1 Wprowadzenie

1.1 Informacje ogólne

Na zlecenie Isobooster firma TNO Quality Services B.V. dokonała badania wartości izolacyjnych dwóch różnych zaoferowanych próbek.
Badanie wykonano w ramach trzech voucherów innowacyjnych[1], numery voucherów to G093066, G093067, G093064

Oryginalne vouchery TNO otrzymała w lipcu 2009 r.

1.2 Cel badania

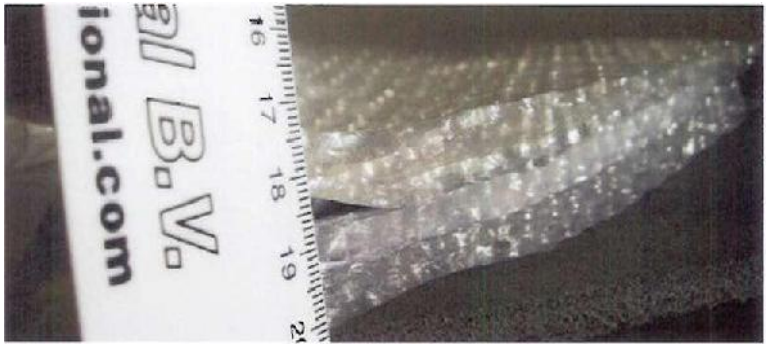
Według podanych informacji materiał do zbadania to innowacyjna kombinacja folii bąbelkowych oraz folii odbijających ciepło.
Badanie miało za cel pomiar zużycia energii przy zastosowaniu materiału izolacyjnego w prawdziwych warunkach pogodowych w miejsce kontrolowanych warunków laboratoryjnych, które nie są reprezentatywne dla warunków w sektorze budowlanym; wszystko to w porównaniu z tradycyjnymi materiałami izolacyjnymi.

[1] Voucher innowacyjny – forma rozliczania kosztów badań dla firm (przyp. tłum.)

2 Próbki

Do badania TNO otrzymała następujące próbki:

Opis	Numer próbki TMO
Isobooster T1. Materiał warstwowy z folii bąbelkowej i folii odbijającej ciepło. Sześć warstw folii bąbelkowej i dwie warstwy dwustronnej folii odbijającej ciepło. Całość połączona ze sobą etykietami polipropylenowymi.	09.0450/1



Isobooster T2 Materiał warstwowy z folii bąbelkowej i folii odbijającej ciepło. Dziesięć warstw folii bąbelkowej i cztery warstwy dwustronnej folii odbijającej ciepło. Całość połączona ze sobą etykietami polipropylenowymi	09.0450/2

3 Badanie

Wartości izolacyjne próbek określono za pomocą tak zwanej metody domków.

3.1 Ogólne informacje o metodzie

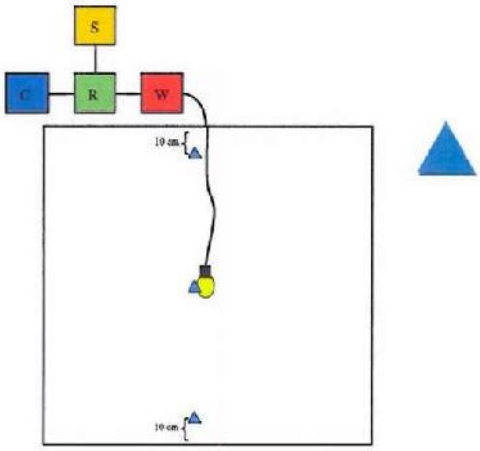
Obecne, standardowe normy, na przykład ISO 8302 zakładają [użycie] płyty grzejnej, zaopatrzonej z jednej strony w materiał izolacyjny. Po drugiej stronie materiału izolacyjnego rejestruje się profil cieplny. Metoda ta daje wskazanie wartości izolacyjnej, jest jednak mniej reprezentatywna w sytuacjach praktycznych.
Stąd w niniejszym badaniu wybrano metodę „domków", o której m.in. TNO przekonała się, że bardziej zgadza się ona z sytuacjami praktycznymi.

3.2 Zasada „Metody domków"

Metoda domków obejmowała następującą procedurę.
Na jednym terenie buduje się pięć identycznych domków. Każdy domek jest wyposażony w określony typ izolacji. W domkach zainstalowano skalibrowane elektryczne źródła ogrzewania. Trzy domki zaopatrzono w izolację, której wartość izolacji jest znana i ogólnie zaakceptowana. Dwa domki zawierały izolację Isobooster. Materiał izolacyjny zamontowano na domku w formie pojedynczej warstwy.

W trakcie 2 miesięcy zimowych utrzymywano stałą temperaturę domków przez 24 godziny na dobę. Codziennie przekazywano regularnie i z dużą częstotliwością stan temperatur wewnętrznych i zewnętrznych automatycznie do TNO i tam też gromadzono te dane. Ponadto w trakcie 2 tygodni wykonano testy „domków wewnętrznych" przy temperaturze ok. 20° C.

„Domki" zrobiono z płyty MDF, miały one wymiary 80 x 80 x 80 cm. Zaopatrzono je w znajdujące się na różnych wysokościach, w odstępie 10 cm od góry i od dołu oraz w środku skalibrowane termoogniwa. Ponadto domki wyposażono w przekaźniki, lampy oraz skalibrowany Watomierz. Domki pokryto materiałem izolacyjnym.
Szkic przedstawiono na rysunku 1.



Bezprzewodowe termoogniwo podłączone do komputera TNO.

W = skalibrowany Watomierz
R = przekaźnik
S = źródło napięcia
C = komputer

Rys. 1 - Dwuwymiarowe przedstawienie układu

Domek zapakowany całkowicie w materiał izolacyjny ustawiono na zewnątrz na drewnianej ramie, żeby wyeliminować przenikanie zimna.
Miejsce ustawienia wybrano tak, że wpływ pogody na różne domki testowe był jednakowy(zob. zdjęcie w Załączniku B). Domki nie były chronione przed różnymi czynnikami pogodowymi, takimi jak deszcz czy wiatr.
Metoda domków – metoda, w której porównuje się wartości izolacyjne różnych materiałów ze sobą, przy czym za wartość wyjściową przyjmuje się zaakceptowaną wartość izolacyjną 76 mm XPS.
Oznacza to, że domek zaopatrzony w 76 mm XPS zawsze zostaje ujęty w testach jako punkt odniesienia w badaniu (w tych samych warunkach co testowany materiał - m.in. temperatura, wilgoć).

Podsumowując:
Badanie wykonuje się w ten sposób, że uzyskane wartości R^2 są reprezentatywne przy sytuacjach praktycznych. Testuje się zawsze w stosunku do znanej wartości R dla XPS o zdefiniowanej grubości.

[2] w niderlandzkim R jest inną nazwą wartości oporu termicznego

4 Wyniki

4.1 Oddziaływanie w tygodniach zimowych na zewnątrz

Zarejestrowano moc do zużycia w trakcie „miesięcy zimowych" na zewnątrz. W tabeli 1 są wyniki zużycia w trakcie „miesięcy zimowych", przy temperaturze zewnętrznej.

