



DC Trade Port Noord-Venlo

*Berekening gelijkwaardigheid warmteweerstand begane
grond vloer*



DC Trade Port Noord-Venlo

*Berekening gelijkwaardigheid warmteweerstand begane
grond vloer*

opdrachtgever Mulderblauw Architecten BV
rapportnummer F 21541-3-RA
datum 15 februari 2019
referentie WK/WK/JMa/F 21541-3-RA
verantwoordelijke ir. W. Koornneef
opsteller ir. W. Koornneef
 +31 85 8228792
 w.koornneef@peutz.nl

peutz bv, postbus 696, 2700 ar zoetermeer, +31 79 347 03 47, zoetermeer@peutz.nl, www.peutz.nl
kvk 12028033, opdrachten volgens DNR 2011, lid NLingenieurs, btw NL.004933837B01, ISO-9001:2015

mook – zoetermeer – groningen – düsseldorf – dortmund – berlijn – nürnberg – leuven – parijs – lyon

Inhoudsopgave

1	Inleiding	4
1.1	Eisen	4
1.2	Doelstelling	4
1.3	Normatieve referenties	5
2	Methodologie	6
2.1	Geometrie van de vloerconstructie	6
2.2	Bepaling stationaire warmtedoorgangscoefficiënt via de grond	7
2.3	Lineaire warmtedoorgangscoefficiënten	9
2.3.1	Gedetailleerde numerieke berekening	9
2.3.2	Randvoorwaarden	9
2.3.3	Materiaaleigenschappen	10
2.3.4	Lineaire warmtedoorgangscoefficiënt	10
3	Resultaten	11
4	Conclusie	13
	Bijlagen	
1.	Rekenbladen warmteverliezen vloer	

1 Inleiding

In opdracht van MulderBlauw architecten B.V. is berekend welke compenserende maatregelen nodig zijn indien er geen of een beperkte thermische isolatie van de begane grondvloer wordt toegepast voor het project DC trade port noord te Venlo.

Het gebouw betreft een aantal aan elkaar gekoppelde bedrijfshallen met een vloeroppervlak van in totaal circa 71.000 m².

1.1 Eisen

Conform Bouwbesluit 2012, artikel 5.3, Lid 6 dient, uitgaande van een industriefunctie, de warmteweerstand van een uitwendige scheidingsconstructie die de scheiding vormt tussen een verblijfsgebied, een toiletruimte, of een badruimte en de grond (of het water), met inbegrip van de op die constructie aansluitende delen van andere constructies een volgens NEN 1068 (2012) bepaalde warmteweerstand (R_c [m²K/W]) van ten minste 3,5 m²K/W te hebben.

Op basis van Bouwbesluit 2012 artikel 1.3 (Gelijkwaardigheidsbepaling) mag van bovenstaande eis worden afgeweken indien de gekozen oplossing een gelijkwaardige energiezuinigheid geeft als beoogd in Bouwbesluit artikel 5.3. Er is sprake van een oplossing die gelijkwaardig is aan hetgeen de wetgever heeft beoogd als lagere warmteweerstanden (R_c -waarden) in voldoende mate worden gecompenseerd door hogere R_c -waarden dan de vereiste grenswaarden. Om ongewenste condensvorming te voorkomen, wordt opgemerkt dat alle constructie-onderdelen waarvoor een R_c -waarde is voorgeschreven, voorzien dienen te zijn van voldoende thermische isolatie.

1.2 Doelstelling

Op basis van bovengenoemd Bouwbesluit artikel 1.3 biedt het de mogelijkheid een gedeelte van de begane grondvloer van het distributiecentrum niet te voorzien van thermische isolatie of alleen een vloerisolatie over een diepte vanaf 5 m vanaf de gevel toe te passen. In beide gevallen is het nodig de extra energieverliezen te compenseren door andere onderdelen van de gebouwschil, in dit geval het dakvlak beter te isoleren. Beide varianten zijn onderzocht.

1.3 Normatieve referenties

De warmteweerstand van de vloer wordt bepaald door middel van een berekening conform de volgende normen:

- NEN 1068. 2012. Thermische isolatie van gebouwen. Rekenmethoden.
- NEN-EN-ISO 13370. 2008. Thermische eigenschappen van gebouwen – Warmte-uitwisseling via de grond – Berekeningsmethoden.
- NEN-EN-ISO 10211. 2008. Koudebruggen in gebouwen – Warmtestromen en oppervlaktetemperaturen – Gedetailleerde berekeningen.

