



Proefstation
Kantoren
Maatschappelijke zetel

B-1342 Limelette, Avenue P. Holoffe 21
B-1932 Sint-Stevens-Woluwe, Lozenberg 7
B-1000 Bruxelles, Lombardstraat 42

Tel.: +32 (0)2 655 77 11
Tel.: +32 (0)2 716 42 11
Tel.: +32 (0)2 502 66 90

STUDIEVERSLAG



Deze studie wordt uitgevoerd in het kader van C-Tech, een WTCB-dienst voor innovatieondersteuning in het Brussels Hoofdstedelijk Gewest.

Laboratorium Energiekarakteristieken (Labo EN)	O/Referenties	ENe069 Pagina: 1/8
---	----------------------	-----------------------

Aanvrager	RENO & CO SPRL Giovanni Marin Wemmelse Steenweg 260 1090 Brussel
Datum van de aanvraag	09/10/2018
Datum opstelling van het verslag	15/11/2018
Uitgevoerde proeven	Numerieke berekening van thermische eigenschappen van heterogene isolerende bouwblokken "Strongbau" (rechte vorm en hoekvorm)
Referenties	Normen NBN EN ISO 10211 (2017), NBN EN ISO 6946 (2017), NBN EN ISO 13788 (2012)

Dit studieverlag bevat 8 bladzijden. Dit studieverlag mag slechts in zijn geheel verveelvoudigd worden.

Karel De Sloover, ir.
Onderzoeker
Verantwoordelijk voor de berekeningen

Timo De Mets, ir.
Onderzoeker
Controleur

Nicolas Heijmans, ir.
Labo hoofd
Verantwoordelijk voor de studie

1 Onderwerp

De onderneming RENO & CO SPRL vraagt de berekening aan van de thermische eigenschappen van heterogene isolerende bouwblokken "Strongbau", en dit voor een rechte bouwblok en een hoekbouwblok met elk twee variaties.

De berekeningen werden uitgevoerd op basis van een aantal hypothesen en conventies, zowel op het vlak van de berekeningsmethode als op het vlak van de geometrische¹ en thermische eigenschappen van de elementen. Enkele gegevens werden direct door de aanvrager aangeleverd. De resultaten zijn alleen geldig voor de in dit rapport vermelde hypothesen en conventies.

2 Normatieve referenties

De documenten die gebruikt werden in dit studieverlag, worden hieronder hernoemen.

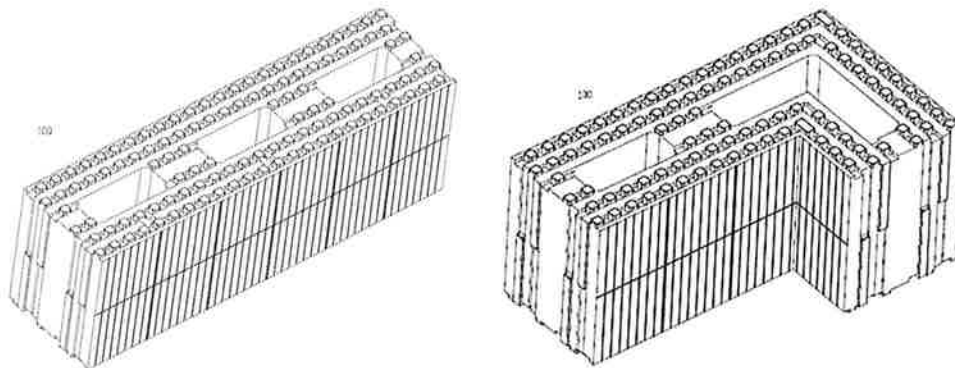
- NBN EN ISO 10211 (2017) Koudebruggen in gebouwen - Warmtestromen en oppervlaktetemperaturen - Gedetailleerde berekeningen (ISO 10211:2017)
- NBN EN ISO 6946 (2017) Bouwelementen en bouwdelen - Warmteweerstand en warmtedoorgangscoefficient - Berekeningsmethode (ISO 6946:2017)
- NBN EN ISO 13788 (2012) Hygrothermische prestatie van bouwcomponenten en -elementen - Binnenoppervlaktetemperatuur om kritische oppervlaktevochtigheid en inwendige condensatie te vermijden - Berekeningsmethoden

¹ De geometrische eigenschappen vermeld in de plannen werden niet vergeleken met een werkelijk product.