Tabela 1: Wyniki rejestracji „miesięcy zimowych"

	IB Tl KWH	IB T2 KWH	XPS 76 KWH	XPS R=2,81 m2.K/W	R IB Tl w st. do XPS	R I B T 2 w st. do XPS
	1,65	1,14	1,39	2,81	2,37	3,43
	2,39	1,65	2,01	2,81	2,36	3.42
	0.55	0,38	0,46	2,81	2,35	3,40
	1,29	0,89	1,07	2.81	2,33	3,38
	1,79	1,24	1,51	2,81	2,37	3,42
	3,92	2,76	3,34	2,81	2,39	3,40
Śr. R					2,36	3,41
St.odch.					0,02	0,02

4.2 Oddziaływanie wewnątrz

W tabeli 2 są wyniki zużycia w trakcie kilku „miesięcy letnich" przy ok. 20 °C temperatury wewnętrznej. W załączniku C przedstawiono kilka profili temperatury w tym czasie.

Tabela 2: Wyniki rejestracji „miesięcy letnich"

	IB Tl KWH	IB T2 KWH	XPS 76 KWH	XPS R=2,81 m2.K/W	R I B Tl m2.K/W	R I B T 2 m2.K/W
	1,99	1,36	1,67	2,81	2,36	3,44
	2,13	1,48	1,80	2,81	2,37	3,43
	2,09	1,45	1,76	2,81	2,36	3,42
	2,05	1,43	1,73	2,81	2,37	3,40
	2,17	1,49	1,84	2,81	2,38	3,45
Śr. R					2,37	3,43
St. odch.					0,01	0,02

4.3 Wartość izolacji = wartość R

Wartość izolacji określa się jako średnią z „wartości zimowej i letniej".
Średnia wartość izolacji = wartość R dla Isobooster T1 to 2,37 m2.K/W (standardowe odchylenie 0,02m2.K/W), zaś średnia wartość izolacji = wartość R dla Isobooster T2 to 3,42 m2.K/W (standardowe odchylenie 0,02m2.K/W).

5 Obliczona wartość R według EN ISO 6946

5.1 Informacje ogólne

Opór cieplny warstwy powietrza opisuje się jako:

Rg = 1 / ha + hr

Rg = opór cieplny pustki powietrznej
ha = współczynnik przewodnictwa i konwekcji
hr = współczynnik promieniowania.

ha dla poziomego strumienia ciepła (a więc dla dylatacji pionowej) najwięcej 1,25 W/(m2.K) oraz 0,025/D W/(m2.K).
Przy czym d to grubość pustki powietrznej w kierunku przepływu ciepła.

hr podaje się jako hr = Ehro
Przy czym :
E = wynikający współczynnik emisji pomiędzy powierzchniami
E = 1/(1/e1 + 1/e2 – 1)

Przy czym:
e1 i e2 przedstawiają globalne współczynniki emisji powierzchni, które ograniczają dylatację / pustka powietrzna.
e to maks. 01, według EN ISO 6946:2007 chociaż folie mogą spowodować e = 0,03 (efekt starzenia).
hro = współczynnik promieniowania dla powierzchni dla powierzchni ciała czarnego to 5,1 dla nie wentylowanej dylatacji według NEN 1068 przy 10°C.

5.2 Wyszczególnienie

Isobooster pomiędzy dylatacją przy minimum 12 mm powietrza po obu stronach izolacji

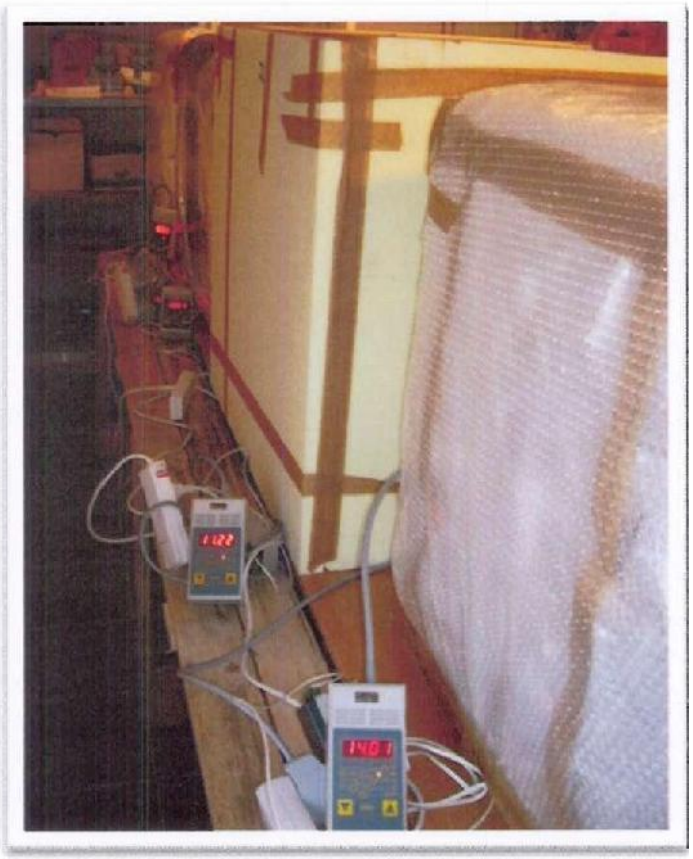
Element murowany e = 0,9

	Isobooster Tl	Isobooster T2	R (m2.K/W) na warstwę	R(m2.K/W) Wszystkie Warst. Isob. T1	R (ml K/W) Wszystkie Warst. Isob. T2
Ilość warstw folii bąbelkowej	6	10	0,125	0,750	1,250
Ilość warstw aluminiow. tworzywa PET	2	4	0,000	0,000	0,000
Wewnętrzne dylatacje e1 i e2 = 0,1	1	3	0,290	0,290	0,870
Dylatacje w kierunku części murowanej	2	2	0,570	1,140	1,140
Rsi i Rse	1	1	0,170	0,170	0,170
	Wartość R (m2.K/w) Isobooster w dylatacji pionowej :			**2,35**	**3,43**

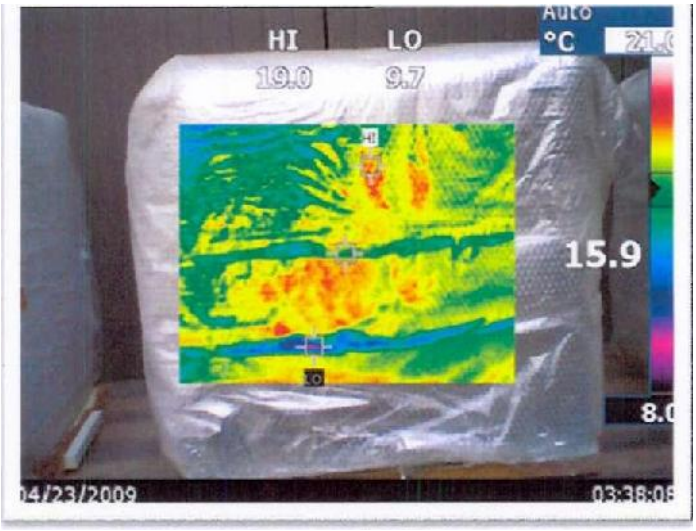
6 **Wniosek**

Na podstawie wykonanego badania, wykonanego zarówno w „miesiącach zimowych”, jak i w „miesiącach letnich”, mierząc według „metody domków” można dojść do wniosków, że wartość R dla Isobooster T1 wynosi 2,4 m2.K/W, a wartość R dla Isobooster T2 wynosi 3,4 m2.K/W.

