

S. Michiels
SCHRIJNWERKERIJ MICHIELS BVBA
Rinkhout 116 C
9240 Zele
België

uw kenmerk
e-mail 17-01-2011

ons kenmerk
e-mail 13-01-2011

datum
09-02-2011

contactpersoon
N. Van Den Bossche

e-mail
nathan.vandenbossche@UGent.be

tel. en fax
T +32 9 264 39 27
F +32 9 264 41 85

Analyse thermische prestaties raamprofielen volgens EN 10077-2

N. Van Den Bossche
Verslaggever

A. Janssens
Universitair Hoofddocent

INHOUD

1. Inleiding.....	3
2. Berekeningsmethode	6
3. Resultaten	9
Bijlage A: Hout vleugelraam volgens NBN EN ISO 10077-2.....	10

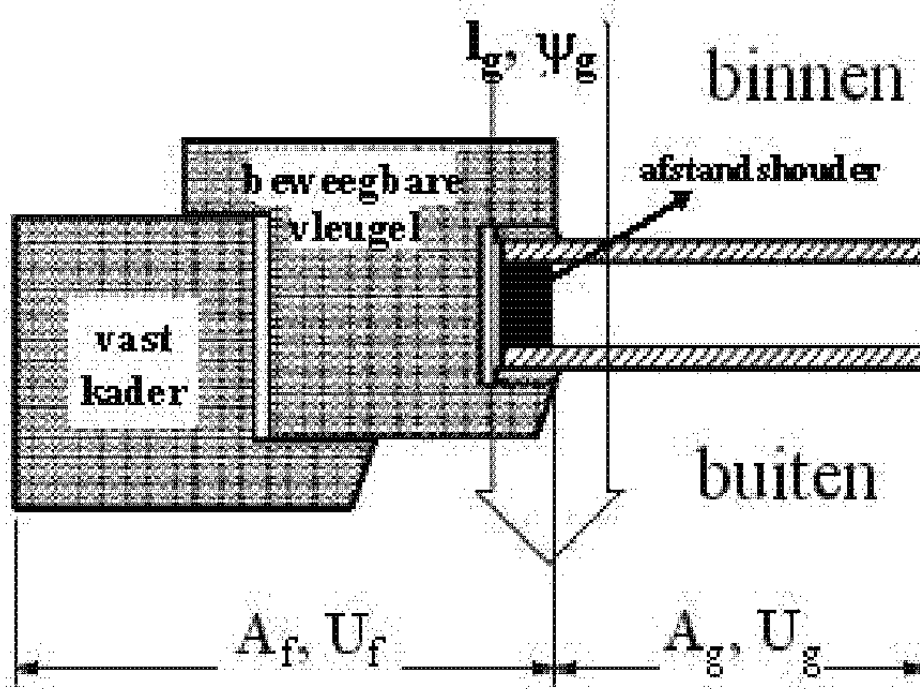
1. Inleiding

In Vlaanderen werd op 1 januari 2006 de vroegere isolatiereggeving vervangen door de huidige energieprestatiereggeving. Alle woningen waarvoor vanaf 1 januari 2006 een aanvraag om te bouwen of verbouwen wordt ingediend, moeten een bepaald niveau van thermische isolatie, energieprestatie (isolatie, energiezuinige verwarmingsinstallatie, ventilatie, ...) en een gezond binnenklimaat behalen.

Naast eisen aan het E-peil, K-peil en het ventilatiesysteem worden ook maximale U-waarden en minimale R-waarden opgelegd in bijlage 3 van het wijzigingsbesluit van 16 juni 2006 van de Vlaamse Regering. Voor transparante scheidingsconstructies (met uitzondering van poorten, deuren, gordijngevels en glasbouwstenen) geldt dat de U_w -waarde maximaal $2.5 \text{ W/m}^2\text{K}$ mag bedragen. Voor de evaluatie van dit criterium dient men een oppervlaktegemiddelde te nemen van alle transparante scheidingsconstructies waarop de eis van toepassing is, en dient men dus geen afzonderlijke ramen te evalueren. In tegenstelling tot glas ($U_{q,max} = 1.6 \text{ W/m}^2\text{K}$) wordt aan raamprofielen geen bovengrens opgelegd voor de warmteverliezen.

