van stof

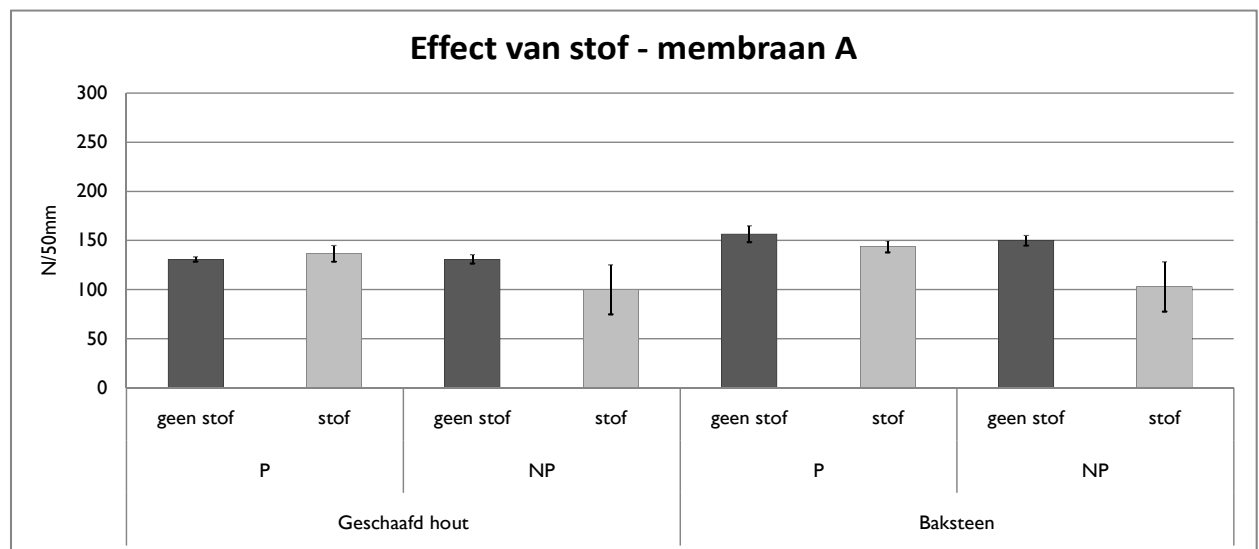
In deze paragraaf gaan we het effect na van stof op het oppervlak van een substraat. Theoretisch gezien zou men verwachten dat stof het hechten op een oppervlak bemoeilijkt. Een voorbehandeling van het stoffige oppervlak met een primer zou dit nadelige effect grotendeels teniet kunnen doen.

Er wordt een vergelijking gemaakt tussen referentiesamples, die met een handborstel afgestoft werden, en bestofte samples (geschaafd hout of baksteen). Om stof op de substraten te krijgen, werden ze voor het verkleven van de membranen in een zak met 1 kg “producteigen” stof gestoken waarmee gedurende 2 minuten goed werd geschud. Met producteigen stof bedoelen we stof dat gemakkelijk in de buurt van het substraat kan voorkomen. Er werd houtzaagsel en cement gebruikt als stof voor respectievelijk geschaafd hout en baksteen (Fig. 32).

Membraan A

Op geschaafd hout en baksteen zien we een daling van de afschuifweerstand en een grotere standaardafwijking als men geen primer gebruikt. Dit prestatieverlies wordt sterk verminderd of

zelfs tenietgedaan, wanneer men het bestofte substraat met een primer behandelt, voordat het membraan verkleefd wordt. Op baksteen valt er nog een significant verschil te noteren, maar dit verschil is minder groot dan als men geen primer gebruikt. Op geschaafd hout is er geen prestatieverlies als men het stoffige oppervlak vooraf met een primer behandelt. De hogere efficiëntie van de primer op geschaafd hout zou men eventueel kunnen verklaren door het gebruik van verschillend stof.



Grafiek 25: Invloed van stof op het substraat bij membraan A

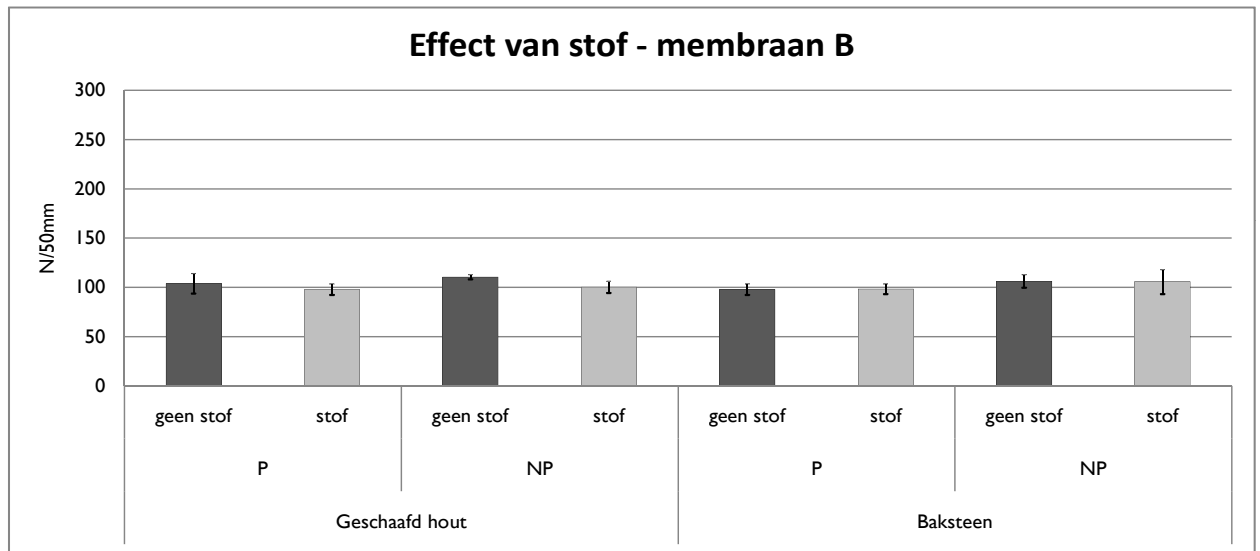


Figuur 32: Baksteen met cementstof

Membraan B

Bij membraan B is het effect van stof minder groot: op geschaafd hout zonder primer krijgen we wel nog een klein verschil, maar op baksteen is dit al niet meer het geval. Als men primer gebruikt, is er op beide substraten geen prestatieverlies door het stof.

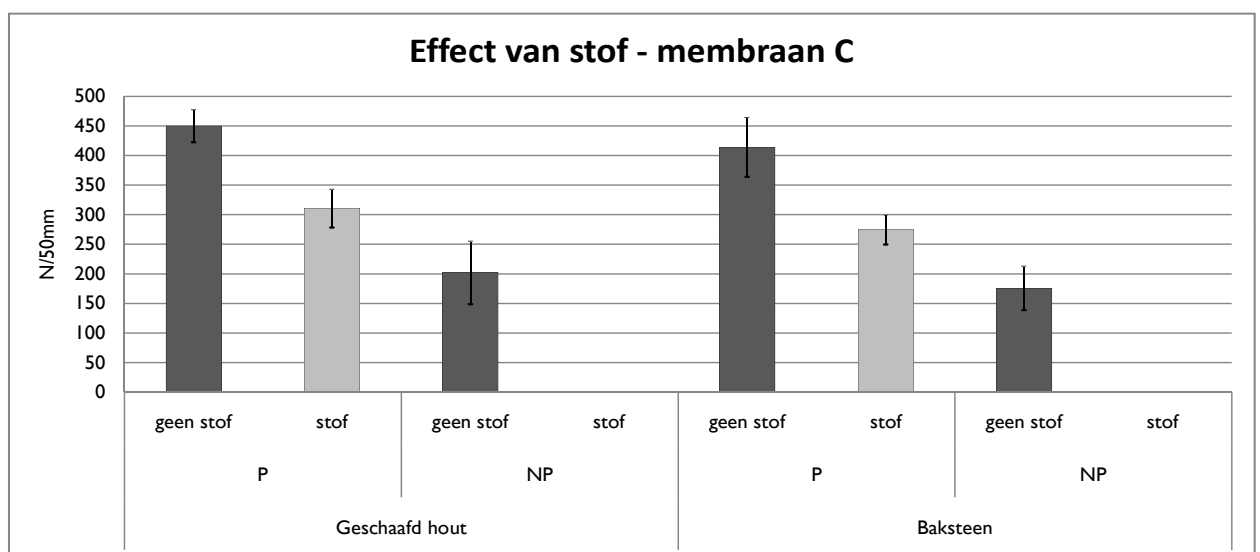
Het beperkte effect van het stof bij membraan B zou men, vooral in het geval van een onbehandeld substraat, kunnen verklaren door het vette karakter van het butylhechtmiddel, waardoor het gemakkelijker stof kan binden.



Grafiek 26: Invloed van stof op het substraat bij membraan B

Membraan C

In combinatie met membraan C lijkt stof veel nefaster te zijn voor de afschuifweerstand. Als men geen primer gebruikt, is het onmogelijk om het membraan op geschaafd hout of baksteen te laten hechten. Met primer is dit wel mogelijk, maar de afschuifweerstand daalt tot 2/3 van de afschuifweerstand van de afgestofte samples.



Grafiek 27: Invloed van stof op het substraat bij membraan C

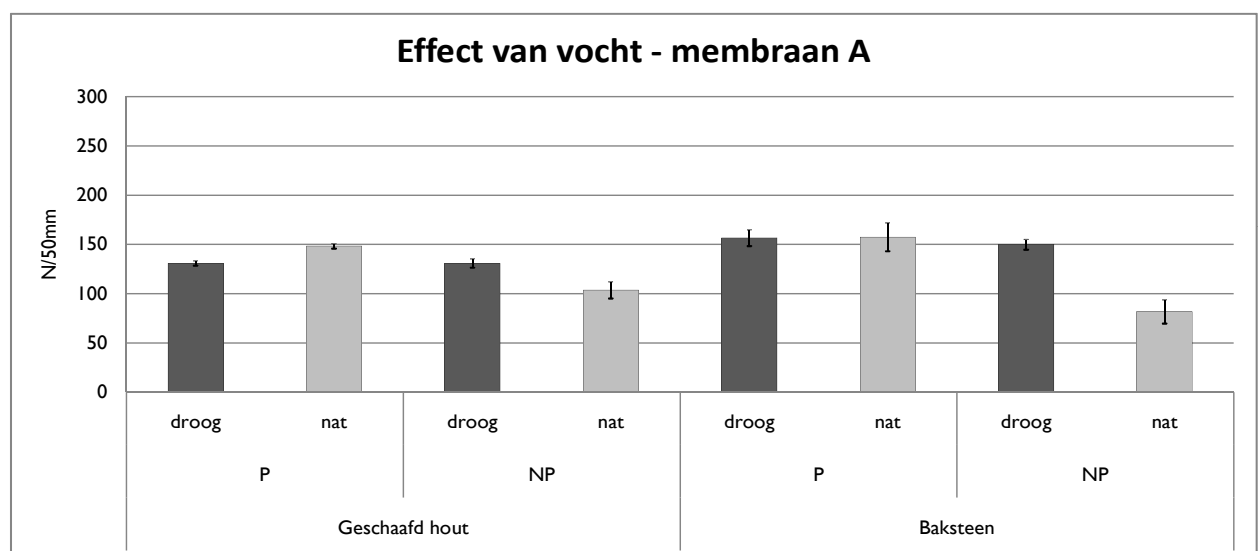
Invloed van vocht

Hier worden de resultaten bekeken van proeven op substraten die vochtig gemaakt zijn. Net als stof zou vocht de capaciteit van membranen om op het oppervlak te hechten, moeten reduceren en zou men dit theoretisch gezien (deels) kunnen ongedaan maken door het gebruik van een hechtprimer.

Om de substraten, opnieuw geschaafd hout en baksteen, vochtig te maken werden ze ondergedompeld in een bassin met gedestilleerd water. Er werd gezorgd dat het niveau van het water exact 10 mm. boven de te gebruiken zijde van het substraat stond, zodat alle substraten steeds aan dezelfde vloeistofdruk werden blootgesteld en de bevochtigingsgraad in principe dus overal dezelfde was. Na 2 uren werden de substraten uit het water gehaald en liet men ze 15 min drogen voor de membranen er werden op gekleefd. Bij het drogen werden de samples zo geplaatst dat de te gebruiken zijde verticaal stond.

Membraan A

Op de onbehandelde substraten hechtten in beide gevallen slechts 3 van de 5 stroken en is er een daling van de afschuifweerstand te merken. Op de hechting op baksteen had het vocht, na een voorbehandeling met primer, geen effect op de afschuifweerstand en op geschaafd hout is er, om onverklaarbare redenen, zelfs een stijging van de afschuifweerstand.

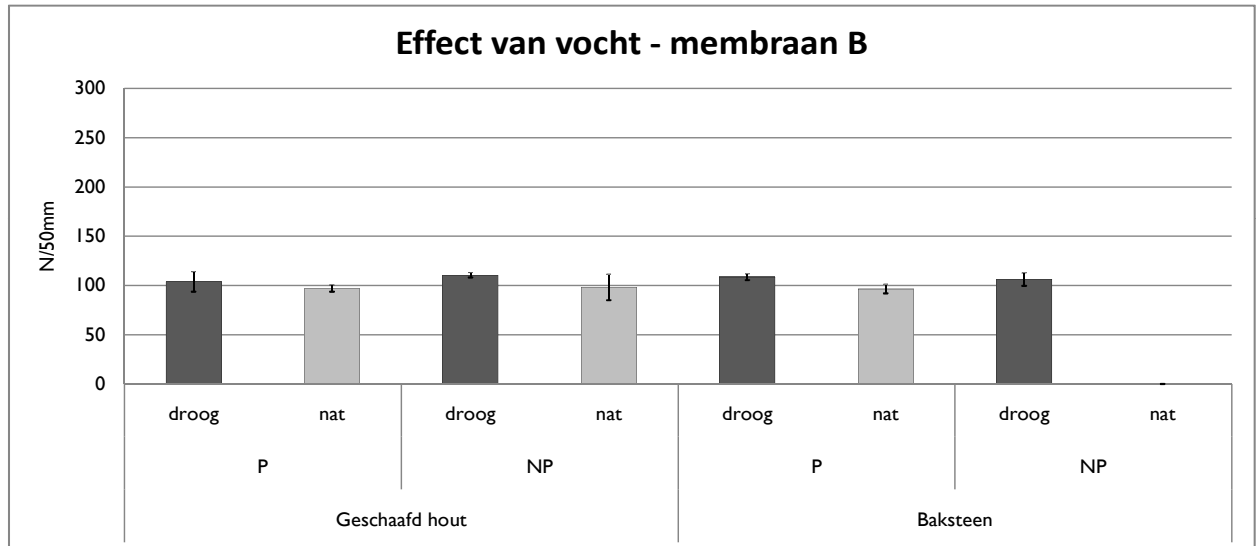


Grafiek 28: Invloed van vocht op het substraat bij membraan A

Membraan B

We merken onmiddellijk dat vocht hechting van membraan B op onbehandelde baksteen onmogelijk maakt. Het enige geval waarin we hier geen daling zien, is op geschaafd hout na behandeling

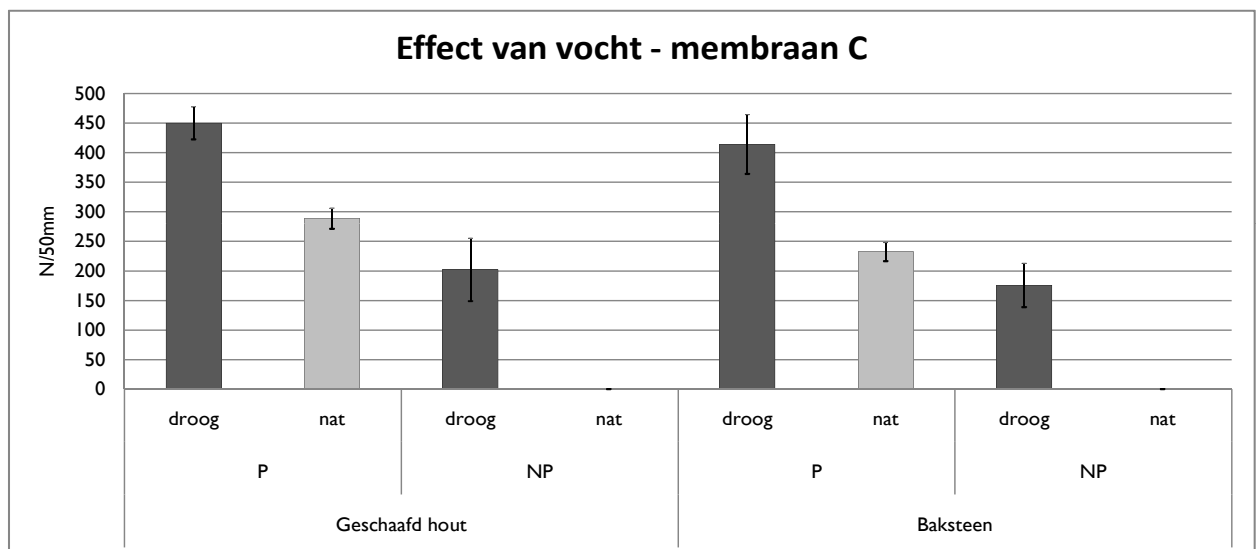
met een primer. In de twee andere gevallen is er een lichte daling door de vochtigheid van het substraat.