A Zdjęcia

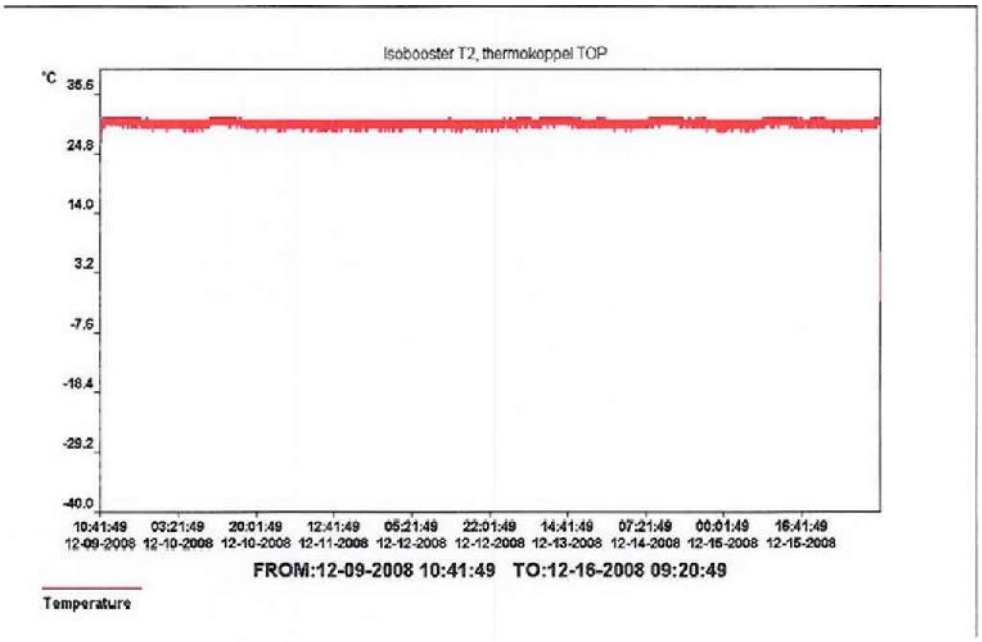


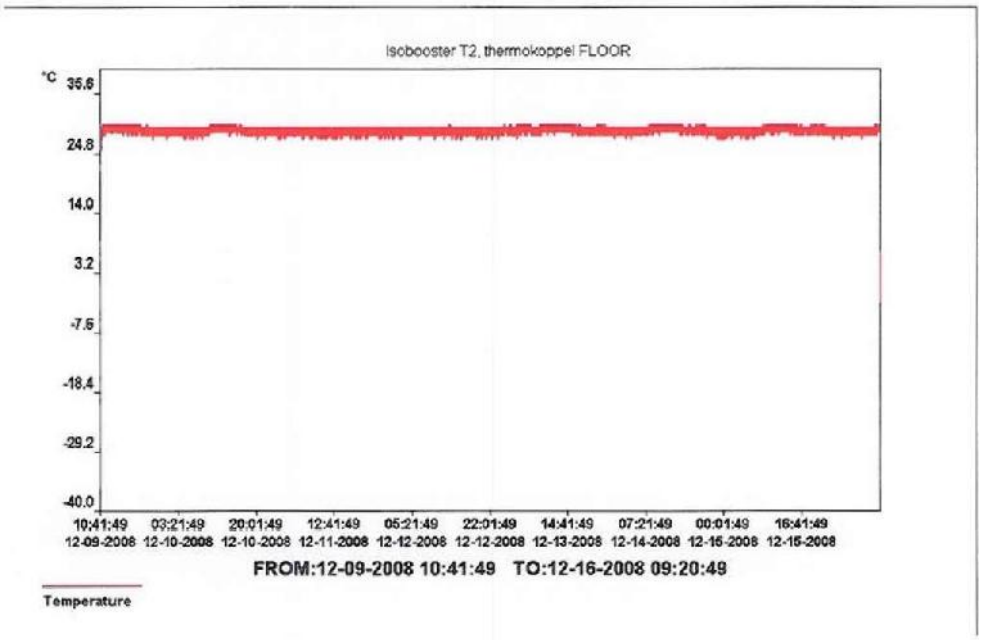
B Zdjęcia sytuacji testowej



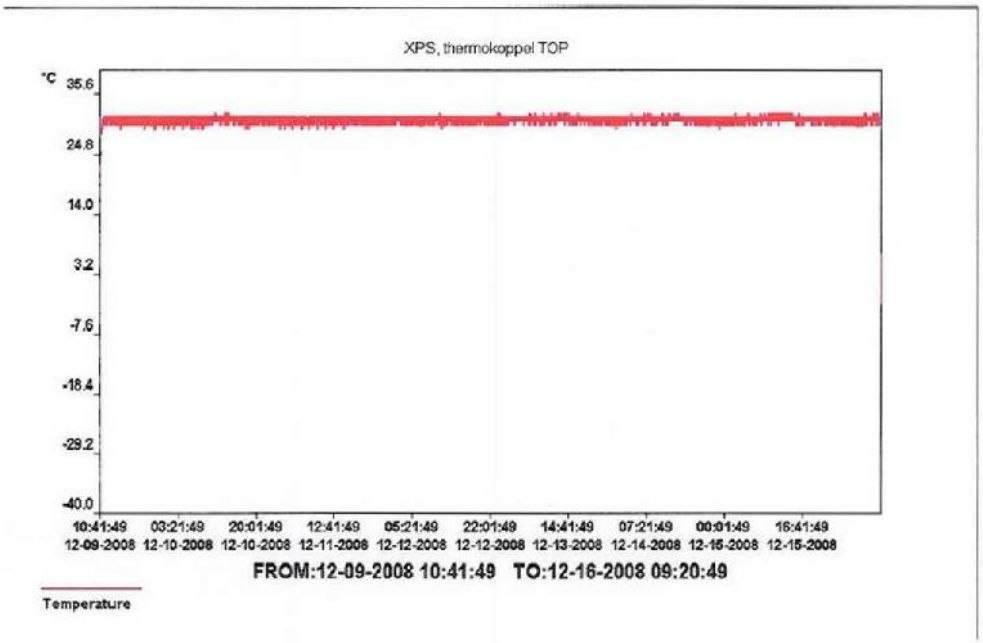
C Profile temperatury

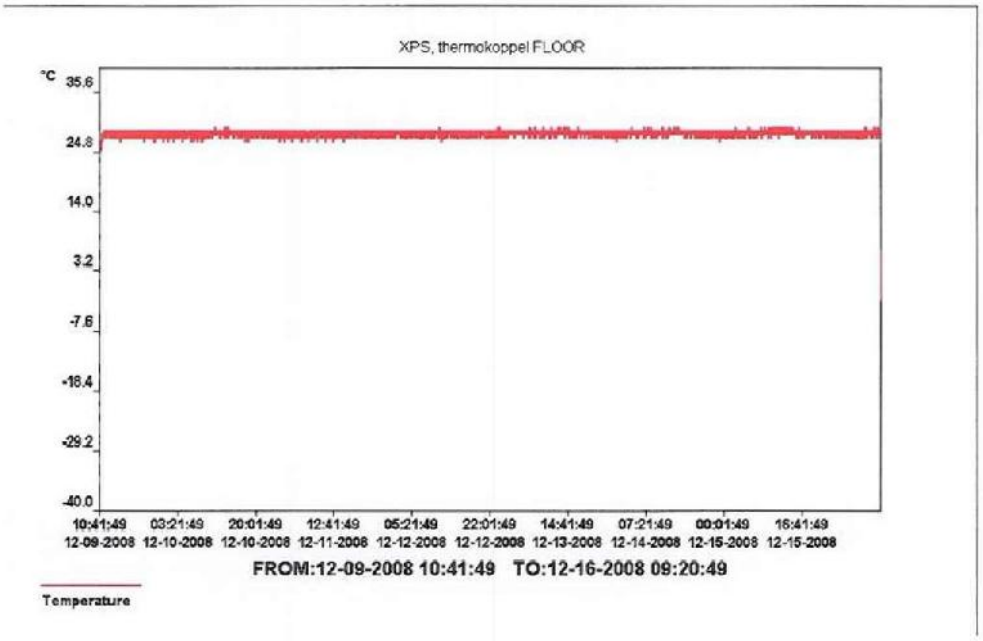
Isobooster





XPS


XPS, thermokoppel TOP
°C
35.6
24.8
14.0
3.2
-7.6
-18.4
-29.2
-40.0
10:41:49 12-09-2008
03:21:49 12-10-2008
20:01:49 12-10-2008
12:41:49 12-11-2008
05:21:49 12-12-2008
22:01:49 12-12-2008
14:41:49 12-13-2008
07:21:49 12-14-2008
00:01:49 12-15-2008
16:41:49 12-15-2008
FROM:12-09-2008 10:41:49 TO:12-16-2008 09:20:49
Temperature


XPS, thermokoppel FLOOR
°C
35.6
24.8
14.0
3.2
-7.6
-18.4
-29.2
-40.0
10:41:49 12-09-2008
03:21:49 12-10-2008
20:01:49 12-10-2008
12:41:49 12-11-2008
05:21:49 12-12-2008
22:01:49 12-12-2008
14:41:49 12-13-2008
07:21:49 12-14-2008
00:01:49 12-15-2008
16:41:49 12-15-2008
FROM:12-09-2008 10:41:49 TO:12-16-2008 09:20:49
Temperature

TNO Quality Services B.V.

TÜVRheinland®
TNO Quality
Precisely Right.

De Rondom 1
Postbus 6235
5600 HE Eindhoven

www.tno-quality.nl

T 088 888 7 888
F 040 265 03 02

TNO-rapport

8969R-10.E09.25177

Bepalen van de isolatiewaarde van Isobooster materiaal.

Datum	29 april 2010
Auteur(s)	Ing. J.J.A. Maat
Opdrachtgever	Isobooster t.a.v. De heer J. Horeman Heliumstraat 5 6422 PK HEERLEN
Projectnummer	E09.25177
Aantal pagina's	14 (incl. bijlagen)

Alle rechten voorbehouden.
Niets uit dit rapport mag worden vermenigvuldigd, aan derden worden verstrekt en/of ter inzage worden gegeven, en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm, in elektronische vorm of op welke andere wijze dan ook, tenzij met voorafgaande uitdrukkelijke schriftelijke toestemming van TNO (Quality).

Indien dit rapport in het kader van een opdracht aan TNO (Quality) werd uitgebracht, wordt voor de rechten en verplichtingen van opdrachtgever en opdrachtnemer verwezen naar de op de opdracht van toepassing zijnde Algemene Voorwaarden voor advies, onderzoeks- en certificatieopdrachten aan TNO (Quality) en/of naar de in dat kader tussen de partijen gesloten overeenkomst.

© 2010 TNO

Inhoudsopgave

1 Inleiding 3
1.1 Algemeen 3
1.2 Doelstelling 3

2 Monsters 4

3 Onderzoek 5
3.1 Algemeen methode 5
3.2 Principe "huisjesmethode" 5

4 Resultaten 7