3 Karakteristieken van de producten

Strongbau zijn isolerende bouwblokken uit EPS. Zoals Figuur 1 toont, bevat de kern van deze bouwblokken holtes, die na plaatsing opgevuld worden met beton om de stabiliteit van de bouwblokken te verzekeren.

De elementen bestaan in rechte vorm en hoekvorm en hebben een dikte van 325 mm. Per soort bestaan er drie variaties, die zich onderscheiden in de dikte van de holte (gemeten in de richting van de warmtestroom): 100 en 150 mm.



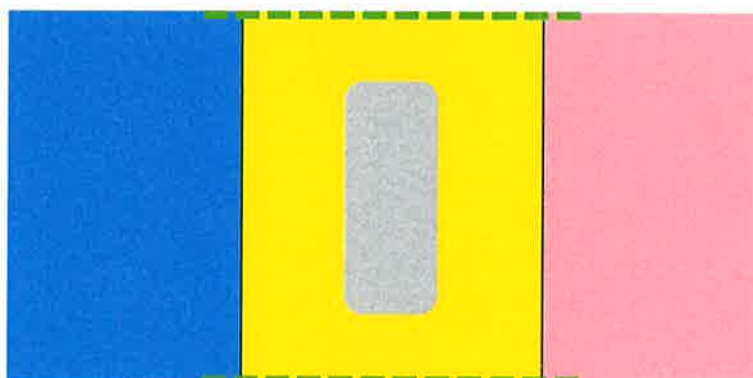
Figuur 1: Bouwblokken in rechte vorm en hoekvorm ($d_{holte} = 100$ mm)

4 Berekeningssoftware

De numerieke berekeningen werden uitgevoerd met de software BISCO v11.0w. Deze software berekent het tweedimensionaal stationair warmtetransport in objecten, en werd gestaafd volgens de richtlijnen aanwezig in de norm NBN EN ISO 10077-2.

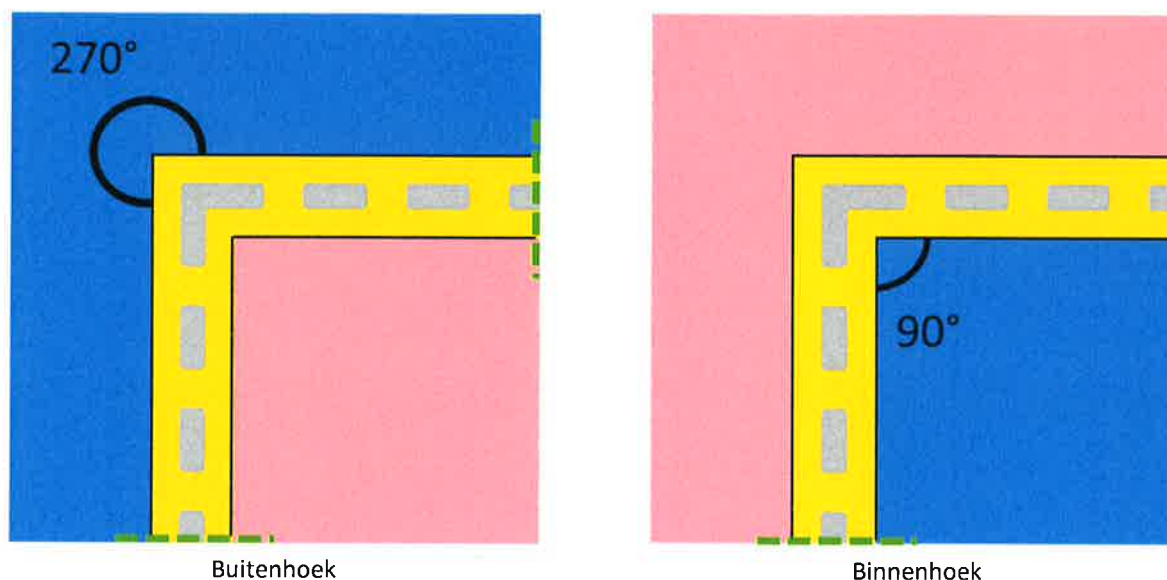
5 Numeriek model

Het model van het rechte bouwblok is terug te vinden in Figuur 2. Door de symmetrie, volstaat het om enkel één segment te beschouwen.