Vanaf 1 januari 2010 gelden strengere eisen voor het E-peil en de maximale U-waarden. Voor transparante constructies zijn er echter geen aanpassingen en blijven bovenstaande eisen van kracht.

Die U_w -waarde wordt berekend aan de hand van de oppervlakte van de profielen, de oppervlakte van het glas, de thermisch prestaties van beiden, en de koudebrugwerking veroorzaakt door de afstandshouder van de dubbele beglazing. Op onderstaande figuur (bron: Transmissiereferentiedocument dd 13-11-2007) worden de verschillende delen van het raam aangeduid, en in formule 16 van het transmissiereferentiedocument wordt de berekeningsmethode voor de U_w -waarde gegeven.



$$U_w \text{ (of } U_D) = \frac{A_g U_g + A_f U_f + A_p U_p + l_g \Psi_g + l_p \Psi_p}{A_g + A_f + A_p} \quad (\text{W/m}^2\text{K}) \quad (16)$$

waarin :

- U_g (W/m²K) : de U-waarde van de beglazing, bepaald volgens 9.1;
- U_f (W/m²K) : de U-waarde van het raamprofiel, bepaald volgens 9.2;
- U_p (W/m²K) : de U-waarde van het ondoorschijnend vulpaneel, bepaald volgens 9.3;
- Ψ_g (W/mK) : de lineaire warmtetoorgangscoefficiënt ten gevolge van de gecombineerde effecten van beglazing, afstandshouder en raamprofiel (zie Figuur 13), bepaald volgens 9.5;
- Ψ_p (W/mK) : de lineaire warmtetoorgangscoefficiënt ten gevolge van de gecombineerde effecten van vulpaneel, randverbinding en raamprofiel, bepaald volgens 9.5.

Er kunnen echter ook vereenvoudigde formules toegepast worden:

	aandeel glas en raamprofiel	aandeel ventilatierooster	aandeel vulpaneel	
$U_g \leq U_f$	$U_{w,T} = 0,7 \cdot U_g + 0,3 \cdot U_f + 3 \cdot \Psi_g$	$+ \Sigma A_r \cdot (U_r - U_g) / \Sigma A_w$	$+ \Sigma A_p \cdot (U_p - U_g) / \Sigma A_w$	(W/m ² K) (20)
$U_g > U_f$	$U_{w,T} = 0,8 \cdot U_g + 0,2 \cdot U_f + 3 \cdot \Psi_g$	$+ \Sigma A_r \cdot (U_r - U_f) / \Sigma A_w$	$+ \Sigma A_p \cdot (U_p - U_f) / \Sigma A_w$	(W/m ² K) (21)

waarin :

- U_g (W/m²K) : warmtedoorgangscoefficiënt van de beglazing (zie 9.1);
- U_f (W/m²K) : warmtedoorgangscoefficiënt van het raamprofiel (zie 9.2);
- Ψ_g (W/mK) : lineaire warmtedoorgangscoefficiënt (zie 9.5)
- U_r (W/m²K) : warmtedoorgangscoefficiënt van het ventilatierooster (zie 9.4);
- ΣA_r (m²) : totale oppervlakte van de aanwezige ventilatieroosters;
- U_p (W/m²K) : warmtedoorgangscoefficiënt van het vulpaneel (zie 9.3);
- ΣA_p (m²) : totale oppervlakte van de aanwezige vulpanelen;
- ΣA_w (m²) : totale oppervlakte van de vensters (bepaald op basis van de oppervlaktes van de dagopeningen).

Hierbij is het belangrijk op te merken dat voor de oppervlakte van de raamprofielen steeds de totale breedte in rekening gebracht wordt, en niet op basis van de oppervlaktes van de dagopening. De plaatsing van het raam achter slag zal dus geen invloed hebben op de U_w -waarde. Dat zal wel het koudebrugeffect beïnvloeden (wordt in rekening gebracht vanaf 2010) en bij de aangifte van de EPB-verslaggever zal men wel met de dagmaten rekenen om het E-peil en K-peil te berekenen.

De thermische prestaties van het raamprofiel worden dus in rekening gebracht aan de hand van de U_f -waarde. Die kan op drie verschillende manieren bepaald worden

- Proefondervindelijke bepaling volgens NBN EN 12412-2
- Numerieke berekeningsmethode volgens NBN EN ISO 10077-2
- Vereenvoudigde tabelwaarden in bijlage D van het transmissiereferentiedocument (cfr. EN ISO 10077-1).