Grafiek 29: Invloed van vocht op het substraat bij membraan B

Membraan C

Het effect van vochtigheid blijkt het meest frappant te zijn bij membraan C. Indien men geen primer aanwendt, is het op beide ondergronden onmogelijk om membraan C te laten hechten. Met primer zien we nog altijd een sterke daling van de gemiddelde afschuifweerstand, maar in vergelijking met membranen A en B is de afschuifweerstand nog relatief groot.



Grafiek 30: Invloed van vocht op het substraat bij membraan C

Conclusie

Indien men het substraat voorbehandelt met de passende primer, lijkt de invloed van vocht op de afschuifweerstand nogal beperkt te zijn bij membranen A en B. Bij membraan C daalt de afschuifweerstand wel met ruim 1/3 op behandelde vochtige substraten, maar de resterende afschuifweerstand is nog altijd veel groter dan bij membranen A en B.

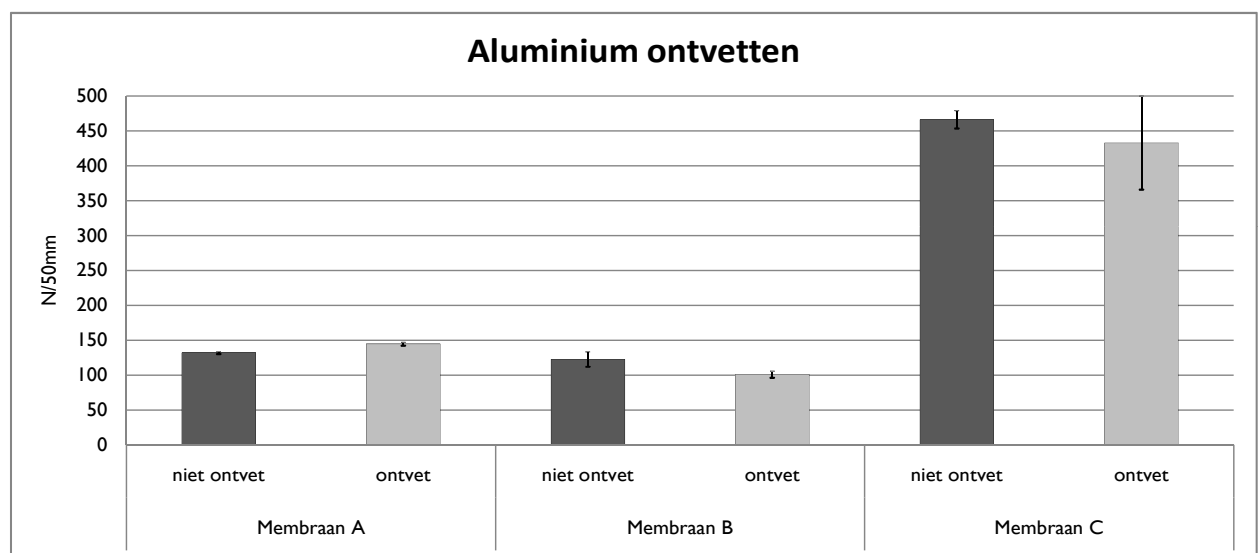
Zonder primer zien we in de meeste gevallen een vrij sterke daling, maar bij membraan C is deze het meest markant.

Invloed van de toestand van het oppervlak

Ontvetten van aluminium

In de praktijk wordt vaak wasbenzine gebruikt om aluminium te ontvetten. In grafiek 28 zien we de resultaten van tests waarbij membranen A, B en C verlijmd werden op aluminiumprofielen die vooraf ontvet werden met wasbenzine.

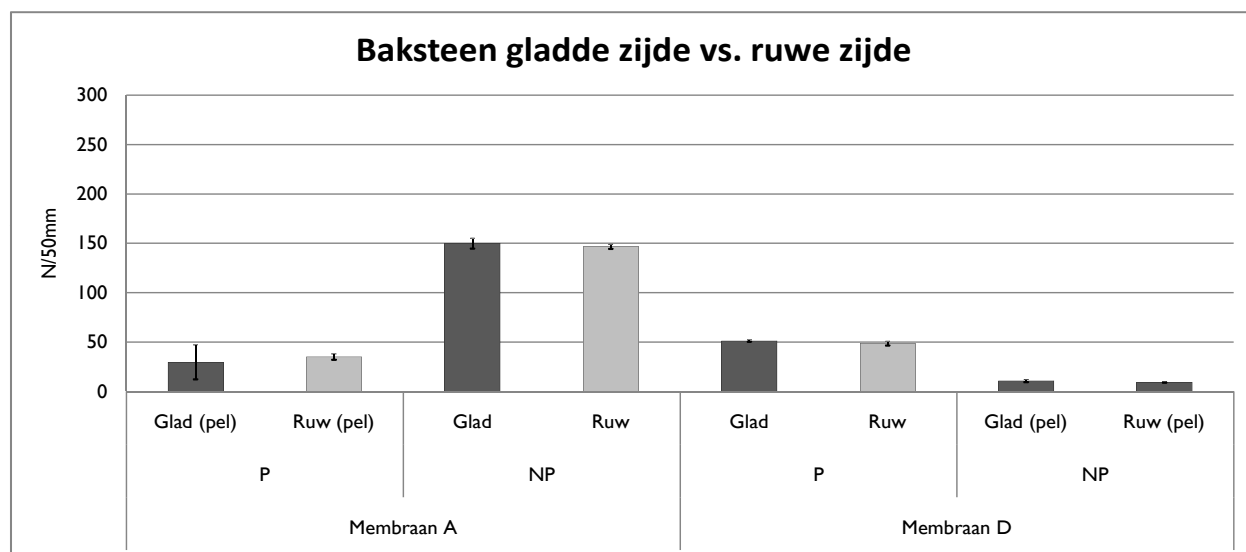
Het ontvetten van aluminium heeft blijkbaar geen een eenduidig effect. We zien een stijging bij membraan A, een daling bij membraan B en geen verandering bij membraan C.



Grafiek 31: ontvetten van aluminium

Gladde en ruwe zijde van een baksteen

Door bepaalde handelingen bij het productieproces van snelbouwstenen, hebben de stenen een gladde en een ruwere zijde. Men zou verwachten dat dit een verschil kan uitmaken in de mate van hechting van membranen op het oppervlak van bakstenen, maar dit blijkt volgens steekproeven niet het geval te zijn.



Grafiek 32: Gladde vs. ruwe zijde van baksteen

Duurzaamheid bij blootstelling aan constante temperatuur

Om te kunnen inschatten wat het effect van hoge temperaturen in een spouw is op zelfhechtende membranen, werden er tests uitgevoerd op membranen die 1, 2 of 3 weken in een klimaatkast op 80°C bewaard werden. Zoals eerder in de literatuurstudie besproken, is 80°C op een zonnige dag een vrij hoge, maar geen absurde temperatuur in een spouw achter en lichte gevelbekleding.

De samples werden op dezelfde manier als de samples voor initiële tests voorbereid. Na de droogtijd van 2 uren, werden ze in de klimaatkast geplaatst. Voor er tot het testen wordt overgegaan, worden de samples 24 uren geconditioneerd in het labo.

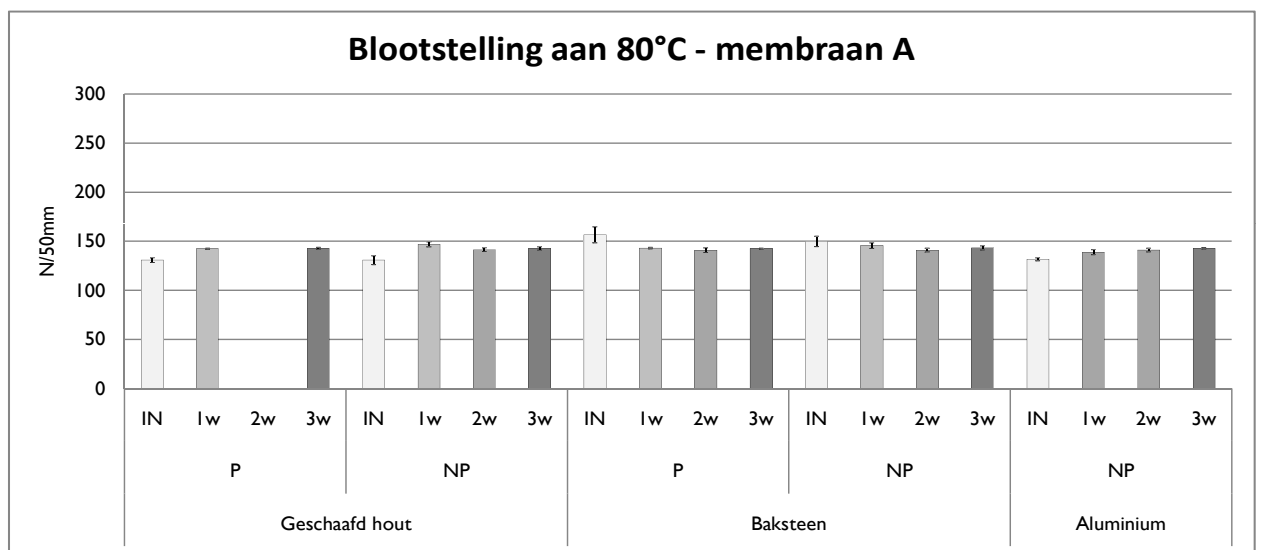
Membraan A

Op geschaafd hout neemt de afschuifweerstand, met en zonder primer, net als op aluminium blijkbaar toe als de samples worden blootgesteld aan een constante temperatuur van 80°C, terwijl de afschuifweerstand bij baksteen licht afneemt. Hoewel de afschuifweerstand op alle ondergronden maar matig stijgt of daalt, zien we wel een verschuiving in het faalgedrag. Er treedt namelijk geen adhesieve breuk meer op in het vlak tussen het hechtmiddel en de primer of het substraat, maar membraan A rekt mee uit over het hele bereik van de trekbank. Dit uitrekken gaat in sommige gevallen gepaard met het sterk afschilferen van de alu-coating (zie Fig 34).

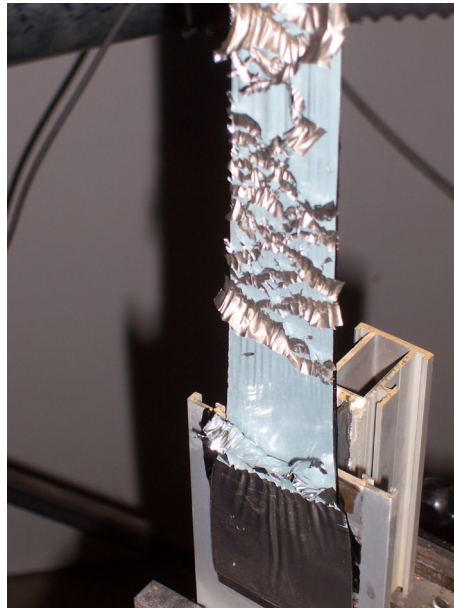
Een ander verschijnsel is dat het bitumineuze hechtmiddel vrij vloeibaar wordt in de klimaatkamer, het membraan verschuift dus bij de minste belasting tijdens de blootstelling aan 80°C. Om die reden zijn er geen proefresultaten op geschaafd hout met primer dat 2 weken in de klimaatkast heeft gelegen, de stroken waren te veel verschoven om een representatief resultaat te bekomen. We zien ook dat het bitumineuze hechtmiddel van membraan A vrij sterk uitloopt, in vergelijking met membranen B en C (zie Fig. 33), wat op termijn kan leiden tot kwaliteitsverlies van de aanhechting.