4.1 Blootstellen winterweken buiten 7
4.2 Blootstellen binnen 7
4.3 Isolatiewaarde = R-waarde 7

5 Berekende R-waarde volgens EN ISO 6946 8
5.1 Algemeen 8
5.2 Specifiek 8

6 Conclusie 9

7 Ondertekening 10

1 Inleiding

1.1 Algemeen

In opdracht van Isobooster heeft TNO Quality Services B.V. onderzoek uitgevoerd naar de isolatiewaarden van twee diverse aangeboden monsters.
Het onderzoek is uitgevoerd in het kader van drie innovatievouchers; vouchernr. : G093066, G093067, G093064

De originele vouchers zijn in juli 2009 door TNO ontvangen.

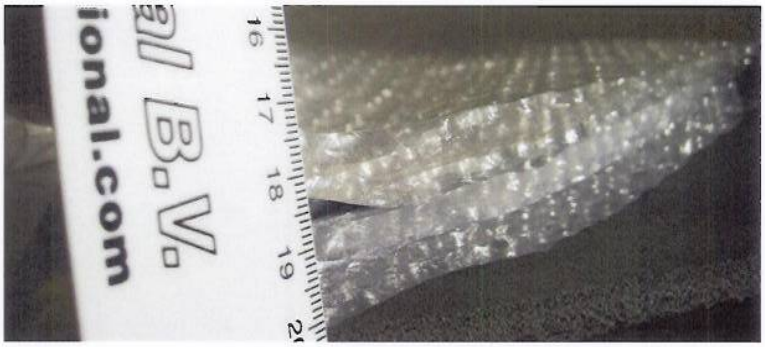
1.2 Doelstelling

Volgens opgave is het te onderzoeken materiaal een innovatieve combinatie van luchtkussenfolies en reflecterende folies.
Het onderzoek heeft als doel het meten van energieverbruik bij toepassing van het isolatiemateriaal onder echte weersomstandigheden in plaats van onder gecontroleerde laboratorium omstandigheden die niet representatief zijn voor condities in de bouwsector. Dit in vergelijking tot traditionele isolatiematerialen.

2 Monsters

Voor het onderzoek heeft TNO de volgende monsters ontvangen.

Omschrijving	**TNO monster code**
Isobooster T1. Gelaagd materiaal van luchtkussens en reflecterende folies. Zes lagen luchtkussens en twee lagen dubbelzijdig reflecterende folies. Het geheel aan elkaar verbonden met polypropyleen tags.	09.0450/1



Isobooster T2 Gelaagd materiaal van luchtkussens en reflecterende folies. Tien lagen luchtkussens en vier lagen dubbelzijdig reflecterende folies. Het geheel aan elkaar verbonden met polypropyleen tags.	09.0450/2

3 Onderzoek

De isolatiewaarden van de monsters is bepaald met de zogenaamde huisjes methode.

3.1 Algemeen methode

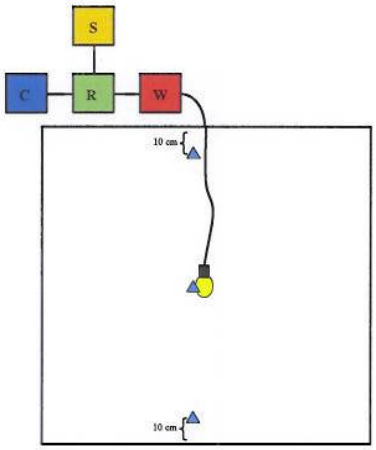
De huidige standaard normering bijvoorbeeld ISO 8302, gaat uit van een verwarmingsplaat welke aan 1 zijde wordt voorzien van isolatiemateriaal. Aan de andere zijde van het isolatiemateriaal wordt het warmteprofiel geregistreerd. Deze methode geeft een indicatie voor de isolatiewaarde, maar is echter minder representatief voor een praktijksituatie.
Vandaar dat in dit onderzoek gekozen is voor de zogenaamde "huisjes"methode waarvan o.a. door TNO is vastgesteld dat deze beter overeenkomt met de praktijksituatie.