Figuur 2: Model van het rechte blok ($d_{holte} = 100$ mm)

Voor het hoekbouwblok werden twee modellen opgesteld. Het warmtetransport zal namelijk anders verlopen indien het om een buitenhoek of een binnenhoek gaat (het onderscheid is gegeven in Figuur 3).





Figuur 3: Modellen van het hoekblok ($d_{holte} = 100 \text{ mm}$)

De definitie van de kleurcodes die in bovenstaande figuren werden gebruikt, worden verduidelijkt in Tabel 1 en Tabel 2, waar respectievelijk de randvoorwaarden en de materiaaleigenschappen terug te vinden zijn.

Identificatie	Randvoorwaarden	Temperatuur	Warmteovergangsweerstand R_s
	Binnenomgeving	20°C	0,13 of 0,25 $\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$ (zie Tabel 3)
	Buitenomgeving	0°C	0,04 $\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$
	Adiabatische rand	-	-

Tabel 1: Randvoorwaarden

Identificatie	Materiaal	Warmtegeleidbaarheid	Bron
	EPS	$\lambda = 0,03 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$	Aanvrager
	Zwaar normaal beton, gewapend (binnenomgeving)	$\lambda = 1,70 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$	TRD

Tabel 2: Warmtegeleidbaarheid van de materialen

6 Berekeningsmethode

Voor het rechte bouwblok worden volgende grootheden berekend:

- **Equivalente U-waarde U_{eq} .** De bouwblokken vormen een heterogeen element. Deze waarde kenmerkt de isolerende waarde van het blok doorheen de combinatie van EPS en beton.
- **Equivalente R-waarde R_{eq} .** In de praktijk zullen deze bouwblokken worden gecombineerd met andere lagen (binnen- of buitenafwerking). Om ook voor deze samenstellingen de totale isolerende waarde te bepalen, volstaat het om de R-waardes van deze lagen op te tellen bij deze equivalente R-waarde.
- **Temperatuurfactor f_{Rsi} .** Omdat beton slechter isoleert dan EPS, zal de binnentemperatuur ter plaatse van de betonnen kern lager zijn. Indien deze temperatuur te laag zou zijn, bestaat er een risico op schimmelvorming en condensatie. Een temperatuurfactor hoger dan 0,7 wordt als veilig beschouwd.

Voor het hoekbouwblok worden volgende grootheden berekend:

- **Lineaire warmtedoorgangscoefficiënt Ψ_e .** Ter plaatse van een hoek verloopt de warmtestroom niet meer in een maar in twee richtingen. Om de invloed van dit effect te begroten, is het voor berekeningen nodig om de Ψ_e -waarde te kennen.
- **Temperatuurfactor f_{Rsi} .** Ter plaatse van de buitenhoek is de temperatuur typisch lager dan op het lopende gedeelte. Om schimmelvorming te vermijden, moet ook op deze plaats de temperatuurfactor hoger zijn dan 0,7.

De formules voor deze grootheden zijn terug te vinden in bijlage.

Conform de normen NBN EN ISO 6946, NBN EN ISO 10211 en NBN EN ISO 13788 en rekening houdend met het beoogde doel, moeten voor bepaalde berekeningen andere overgangswaardes gebruikt worden aan het binnenoppervlak. Tabel 3 geeft een overzicht van deze coëfficiënten.

	R_{si} [$m^2 \cdot K/W$]	R_{se} [$m^2 \cdot K/W$]
U_{eq}	0,13	0,04
f_{Rsi}	0,25	0,04
Ψ_e	0,13	0,04

Tabel 3: Warmteovergangswaardes aan de binnenomgeving R_{si} en de buitenomgeving R_{se}

7 Resultaten

De resultaten van de bovengenoemde berekeningen is terug te vinden in Tabel 4 en Tabel 5. De temperatuurvelden (bij $R_{si} = 0,13 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$ en $R_{se} = 0,04 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$) zijn terug te vinden in Figuur 4 en Figuur 5.