Figuur 33: Op deze samples, die al getest zijn, kan men zien dat het hechtmiddel van membraan A vrij sterk uitloopt



Grafiek 33: Blootstelling van membraan A aan 80°C



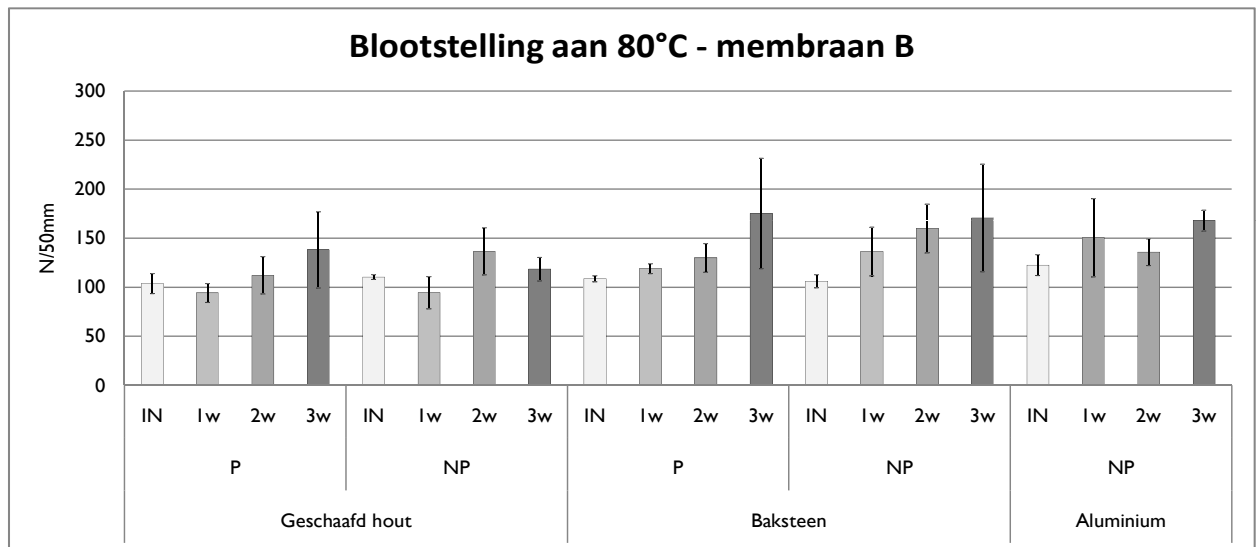
Figuur 34: Afschilferen van de alu-coating

Membraan B

Op geschaafd hout met primer lijkt de afschuifweerstand volgens de grafiek te stijgen, maar dit beeld zou volgens de Anova post-hoc test op toeval berusten, er zijn namelijk geen verschillen te vinden tussen de initiële waarde en de waarden over 1, 2 en 3 weken. Zonder primer krijgen we op geschaafd hout een vreemde schommeling: de gemiddelde afschuifweerstand ligt na 1 week lager dan de initiële afschuifweerstand, maar na 2 en 3 weken ligt het opnieuw hoger. Op baksteen stijgt de afschuifweerstand in beide gevallen na 1 week, om dan ongeveer op hetzelfde niveau te blijven, hoewel het in de grafiek lijkt alsof de afschuifweerstand blijft oplopen. Tenslotte is er op aluminium pas na 3 weken een significante stijging.

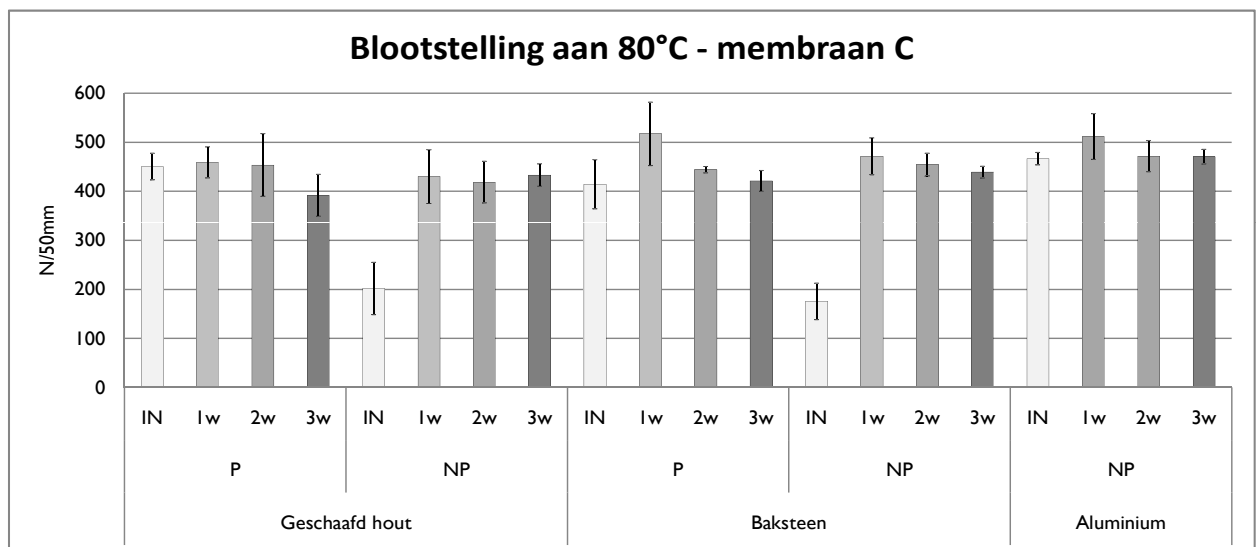
Bij 80°C wordt het butylhechtmiddel wel iets minder viskeus, maar niet in dezelfde mate als bij het bitumineuze hechtmiddel van membraan A.

Het breukpatroon van membraan B blijft na blootstelling aan 80°C nog steeds een cohesieve breuk in het hechtmiddel.



Grafiek 34: Blootstelling van membraan B aan 80°C

Membraan C



Grafiek 35: Blootstelling van membraan C aan 80°C

Hier valt meteen de verdubbeling na 1 week van de afschuifweerstand op geschaafd hout en baksteen zonder primer op, waarna die niet meer daalt. Deze stijging zou men kunnen verklaren door het vloeibaarder worden van het bitumen bij 80°C, waardoor het bitumen in de microstructuur kan lopen en er een betere “interlocking” ontstaat tussen het hechtmiddel en het substraat. Het is wel niet onmiddellijk te verklaren waarom we deze stijging niet zien bij membraan A, dat nochtans ook een bitumineus hechtmiddel heeft. Als men deze substraten met primer behandelt, zien we

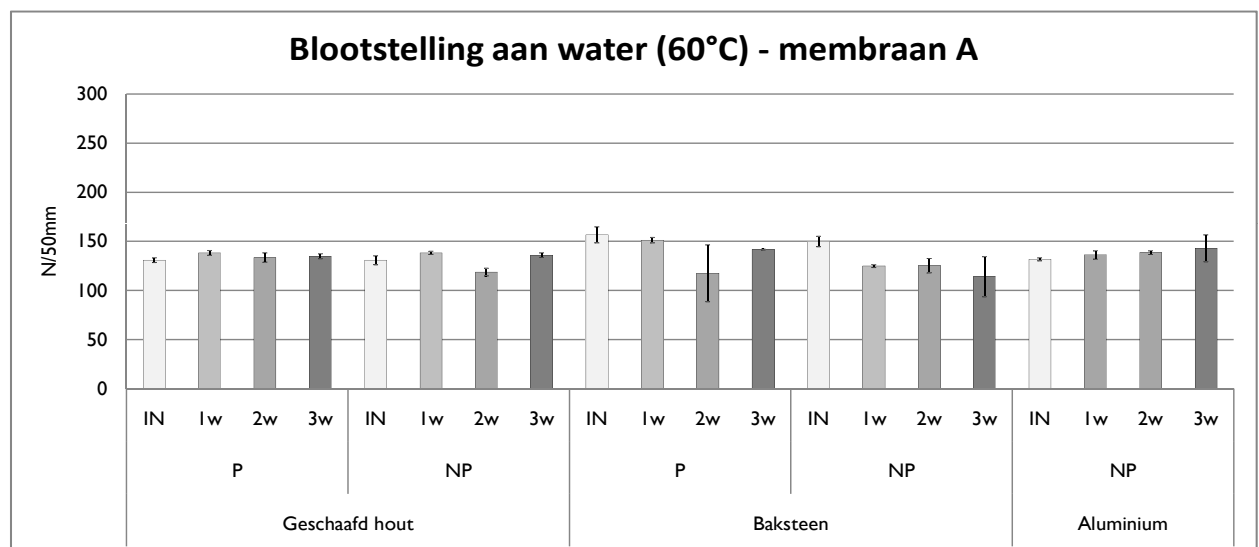
een dergelijke stijging niet, integendeel, op het hout is er na 3 weken een daling. Op baksteen lijkt de weerstand wel even te stijgen, maar na 3 weken ligt de afschuifweerstand toch lager dan de initiële weerstand. Op de hechting op aluminium lijkt de hoge temperatuur geen effect te hebben. Membraan C verschilt ook van membraan A, doordat het hechtmiddel minder gaat uitlopen bij 80°C.

Waar membraan C bij de initiële proeven bijna altijd adhesieve breuken vertoonde, zagen we bij de stalen die uit de klimaatkamer kwamen steeds een breuk van de glasvezelwapening, waarna de EPDM-toplaag uitrok over het hele bereik van de trekbank.

Duurzaam bij blootstelling aan water van 60°C

Membraan A

Bij membraan A zijn er geen eenduidige resultaten. Op geschaafd hout met primer is er na 1 week een lichte stijging van de afschuifweerstand, die dan verder constant blijkt te blijven. Zonder primer schommelt de gemiddelde afschuifweerstand rond de referentiewaarde.



Grafiek 36: Blootstelling van membraan A aan warm water

Op vooraf behandelde baksteen zien we na 2 weken een daling, die, om onverklaarbare redenen, na 3 weken terug wordt tenietgedaan. Zonder primer is er na 1 week een daling, waarna de hechting ongeveer constant blijft presteren.

Op aluminium is er na 2 weken een stijging van de gemiddelde afschuifweerstand.

Een opvallend verschijnsel is dat de primer van membraan A grotendeels wordt opgelost bij de blootstelling aan warm water (Fig. 35).



Figuur 35: Baksteen met primer A (aangetast door water aan 60°C) + stroken van membraan A na de trekproef

Membraan B

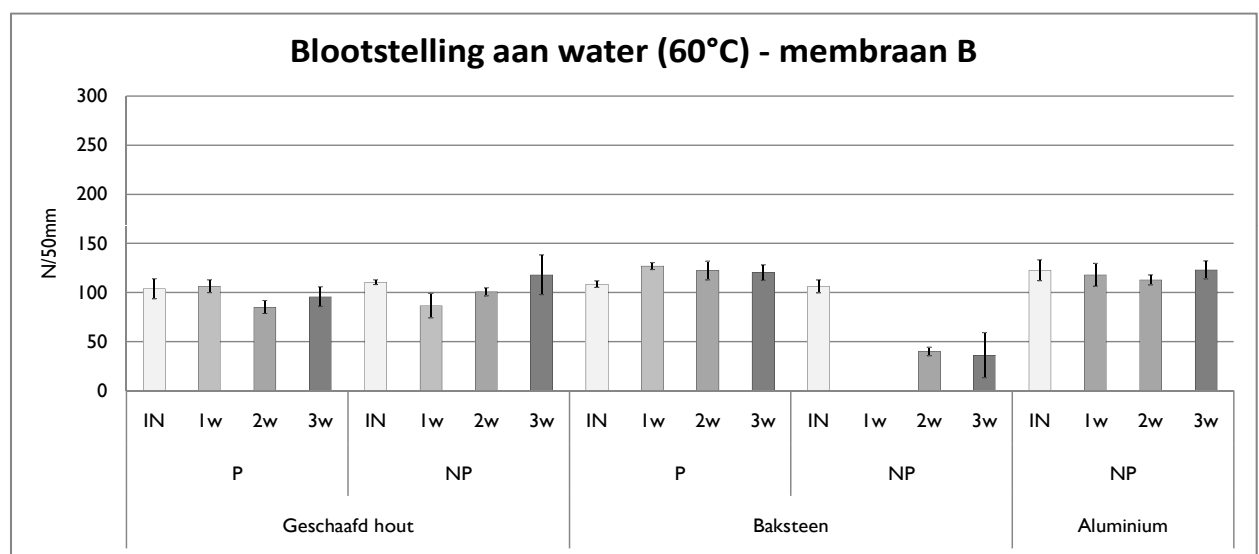
Hier ziet men dat water met een temperatuur van 60°C een zeer negatief effect heeft op de aanhechting van membraan B op baksteen zonder primer (Graf. 37). Bij het sample dat 1 week in het water gelegen heeft, kwamen alle stroken los en bij de samples van 2 en 3 weken kwamen er 2 stroken los. De stroken die niet loskwamen, presteerden een stuk lager dan het referentiesample. Het behandelen van baksteen met primer B is in dit geval nuttig: er is over de 3 weken heen geen daling van de gemiddelde afschuifweerstand. Ook op aluminium is dit het geval.

Op geschaafd hout met primer is er na 2 weken een daling, waarna de afschuifweerstand ongeveer gelijk blijft. Zonder primer is er een schommeling te zien: eerst wordt de afschuifweerstand lager dan het initiële resultaat om het erna weer te overstijgen.

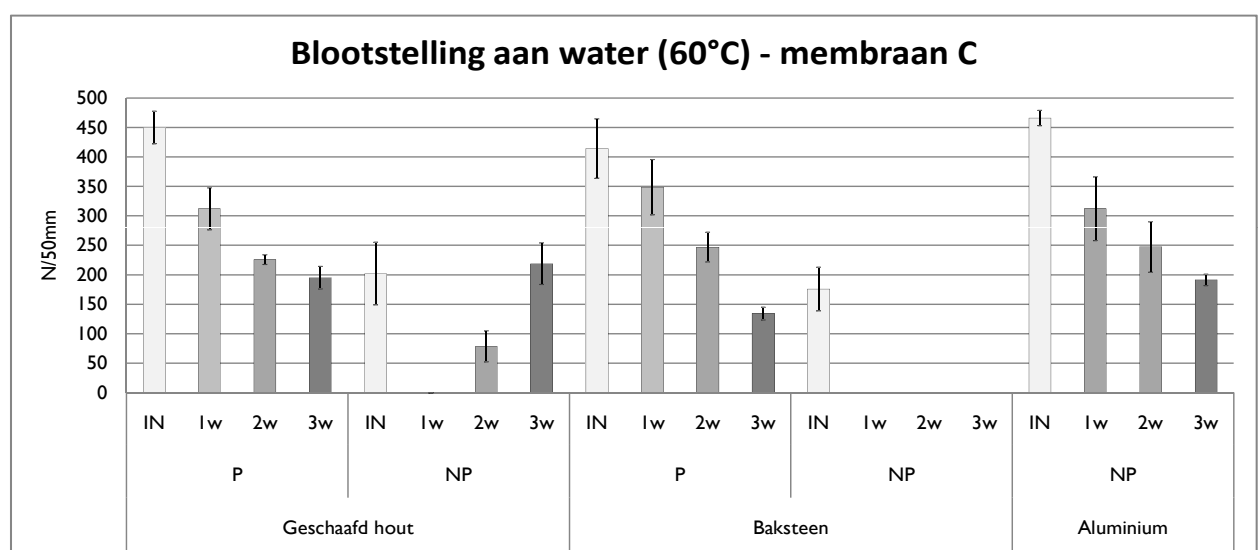
Membraan C

Op membraan C is het effect van het warme water veel duidelijker dan bij A en B. De prestaties van het membraan nemen af, of men nu een primer gebruikt of niet. Bij het gebruik van een primer blijven de stroken, in tegenstelling tot die op een onbehandelde ondergrond, wel aan het substraat kleven, maar er treedt een breuk op in de glasvezelwapening bij een veel lagere spanning dan normaal is. De glasvezel lijkt door de tijd heen stelselmatig te worden aangetast door het warme water. Het is niet duidelijk of dit veroorzaakt wordt door het water, of een combinatie van het water en de hoge temperatuur. De degradatie kan niet alleen het gevolg zijn van de temperatuur, want bij de tests met blootstelling aan 80°C zien we een dergelijk verschijnsel niet.

Zonder primer komen de membranen die op baksteen verkleefd werden allemaal los. Op onbehandeld geschaafd hout gebeurt hetzelfde met de stroken die 1 week in het water werden gelegd. Van de stroken die 2 weken in het water bewaard werden, weekten er 3 van de 5 stroken los en vertoonden de overige 2 een adhesieve breuk bij een vrij lage afschuifweerstand. Het laatste sample presteert vreemd genoeg weer hoger en er komt geen adhesieve breuk voor, maar de glasvezel breekt bij een afschuifweerstand die ongeveer even hoog ligt als bij de behandelde substraten.