De proefondervindelijke bepaling is zeer omslachtig, daarom gaat de voorkeur uit naar de simulaties of tabelwaarden. Uit een onderzoek van ECWINS (samenwerkingsverband 30 partners uit 8 EU-landen) blijkt dat voor de meeste profielen de eenvoudige tabelwaarde conservatief is en dus de warmteverliezen overschat worden. Zeker voor profielen die specifiek ontworpen worden om de energieverliezen te beperken is er een duidelijk verschil tussen de numerieke berekening en de tabelwaarde.

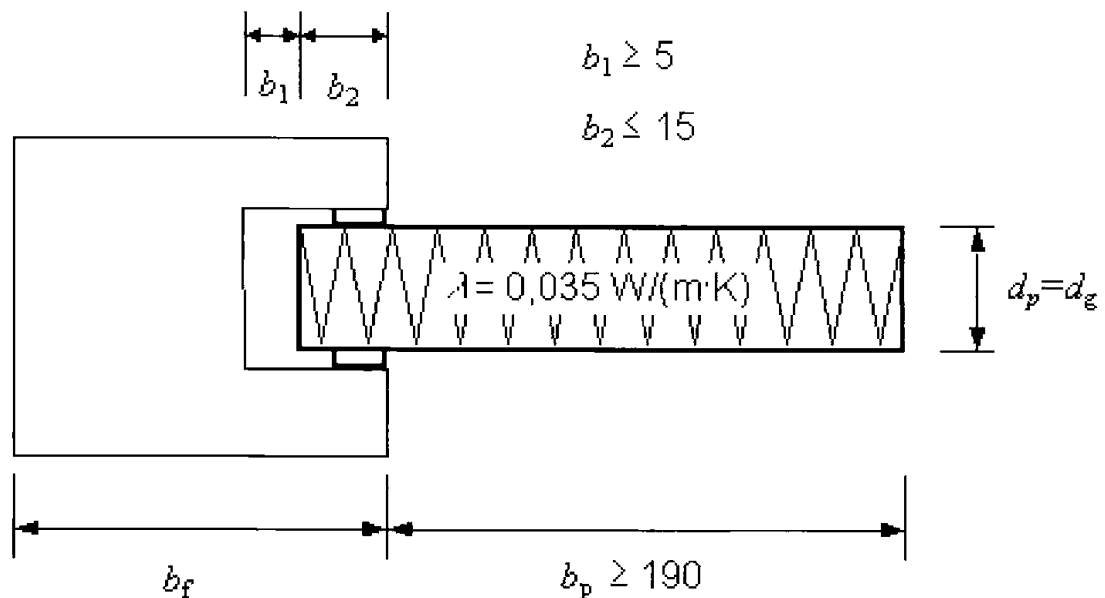
2. Berekeningsmethode

De thermische prestaties van raamprofielen kunnen berekend worden overeenkomstig NBN EN ISO 10077-2:2003. Daarbij wordt met behulp van een eindige elementen softwarepakket berekend hoeveel energie door geleiding, straling en convectie door het profiel gaat bij een bepaald temperatuurverschil. De manier waarop de berekeningen dienen te gebeuren staat zeer expliciet beschreven in de norm.

Volgende zaken worden daarbij behandeld:

- Berekeningsmethodiek
- Randvoorwaarden (overgangscoefficienten, verminderde straling in hoeken)
- Geleiding door materialen (voorgeschreven lambda-waarden)
- Warmteoverdracht in niet-geventileerde en licht-geventileerde holtes (straling, geleiding en convectie) wordt voorgesteld door equivalente warmtegeleidingscoëfficiënt.

De U_f -waarde wordt dan berekend aan de hand van formule C.1 uit NBN EN ISO 10077-2.



$$U_f = \frac{L_f^{2D} - U_p \cdot b_p}{b_f} \quad (\text{C.1})$$

- Waarbij:
- L_f^{2D} is de tweedimensionale warmtegeleiding [W/mK]
 - U_p is de U-waarde van het isolatiepaneel [W/m²K]
 - b_p is de breedte van het isolatiepaneel, zie bovenstaande figuur [m]
 - b_f is de breedte van het raamprofiel [m]