3.2 Principe "huisjesmethode"

De huisjesmethode omvatte de volgende procedure.
Op een terrein werden vijf identieke huisjes gebouwd. Elk huisje werd voorzien van een bepaald type isolatie. In de huisjes werden geijkte elektrische verwarmingsbronnen geïnstalleerd. Drie huisjes werden voorzien van isolatie waarvan de isolatiewaarde bekend en algemeen geaccepteerd is. Twee huisjes bevatte de Isobooster isolatie. Het isolatiemateriaal wordt in een enkelvoudige laag op het huisje aangebracht.

Gedurende 2 wintermaanden werden deze huisjes 24 uur per dag op een constante temperatuur gehouden. Dagelijks werden met regelmaat en hoge frequentie de status van binnen- en buitentemperaturen en verbruiksgegevens automatisch naar TNO verzonden en aldaar verzameld.
Tevens werden de testen gedurende 2 weken "binnenshuis" uitgevoerd bij circa 20 °C.

De "huisjes" zijn van MDF gemaakt met een afmeting van circa 80 x 80 x 80 cm. Deze zijn op verschillende hoogtes, in het hart op 10 cm van boven en van onder en in het midden, voorzien van op afstand afleesbare gekalibreerde thermokoppels. Tevens zijn de huisjes voorzien van een relais, lamp en een gekalibreerde Watt-meter. De huisjes worden bekleed met isolatiemateriaal.
Een schets is weergegeven in figuur 1.



= een draadloos thermokoppel gekoppeld aan TNO computer

W = Geijkte Wattmeter
R = Relais
S = Spanningsbron
C = Computer

Figuur 1; 2-Dimensionale weergave opstelling

Het volledig in isolatiemateriaal ingepakte huisje is buiten op een houten frame opgesteld om koude bruggen te elimineren.
De plaats van de opstelling is zo gekozen dat de weersinvloeden over de diverse te testen huisjes gelijkwaardig zijn (zie foto bijlage B). De huisjes zijn niet afgeschermd tegen diverse weersinvloeden zoals regen en wind.
De huisjesmethode methode waarbij de isolatiewaarden van diverse materialen onderling worden vergeleken waarbij de geaccepteerde isolatiewaarde van 76 mm XPS als uitgangswaarde wordt genomen.
Dit betekent dus dat een huisje voorzien van 76 mm XPS altijd als referentie in het onderzoek (onder dezelfde omstandigheden (o.a. temperatuur, vocht) als het te testen materiaal) wordt meegenomen.

Samenvattend:
Het onderzoek is zo uitgevoerd dat de verkregen R-waarden representatief zijn aan de praktijksituatie. Het wordt altijd getest ten opzichte van een bekende R-waarde van XPS met een gedefinieerde dikte.

4 Resultaten

4.1 Blootstellen winterweken buiten

Het vermogen voor het verbruik gedurende de "wintermaanden" buiten is geregistreerd. In tabel 1 zijn de resultaten van de verbruiken gedurende de "wintermaanden", bij buitentemperatuur weergegeven.

Tabel 1; Resultaten registratie "wintermaanden"

	IB T1 KWH	IB T2 KWH	XPS 76 KWH	XPS R=2,81 m2.K/W	R IB T1 tov XPS	R IB T2 tov XPS
	1,65	1,14	1,39	2,81	2,37	3,43
	2,39	1,65	2,01	2,81	2,36	3,42
	0,55	0,38	0,46	2,81	2,35	3,40
	1,29	0,89	1,07	2,81	2,33	3,38
	1,79	1,24	1,51	2,81	2,37	3,42
	3,92	2,76	3,34	2,81	2,39	3,40
Gem. R					2,36	3,41
St.dev					0,02	0,02

4.2 Blootstellen binnen

In tabel 2 zijn de resultaten van de verbruiken gedurende enkele "zomermaanden" bij circa 20 °C binnentemperatuur. In bijlage C zijn enkele temperatuur profielen in de tijd weergegeven.

Tabel 2; Resultaten registratie "zomermaanden"

	IB T1 KWH	IB T2 KWH	XPS 76 KWH	XPS R=2,81 m2.K/W	R IB T1 m2.K/W	R IB T2 m2.K/W
	1,99	1,36	1,67	2,81	2,36	3,44
	2,13	1,48	1,80	2,81	2,37	3,43
	2,09	1,45	1,76	2,81	2,36	3,42
	2,05	1,43	1,73	2,81	2,37	3,40
	2,17	1,49	1,84	2,81	2,38	3,45
Gem. R					2,37	3,43
St.dev.					0,01	0,02

4.3 Isolatiewaarde = R-waarde

De isolatiewaarde wordt bepaald als gemiddelde over de "zomer- en winterwaarde". De gemiddelde isolatiewaarde = R-waarde van Isobooster T1 is 2.37 m2.K/W (standaarddeviatie 0.02 m2.K/W) en de gemiddelde isolatiewaarde = R-waarde van Isobooster T2 is 3,42 m2.K/W (standaarddeviatie 0.02 m2.K/W)

5 Berekende R-waarde volgens EN ISO 6946

5.1 Algemeen

De warmteweerstand van een luchtlaag wordt beschreven door:

$$Rg = 1 / ha + hr$$

Rg = warmteweerstand van de luchtruimte
ha = de geleidings- en convectiecoëfficiënt
hr = de stralingscoëfficiënt

ha is voor een horizontale warmtestroom (dus verticale spouw) de grootste van 1,25 W/(m2.K) en 0,025/d W/(m2.K).
Hierin is d de dikte van de luchtruimte in de richting van de warmtestroom.

hr wordt gegeven door: hr = Ehro
Waarin:
E= resulterende emissiefactor tussen de oppervlakken
E = 1 / (1/e1 + 1/e2 -1)

Waarin:
e1 en e2 de globale emissiefactoren voorstellen van de oppervlakken die de spouw/luchtruimte begrenzen.
e is maximaal 0,1 conform EN ISO 6946:2007 hoewel folies een e = 0,03 kunnen leveren (verouderingseffect).
hro =de stralingscoëfficient voor een oppervlak van de zwarte straler is 5,1 voor een niet geventileerde spouw conform NEN 1068 bij 10 °C.

5.2 Specifiek

Isobooster tussen spouw met minimaal
12mm lucht aan beide zijden van de isolatie

Metselwerk met e=0,9

	Isobooster T1	Isobooster T2	R (m2.K/W) per laag	R (m2.K/W) alle lagen Isob. T1	R (m2.K/W) alle lagen Isob. T2
Aantal lagen luchtkussenfolie	6	10	0,125	0,750	1,250
Aantal lagen gealuminiseerde PET	2	4	0,000	0,000	0,000
Inwendige spouwen e1 en e2 = 0,1	1	3	0,290	0,290	0,870
Spouwen richting metselwerk	2	2	0,570	1,140	1,140
Rsi en Rse	1	1	0,170	0,170	0,170
	R waarde (m2 . K/W) Isobooster in verticale spouw:			**2,35**	**3,43**

6 Conclusie

Op basis van het uitgevoerde onderzoek, uitgevoerd zowel in de "wintermaanden" als de "zomermaanden", gemeten volgens de "huisjesmethode", kan geconcludeerd worden dat de R-waarde voor de Isobooster T1 2,4 m2.K/W bedraagt en de R-waarde voor de Isobooster T2 3,4 m2.K/W bedraagt.

