

Frank Koster  
**Termokomfort Nederland BV**  
Neonweg 151  
1362 AG Almere  
Nederland

**uw kenmerk**

**ons kenmerk**

**datum**

29-11-2016

**contactpersoon**

S. Van Linden  
N. Van Den Bossche

**e-mail**

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

**tel. en fax**

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

## **Waterdichtheid van na-geïsoleerde wand Snel Bouw Systeem volgens NEN 2778:2015**

Ir. Arch. S. Van Linden  
Verslaggever

Prof. Dr. Ir. Arch. N. Van Den Bossche  
Universitair Docent

# Inhoud

---

1. Inleiding .....	3
2. Proefopstelling en testprocedure .....	4
2.1 Proefopstelling .....	4
2.2 Testprocedure.....	5
3. Resultaten .....	7
3.1 Uitvoering met luchtdrukverschil.....	7
3.2 Uitvoering zonder luchtdrukverschil.....	8
3.3 Bepaling van het vochtgehalte .....	9
3.4 Bepaling van het hygroskopisch-evenwichtsvochtgehalte .....	9
4. Besluit.....	10

# 1. Inleiding

---

Op vraag van Termokomfort Nederland werden waterdichtheidstesten uitgevoerd op een wand volgens het Snel Bouw Systeem en na-geïsoleerd met het Termoparel-Systeem. De wand bestaat uit een binnenmuur, een spouw en een gevelstenen buitenmuur die aan de hand van spouwankers aan de binnenmuur bevestigd wordt. De gevelstenen worden met elkaar verbonden aan de hand van een kliksysteem en open voegen. De wand wordt achteraf van binnenuit geïsoleerd aan de hand van het Termoparel-Systeem.

De waterdichtheid werd bepaald overeenkomstig NEN 2778:2015 "Vochtwering in gebouwen". De wand werd opgebouwd volgens de richtlijnen van de fabrikanten.



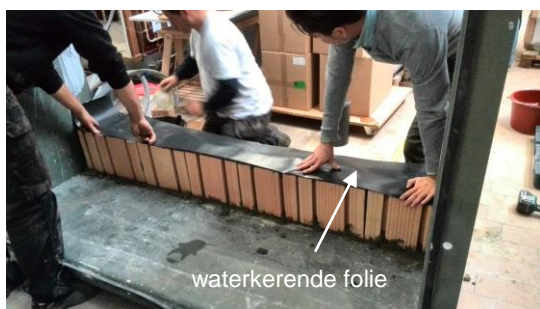
## 2. Proefopstelling en testprocedure

### 2.1 Proefopstelling

In een stalen testkast van 1960 x 2280 mm werd een wand opgebouwd bestaande uit een binnenmuur met een dikte van 138 mm, een spouw met een dikte van 160 mm en een buitenmuur bestaande uit gevelstenen met een dikte van 105 mm. Voor de binnenmuur werd gebruik gemaakt van tand- en groef metselwerk en horizontale mortelvoegen voor de eerste twee lagen. De daaropvolgende lagen werden verlijmd. De verticale voegen van de binnenmuur werden lokaal opgevuld met silicone of mortel om breder openingen te dichten. De eerste laag gevelstenen werd geplaatst in een mortelbed, de daaropvolgende lagen werden aan elkaar bevestigd aan de hand van het kliksysteem.

De ruimte tussen de binnenmuur en de testkast werd over de hele omtrek gevuld met PUR-schuim. De ruimte tussen de buitenmuur en de testkast werd zowel langs de linker- als rechterzijde opgevuld met een kitvoeg. Omwille van het kliksysteem was het niet mogelijk om de gevelstenen te plaatsen tot de bovenste rand van de testkast. Bijgevolg werd de ruimte tussen de testkast en de bovenste laag gevelstenen gedicht aan de hand van een butyltape. Om te vermijden dat het stilstaande water onderaan de spouw en opstijgend vocht een invloed zouden hebben op de test, werd een butyltape toegepast onderaan de binnenmuur en een waterkerende folie tussen de eerste en tweede laag van de binnenmuur.

De EPS-parels hebben een grootte van 3-5 mm en werden op 4 punten langs de binnenzijde van de wand in de spouw gespoten.