Voor de definitie van b_f is hierbij van belang: een kleine wijziging kan grote gevolgen hebben voor de U_f -waarde. In NBN EN ISO 10077-2 is echter niet aangegeven of men de binnen- of buitenafmeting moet nemen, of de grootste of de kleinste afmeting. In NBN EN ISO 10077-1 (vereenvoudigde bepaling van de thermische prestaties van ramen), het transmissiereferentiedocument en NBN B62-002 (berekening van U-waarden) staat dat de oppervlakte van het profiel gelijk is aan de grootste waarde van binnen- en buitenoppervlakte. Deze documenten doen dus enkel uitspraken over oppervlaktes en niet over breedtes, maar het zijn de enige richtinggevende documenten die voor handen zijn. Op basis daarvan is het logisch om aan te nemen dat men voor de bepaling van de U_f -waarde ook gebruik maakt van de grootste van beide afmetingen.

Voor de simulaties wordt gebruik gemaakt van het programma Bisco met de Radcon-module van het bedrijf Physibel. Deze software is gevalideerd volgens Annex D van NBN EN ISO 10077-2:2003.

Volgens de specificaties van de producent is de buitenste 30mm hout uitgevoerd in accoya, een houtsoort met $\lambda = 0.13\text{W/mK}$. De bewijsvoering voor de lambda-waarde dient te gebeuren door de producent. Aan de binnenzijde wordt gebruik gemaakt van 'Picea Abies' (Noorse Spar), met $\lambda = 0.11\text{W/mK}$. Deze waarde is overgenomen uit de ontwerpversie van de norm ISO/FDIS 10077-2:2010(E).

Voor de andere lambda-waarden wordt gebruik gemaakt van de tabel in Annex A in 10077-2:2003. Voor de dichtingen werd een lambda-waarde gelijk aan 0.25W/mK toegepast, overeenkomend met de lambda-waarde van EPDM. Het enige gebruikte materiaal dat niet opgenomen is in die tabel is polyurethaanschuim rond de beglazing. Daarvoor werd gebruik gemaakt van de waarde uit het Transmissiereferentiedocument. De niet-gecertificeerde waarde bedraagt 0.035W/mK .

Group	Material ^a	Density kg/m ³	Thermal conductivity W/(m·K)
Frame	Copper	8 900	380
	Aluminium (Si Alloys)	2 800	160
	Brass	8 400	120
	Steel	7 800	50
	Stainless steel	7 900	17
	PVC (polyvinylchloride), rigid	1 390	0,17
	Hardwood	700	0,18
	Softwood (typical construction timber)	500	0,13
	Fibreglass (UP-resin) *	1 900	0,40
Glass	Soda lime glass	2 500	1,00
	PMMA (polymethylmethacrylate)	1 180	0,18
	Polycarbonates	1 200	0,20
Thermal break	Polyamid (nylon)	1 150	0,25
	Polyamid 6.6 with 25 % glass fibre	1 450	0,30
	Polyethylene HD, high density	980	0,50
	Polyethylene LD, low density	920	0,33
	Polypropylene , solid	910	0,22
	Polypropylene with 25 % glass fibre	1 200	0,25
	PU (polyurethane), rigid	1 200	0,25
	PVC (polyvinylchloride), rigid	1 390	0,17
Weather stripping	PCP (polychloroprene), e.g. Neoprene	1 240	0,23
	EPDM (ethylene propylene diene monomer)	1 150	0,25
	Silicone, pure	1 200	0,35
	PVC, flexible (PVC-P) 40 % softener	1 200	0,14
	Mohair (polyester) sweep *		0,14
	Elastomeric foam, flexible	60 to 80	0,05
Sealant and glass edge material	PU (polyurethane), resin	1 200	0,25
	Butyl (isobutene) , solid/hot melt	1 200	0,24
	Polysulfide	1 700	0,40
	Silicone, pure	1 200	0,35
	Polyisobutylene	930	0,20

continued)

Group	Material ^a	Density kg/m ³	Thermal conductivity W/(m·K)
Sealant and glass edge material	Polyester resin	1 400	0,19
	Silica gel (desiccant)	720	0,13
	Molecular sieve(desiccant) *	650 to 750	0,10
	Silicone foam, low density	750	0,12
	Silicone foam, medium density *	820	0,17

^a Most materials are taken from EN 12524 except those marked with *

Tabel 1: lambdawaarden materialen (10077-2:2003, bijlage A)