7 Ondertekening

Eindhoven

i.o.

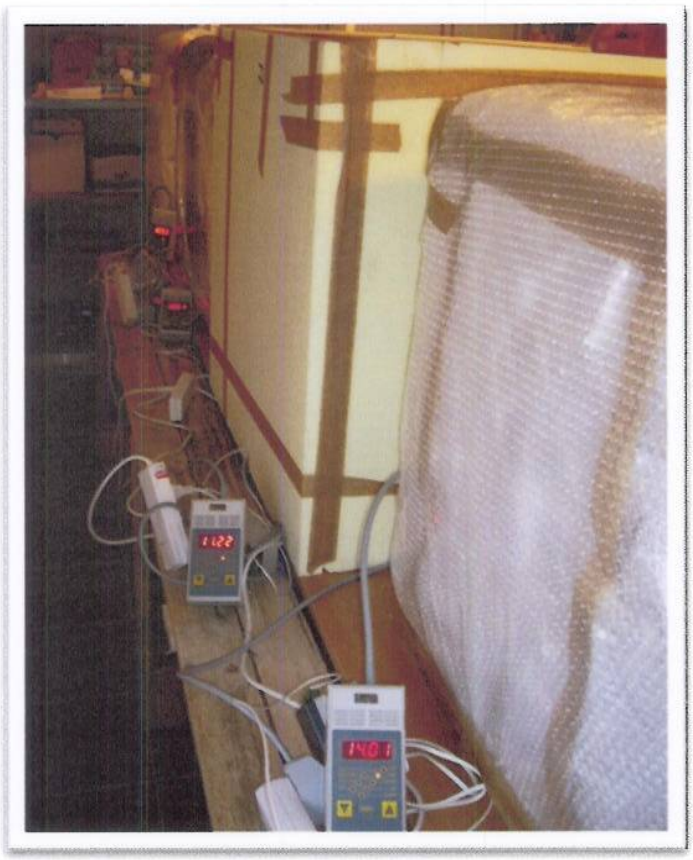
Ing. J.J.A. Maat
Auteur

Ing. A.J. Piers
Business Unit Manager

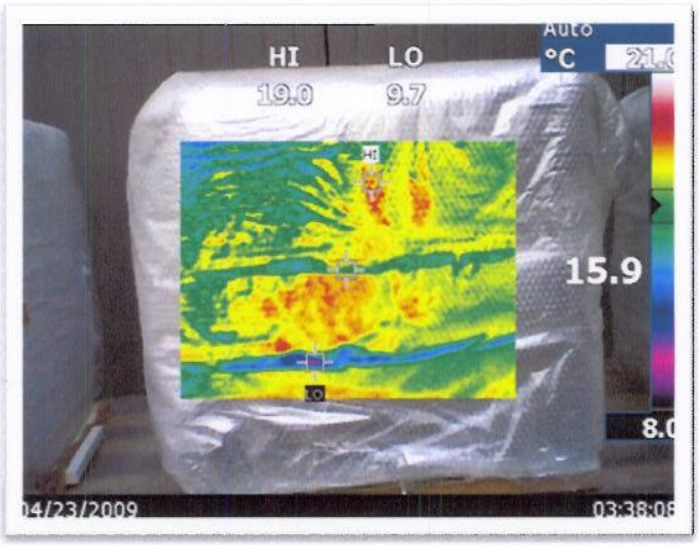
TNO Quality Services BV

Drs. Ing. W.C.A. Huijben
Autorisatie

A Foto's

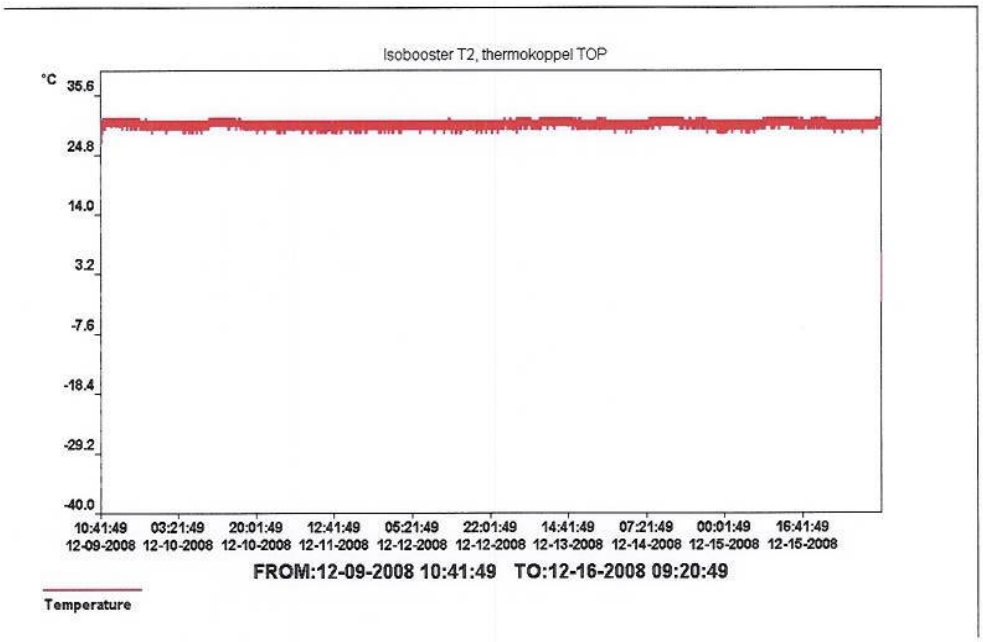


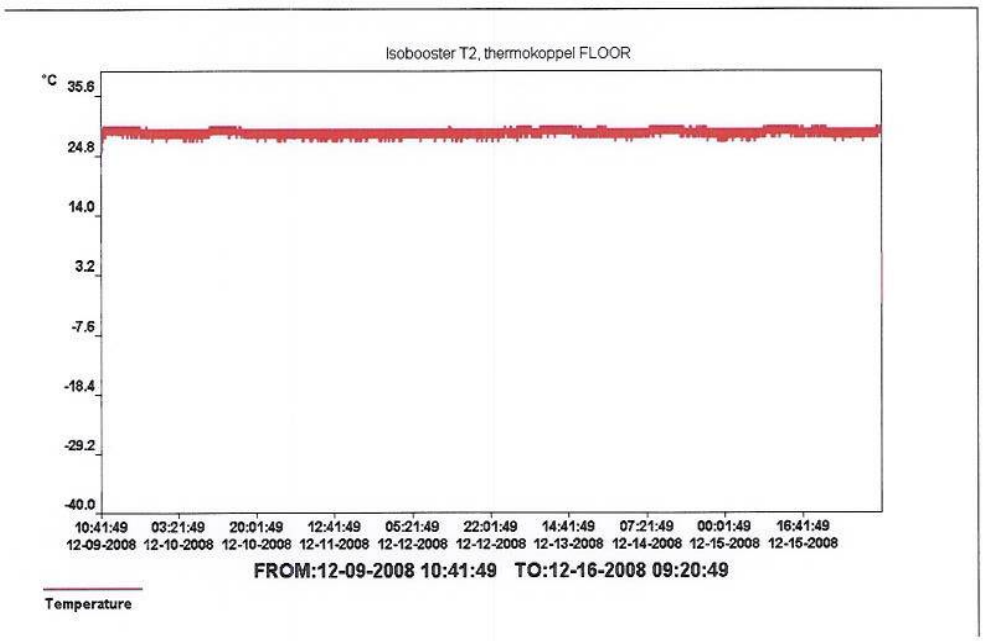
B Foto testsituatie



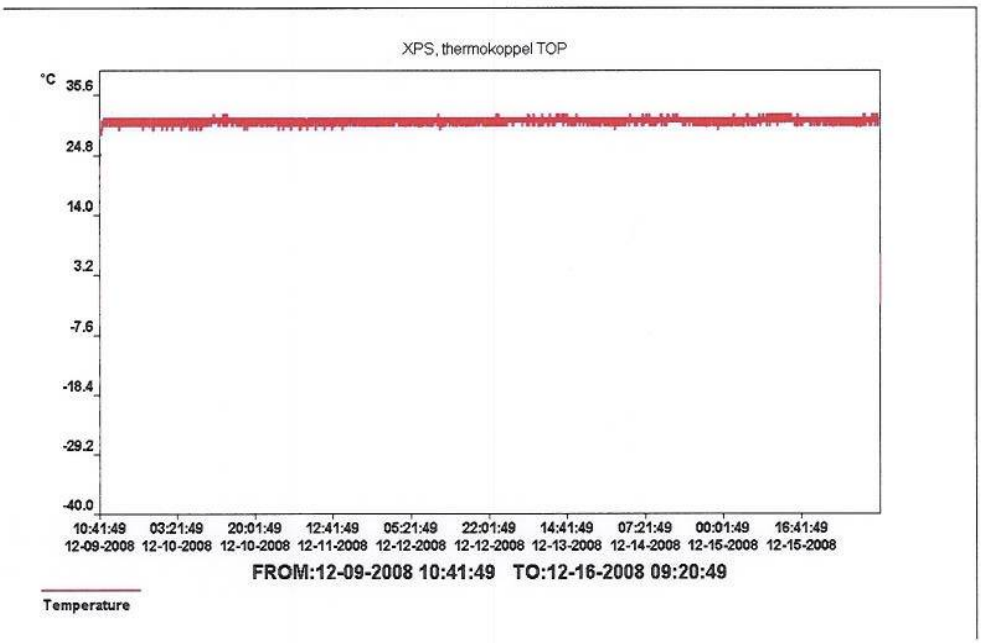
C Temperatuur profielen

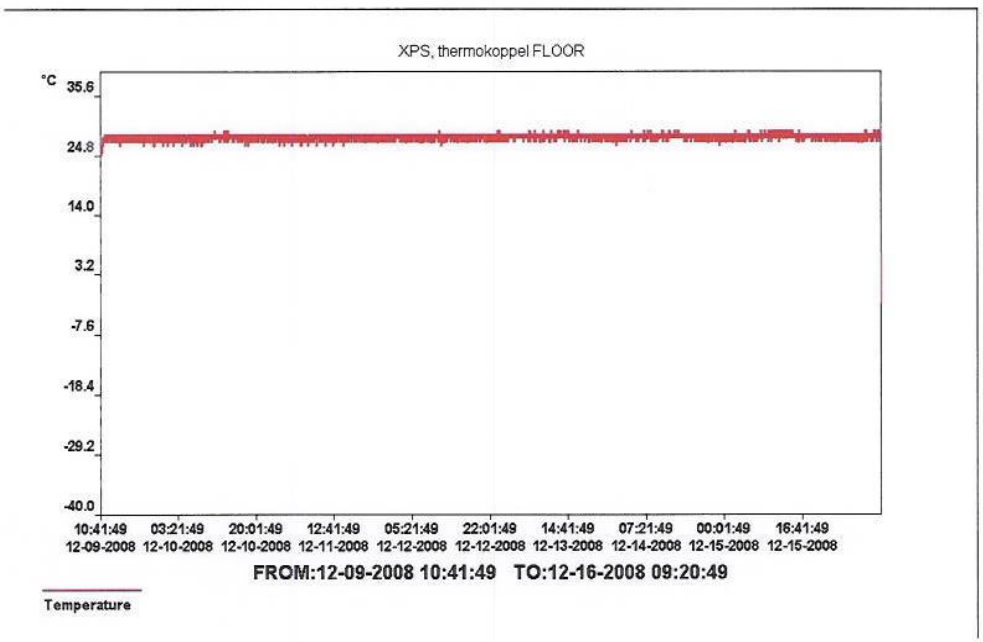
Isobooster





XPS


XPS, thermokoppel TOP
°C
35.6
24.8
14.0
3.2
-7.6
-18.4
-29.2
-40.0
10:41:49 12-09-2008
03:21:49 12-10-2008
20:01:49 12-10-2008
12:41:49 12-11-2008
05:21:49 12-12-2008
22:01:49 12-12-2008
14:41:49 12-13-2008
07:21:49 12-14-2008
00:01:49 12-15-2008
16:41:49 12-15-2008
FROM:12-09-2008 10:41:49 TO:12-16-2008 09:20:49
Temperature


XPS, thermokoppel FLOOR
°C
35.6
24.8
14.0
3.2
-7.6
-18.4
-29.2
-40.0
10:41:49 12-09-2008
03:21:49 12-10-2008
20:01:49 12-10-2008
12:41:49 12-11-2008
05:21:49 12-12-2008
22:01:49 12-12-2008
14:41:49 12-13-2008
07:21:49 12-14-2008
00:01:49 12-15-2008
16:41:49 12-15-2008
FROM:12-09-2008 10:41:49 TO:12-16-2008 09:20:49
Temperature

TNO Quality Services B.V.

Nederlandse Organisatie voor toegepast-natuurwetenschappelijk onderzoek / Netherlands Organisation for Applied Scientific Research

De Rondom 1