Grafiek 37: Blootstelling van membraan B aan warm water



Grafiek 38: Blootstelling van membraan C aan warm water

4 Bijkomende proeven

Afpelproeven

Analyse van afschuifproeven geeft op zich een goed beeld van het faalgedrag en de kwaliteit van zelfhechtende membranen, maar in werkelijkheid treedt er eigenlijk weinig zuivere afschuiving op. Meestal worden membranen belast door een combinatie van afschuif- en afpelkrachten.

De weerstand tegen afschuifkrachten is logischerwijs hoger dan de weerstand tegen afpelkrachten: afschuifkrachten belasten de verlijming over het hele vlak, terwijl afpelkracht enkel ageren op een kleine plaatselijke strook van de hechting.

Om het bezwijkgedrag van zelfhechtende membranen perfect te kunnen beoordelen zou men dus tests moeten uitvoeren met een combinatie van afschuif- en afpelkrachten, bvb. door een belasting onder 30° . Dergelijke tests zijn echter praktisch gezien om allerlei redenen moeilijk haalbaar bij een grootschalig onderzoek. In het beste geval kan men proberen om uit een combinatie van gegevens uit zuivere afschuifproeven (Fig. 15, p. 22) en zuivere afpelproeven (Fig. 13, p. 19) een inschatting te maken van de correlatie tussen beide proeven. Als men er in zou slagen om een correlatie te vinden tussen de afschuif- en afpelweerstand van zelfhechtende membranen, kan men uit afschuifproeven, die het gemakkelijkst zijn uit te voeren, via deze correlatie de weerstand tegen de gecombineerde belasting en het precieze faalgedrag bepalen. Op deze manier zou men de algemene kwaliteit van een bepaald membraan kunnen bepalen.

Binnen dit werk was het niet mogelijk om ook een volledige analyse te maken van het gedrag van zelfhechtende membranen bij afpelproeven, maar het zou relevant zijn om zoiets in de toekomst wel te doen.

Wat mogelijk was, was om enkele afpelproeven onder 180° uit te voeren op geschaafd hout, baksteen en aluminium om een beeld te krijgen van een eventueel verband tussen de afschuif- en afpelweerstand van de geteste membranen. Afpelproeven onder 90° worden ook frequent uitgevoerd, maar deze zijn minder betrouwbaar, omdat naarmate de proef vordert de hoek tussen het substraat en het membraan niet constant is. Om dit probleem op te lossen bevestigt men soms het substraat op een soort wagentje dat kan verrollen, zodat de hoek tussen het substraat en het membraan steeds 90° is. Dit systeem is echter niet onfeilbaar omdat het wagentje vaak in schokken beweegt en het de hoek niet altijd perfect corrigeert. Bij afpelproeven onder 180° wordt men

met deze problemen niet geconfronteerd.

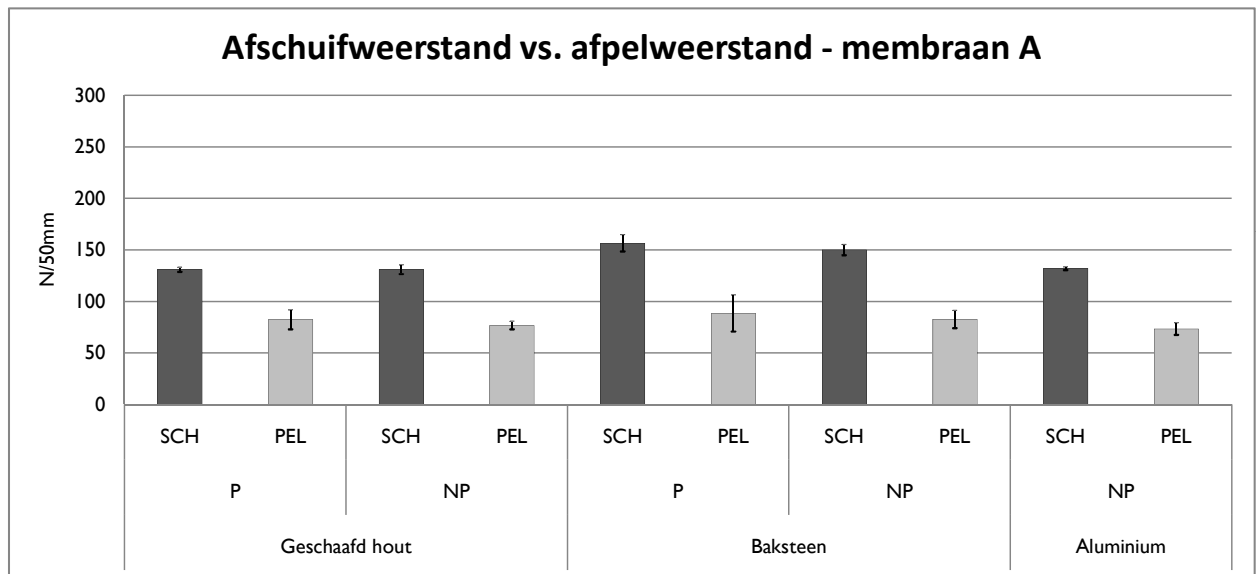
De samples voor afpelproeven werden op identieke wijze voorbereid als de samples voor afschuifproeven, alleen verschilt de manier waarop de samples in de trekbank worden geplaatst.

Resultaten

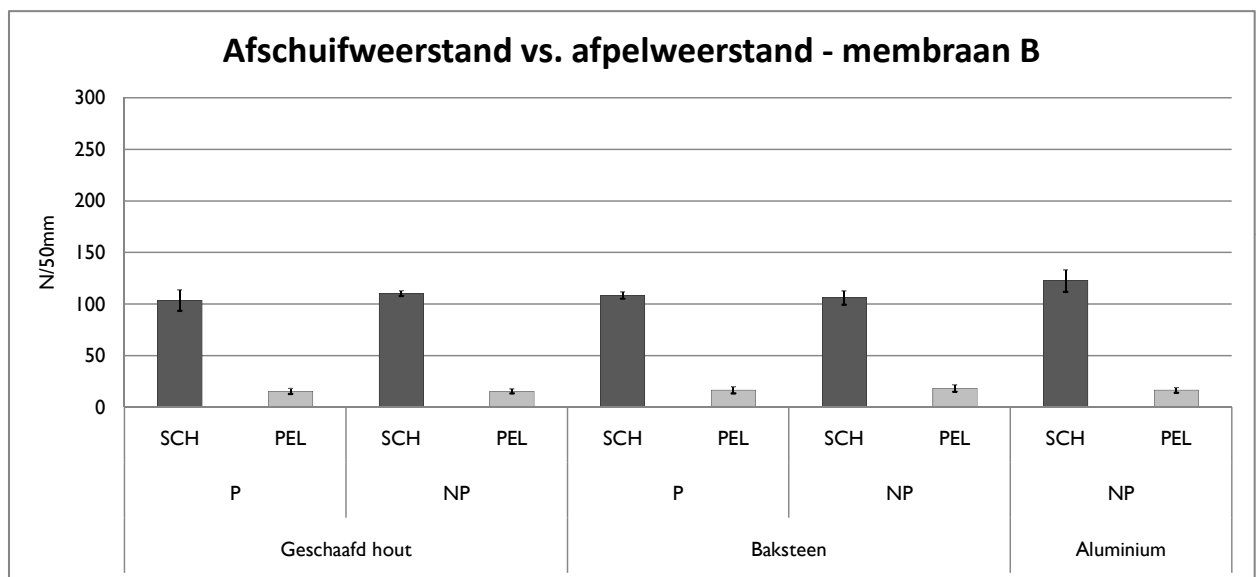
Per membraan zijn hieronder de resultaten weergegeven in de klassieke staafdiagrammen. Daaronder wordt er ook een grafiek getoond waarin de afpelweerstand i.f.v. de overeenkomstige afschuifweerstand is uitgezet.

Uit de resultaten van de proeven op membranen A en B (Graf. 39, 40 en 42) kunnen we afleiden dat er bij deze twee membranen toch enigszins een lineair verband bestaat tussen de gemiddelde afschuifweerstand en de gemiddelde afpelweerstand, maar dat beide trendlijnen (Graf. 42) een volledig verschillende helling hebben. Dit resultaat is niet abnormaal, het is geweten dat bepaalde hechtmiddelen bvb. speciaal worden ontwikkeld om goed bestand te zijn tegen afpellen, maar dan in verhouding misschien minder goed tegen afschuiving kunnen of omgekeerd.

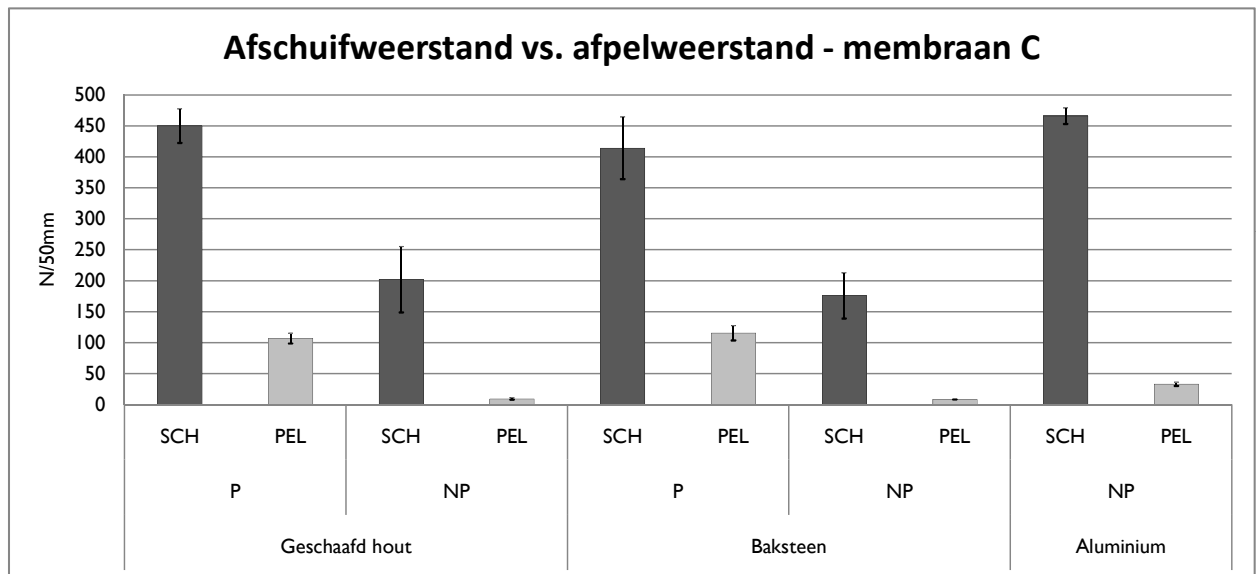
Bij membraan C is het verband (Graf. 42) minder duidelijk, er is een veel grotere spreiding van de resultaten. Als we echter naar grafiek 41 kijken, merken we dat de primer vrij sterk ingrijpt op de afpelweerstand, terwijl bij membranen A en B de primer niet zo effectief is, noch qua afschuifweerstand, noch qua afpelweerstand. Het is wel mogelijk om door de resultaten van membraan C zonder primer (onderste drie punten) in grafiek 42 een goede trendlijn te trekken en eigenlijk liggen de andere twee punten ook relatief dicht bij elkaar. Het zou dus mogelijk zijn dat er ook bij membraan C een lineair verband te vinden is als men de resultaten met en zonder primer van elkaar scheidt.



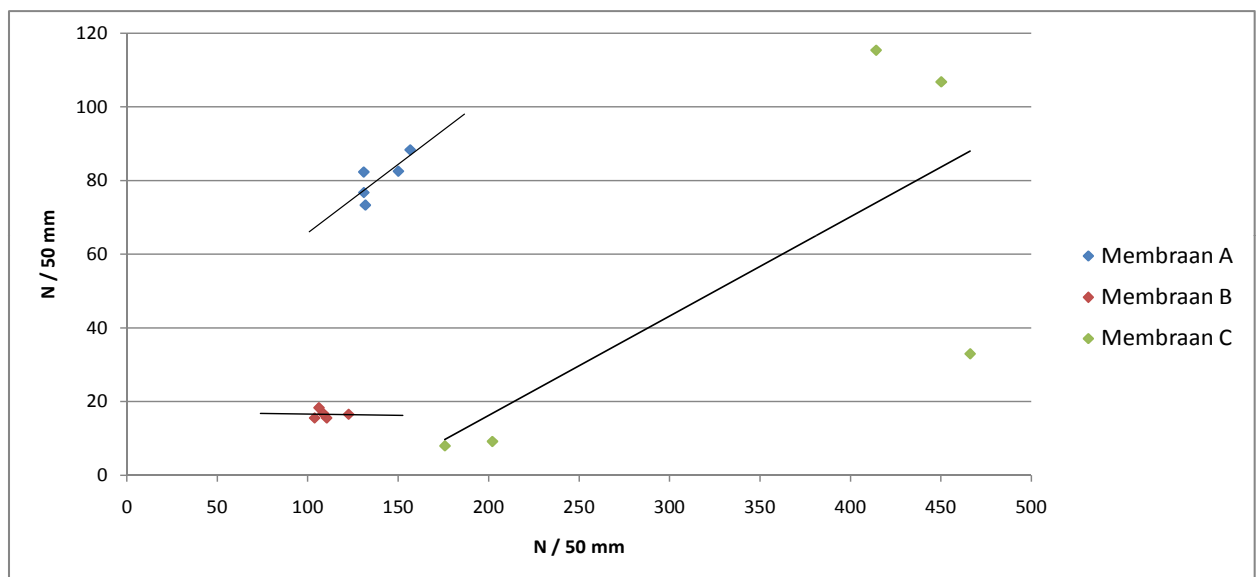
Grafiek 39: Afschuif- en afpelweerstand van membraan A op verschillende ondergronden



Grafiek 40: Afschuif- en afpelweerstand van membraan B op verschillende ondergronden



Grafiek 41: Afschuif- en afpelweerstand van membraan C op verschillende ondergronden



Grafiek 42: Correlatie van afschuif- en afpelweerstand

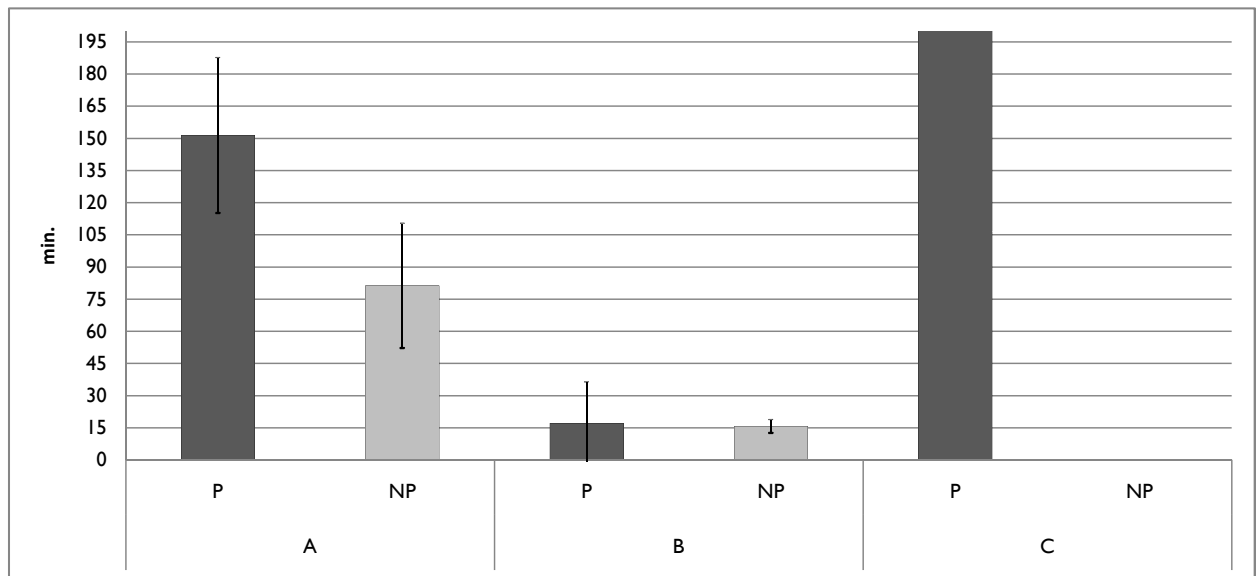
Kruipproeven

Conform de proefbeschrijving uit de ATG-gids van het BCCA (zie p. 22) werden kruipproeven uitgevoerd met membranen A, B en C op betonnen lateien, met en zonder primer.