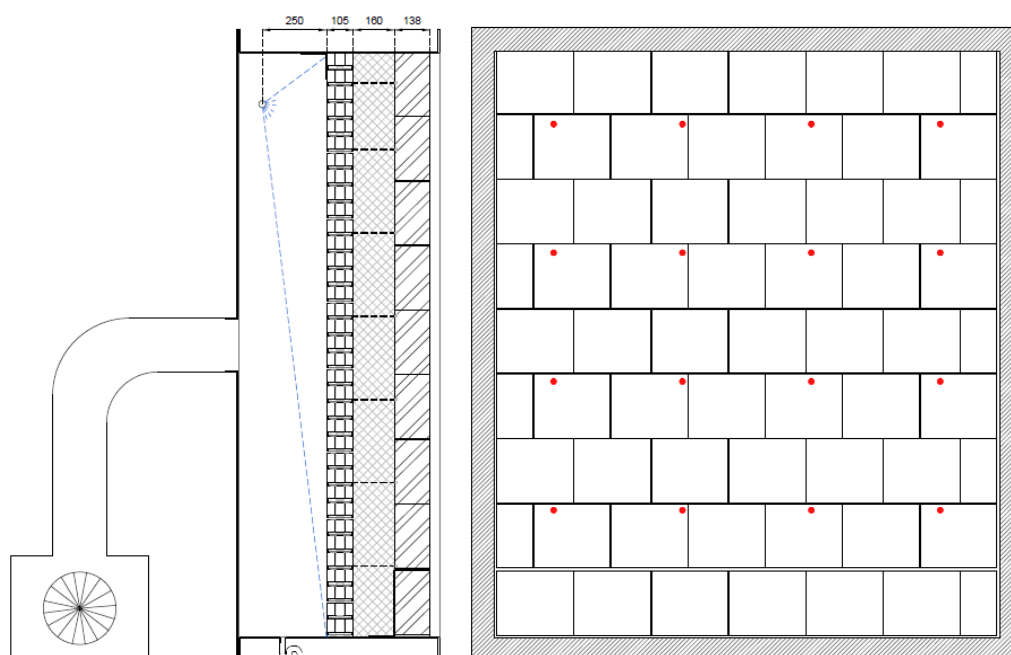
## 2.2 Testprocedure

De waterdichtheid van de wand is getest op een full-scale opstelling in het Testcentrum voor Gevelelementen van Universiteit Gent en in overeenstemming met NEN 2778:2015 “Vochttering in gebouwen”.

De proeven zijn uitgevoerd binnen de beperking opgelegd in NEN 2778:2015: temperatuur moet hoger zijn dan of gelijk aan 5°C.

In de stalen testkast wordt een sproeibuis geïnstalleerd met 5 sproeikoppen. Een waterdebiet van 8,0 l/min wordt toegepast. De eerste 15 minuten van de test wordt er water gespreeid zonder drukverschil. Vervolgens wordt het drukverschil elke 5 minuten stapsgewijs verhoogd tot de maximale toetsingsdruk van 450 Pa aan de hand van volgende drukstappen: 0 – 50 – 100 – 150 – 200 – 250 – 300 – 350 – 400 – 450 Pa.

De di-elektrische constante wordt gemeten voor en na de test ter plaatse van 16 punten op de binnenmuur om de verandering in vochtigheid na te gaan.



Figuur 1: Proefopstelling waterdichtheidstest en meetpunten di-elektrische constante

Daarna wordt het drukverschil weer tot 0 Pa gebracht. Vervolgens wordt cyclisch de waterstroom gedurende  $(60 \pm 1)$  s doorgelaten en gedurende  $(540 \pm 1)$  s tegen gehouden. De beproeving wordt hierbij gestopt na ten minste 96 h of eerder indien tijdens de beproeving het binnenoppervlak van de constructie zichtbaar nat wordt.

60 s na het beëindigen van de beproeving wordt het binnenoppervlak visueel geïnspecteerd op lekkage en/of op het nat zijn van het binnenoppervlak. Indien bij deze visuele waarneming geen lekkage en/of vochtplekken waarneembaar zijn, wordt er per soort materiaal waaruit de grenslaag bestaat drie monsters van de grenslaag op willekeurige plaatsen tot een diepte van  $(10 \pm 1)$  mm genomen worden. Vervolgens wordt van elk proefstuk het vochtgehalte bepaald en daarna van hetzelfde proefstuk het hygroscopisch-evenwichtsgehalte bij 95% relatieve vochtigheid.