De kans op condensatie en schimmelvorming is klein, zowel in de hoek als ter plaatse van de betonnen elementen, aangezien de temperatuurfactor f_{Rsi} telkens ruim groter is dan de kritieke waarde van 0,7.

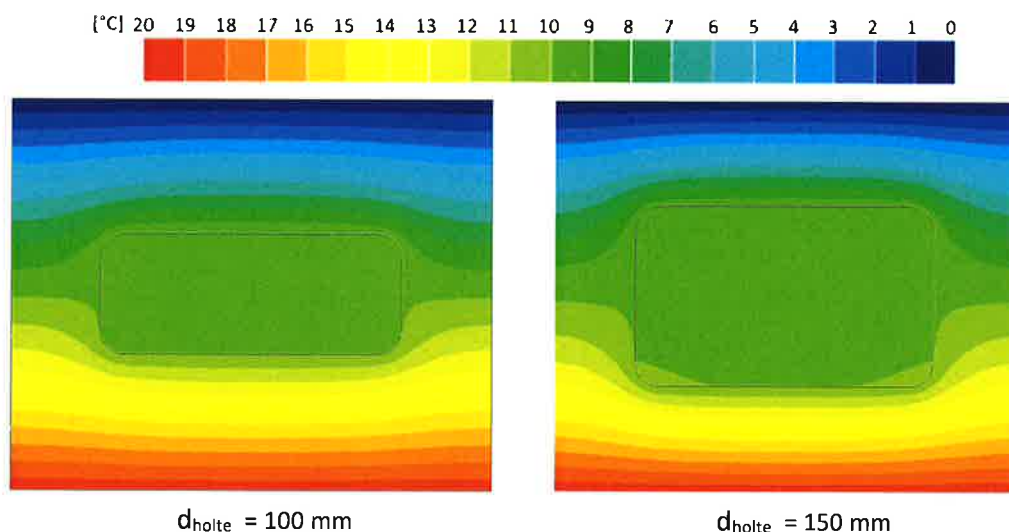
De equivalente U-waarde van de beide blokken voldoen ruimschoots aan de nieuwbouweisen in Vlaanderen vanaf 2018 (namelijk maximaal $0,24 \text{ W}/\text{m}^2\text{K}$). Voor passiefwoningen worden typisch lagere U-waardes nagestreefd. Hoewel in Vlaanderen geen eis op de U-waarde wordt opgelegd, wordt vaak een richtlijn van $0,15 \text{ W}/\text{m}^2\text{K}$ gehanteerd; ook hieraan voldoen beide blokken.

Bouwblok	d_{holte} [mm]	U_{eq} [$\text{W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}$]	R_{eq} [$\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$]	f_{Rsi} [-]
Recht	100	0,120	8,185	0,969
Recht	150	0,147	6,615	0,960

Tabel 4: Resultaten voor de rechte bouwblokken

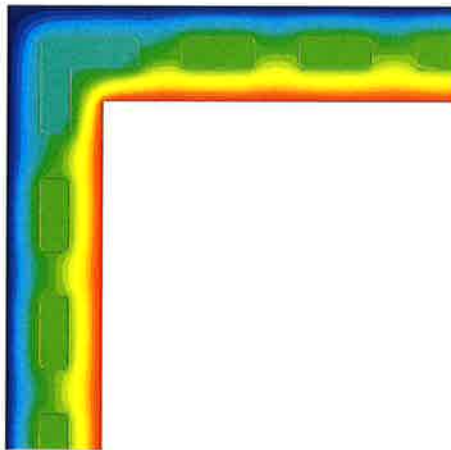
Bouwblok	d_{holte} [mm]	Ψ_e [$\text{W}/\text{m} \cdot \text{K}$]	f_{Rsi} [-]
Buitenhoek	100	-0,052	0,896
Binnenhoek	100	0,027	0,969 ²
Buitenhoek	150	-0,064	0,874
Binnenhoek	150	0,033	0,960 ²