Figuur 36: Opstelling kruipproef

In figuur 36 is op de achtergrond de effectieve proefopstelling te zien met de onbehandelde latei waaraan nog 4 stroken van membraan A hangen. Op de proefopstelling staat een webcam gericht die elke minuut een beeld maakt, om zo te registreren op welk tijdstip een strook precies faalt. Het BCCA stelt als ondergrens voor de kruipproef dat de stroken, belast met 25N, 15 minuten moeten blijven hangen. Membraan A haalt dit criterium ruimschoots, met en zonder primer. Het effect van de primer op de vochtige ondergrond is hier wel duidelijker dan bij de afschuifproeven op een vochtige ondergrond (p. 60). Het gemiddelde van membraan B ligt, met en zonder primer, net boven de grens van een kwartier, maar van de vijf stroken die op het behandelde beton gekleefd werden, faalden er eigenlijk vier voortijdig. Bij de afschuifproeven op vochtige ondergrond zagen we dat membraan C zonder primer niet hechtte, wat hier ook het geval was. Met primer presteert membraan C echter zeer goed, het begeeft niet onder de opgelegde belasting.



Grafiek 40: Resultaten van de kruipproeven conform de ATG-leidraad van BCCA

Proefvoorstel voor het aanbrengen van een drukverschil

Aangezien er enige twijfels bestaan over de ondergrens van 100N/50mm die door EN 12317-2 opgelegd wordt, zou het interessant zijn om dit criterium te evalueren.

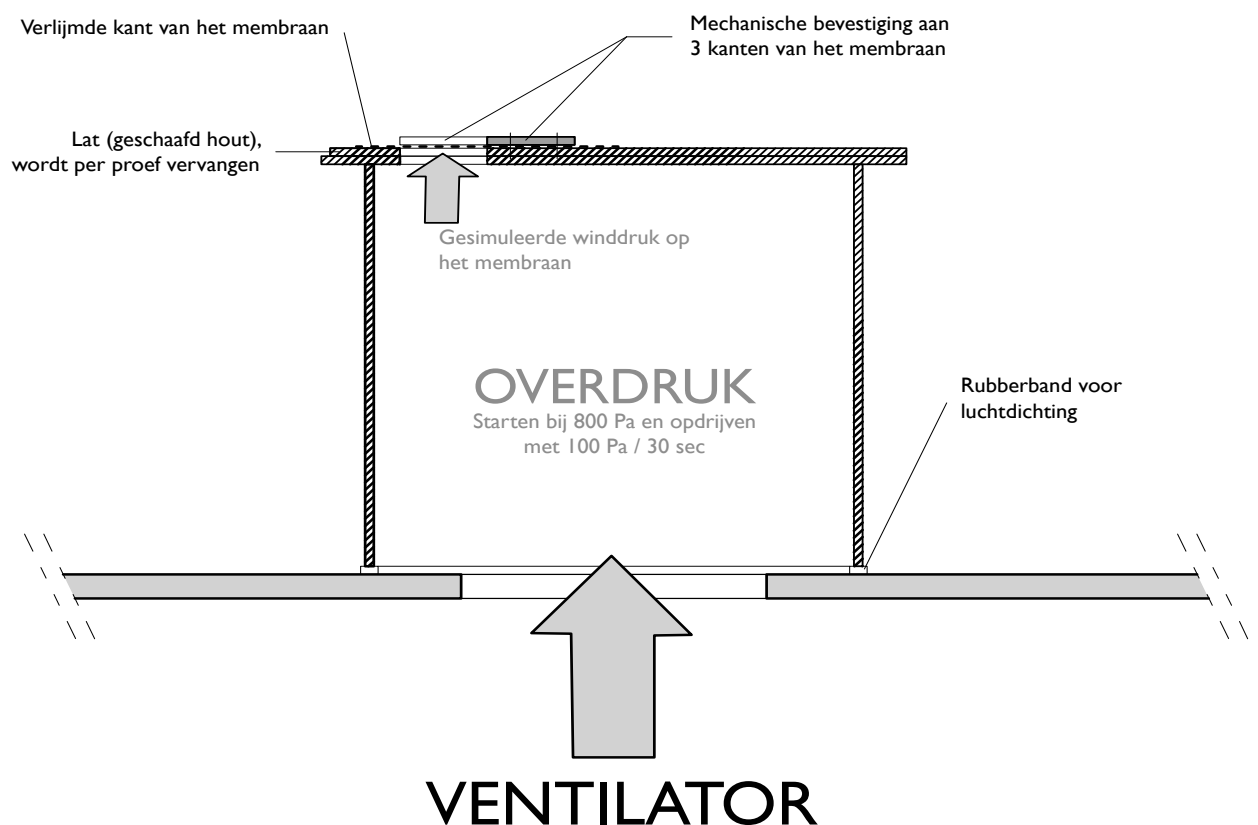
De zwaarste belastingen waartegen zelfhechtende membranen in normale omstandigheden bestand moeten zijn, zijn windbelastingen. Als we dus de waarden uit afschuif- of afpelproeven zouden kunnen relateren aan windbelastingen, dan kunnen we, via de maximale windbelasting waartegen een membraan zou moeten bestand zijn, de bijhorende ondergrens voor de afschuifweerstand bepalen.

Proefopstelling

In figuren 37 en 38 is een voorstel voor een eerste verkennende proefopstelling te zien om een zelfhechtend membraan aan overdruk te onderwerpen. De opstelling is gemaakt om het membraan te belasten op een manier die zo dicht mogelijk bij een afschuifproef aanleunt, om zo het resultaat te proberen relateren aan de andere tests in dit werk, die het merendeel afschuifproeven zijn.

Er is een houten kast gemaakt, waarachter een ventilator zit, die een overdruk in de kast creëert. In één zijde van de kast is een opening van 10 x 40 cm gemaakt, waar een strook membraan van 30 x 60 cm over gekleefd wordt. Dit membraan wordt aan drie kanten met een houten lat me-

chanisch bevestigd. Op deze manier kan de hechting van het membraan slechts aan één kant door de overdruk belast worden en falen. De zijde van het membraan die niet mechanisch bevestigd wordt, kleeft men vooraf, over een strook van exact vijf cm, op een lat die per proef vervangen wordt. Het verkleven van het membraan op de vervangbare houten lat gebeurt analoog aan de afschuifproeven. De lat wordt nadien met lijmklemmen (Fig. 38 A) op de kast bevestigd. De overdruk die wordt opgelegd start bij 800 Pa en wordt per halve minuut met 100 Pa opgedreven tot er een breuk van de hechting optreedt. De druk waarbij de breuk optreedt wordt geregistreerd.

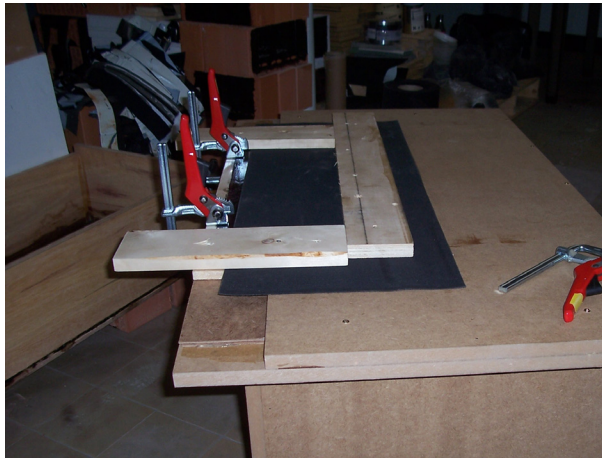


Figuur 37: Schematische voorstelling (vertikale snede) van een proefopstelling voor het aanbrengen van een drukverschil

Evaluatie

Er zijn op membraan C enkele verkennende tests uitgevoerd ter evaluatie van de proefopstelling.

Voor er een breuk van de hechting optrad, bleek het membraan nogal sterk uit te rekken waar de overdruk werd aangebracht. Daardoor is het niet meteen mogelijk om het resultaat van deze proef rechtstreeks aan een afschuifproef te relateren. Het is ook niet duidelijk in hoeverre de breuk optreedt ten gevolge van de stijgende belasting of vermoeiing.



A



B

Figuur 38: Opstelling proef met luchtdrukverschil

De belasting werd bij deze proef trapsgewijs opgebouwd, omdat continu opbouwen van de overdruk, met de middelen die voorhanden waren, niet mogelijk was, terwijl de trekbank bij afschuif- en afpelproeven wel met een continue snelheid beweegt. Bij verdere proeven zou men deze discrepantie moeten kunnen wegwerken.

De samples van membraan B begaven steeds bij een overdruk tussen 4300 en 5000 Pa. In de norm voor buitenschrijnwerk, STS 52, is er een tabel te vinden met weerstandsklassen tegen windbelasting. In deze tabel vinden we dat schrijnwerkelementen van de hoogste (beste) klasse tegen windstoten van 1000 Pa moeten bestand zijn, wat erop wijst dat membraan C ruimschoots tegen windstoten bestand zou zijn.

5 Vergelijking met soortgelijke zelfhechtende membranen

Om een beter idee te hebben van de grootteorde van de resultaten in hoofdstuk 3 en 4, zijn er ook enkele tests gebeurd op vergelijkbare membranen. De eigenschappen van deze membranen vindt men terug in Tabel 10 en bijlage A bevat een staaltje van elk membraan.

Code	Toplaag	Hechtmiddel	Wapening	Dikte toplaag	Dikte hechtmiddel
E	EPDM	Kliksysteem	nee	0,75 mm	/
F	Kunststofvlies	Butyl volvlakkig	nee	0,1 mm	1 mm
G	Versterkt papier	(onbekend) volvlakkig	ja	0,1 mm	0,05 mm

Tabel 10: Extra geteste membranen

Membraan E

Als alternatief voor het verkleven van een membraan op een schrijnwerkprofiel, bestaan er membranen die men in een gleuf in metalen schrijnwerkprofielen kan vastklikken en waarbij men het andere uiteinde op de ruwbouw vast kleeft. Een dergelijk systeem heeft voordelen naar plaatsing toe, maar uit tests blijkt de gemiddelde afschuifweerstand ongeveer 95N/50mm te zijn, wat lager ligt dan bij de zelfhechtende membranen die getest zijn.

Membraan F

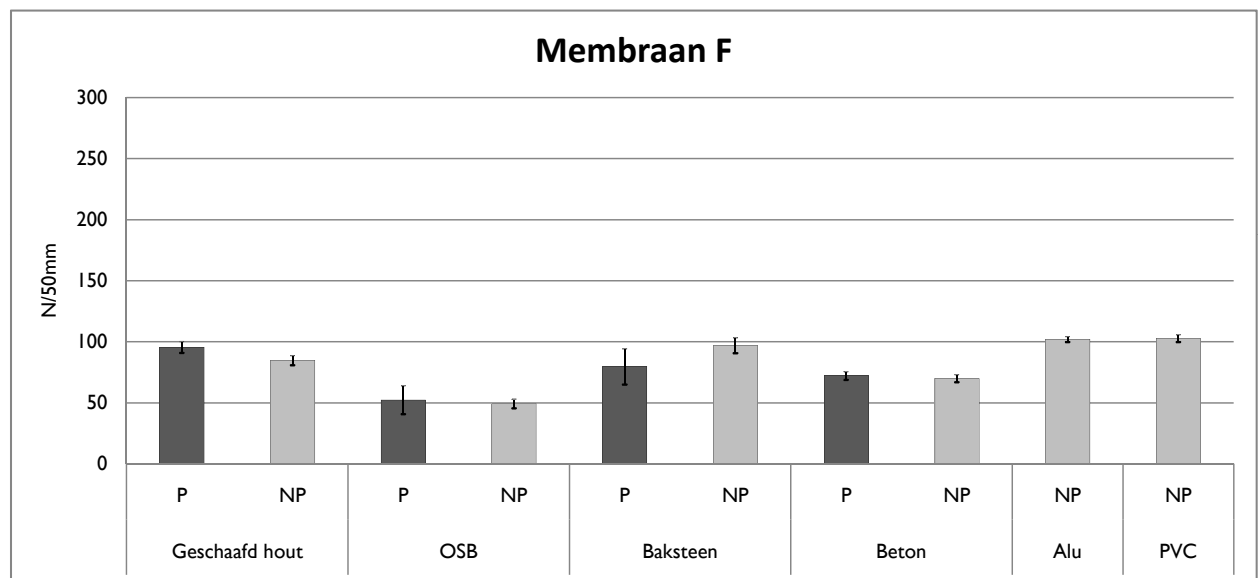
Membraan F is een kunststofvlies dat eenzijdig voorzien is van een laag butyl en gebruikt wordt voor het dampdicht afwerken van naden en overlappingsen van folies.

Het effect van de bijhorende primer lijkt nogal beperkt te zijn, alleen op geschaafd hout is er een verbetering merkbaar. De primer beïnvloedt wel het breukpatroon: op onbehandelde ondergronden zien we een adhesieve breuk, terwijl de hechting op behandelde ondergronden cohesief faalt, maar dit heeft duidelijk geen weerslag op de afschuifweerstand.

Op vlak van hechting op verschillende ondergronden zien we dat OSB en beton iets lager scoren in vergelijking met geschaafd hout, baksteen, aluminium en PVC.

Als men de resultaten van membraan F naast de resultaten van membranen A, B, C en D legt, is al gauw te zien dat membraan F lager scoort dan A en C, hoger scoort dan D en qua grootteorde ongeveer gelijk, maar net iets lager scoort dan membraan B (ook met butylhechtmiddel). Het

is wel belangrijk in te zien dat deze vergelijking niet helemaal correct is, aangezien membraan F meestal niet aan windbelasting wordt blootgesteld, terwijl dit bij de andere membranen wel het geval is.