Postbus 6235
5600 HE Eindhoven

www.tno-quality.nl

T 088 888 7 888
F 040 265 03 02

Retouradres: Postbus 6235, 5600 HE Eindhoven

Flowlight B.V.
Dhr. J. Horeman
Heliumstraat 5
6422 PK HEERLEN

Datum
22 september 2009

Onze referentie
TQS-RAP-09-7501

E-mail
Jan.maat@quality.tno.nl

Doorkiesnummer
040 265 06 01

Doorkiesfax
040 265 03 02

Kamer van Koophandel Veluwe en Twente
08153361

Projectnummer
25177

Onderwerp
Veroudering noppenfolie

INLEIDING

Ter bepaling van de levensduur van een PE noppenfolie, die onderdeel uitmaakt van een isolatielaag, werd een versnelde veroudering verricht gevolgd door een mechanische sterktebepaling.
De beoogde toepassing van de isolatielaag is in de bouw; huizen, kantoren en bedrijfspanden.
TNO Quality Services B.V. is gevraagd experimenten uit te voeren waarmee de verwachte levensduur kan worden bepaald en een onderbouwing van deze experimenten te geven met betrekking tot de levensduurverwachting.

MATERIAAL

Circa 1 m^2 PE gestabiliseerde noppenfolie werd door Flowlight ter beschikking gesteld aan TNO Quality Services B.V..

VERSNELDE VEROUDERING

De versnelde veroudering geschiedt in overeenstemming met die voor andere PE materialen waarvoor het dominante degradatieproces oxidatie is. Het betreft een expositie bij 100 °C in een oven gedurende 1000 uur.