- Bepaling vochtgehalte: de proefstukken worden gewogen met een nauwkeurigheid van 0,1 g en worden vervolgens gedroogd in een droogstoof. De proefstukken worden als droog beschouwd, indien de massaverandering per 24 h kleiner is dan 0,1 %. De droging wordt uitgevoerd volgens de condities voorgeschreven in NEN 2778:2015:  $(105 \pm 2)^\circ\text{C}$  en  $\Phi < 5\%$ . Het vochtgehalte van elk proefstuk wordt vervolgens berekend aan de hand van volgende formule:

$$u = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a} \cdot \frac{m_n}{m_n} * 100\%$$

u: vochtgehalte (%)

$m_n$ : massa van het proefstuk voor de droging (g)

$m_d$ : massa van het proefstuk na de droging (g)

- Bepaling van het hygroscopisch-evenwichtsvochtgehalte: eerst wordt de massa van een droog proefstuk bepaald en vervolgens wordt het geconditioneerd bij een relatieve luchtvochtigheid van  $(95 \pm 1)\%$  en een temperatuur van  $(20 \pm 3)^\circ\text{C}$  tot het hygroscopisch-evenwichtsvochtgehalte bereikt is. Het hygroscopisch-evenwichtsvochtgehalte wordt als bereikt beschouwd zodra de massatoename kleiner is dan 0,1% per 24h. Het hygroscopisch-evenwichtsvochtgehalte wordt vervolgens berekend aan de hand van volgende formule:

$$u_h = \frac{m_e - m_d}{m_e} * 100\%$$

$u_h$ : hygroscopisch-evenwichtsvochtgehalte (%)

$m_e$ : massa van het proefstuk bij het hygroscopisch-evenwichtsvochtgehalte (g)

$m_d$ : droge massa van het monster (g)

### 3. Resultaten

---

#### 3.1 Uitvoering met luchtdrukverschil

Een waterdebiet van 8,0 l/min werd toegepast. De eerste 15 minuten van de test werd er water gespreid zonder drukverschil. Vervolgens werd het drukverschil elke 5 minuten stapsgewijs verhoogd zoals beschreven in de testprocedure.

De test werd uitgevoerd tot en met de maximale toetsingsdruk van 450Pa. Er werden visueel geen vochtplekken of infiltraties vastgesteld op het binnenspouwblad, noch tijdens de test, noch na afloop van de test.



Binnenspouwblad na watertest tot maximale toetsingsdruk van 450 Pa

De di-elektrische constante werd zowel voor als na de test gemeten om een eerste indicatie van het vochtgehalte te verkrijgen. Er werden hierbij geen significante verschillen vastgesteld.

voor test			
34,2	32,7	28,8	32,3
32,2	30,6	40	37,1
45	35	34,1	31,3
32,4	50,9	40,2	42,7

na watertest tot 450 Pa			
36,7	37	31	37,3
34,1	35,4	42	39
43,5	40,5	40,2	34,6
36,1	48,7	38,6	51,5

Tabel 1: Di-elektrische constante voor en na watertest tot 450 Pa

### 3.2 Uitvoering zonder luchtdrukverschil

Daarna werd het drukverschil weer tot 0 Pa gebracht en werd cyclisch de waterstroom gedurende ( $60 \pm 1$ ) s doorgelaten en gedurende ( $540 \pm 1$ ) s tegen gehouden. Er werd opnieuw een waterdebiet van 8 l/min toegepast. De beproeving werd hierbij gestopt na 96 h.

Na 96 uur werden geen bijkomende vochtplekken of lekken visueel waargenomen.