3. Resultaten

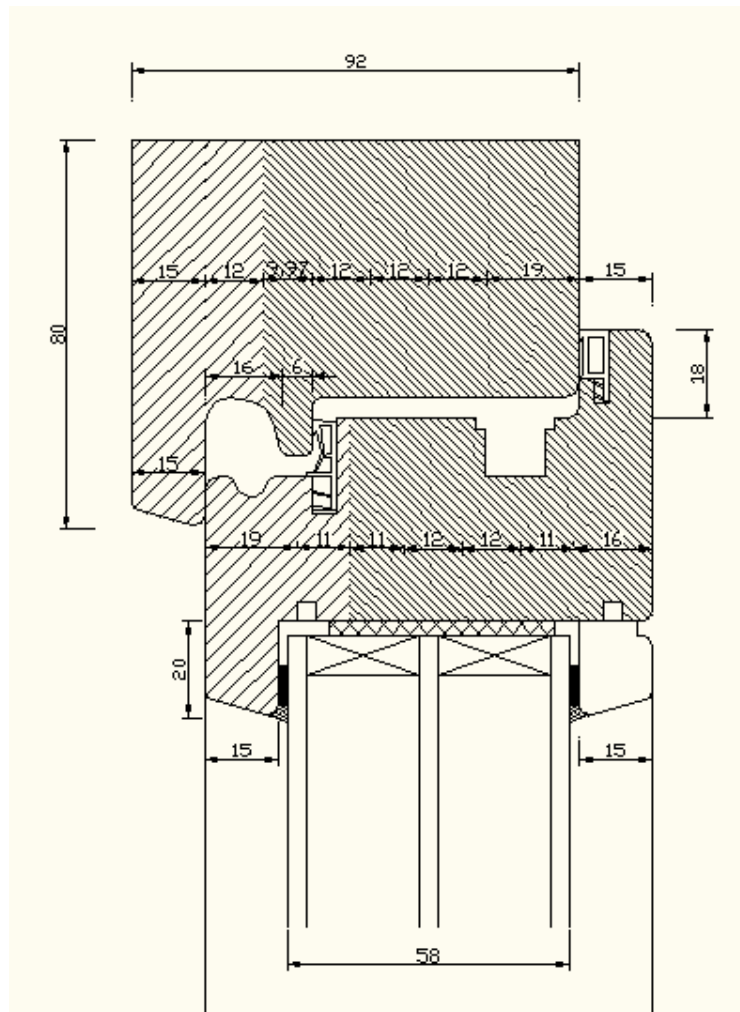
In bijlage A is de gedetailleerde berekening opgenomen. Het verslag is als volgt opgebouwd:

1. Tekening profiel
2. Bijzonderheden berekening
3. Inputgegevens simulatie
4. Output simulatie
5. Grafische voorstelling temperatuursverloop in het profiel
6. Grafische voorstelling warmteflux in het profiel
7. Berekening U_f -waarde

Samenvatting van de resultaten:

Bijlage	Profiel	U_f -waarde [$W/m^2.K$]
A	Hout	0.926

1. Tekening profiel



2. Bijzonderheden berekening

- De plaatsing van het glas in de sponning is aangepast conform NBN EN ISO 10077-2.
- Het glas wordt conform NBN EN ISO 10077-2 vervangen door een isolatieplaat met $\lambda = 0.035 \text{ W/mK}$. De resultaten zijn geldig bij een glasplaat van 58mm dikte.
- De dichtingen in het profiel zijn gemaakt uit EPDM.
- De dichtingen ter hoogte van het glas bestaan uit PUR en silicone.
- Het hout is accoya aan de buitenzijde, Noorse spar aan de binnenzijde.

3. Inputgegevens simulatie

BISCO - Input Data

BISCO data file: profiel_michiels.final.bsc
 Bitmap file: profiel_michiels.final.bmp
 1 pixel = 0.0001 m