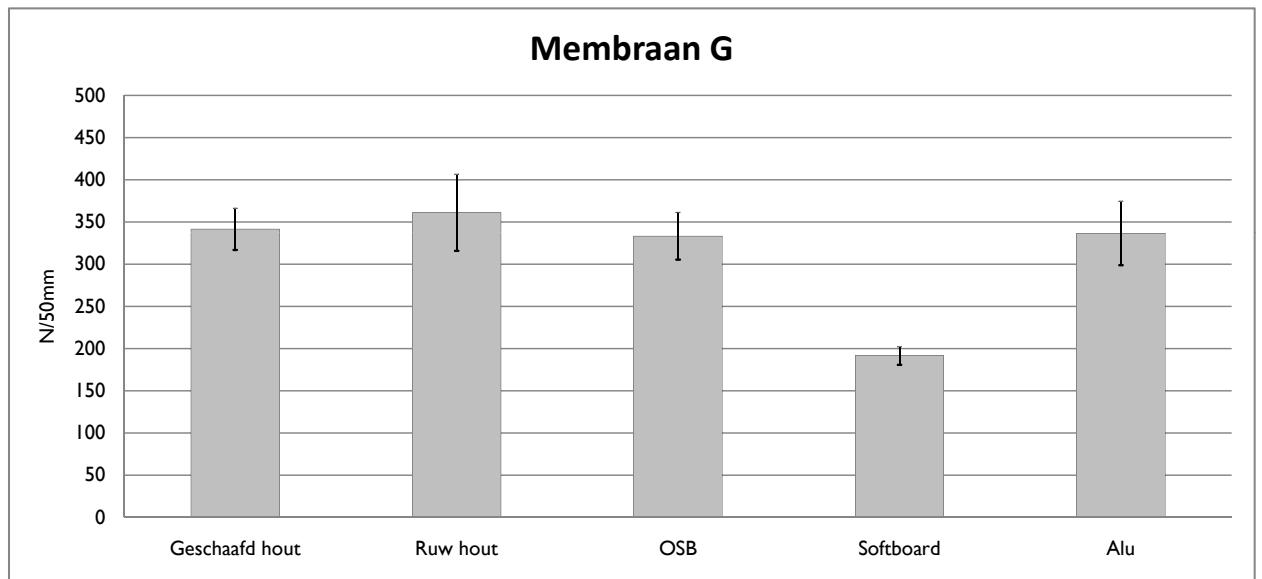


Grafiek 41: Effect van een primer op de aanhechting van membraan F en de prestaties op verschillende ondergronden

Membraan G

Membraan G is eigenlijk eerder een tape. Het is een universele kleeftape voor het luchtdicht af-dichten van overlappings van dampremmende membranen en het vastkleven van die membranen op effen houten ondergronden.

Membraan G kleeft, zeker in vergelijking met membranen A, B, D en F, zeer goed op de geteste ondergronden. De uitzondering hierop is de hechting op softboard, dat, zoals we bij eerdere proeven ook al zagen, cohesief blijkt te falen.



Grafiek 41: De prestaties van membraan F op verschillende ondergronden

Deel III

Plaatsing van zelfhechtende
membranen

1 Inleiding

Zoals reeds eerder vermeld is het gebruik van membranen om schrijnwerk in te kleven, al dan niet in combinatie met een mechanische bevestiging, al enige tijd sterk in opmars binnen de bouwpraktijk. Vooral bij gebouwen waar hoge eisen naar luchtdichtheid worden gesteld, worden dergelijke membranen vaak aangewend.

Door het technisch controlebureau Seco werd er, op basis van praktijkervaring en vergelijkingen met het buitenland, een indicatieve tabel (Tabel 11) opgesteld waar in functie van de bestemming en de hoogte van een gebouw wordt bepaald welk type afdichting men zou moeten aanwenden om de voeg rondom het schrijnwerk af te dichten. Het is duidelijk dat men al vrij snel het gebruik van een te verlijmen membraan aanraadt.

SECO werd in 1934 op initiatief van de professoren Magnel en François docenten aan respectievelijk de universiteiten van Gent en van Brussel, opgericht door de drie bij de bouwnijverheid betrokken beroepen: architecten, raadgevende ingenieurs en aannemers. Men wou kunnen beschikken over een organisme voor technische controle, dat ten dienste stond van de gemeenschap, om het beheer van de kwaliteit van de diverse bouwprojecten te vergemakkelijken. Sindsdien controleerde SECO meer dan 20.000 werken, zowel in dienst van de overheid als van de privé-sector, en voerde het opdrachten uit in meer dan 40 landen. [23]

Aard bouwwerk	Hoogte gebouw $H \leq 10\text{m}$	Hoogte gebouw $10 < H \leq 18\text{m}$	Hoogte gebouw $18 < H \leq 25\text{m}$	Hoogte gebouw $25\text{m} < H$
Woongebouw type eengezinswoning (huis, villa,...)	II	I	I	I
Woongebouw type Meergezinswoning (appartementen,...)	II	I	I	I
Kantoren	I	I	I	I
Gebouwen voor handelsdoeleinden	I	I	I	I
Gebouwen voor industriële doeleinden	I	I	I	I

Type I: EPDM of metalen profiellijst

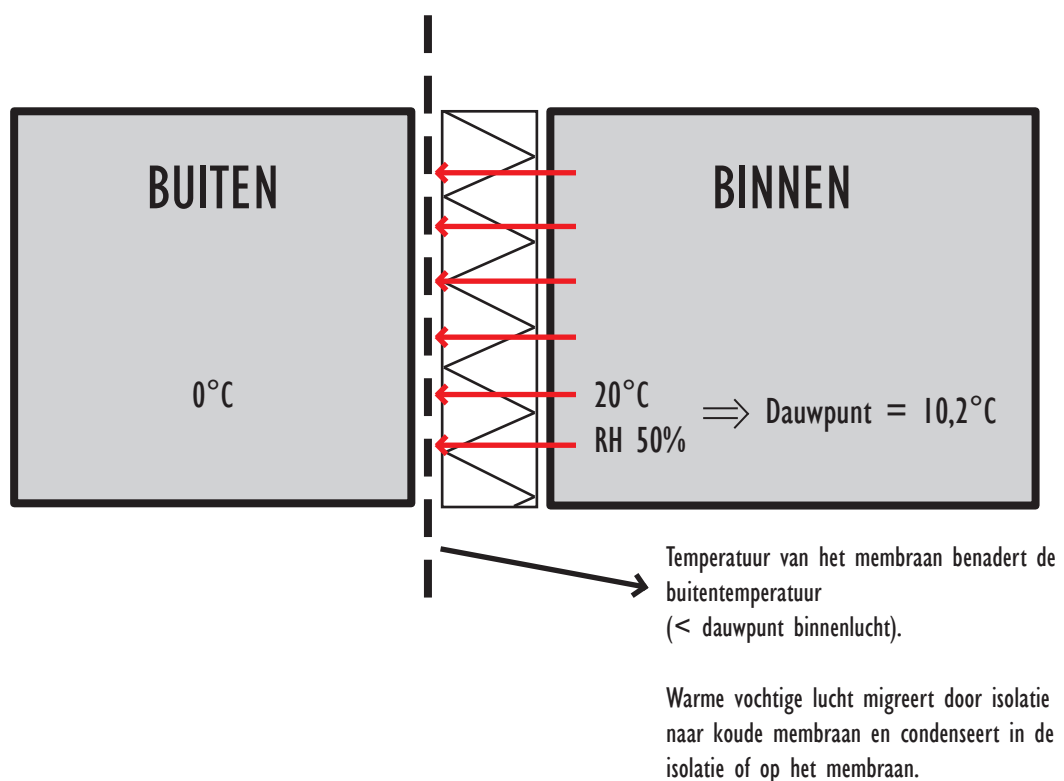
Type II: soepele voeg

Tabel 11: Type afdichting bij nieuwbouw i.f.v. hoogte en bestemming

2 Membraan als scheiding tussen twee klimaten

De meeste (zelfhechtende) membranen die binnen het kader van dit werk besproken worden, kunnen voor verschillende functies aangewend worden: als waterdrainerend membraan, als luchtdicht scherm, als dampscherm, of als een combinatie van beiden. Aangezien het merendeel van de membranen in kwestie redelijk tot sterk dampdicht zijn, hangt de functie die het membraan uitoefent af van haar positie in de wand, ongeacht of het membraan al dan niet zelfklevend is of mechanisch bevestigd of vastgeclipst wordt.

Het begrip dampdichtheid of de “ μ d-waarde” van een materiaal (zie Tabel 12) slaat op de mate waarin een materiaal al dan niet permeabel is voor waterdamp. De μ d-waarde bestaat uit 2 componenten: het diffusieweerstandsgetal (μ), de verhouding tussen de diffusieweerstand van een materiaallaag met een dikte van 1 meter en een oppervlakte van 1 m^2 en een luchtlaag met dezelfde afmetingen, en de dikte van de laag (d), uitgedrukt in meters. De μ -waarde is dus een eigenschap van het materiaal op zich, terwijl de d -waarde een keuze van de ontwerper is. De μ d-waarde is het equivalent van het aantal meter stilstaande lucht dat zich zogezegd tussen 2 klimaten bevindt die door het membraan worden gescheiden. Hoe groter deze waarde is, hoe dampdichter het membraan is. [22]



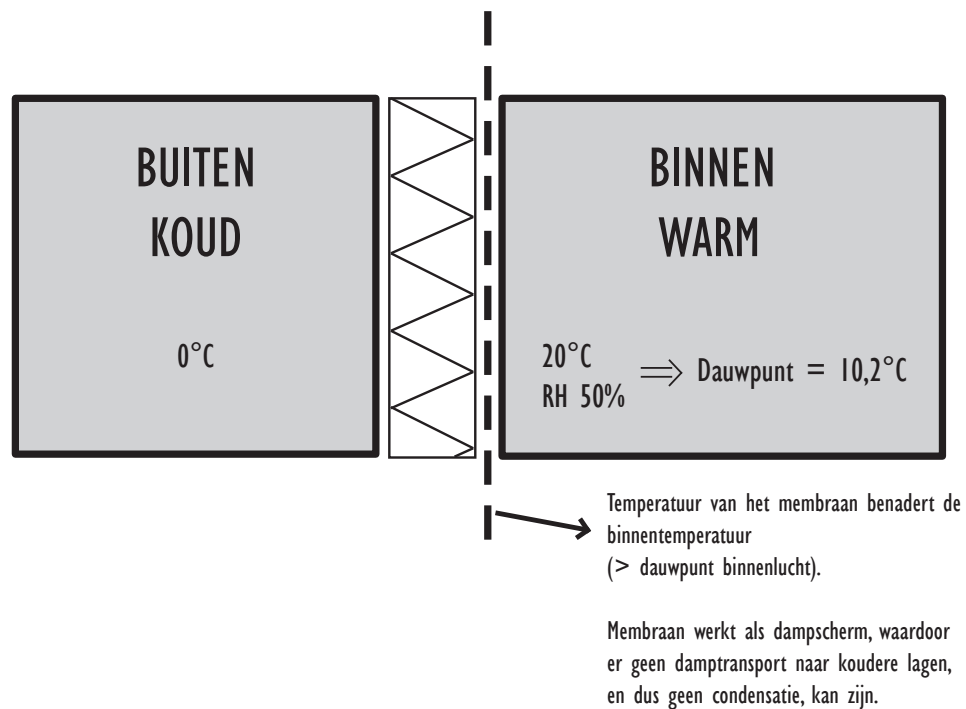
Figuur 39: Condensatiegevaar bij foute positionering van het dampdichte scherm

De dampdichtheid van dergelijke membranen brengt een gevaar met zich mee: het risico op inwendige condensatie aan warme zijde van het membraan. Waterdamp gaat condenseren wanneer het in aanraking komt met een materiaal met een oppervlaktetemperatuur onder de dauwpuntstemperatuur. In figuur 39 heerst in de binnenruimte een temperatuur van 20°C en een relatieve vochtigheid van 50 %. Met deze gegevens vinden we in tabel 8 dat de theoretische dauwpuntstemperatuur van het binnenklimaat 9,3°C bedraagt. Als de vochtige lucht doorheen de isolatie migreert, zal de waterdamp uit de lucht condenseren in die zone van de isolatie waar de temperatuur lager ligt dan de dauwpuntstemperatuur.

Als er tussen de zone waar de waterdamp condenseert en de buitenomgeving ook een dampdichte laag zit, kan het gecondenseerde vocht moeilijk opdrogen in warmere periodes en ontstaat vochttopstapeling. Inwendige condensatie leidt dus in vele gevallen tot vochtproblemen, zoals vochtophoping in en bijgevolg prestatievermindering van isolatiematerialen.

Materiaal	μ	Dikte (mm)	μd (m)
Metaal, glas,...	∞	12	∞
Tape voor luchtschermen	500000	0,2	100
PE-folie	150000	0,2	30
EPDM	60000	1,5	90
Bitumineuze dakdichting	10000	1,5	15
EPS-isolatie	200	100	20
Beton	100	200	20
Multiplex	50	12	0,6
Baksteen, hout	20	90	1,8
Lichte gipspleister	10	10	0,1
Gipskarton	8	10	0,08
Minerale wol	1,5	10	0,015
Lucht	1	5	0,005
Dampopen verf		0,1	0,014

Tabel 12: Dampdichtheid van materialen



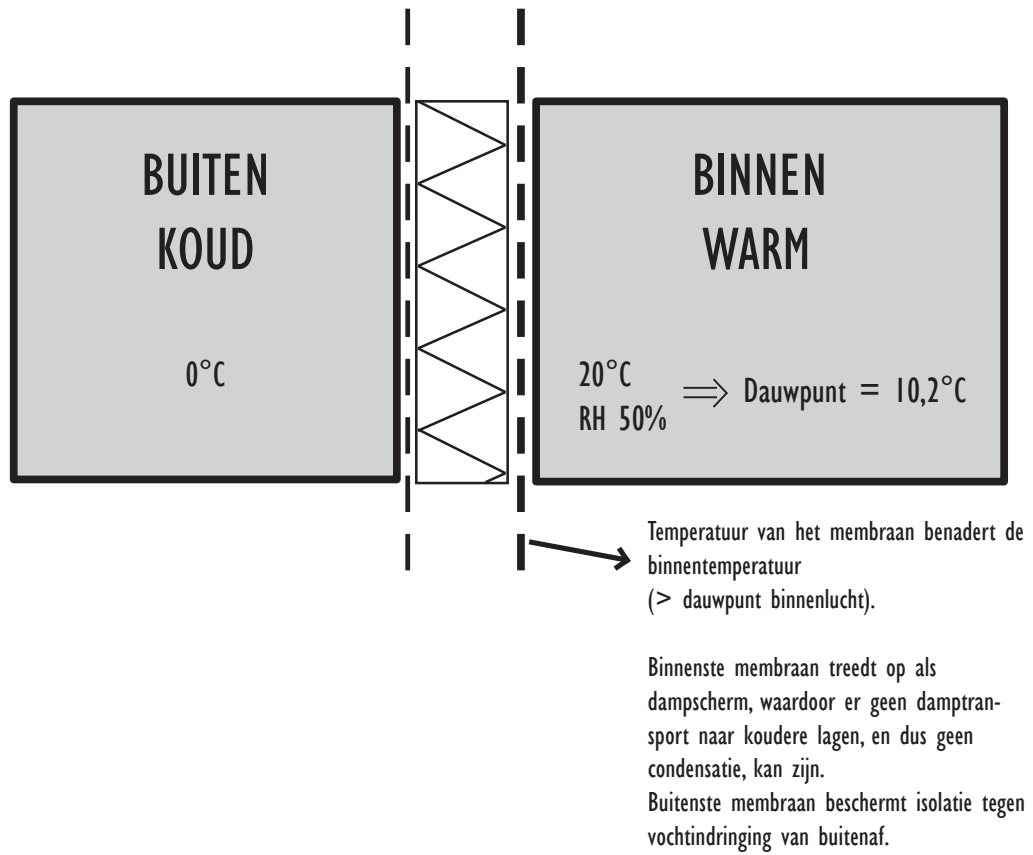
Figuur 40: Condensatie vermijden door correcte positie van het dampdichte scherm

Temperatuur (°C) RH (%)	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90
24	5,4	7,6	9,6	11	12,9	14,4	15,8	17	18,2	19,3	20,3	21,3	22,3
23	4,3	6,7	8,7	10,4	12	13,5	14,8	16,1	17,2	18,3	19,4	20,3	21,3
22	3,5	5,9	7,8	9,5	11,1	12,5	13,9	15,1	16,3	17,4	18,4	19,4	20,3
21	2,6	5	6,9	8,6	10,2	11,6	12,9	14,2	15,3	16,4	17,4	18,4	19,3
20	1,3	4,1	6	7,7	9,3	10,7	12	13,2	14,4	15,4	16,4	17,4	18,3
19	1	3,2	5,1	6,8	8,3	9,8	11,1	12,3	13,4	14,5	15,5	16,4	17,3
18	0,2	2,3	4,2	5,9	7,4	8,8	10,1	11,3	12,5	13,5	14,5	15,4	16,3

Tabel 8: Dauwpuntstemperatuur i.f.v. omgevingstemperatuur en relatieve vochtigheid

Om condensatieophoping in een wand te vermijden moet men steeds de meest dampdichte folie aan de warme zijde van de wand te plaatsen (zie fig. 40). Zo vermijdt men damptransport naar plaatsen waar de temperatuur lager ligt dan het dauwpunt en blokkeert men het drogen van eventuele condens niet. In het geval dat er meerdere membranen/folies in een wand moeten geplaatst worden, dient men er aandacht aan te besteden dat de meest dampdichte laag zich aan de binnenkant van de constructie bevindt (zie fig. 41) en moet men het risico op condensatie berekenen.