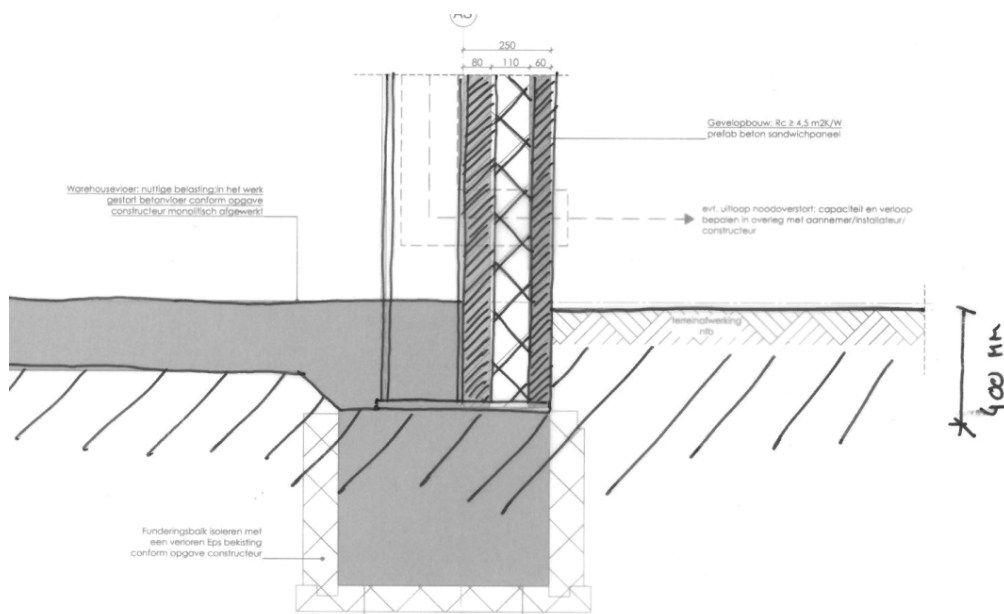
2 Methodologie

De warmteweerstand van de begane grondvloer van het distributiecentrum is berekend op basis van NEN 1068 (2012). Hierbij is tevens gebruik gemaakt van een gedetailleerde numerieke berekening van het warmteverlies ter plaatse van de aansluiting met de fundering uitgevoerd met het softwarepakket TRISCO versie 13.0w. De berekeningen zijn verricht conform de normen NEN 1068 (2012), NEN-EN-ISO 13370 (2008) en NEN-EN-ISO 10211 (2008).