Figuur 2: Opstelling na waterstroom 60 s doorlaten en 540 s tegenhouden gedurende 96 uur

De di-elektrische constante werd opnieuw zowel voor als na de test gemeten om een eerste indicatie van het vochtgehalte te verkrijgen. Er werden hierbij geen significante verschillen vastgesteld.

na watertest tot 450 Pa			
36,7	37	31	37,3
34,1	35,4	42	39
43,5	40,5	40,2	34,6
36,1	48,7	38,6	51,5

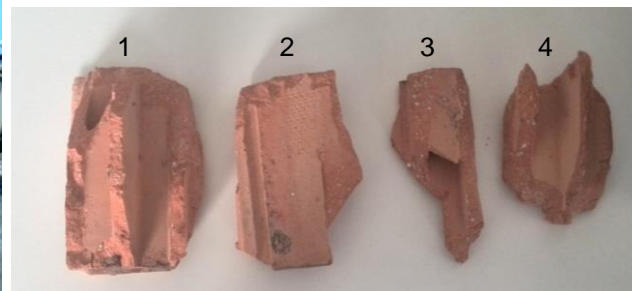
na 96h			
39,3	35,3	32,6	37,4
36,2	35,9	37,4	40,4
48,9	41	39,3	34,5
33,5	51,3	39,4	45,9

Tabel 2: Di-elektrische constante voor en na cyclus 96 h



### 3.3 Bepaling van het vochtgehalte

Er werden drie proefstukken (1, 2, 4) genomen van de binnenmuur op een diepte van ongeveer 5cm mm. Het vierde proefstuk (3) werd genomen op de grenslaag met de isolatie.



Proefstukken binnenmuur

De massa van de proefstukken werd bepaald meteen na de watertest met een nauwkeurigheid van 0,01 g. Vervolgens werden de proefstukken in een droogstof geplaatst bij een temperatuur van  $(105 \pm 2)^\circ\text{C}$  en werd de massaverandering bepaald tot deze kleiner was dan 0,1 % per 24 h.

	1	2	3	4
Direct na watertest (g)	198,10	113,80	51,00	83,90
Na 96 h in de oven (g)	196,80	113,50	50,50	83,60
Na 120 h in de oven (g)	196,80	113,45	50,45	83,60
<b>Vochtgehalte (g)</b>	1,30	0,35	0,55	0,30
<b>Vochtgehalte (%)</b>	0,66%	0,31%	1,08%	0,36%

Tabel 3: Bepaling vochtgehalte

### 3.4 Bepaling van het hygroscopisch-evenwichtsvochtgehalte

Het hygroscopisch-evenwichtsvochtgehalte bij 95% relatieve vochtigheid werd bepaald aan de hand van klimatisatie in een glazen stolp met een verzadigde oplossing van kaliumnitraat ( $\text{KNO}_3$ ) in water in een klimaatkamer op  $20^\circ\text{C}$  ( $\pm 0.5^\circ\text{C}$ ). Bij een verzadigde oplossing van kaliumnitraat ontstaat er een constante relatieve vochtigheid van  $94.62\% \pm 0.66\%$ . De metingen werden uitgevoerd tot de evolutie van het vochtgehalte minder was dan 0.1g op 24h. Het betrouwbaarheidsinterval van de relatieve vochtigheid bij het kaliumnitraat overschrijdt met 0.04% het toegelaten betrouwbaarheidsinterval volgens NEN 2778 ( $95\% \pm 1\%$ ). Dit is echter bij de lagere relatieve vochtigheid, waardoor het hygroscopisch vochtgehalte zou onderschat worden, wat dus aan de veilige kant is.

	1	2	3	4
Na 120 h in de oven (g)	196,80	113,50	50,50	83,60
94.62% $\pm$ 0.66% RV	201,13	117,01	51,80	85,87
<b>Vochtgehalte (g)</b>	4.33	3.51	1,30	2,27
<b>Vochtgehalte (%)</b>	2,20%	3,09%	2,26%	2,71%

Voor alle samples ligt het vochtgehalte na de test lager dan het hygroscopisch vochtgehalte bij 95% relatieve vochtigheid.

## 4. Besluit

---

Tijdens en na het beëindigen van de beproeving tot een maximale toetsingsdruk van 450 Pa en na 96 h cyclisch besproeien werden geen lekkages of vochtplekken aan het binnenoppervlak visueel waargenomen. Ook is het bepaalde vochtgehalte van de genomen proefstukken voor geen enkel sample groter dan het hygroscopisch-evenwichtsvochtgehalte. Er kan bijgevolg besloten worden dat de wand opgebouwd volgens het Snel Bouw Systeem en na-geïsoleerd met het Termoparel-Systeem als waterdicht kan beschouwd worden tot en met 450 Pa in overeenstemming met de testnorm NEN 2778:2015.