Let wel, bovenstaande redenering is alleen van toepassing in een klimaat als het onze, in meer zuidse landen zal men deze redenering moeten omkeren, daar het in een dergelijk klimaat door het gebruik van luchtbehandelingssystemen binnen vaak kouder is dan buiten.



Figuur 41: Condensatie vermijden door correcte positie van twee membranen

3 Aansluitingen

Dit hoofdstuk handelt over het concrete detailleren van aansluitingen met zelfhechtende membranen. De grote lijnen in dit hoofdstuk zijn in principe ook van toepassing voor het detailleren van membranen die mechanisch bevestigd worden.

Waterdrainerende functie boven ramen bij spouwmuren

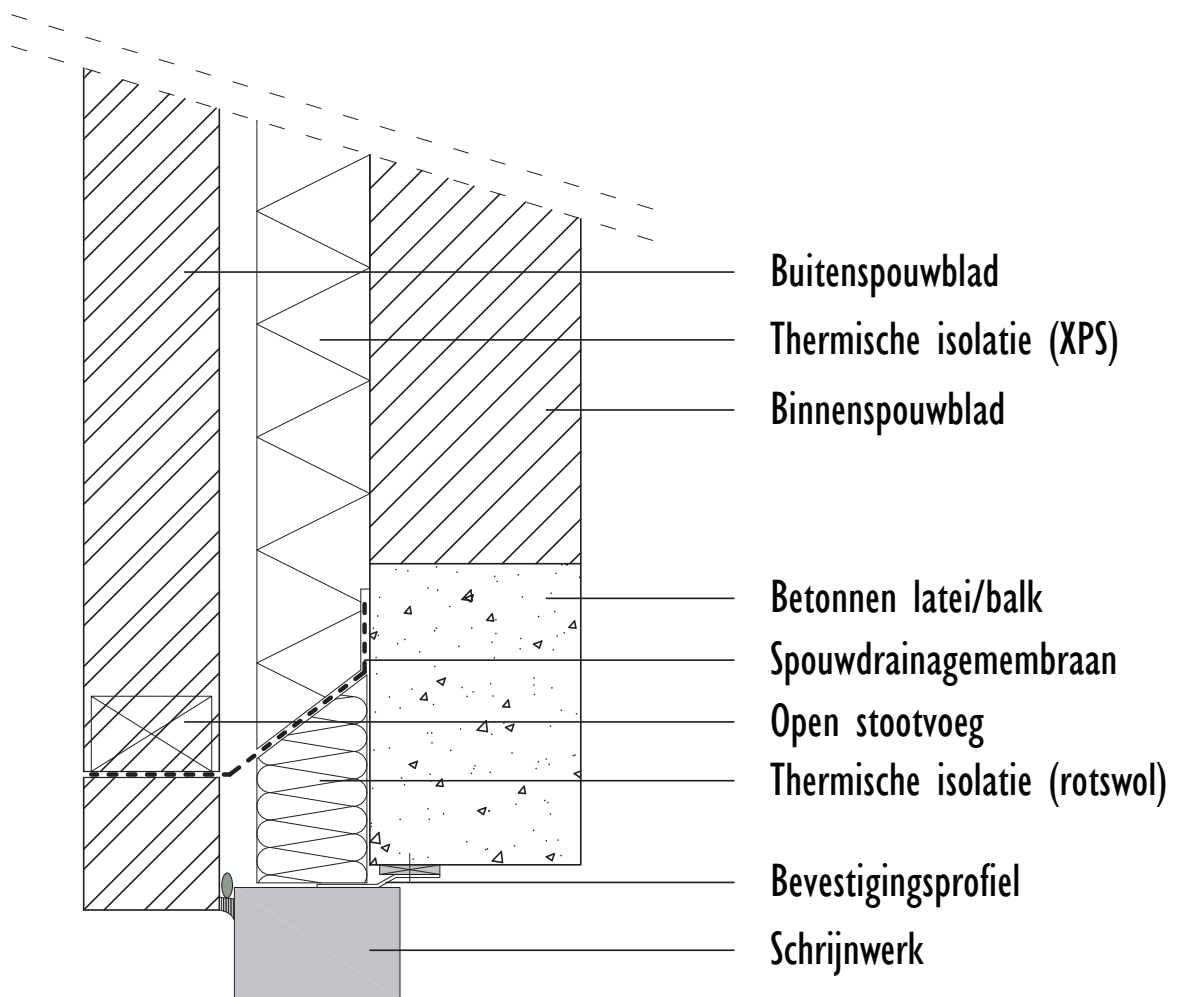
Indien het buitenspouwblad van een spouwmuur opgebouwd wordt met een poreus materiaal of een open paneelsysteem, bestaat de mogelijkheid dat er bij slagregen water doorheen het buitenspouwblad infiltreert en langs de binnenzijde van het buitenspouwblad naar beneden stroomt. In dat geval kan het schrijnwerk als een soort brug werken waarlangs het water naar het binnenspouwblad of rechtstreeks naar binnen loopt. Om te vermijden dat het water dus naar binnen dringt, dient er een waterscherp en voldoende drainage voorzien te worden.

De waterafvoer boven het venster kan gebeuren door een drainagemembraan boven het schrijnwerk te voorzien (fig. 42). Indien mogelijk gebruikt men een membraan uit één stuk of, als dat niet mogelijk zou zijn, last of lijmt men één of meerdere stukken aan elkaar.

Om het membraan op correcte wijze te plaatsen dienen 5 voorwaarden vervuld te worden:

- Het membraan moet op voldoende kwalitatieve wijze op het binnenspouwblad gelijmd worden. Er mogen zeker geen kanaaltjes onder de verlijmde zone heen lopen.
- Het membraan moet voldoende naar buiten afhellen, om te voorkomen dat er water op het membraan stagneert.
- Het membraan moet op een weinig vervormbare steun rusten, om zakvorming te voorkomen. Afgeschuinde isolatie kan hiervoor gebruikt worden.
- Het plaatsen moet zeer zorgvuldig uitgevoerd worden, om te vermijden dat boven op het membraan mortelresten of ander afval terecht komt.
- Het verdient ook een aanbeveling om de buitenste randen van het membraan licht op te plooiën om te beletten dat het water niet zijwaarts van het membraan in de spouw loopt, maar de spouw door de open stootvoegen verlaat.

In combinatie met de tweetrapsafdichting van het membraan moeten er ook open stootvoegen in het buitenspouwblad voorzien worden om het water terug naar buiten af te voeren (fig. 42). Deze open stootvoegen voor de drainage van de spouw moeten op het zelfde niveau liggen als het membraan en dienen volledig open te worden gehouden. [22]



Figuur 42: Plaatsing van een spouwdrainagemembraan

Het membraan, zoals in het typedetail (Fig. 42) getoond, dient op het binnenspouwblad verkleefd te worden vóór het plaatsen van de isolatie en het optrekken van het buitenspouwblad. Bij het verkleven let men er op het membraan over een voldoende grote zone op het binnenspouwblad te kleven en indien mogelijk de verkleving op de vlakke betonbalk uit te voeren. Wanneer de beschikbare zone op de balk te klein zou zijn, kan men eventueel ook op het metselwerk verkleven, maar het is aan te bevelen dat men de verzonken voegen van het metselwerk, waar kanaaltjes onder het membraan door zouden kunnen ontstaan, voor het verkleven nivelleert met een geschikte lijm, kit of mastiek.

Indien het membraan lang moet blijven hangen voor de isolatiewerken en het buitenspouwblad uitgevoerd worden, kan men in principe het membraan extra beveiligen tegen harde windstoten door het membraan ver genoeg in de verlijmde zone nog eens extra mechanisch vast te maken met een vijs en plug en een sluitring.

De voeg tussen het schrijnwerk en het buitenspouwblad kan worden gedicht met een zwelband en nadien worden afgekit (fig. 21).

Schrijnwerk rondom inkleven

Bij gebouwen die aan een grote winddruk onderhevig zijn (hoge gebouwen, gebouwen aan de kust,...) of waar hoge eisen naar luchtdichtheid gesteld worden (passiefwoningen, lage energiewoningen,...) zal men al gauw overgaan tot het volledig rondom inkleven van het schrijnwerk, omdat afdichtingen met zwelbanden, kitten en pleister niet blijken te voldoen (tabel 11, p. 82). Om esthetische redenen kan men ervoor kiezen om het schrijnwerk dieper of minder diep in de gevel te steken, zodat men het schrijnwerk niet meer “achter slag” kan plaatsen. Ook in dat geval zal men vaak moeten opteren om de waterdichting met een zelfklevend membraan te verzorgen, omdat de voeg rondom het schrijnwerk niet zomaar meer met een zwelband en een kit afdichten.

Algemene richtlijnen

Men kan schrijnwerk het meest gemakkelijk en degelijkst inkleven als het membraan in hetzelfde vlak kan verkleefd worden. Men moet dus bij het detailleren proberen te zorgen dat de zijde van het schrijnwerk, waarop het membraan dient aangebracht te worden, in hetzelfde vlak ligt als het vlak van de ruwbouw waarop het membraan moet gekleefd worden (Fig. 43).



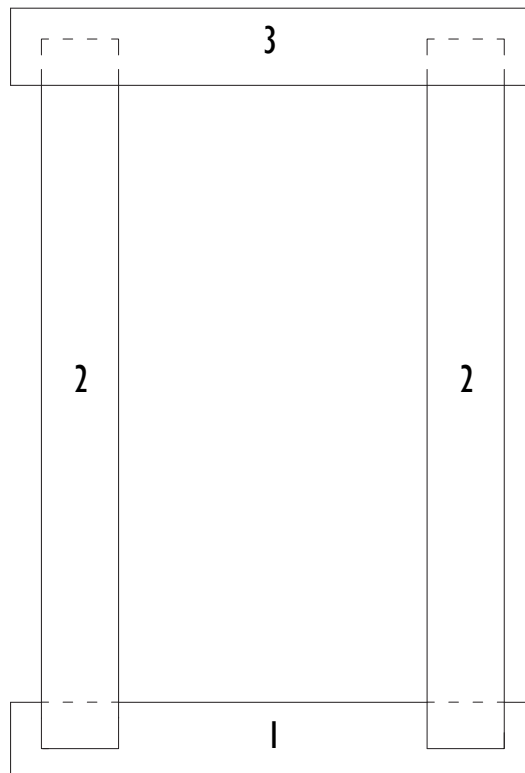
Figuur 43: Inkleven van het schrijnwerk in één vlak

Men moet er uiteraard ook op toezien dat een membraan dat de luchtdichtheid van de voeg rondom het schrijnwerk moet verzekeren, zich in hetzelfde vlak bevindt als het luchtdichte vlak aan de binnenzijde van de gevel, of er tenminste op aansluit. Voor het waterdichtheidsscherm moet men dezelfde overweging maken. Men moet dus steeds letten op de continuïteit van elke functie in de gevel.

Bij verticale overlapping dient men gebruik te maken van het dakpanprincipe, zoals in figuur 24 geïllustreerd.

Hoekoplossingen

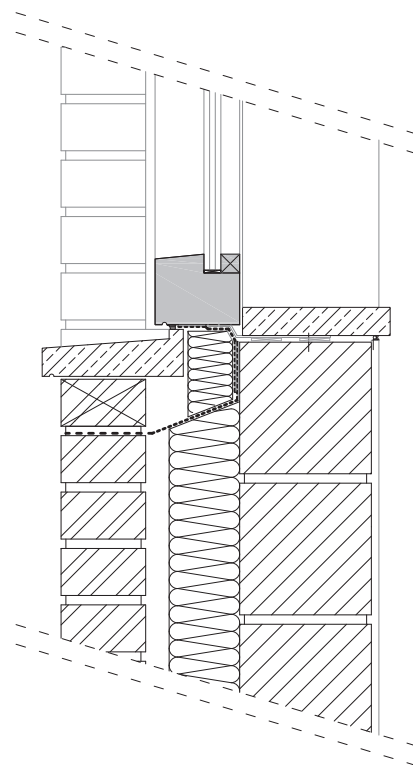
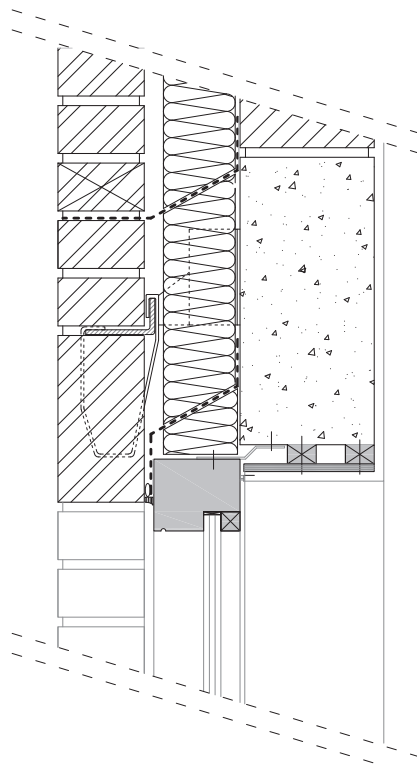
In het geval men met een membraan een voeg in een hoek wil afdichten, krijgt men dikwijls patronen die moeilijk uit te voeren zijn en vaak ook minder duurzaam zijn. Indien men meerdere dezelfde hoeken dient af te dichten kan men overwegen, indien dit economisch haalbaar is, om gebruik te maken van voorgevormde hoekstukken. Deze minder soepele hoekoplossingen zijn echter alleen toepasbaar op een vrij effen ondergrond.