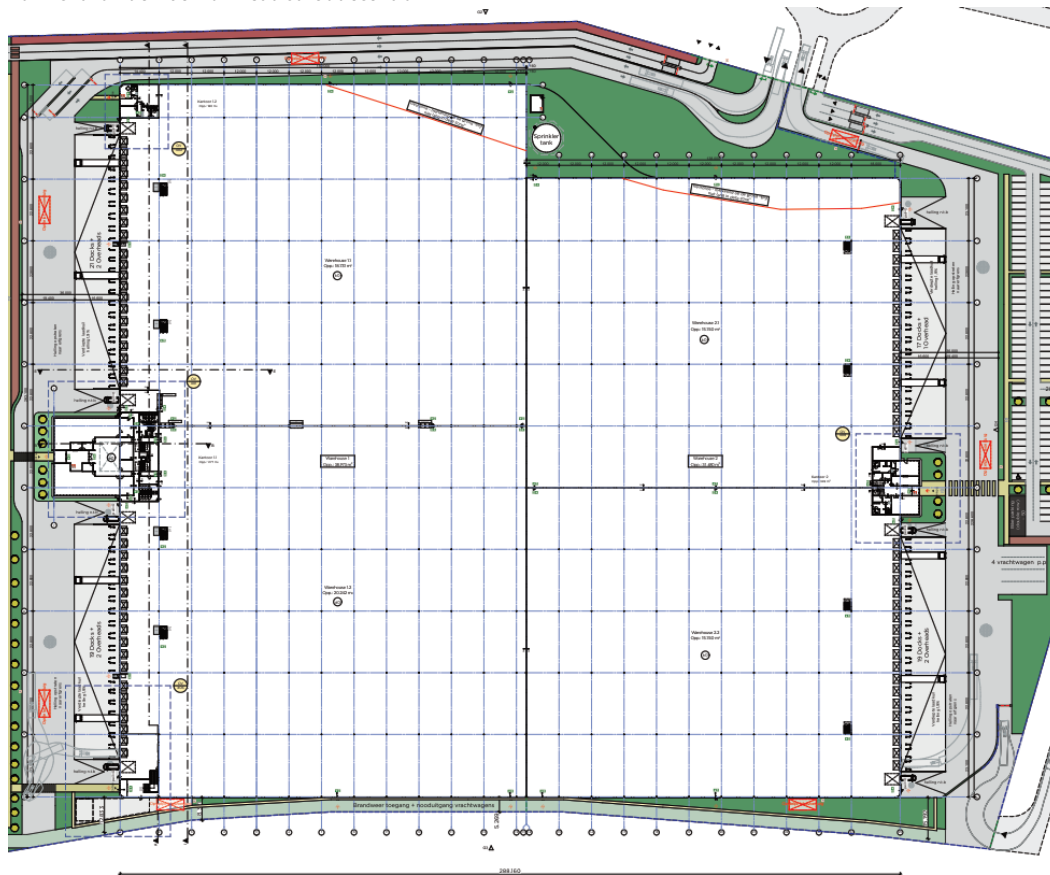
2.1 Geometrie van de vloerconstructie

De vloer van het distributiecentrum betreft een vloer op volle grond waarbij deze aansluit op een gevel. Figuur 2.1 presenteert een door de opdrachtgever aangeleverd standaarddetail van de funderingsaanzet van de vloer en de aansluiting met de gevel. Er is geen sprake van een funderingsbalk. De gevel en vloer worden direct op de bodem gefundeerd. In figuur 2.2 is de plattegrond van het gebouw te zien.

f2.1 Funderingsaanzet ter plaatse van de rand van het gebouw



f2.2 Aanzicht van de vloer van het distributiecentrum



2.2 Bepaling stationaire warmtedoorgangscoefficiënt via de grond

De bepalingsmethode voor de (stationaire) warmteoverdrachtscoëfficiënt (H_g) via de grond is overeenkomstig NEN 1068 (2012) en NEN-EN-ISO 13370 (2008). Uitgangspunten zijn:

- de vloer is niet voorzien van thermische isolatie;
- vloer is gelegen onder of op maaiveldniveau of maximaal 0,2 m boven maaiveld;
- maximale hoogte van de spouw onder vloer tot grond $\leq 0,3$ m;
- de (eventueel aanwezige) luchtspouw onder de vloer is niet geventileerd.

De stationaire warmteoverdrachtscoëfficiënt wordt berekend met behulp van onderstaande formule:

$$H_g = A_{fl} \cdot U_{fl} + \sum_j (l_j \cdot \psi_{gr;j})$$

waarin A_{fl} de oppervlakte van de vloer direct in contact met de grond is, welke gelijk is aan het brutovloeroppervlak van het distributiecentrum, U_{fl} de warmtedoorgangscoefficiënt van de vloer, en l_j de lengte van deel j van de vloeromtrek is voor zover dat deel aan een uitwendige scheidingsconstructie met lineaire warmtedoorgangscoefficiënt ψ_{gr} grenst.

Voor een vloer direct op volle grond die voldoet aan bovenstaande uitgangspunten wordt de stationaire warmtedoorgangscoefficiënt (U_{fl} [W/m²K]) als volgt berekend:

$$U_{fl} = U_f = \frac{2\lambda_{gr}}{\pi B'_f + d_{f;eq} + 0,5z} \cdot \ln\left(\frac{\pi B'_f}{d_{f;eq} + 0,5z} + 1\right)$$

waarin B'_f de karakteristieke breedte van de vloer is, $d_{f;eq}$ de totale equivalente dikte van de vloer [m] is, λ_{gr} de warmtegeleidingscoëfficiënt van de grond [W/(mK)], z de gemiddelde verticale afstand tussen het maaiveld en de bovenzijde van de kruipruimte- of keldervloer [m] is.

Karakteristieke breedte

De karakteristieke breedte (B'_f [m]) is gedefinieerd als de oppervlakte van de vloer gedeeld door de halve perimeter:

$$B'_f = \frac{A_f}{\frac{1}{2} \cdot P}$$

waarin A_f de totale oppervlakte van de begane grondvloer is [m²], en P de perimeter, i.e. de lengte [m] van de randen van de vloerdelen direct grenzend aan de buitenlucht is.