Col.	Width [pixels]	Width [m]	Height [pixels]	Height [m]	Area [pixels]	Zones	Triang.Size [pixels]
6	451	0.0451	50	0.0050	22550	1	5.00
15	450	0.0450	1184	0.1184	310376	1	5.00
16	771	0.0771	1184	0.1184	625392	1	5.00
28	580	0.0580	2056	0.2056	1192480	1	5.00
60	620	0.0620	374	0.0374	7234	2	5.00
84	620	0.0620	80	0.0080	3200	2	5.00
102	654	0.0654	33	0.0033	1474	2	5.00
170	1170	0.1170	3096	0.3096	3306256	1	
174	808	0.0808	3096	0.3096	2342479	1	
182	168	0.0168	1056	0.1056	18767	4	
200	33	0.0033	74	0.0074	2396	1	5.00
201	7	0.0007	80	0.0080	530	1	5.00
202	20	0.0020	17	0.0017	272	1	5.00
203	20	0.0020	28	0.0028	394	1	5.00
204	108	0.0108	68	0.0068	3598	1	5.00
205	30	0.0030	13	0.0013	145	1	5.00
206	158	0.0158	205	0.0205	24850	1	5.00
207	397	0.0397	64	0.0064	15408	1	5.00
208	15	0.0015	22	0.0022	128	1	5.00
209	96	0.0096	51	0.0051	3148	1	5.00
210	30	0.0030	67	0.0067	1093	1	5.00
211	23	0.0023	63	0.0063	1031	1	5.00
212	30	0.0030	32	0.0032	692	1	5.00
213	40	0.0040	40	0.0040	1435	1	5.00
214	40	0.0040	30	0.0030	1001	1	5.00
215	50	0.0050	10	0.0010	393	1	5.00
216	125	0.0125	159	0.0159	18697	1	5.00
217	40	0.0040	40	0.0040	1600	1	5.00
219	21	0.0021	52	0.0052	615	1	5.00
220	14	0.0014	21	0.0021	124	1	5.00
221	119	0.0119	95	0.0095	7628	1	5.00
222	20	0.0020	44	0.0044	802	1	5.00
223	20	0.0020	44	0.0044	802	1	5.00
224	50	0.0050	55	0.0055	2578	1	5.00

Col.	Type	CEN-rule	Name	lambda [W/mK]	eps [-]	t [°C]	h [W/m²K]	q [W/m²]
6	MATERIAL		PUR	0.035				
15	MATERIAL		softwood	0.130				
16	MATERIAL		softwood 0.11	0.110				
28	MATERIAL		insulation	0.035				
60	MATERIAL		EPDM	0.250				
84	MATERIAL		PU rigid	0.250				
102	MATERIAL		silicone pure	0.350				
170	BC_SIMPL	HE	exterior			0.0	25.00	0
174	BC_SIMPL	HI_NORML	interior (norma			20.0	7.70	0
182	BC_SIMPL	HI_REDUCE	interior (reduc			20.0	5.00	0
200	EQUIMAT	- CEN_Xy_I		0.036				
201	EQUIMAT	- CEN_Xy_I		0.028				
202	EQUIMAT	- CEN_Xy_I		0.030				
203	EQUIMAT	- CEN_Xy_I		0.030				
204	EQUIMAT	- CEN_Xy_I		0.046				

205	EQUIMAT	- CEN_Xy_I	0.030
206	EQUIMAT	- CEN_Xy_I	0.068
207	EQUIMAT	- CEN_Xy_I	0.095
208	EQUIMAT	- CEN_Xy_I	0.028
209	EQUIMAT	- CEN_Xy_I	0.045
210	MATERIAL		0.066
211	EQUIMAT	- CEN_Xy_I	0.032
212	EQUIMAT	- CEN_Xy_I	0.033
213	EQUIMAT	- CEN_Xy_I	0.036
214	EQUIMAT	- CEN_Xy_I	0.035
215	EQUIMAT	- CEN_Xy_I	0.035
216	EQUIMAT	- CEN_Xy_I	0.063
217	EQUIMAT	- CEN_Xy_I	0.037
219	EQUIMAT	- CEN_Xy_I	0.031
220	EQUIMAT	- CEN_Xy_I	0.028
221	EQUIMAT	- CEN_Xy_I	0.053
222	EQUIMAT	- CEN_Xy_I	0.032
223	EQUIMAT	- CEN_Xy_I	0.032
224	EQUIMAT	- CEN_Xy_I	0.040