Na de expositie werd een drukproef op de noppen uitgevoerd.

ONDERBOUWING

Het langeduur oxidatiegedrag van PE materialen wordt bepaald door een aantal verschillende mechanismen:

- moleculaire degradatie;
- moleculaire ketenbewegingen.

In PE materialen kunnen ten gevolge van thermische energie bewegingen plaatsvinden. Deze bewegingen kunnen leiden tot de vorming van reactieve groepen die in aanwezigheid van zuurstof verder reageren en leiden tot ketenafbraak. Dit proces wordt de thermo-oxidatie genoemd. Het proces wordt versneld door de

TNO Quality Services BV volgt de Algemene voorwaarden voor advies-, onderzoeks- en certificatieopdrachten aan TNO Quality.
De Algemene Voorwaarden zullen op verzoek worden toegezonden.

temperatuur te verhogen. De activeringsenergie voor dit degradatieproces is ca. 67 kJ/mol. De toegepaste periode van 1000 uur bij 100 °C correspondeert met een periode van:

- 70 jaar bij 20 °C
- 35 jaar bij 30 °C
- 15 jaar bij 40 °C.

RESULTATEN

De PE noppenfolie is na de versnelde veroudering bij 100 °C gedurende 2000 uur intact, visueel een weinig verkleurd en minder vetachtig geworden.
De afmetingen van de noppen zijn niet veranderd na de betreffende versnelde veroudering bij 100 °C.
De druksterkte is niet afgenomen maar toegenomen. De gemiddelde toename ligt binnen de spreiding van de meting. De spreiding van de meting wordt veroorzaakt door de spreiding in de noppenhoogte.

CONCLUSIE

Hoewel de toename van de druksterkte en de waarnemingen wel aangeven dat er van een zekere veroudering sprake is, na de uitgevoerde versnelde veroudering, is deze gering. Het materiaal heeft na de versnelde veroudering nog geen toestand bereikt waarin het niet meer functioneel is. Daarom wordt geconcludeerd dat de verwachte levensduur van de PE noppenfolie in een isolatielaag van een gebouw tientallen jaren bedraagt.

Verder wordt ingegaan op faalvormen die zijn waargenomen in de praktijk. Faalvormen in het veld na relatief korte gebruiksperioden zijn te relateren aan scheurvorming onder invloed van een trekspanning, soms in combinatie met een spanningscorrosief milieu. De scheurvorming treedt op bij de spanningsconcentraties op lassen, krassen en kerven en microscheurtjes.

Er mag dus worden geconcludeerd dat voor een state-of-the-art HDPE folie, waarin geen trekspanningen aanwezig zijn, de levensduurverwachting onder de grond bij een temperatuur lager dan 20 °C meer dan 100 jaar bedraagt. Zorgvuldige aanleg dient voortijdige scheurvorming te voorkomen.

Eindhoven, september 2009

Ing. J.J.A. Maat
Auteur

TNO Quality Services B.V.

Ing. N.P.M. Weekers-Jacobs
Autorisatie

TNO Quality Services B.V.

[dane teleadresowe]
[u dołu prawej strony informacja o ogólnych warunkach firmy]

Data 22 września 2009
Nasz znak TQS RAP-09-7501
Numer projektu 25177

Dotyczy starzenia się folii bąbelkowej

WPROWADZENIE

W celu określenia żywotności foli bąbelkowej z PE, stanowiącej część warstwy izolacyjnej, przeprowadzono proces przyspieszonego starzenia się, po czym w sposób mechaniczny określono jej wytrzymałość.
Warstwa izolacyjna przewidziana jest do zastosowań w budownictwie mieszkalnym i użyteczności publicznej.
TNO Quality Services B.V. otrzymało zlecenie przeprowadzenia doświadczeń, na podstawie których można będzie określić przewidywalną trwałość folii i o podbudowę tych doświadczeń w kontekście przewidywanej trwałości folii.

MATERIAŁ

Firm Flowlight udostępniła TNO Quality Services B.V. ok. 1 m2 stabilizowanej folii bąbelkowej PE.

PRZYSPIESZONY PROCES STARZENIA

Przyspieszony proces starzenia odbywa się zgodnie z procesem przewidzianym dla pozostałych materiałów z PE, przy czym dominującym procesem rozpadu jest utlenianie. Jest to ekspozycja na działanie temperatury 100 ºC w piecu przez 1000 godzin.

Po ekspozycji przeprowadzono próby naciskowe na pęcherzyki folii.

PODBUDOWA

Zachowanie się materiałów z PE w czasie długotrwałego utleniania określa się za pomocą różnych mechanizmów:

- rozpadu molekularnego;
- przemieszczania się łańcuchów molekularnych,

W materiałach z PE na skutek działania energii cieplnej mogą powstawać przemieszczenia. Przemieszczenia te mogą prowadzić do tworzenia się grup reaktywnych, które w obecności tlenu ulegają dalszym reakcjom i prowadzą do rozerwania łańcuchów. Proces ten jest nazywany termooksycacją. Proces ten przyspiesza się poprzez podwyższenie temperatury. Energia aktywująca ten proces wynosi ok. 67 kJ/mol. Zastosowany okres 1000 godzin w temperaturze 100 ºC odpowiada okresowi:

- 70 lat przy 20 ºC
- 35 lat przy 30 ºC
- 15 lat przy 40 ºC

WYNIKI

Folia bąbelkowa PE po przeprowadzonym procesie przyspieszonego starzenia w temperaturze 100 ºC przez 2000 godzin jest nienaruszona, optycznie nabrała lekkiego zabarwienia i nieco zmatowiała.

Wymiary pęcherzyków nie uległy zmianie po opisanym procesie przyspieszonego starzenia w temperaturze 100 ºC.

Odporność na nacisk nie zmalała, lecz wzrosła. Średni przyrost mieści się w granicach wahań pomiarów. Wahania pomiarów spowodowane są wahaniami w wysokości pęcherzyków.

WNIOSEK

Mimo, że zwiększenie odporności na nacisk i zmiany w wyglądzie wskazują, iż można mówić o pewnym zestarzeniu się materiału po przeprowadzonym procesie przyspieszonego starzenia, to jest ono nieznaczne. Po przeprowadzonym procesie przyspieszonego starzenia materiał nie osiągnął jeszcze stanu, w którym utraciłby swoja funkcjonalność. Dlatego należy wyciągnąć wniosek, że żywotność folii bąbelkowej z PE w warstwie izolacyjnej w budynku wynosi dziesiątki lat.

Ponadto przeanalizowano okoliczności uszkodzenia folii, jakie zaobserwowano w praktyce. Okoliczności uszkodzenia po stosunkowo krótkim okresie używania można wyjaśnić rozdarciami pod wpływem wytężenia, czasami w połączeniu ze środowiskiem korozji naprężeniowej. Rozdarcia tworzą się przy koncentracji naprężenia na spawach, rysach i nacięciach oraz mikro rozdarciach.

Można zatem wyciągnąć wniosek, iż oczekiwana żywotność nowoczesnej folia HDPE, w której nie występują naprężenia, umieszczonej pod ziemią przy temperaturze poniżej 20 ºC wynosi ponad 100 lat. Staranne jej ułożenie pozwoli zapobiec przedwczesnemu rozdarciu.

Eindhoven, wrzesień 2009	TNO Quality Services B.V.
[podpis]	[podpis]
inż J.J.A. Maat	inż. N.P.M. Weeker-Jacobs
Autor	Autoryzacja