Equivalente dikte

De totale equivalente dikte van de vloer grenzend aan het grondpakket ($d_{f;eq}$ [m]) wordt bepaald volgens:

$$d_{f;eq} = d_{bw} + \lambda_{gr} (R_{si} + R_f + R_{se})$$

waarin d_{bw} de volledige dikte van de wanden [m] is, λ_{gr} de warmtegeleidingscoëfficiënt van de grond [W/(mK)], R_{si} en R_{se} de warmteovergangswaarden aan respectievelijk het binnen- en buitenoppervlak van de constructie is en R_f de warmteovergangswaarde van de vloerconstructie op de grond [m²K/W].

Additionele warmteverliezen ter plaatse van de funderingsaansluitingen

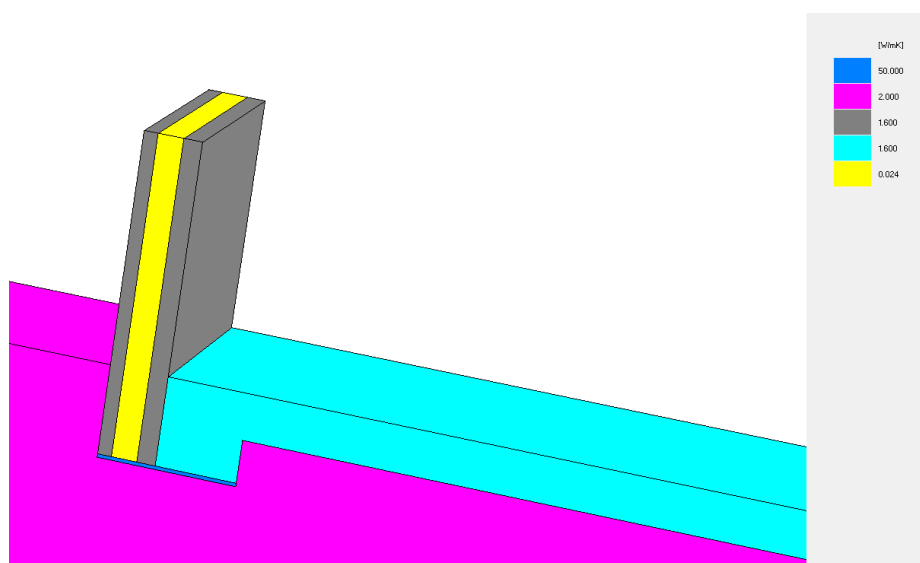
De totale warmteoverdracht door de vloer wordt berekend door het in rekening brengen van de warmteverliezen ter plaatse van de funderingsaansluitingen met de volle grond als toeslag op de warmtedoorgangscoefficiënt (U -waarde). Deze additionele warmteverliezen worden in rekening gebracht door het berekenen van de lineaire warmtedoorgangscoefficiënt (ψ_{gr} [W/mK]).

2.3 Lineaire warmtedoorgangscoefficienten

2.3.1 Gedetailleerde numerieke berekening

De geometrieën van het door de opdrachtgever aangeleverde aansluitingsdetail van de funderingsaanzet, gevel en de volle grond zijn gemodelleerd in het softwarepakket TRISCO versie 13.0w. Een numerieke berekening van het 2-dimensionale warmtetransport ter plaatse van deze vloerranden is uitgevoerd. Op basis van de resulterende lineaire warmtedoorgangscoefficienten wordt het resulterende warmteverlies en de gemiddelde warmteweerstand van de volledige vloer berekend. Figuur f2.3 presenteert de geometrie van een funderingsaanzet zoals deze is ingegeven in het numerieke model. Conform NEN-EN-ISO 10211 (2008) is een vloerlengte van 4 meter en een grondpakket tot 20 meter diepte meegemodelleerd.

f2.3 Geometrie van de funderingsaanzet ter plaatse van de rand van de vloer



2.3.2 Randvoorwaarden

Voor de numerieke berekeningen is gebruik gemaakt van de volgende randvoorwaarden. Adiabatische randvoorwaarden zijn toegepast op de randen van het berekeningsdomein. Voor alle berekeningen werden de volgende randvoorwaarden op het niveau van de contactvlakken met de binnen- en buitenomgeving aangenomen:

- buitenomgeving: temperatuur 0 °C
 warmteovergangsweerstand: $R_{se} = 0,04 \text{ m}^2\text{K/W}$
- binnenomgeving gevel: temperatuur 20 °C
 warmteovergangsweerstand: $R_{si} = 0,13 \text{ m}^2\text{K/W}$
- binnenomgeving vloer: (gereduceerde warmteoverdracht door straling en convectie)
 temperatuur 20 °C
 warmteovergangsweerstand: $R_{si} = 0,17 \text{ m}^2\text{K/W}$