Tabel 5: Resultaten voor de hoekbouwblokken

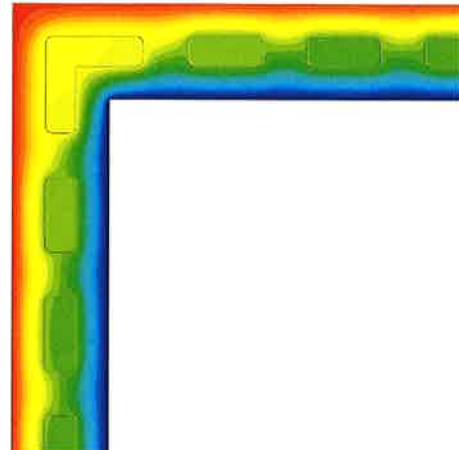


Figuur 4: Temperatuurvelden van de rechte bouwblokken

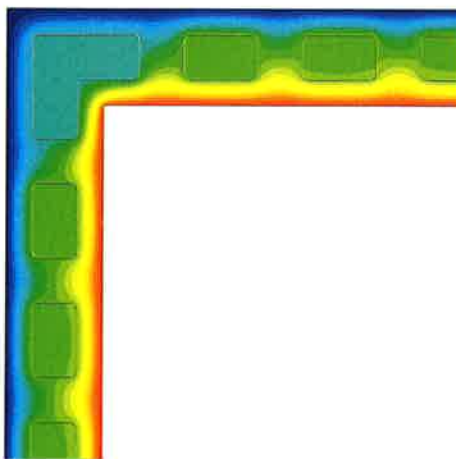
² In het geval van een binnenhoek komt de laagste oppervlaktetemperatuur niet voor in de hoek, maar ten hoogte van de betonnen elementen. De temperatuurfactor is dus gelijk aan de temperatuurfactor voor een recht bouwblok.



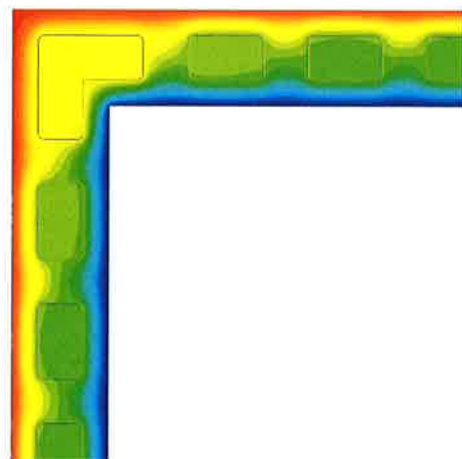
Buithoek – 100 mm



Binnenhoek – 100 mm



Buithoek – 150 mm



Binnenhoek – 150 mm

Figuur 5: Temperatuurvelden van de hoekbouwblokken

Bijlage: formules

De resultaten uit Tabel 4 en Tabel 5 werden berekend via onderstaande formules.

$$U_{eq} = \frac{Q}{\Delta T \cdot A} \quad \left[\frac{W}{m^2 \cdot K} \right]$$

$$R_{eq} = \frac{1}{U_{eq}} - R_{se} - R_{si} \quad \left[\frac{m^2 \cdot K}{W} \right]$$

$$f_{Rsi} = \frac{T_{si} - T_e}{T_i - T_e} \quad [-]$$

$$\Psi_e = \frac{Q}{\Delta T} - 2 \cdot U_{eq} \cdot l \quad \left[\frac{W}{m \cdot K} \right]$$

In deze formules zijn:

- Q [W] de tweedimensionale warmtestroom, berekend met het programma BISCO.
- ΔT [K] het temperatuurverschil tussen beide omgevingen, namelijk 20 K.
- A [m²] de oppervlakte waar de warmte doorheen stroomt, in het numeriek model voor het rechte blok 1 m x 0,4 m.
- R_{se} en R_{si} [m².K/W] de overgangsweerstanden aan het buiten- en binnenoppervlak (zie Tabel 3).
- T_{si} [°C] de kritische oppervlaktetemperatuur waar het risico op schimmel onderzocht wordt, berekend met het programma BISCO.
- T_i [°C] de binnentemperatuur, namelijk 20°C.
- T_e [°C] de buitentemperatuur, namelijk 0°C.
- l [m] de lengte van elke wand die op de hoek uitkomen, gemeten aan de buitenzijde van de wand. In het numeriek model bedraagt dit voor de buitenhoek 1,5125 m en voor de binnenhoek 1,1875 m.