Col.	ta	hc	Pc	tr	C1	C2	C3
	[°C]	[W/m²K]	[W/m]	[°C]	[-]	[-]	[-]
170							
174							
182							
200					0.025	0.73	0.333333
201					0.025	0.73	0.333333
202					0.025	0.73	0.333333
203					0.025	0.73	0.333333
204					0.025	0.73	0.333333
205					0.025	0.73	0.333333
206					0.025	0.73	0.333333
207					0.025	0.73	0.333333
208					0.025	0.73	0.333333
209					0.025	0.73	0.333333
211					0.025	0.73	0.333333
212					0.025	0.73	0.333333
213					0.025	0.73	0.333333
214					0.025	0.73	0.333333
215					0.025	0.73	0.333333
216					0.025	0.73	0.333333
217					0.025	0.73	0.333333
219					0.025	0.73	0.333333
220					0.025	0.73	0.333333
221					0.025	0.73	0.333333
222					0.025	0.73	0.333333
223					0.025	0.73	0.333333
224					0.025	0.73	0.333333

Calculation parameters

Contour approximation margin (triangulation) = 0 pixels
 Default temperature difference across airspace = 10°C
 Bitmap border is no axis of symmetry
 Maximum number of iterations = 10000
 Maximum temperature difference = 0.0001°C
 Heat flow divergence for total object = 0.001 %
 Heat flow divergence for worst node = 1 %