2.3.3 Materiaaleigenschappen

Materiaaleigenschappen zijn vastgesteld op basis van de door de opdrachtgever aangeleverde gegevens. Tevens is gebruik gemaakt van de norm NEN 1068 (2012) en NEN-EN-ISO 10211 (2008). De thermische geleidingscoëfficiënt van de toegepaste materialen is weergegeven in Tabel t2.1.

t2.1 *Thermische geleidingscoëfficiënt van de toegepaste materialen*

Materiaal	Thermische geleidingscoëfficiënt (λ [W/(mK)])
Gewapend beton (C30/37)	1,6
Grond	2,0
Thermische isolatie (gevel)	conform een R_c -waarde van 4,5 m ² K/W

2.3.4 Lineaire warmtedoorgangscoefficiënt

De lineaire warmtedoorgangscoefficiënt is voor elk funderingsdetail bepaald op basis van NEN-EN-ISO 10211 (2008).

$$\psi_{gr} = L_{2D} - \sum_{j=1}^{N_j} U_j \cdot l_j$$

waarin ψ_{gr} de lineaire warmtedoorgangscoefficiënt [W/(mK)] is, L_{2D} de thermische koppelingcoëfficiënt [W/mK] en U_j en l_j respectievelijk de U-waarde [W/(m²K)] en de lengte [m] van de aangrenzende constructies, i.e. de gevel is. Voor de berekening van de lineaire warmtedoorgangscoefficiënt ψ_{gr} en de thermische koppelingcoëfficiënt L_{2D} is gebruik gemaakt van optie B (NEN-EN-ISO 10211 (2008)).

3 Resultaten

Er zijn twee varianten onderzocht, te weten:

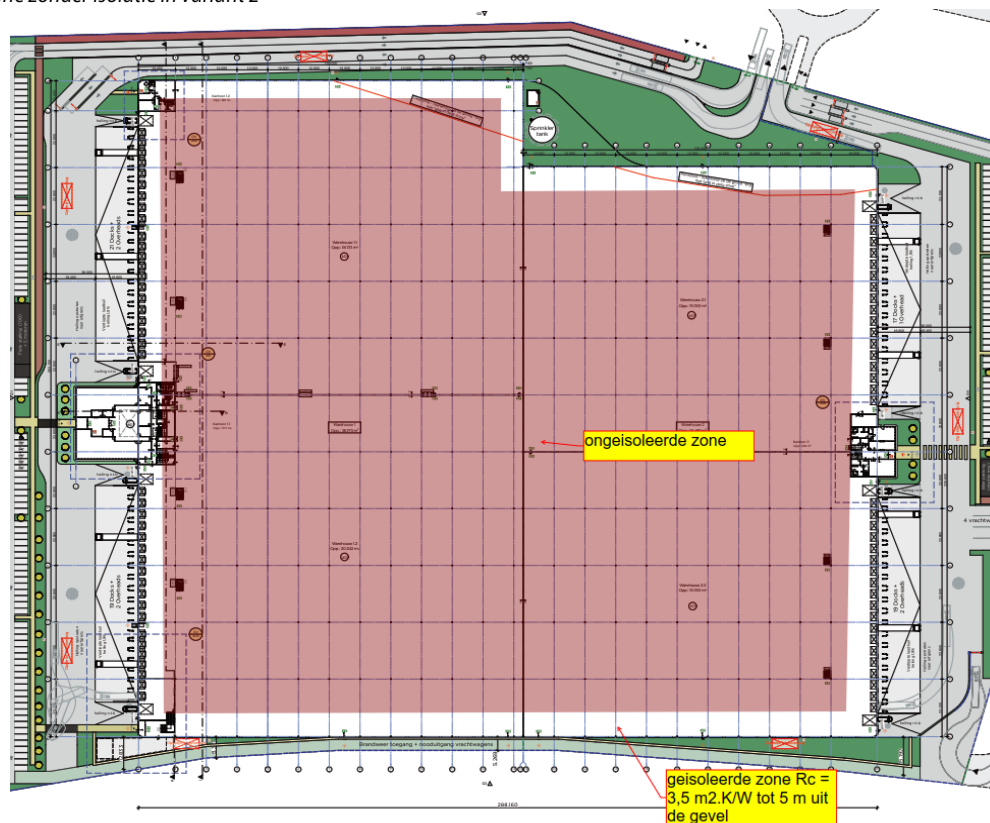
Variant 1

Bij deze variant is er geheel geen vloerisolatie toegepast en worden de extra warmteverliezen ten opzichte van een isolatie van de vloer met een Rc-waarde van 3,5 m².K/W gecompenseerd door het verhogen van de Rc-waarde van de dakisolatie van 6,0 naar 6,9 m².k/W.