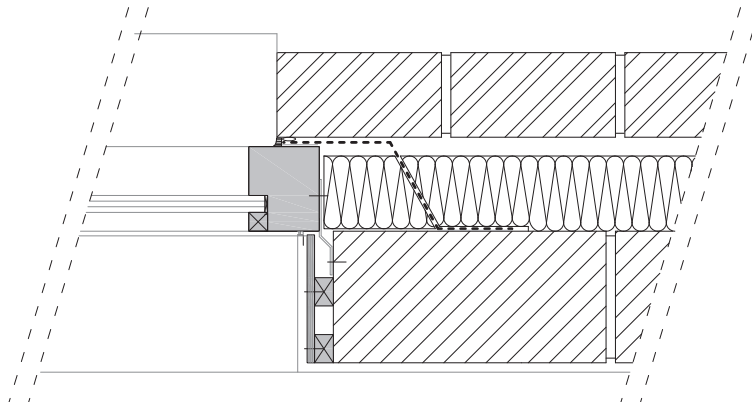


Figuur 44: Plaatsingsvolgorde volgens het dakpanprincipe

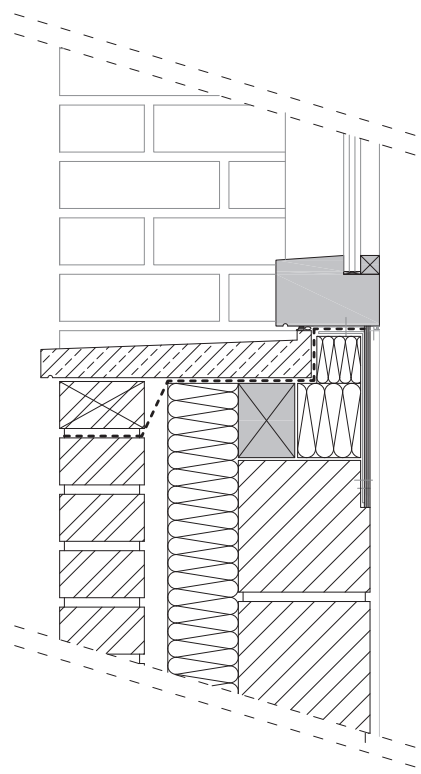
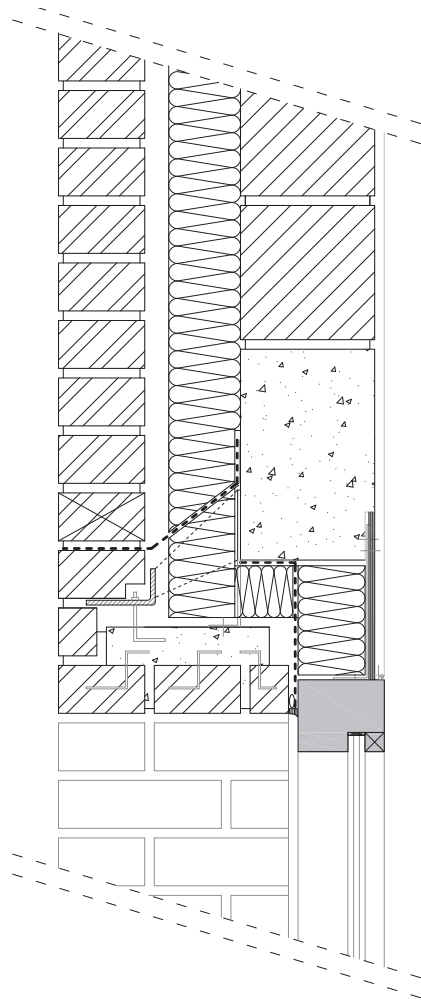
Referentiedetails

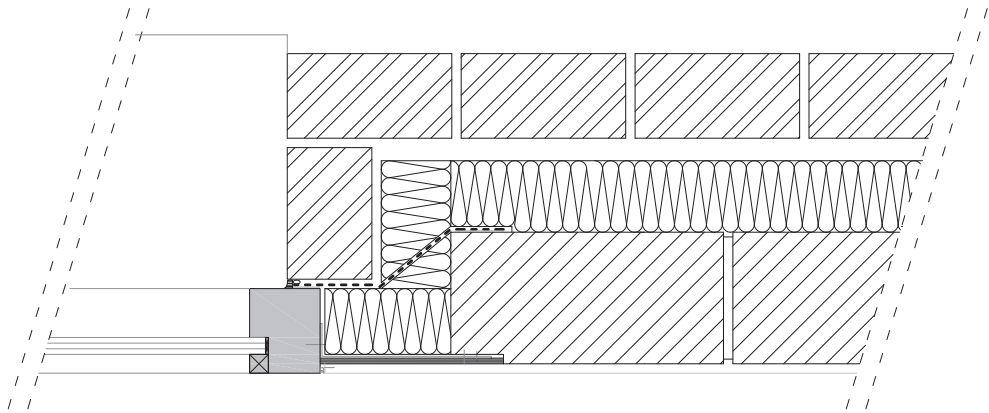
Hieronder kan men een aantal referentiedetails [25] vinden, die expliciet gericht zijn op het gebruik van een zelfhechtend membraan. Op de Belgische markt zijn zelfhechtende membranen slechts aan één zijde al dan niet plaatselijk voorzien van een hechtmiddel, dit weerspiegelt zich in de detailleringen, waar het membraan vaak op de buitenzijde van het binnenspouwblad moet verkleefd worden. Dit impliceert ook dat de membranen (en het schrijnwerk) dienen aangebracht te worden vóór het plaatsen van de isolatie en het optrekken van het buitenspouwblad en dat het membraan later vrij moeilijk kan vervangen worden. Figuur 25 toont de plaatsing van het schrijnwerk “achter slag” in een spouwmuur uit metselwerk, figuren 26 en 27 zijn varianten hierop met een andere plaatsing van het schrijnwerk. Op figuur 28 ziet men een detail van een wand uit houten keepers. De details zijn toepasbaar op standaard (+/- 60 x 80 mm) schrijnwerkprofielen en, zoals men kan zien, op minder courante varianten.



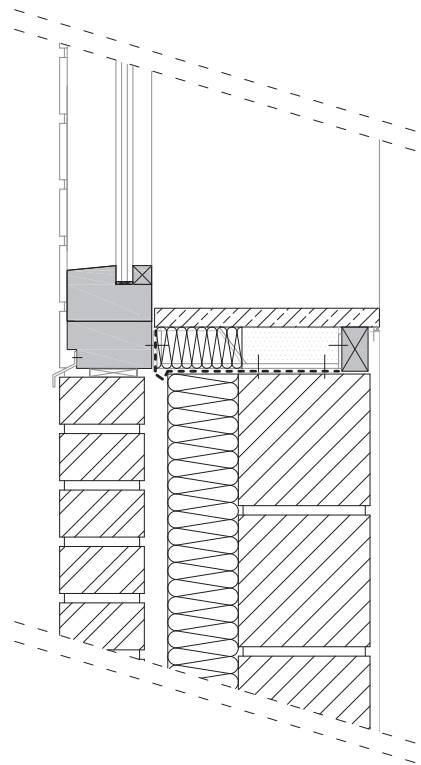
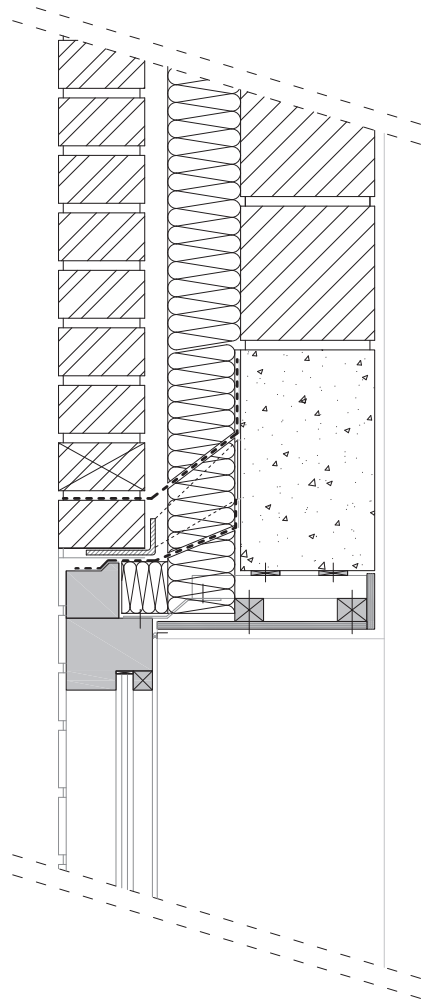


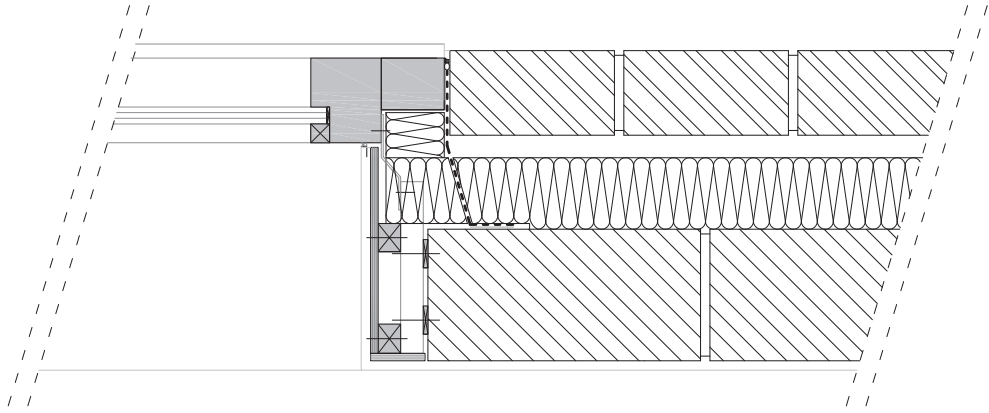
Figuur 45: Plaatsing van een rondom ingekleefd venster "achter slag"; respectievelijk verticale snede bovenaan en onderaan, en horizontale snede





Figuur 46: Plaatsing van een rondom ingekleefd venster in het binnenvlak; respectievelijk verticale snede bovenaan en onderaan, en horizontale snede





Figuur 47 Plaatsing van een rondom ingekleefd venster in het buitenvlak; respectievelijk verticale snede bovenaan en onderaan, en horizontale snede

Bijlagen

Bijlage A: Stalen van de beproefde membranen

Bijlage B: Overzichtstabel proefresultaten (digitaal op cd-rom)

Bijlage C: Foto's van de beproefde samples (digitaal op cd-rom)

Bijlage D: Anova-tabellen (digitaal op cd-rom)

Bijlage A: Stalen van de beproefde membranen

Membraan A

Membraan B

Membraan C

Membraan D

Membraan E

Membraan F

Membraan G

Bibliografische referenties (volgens volgorde in de tekst)

- [1] **“Water Penetration Resistance of Windows - Study of Manufacturing, Building Design, Installation and Maintenance Factors”**, RDH Building Engineering Limited, Vancouver, BC, voorgelegd voor Canada Mortgage and Housing Corporation, Ottawa, Ontario, december 2002.
- [2] Belgische Unie voor de technische in de bouw, **“Buitengevelisolatiesystemen met pleisterafwerking: plaatsingstechniek en uitvoeringsdetails”**, Informatieblad, nr. 2, 2003.
- [3] http://en.wikipedia.org/wiki/Pressure_sensitive_adhesive, laatste update op 12/02/2008, 24/04/2009
- [4] <http://adhesives.org>, laatste update op 15/03/2009, 24/04/2009
- [5] Zima, A. D., Weston, T.A., Katsaros, J.D., and Hagood, R., **“Comparison of Butyl versus Modified Asphalt Window Flashing Adhesives”**, Durability of Building and Construction Sealants and Adhesives, ASTM STP 1453, A.T.Wolf, Ed., ASTM International, West Conshohocken, PA 2004.
- [6] Weston, T.A., Pascual, X., and Herrin, J., **“Performance Testing of Window Installation and Flashing in Hot & Humide Climates”**, Texas A&M University 13th Symposium on Improving Building Systems in Hot & Humide Climates, Houston, TX, May 2002.
- [7] Weston, T.A. en Katsaros J.D., **“Innovations in Window Installations: Keep the Water Out”**, Walls and Ceilings, BNP Media II, L.L.C., September 2003, pp. 33-44.
- [8] Bowditch M.R., Int. J. Adhesion Adhesives 1996; 16(2): 73-9.
- [9] American Society for Testing and Materials, **“ASTM G155 (G26): Standard Practice for Operating Xenon Arc Light Apparatus for Exposure of Non-Metallic Materials.”**
- [10] Ost, T., **“Waterdichtheid van buitenschrijnwerk - experimenteel onderzoek naar aanhechting van membranen”**, Master Thesis, Ghent University, Ghent, Belgium, 2008
- [11] <http://nl.wikipedia.org/wiki/ASTM>, laatste update op 16/01/2008, 15/05/2009
- [12] Sherman, M.H., Walker, I.S., **“Duct Tape and Sealant Performance”**, Environmental Energy Technologies Division, Lawrence Berkeley National Laboratory, Berkeley, CA 2005.
- [13] Abushakra, B., **“Longevity of Duct Tape in Residential Air Distribution Systems: I-D, 2-D and 3-D Joints”**, Energy Performance of Buildings Group, Lawrence Berkeley National Laboratory, Berkeley, CA 2002.
- [14] Katsaros, J.D., **“Adhesive Characterization & Durability of Self-Adhered Flashings”**, Performance and Durability of the Window-Wall Interface, ASTM STP 1484, Hardman, B. G., Wagus, C. R., Weston, T.A., Ed., ASTM International, West Conshohocken, PA 2004
- [15] Ackermann, T. D., **“Untersuchungsergebnisse zur Dauerhaftigkeit von Verbindungen und Anschlüssen bei Luftdichtheidsschichten mittels Klebmassen und Klebebänder”**, Institut für Bauphysik und Baukonstruktion, Fachhochschule Bielfeld, 2007
- [16] <http://www.butgb.be>, 16/05/2009

- [17] **“Gids voor de aanvraag van technische goedkeuring revisie 02/02/2007 – Membranen toegepast in de gevelbouw”**, Butgb, 2007
- [18] **“Afschuifproef op verschillende ondergronden”**, BCCA, 2009
- [19] **“Afschuifproef membraan op vochtige ondergrond”**, BCCA, 2009
- [20] **“EN 12317-2 : Flexible sheets for waterproofing – Determination of shear resistance of joints – part 2 – Plastic and rubber sheets for waterproofing”**
- [21] <http://www.ift-rosenheim.de>, 16/05/2009
- [22] **TV 188**, WTCB, 1993
- [23] <http://www.seco.be>, 16/05/2009
- [24] **“Prüfbericht Nr. 104 23645/3”**, IFT Rosenheim, 2001
- [25] Van Renterghem F., **“Onderzoek naar hedendaagse detaillering - haalbaarheid van raamaansluitingen in het vlak”**, Master Thesis, Ghent University, Ghent, Belgium, 2007