4. Output simulaties

BISCO Calculation Results

BISCO data file: profiel_michiels.final.bsc

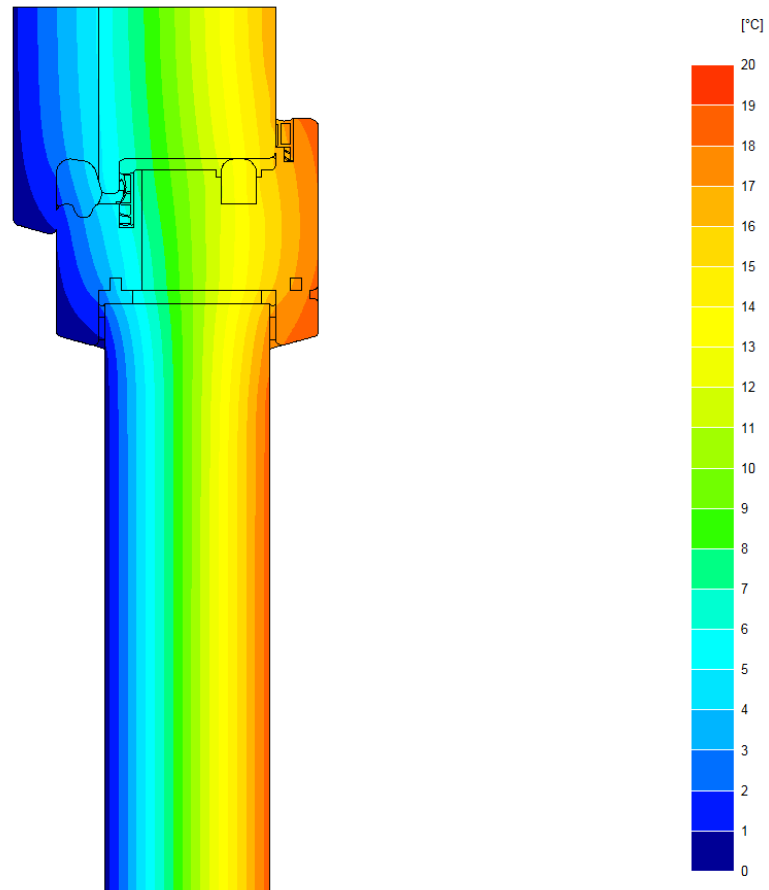
Number of nodes = 104024

Heat flow divergence for total object = 0.000683658

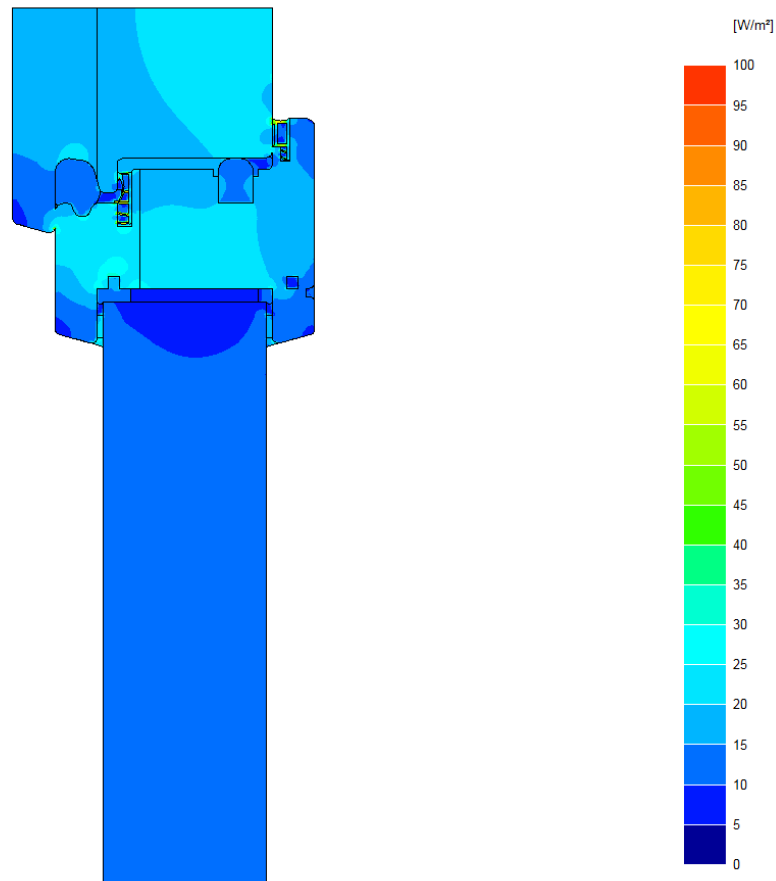
Heat flow divergence for worst node = 0.151132

Col.	Type	Name	tmin [°C]	tmax [°C]	ta [°C]	flow in [W/m]	flow out [W/m]
6	MATERIAL	PUR	4.86	15.70			
15	MATERIAL	softwood	0.24	7.26			
16	MATERIAL	softwood 0.11	4.71	18.78			
28	MATERIAL	insulation	0.44	18.58			
60	MATERIAL	EPDM	5.10	17.71			
84	MATERIAL	PU rigid	0.91	17.64			
102	MATERIAL	silicone pure	0.66	17.85			
170	BC_SIMPL	exterior	0.24	1.04		0.00	4.29
174	BC_SIMPL	interior (norma	16.59	18.78		3.59	0.00
182	BC_SIMPL	interior (reduc	16.29	18.78		0.69	0.00
200	EQUIMAT		16.38	17.53			
201	EQUIMAT		15.97	16.55			
202	EQUIMAT		16.59	17.05			
203	EQUIMAT		16.52	17.00			
204	EQUIMAT		13.91	16.14			
205	EQUIMAT		16.49	16.98			
206	EQUIMAT		1.60	4.73			
207	EQUIMAT		5.87	13.00			
208	EQUIMAT		15.70	16.15			
209	EQUIMAT		4.07	6.13			
210	MATERIAL		17.98	18.52			
211	EQUIMAT		6.04	6.74			
212	EQUIMAT		5.78	6.61			
213	EQUIMAT		5.22	6.45			
214	EQUIMAT		5.06	6.24			
215	EQUIMAT		5.05	6.19			
216	EQUIMAT		11.83	14.79			
217	EQUIMAT		16.69	17.68			
219	EQUIMAT		5.57	6.17			
220	EQUIMAT		1.54	1.85			
221	EQUIMAT		1.95	5.32			
222	EQUIMAT		1.46	2.44			
223	EQUIMAT		16.43	17.27			
224	EQUIMAT		15.17	16.91			

5. Grafische voorstelling temperatuursverloop in het profiel



6. Grafische voorstelling warmteflux



Schaal warmteflux: 0 tot 100 W/m²

7. Berekening U_f-waarde

Thermal transmittance of frame (EN ISO 10077-2)

$$U_f = (Q / (t_i - t_e) - U_{p1} \cdot w_{p1} - U_{p2} \cdot w_{p2}) / w_f = 0.926 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$$

$$Q = 4.286 \text{ W/m}$$

$$t_i = 20.00^\circ\text{C}$$

$$t_e = 0.00^\circ\text{C}$$

$$U_{p1} = 0.547 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}) \quad (\text{bottom edge of bitmap})$$

$$w_{p1} = 0.1912 \text{ m} \quad (\text{distance no. 2})$$

$$U_{p2} = 0.000 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$$

$$w_{p2} = 0.0000 \text{ m}$$

$$w_f = 0.1184 \text{ m} \quad (\text{distance no. 1})$$