Variant 2

Bij de tweede variant is ervan uitgegaan dat de vloer geïsoleerd wordt met een Rc-waarde van 3,5 m².K/W over een diepte van 5 meter vanaf de gevel. Het middengedeelte van de vloer is niet geïsoleerd. Een afbeelding hiervan is te zien in figuur 3.1. Bij deze variant is nog steeds een compensatie van energieverliezen nodig, echter aanzienlijk minder dan bij variant 1 het geval is. Er is sprake van een compensatie wanneer de dakisolatie wordt verhoogd van een Rc-waarde van 6,0 m².K/W naar 6,3 m².K/W.

f3.1 Zone zonder isolatie in variant 2



In bijlage 1 zijn de rekenbladen bijgevoegd. Er zijn per variant steeds twee berekeningen gemaakt. Eén berekening voor een geïsoleerde vloer en één berekening waarbij de isolatie is achterwege gelaten. Wil er sprake zijn van gelijkwaardigheid, dan dient het verschil in energieverliezen hiertussen elders gecompenseerd te worden. Opgemerkt wordt dat de psi-waarden van de vloerrand alleen zijn meegenomen bij de berekening van variant 1. Bij variant 2 zijn de lineaire warmteverliezen (psi-waarde) van de vloerrand in de situatie met en zonder isolatie gelijk omdat in beide geval sprake is van hetzelfde detail ter plaatse van de vloerrand.

In figuur 3.2 zijn de resultaten samengevat. Tevens is aangegeven met welke waarde de Rc-waarde van het dak verhoogd dient te worden als compenserende maatregel.

f3.2 Samenvatting warmteverliezen vloer en compenserende maatregelen

Variant 1: Gehele vloer niet geïsoleerd, compensatie door verbeterde dakisolatie				
Situatie			Hg	
Gehele vloer geïsoleerd Rc = 3,5 m ² .K/W			2947	W/K
Gehele vloer ongeïsoleerd Rc = 0,1 m ² .K/W			4377	W/K
verschil			1430	W/K
Compenserende maatregelen	Uf (W/m².K)	m²		
totale warmteverliezen dak met Rc = 6,0 m ² .K/W	0,163	70963	11557	W/K
totale warmteverliezen dak met Rc = 6,9 m ² .K/W	0,142	70963	10080	W/K
verschil			1478	W/K

Variant 2: vloerrand over 5 m geïsoleerd, midden vloer niet geïsoleerd, compensatie door verbeterde dakisolatie				
Situatie			Hg	
Midden vloer geïsoleerd Rc = 3,5 m ² .K/W			2420	W/K
Midden vloer ongeïsoleerd Rc = 0,1 m ² .K/W			2915	W/K
verschil			495	W/K
Compenserende maatregelen	Uf (W/m².K)	m²		
totale warmteverliezen dak met Rc = 6,0 m ² .K/W	0,163	70963	11557	W/K
totale warmteverliezen dak met Rc = 6,3 m ² .K/W	0,155	70963	11019	W/K
verschil			538	W/K

4 Conclusie

Conform Bouwbesluit 2012, artikel 5.3, Lid 6 dient de begane grondvloer van het gebouw een volgens NEN 1068 (2012) bepaalde warmteweerstand (R_c [m^2K/W]) van ten minste $3,5 m^2K/W$ te hebben.

Op basis van Bouwbesluit 2012 artikel 1.3 (Gelijkwaardigheidsbepaling) biedt het de mogelijkheid een gedeelte van de begane grondvloer van het distributiecentrum niet te voorzien van thermische isolatie of slechts een gedeelte van de vloer te isoleren.

Uit de berekening blijkt dat de extra warmteverliezen van de ongeïsoleerde vloer ten opzichte van een vloer geïsoleerd met een R_c -waarde van $3,5 m^2.K/W$ gecompenseerd kunnen worden door het dak te isoleren met een R_c -waarde van $6,9 m^2.K/W$ in plaats van een R_c -waarde $6,0 m^2.K/W$.

Wanneer de vloer wordt geïsoleerd met een R_c -waarde van $3,5 m^2.K/W$ (130 mm EPS) over een afstand van 5 meter vanaf de gevel, dan kunnen de extra warmteverliezen gecompenseerd worden door het dak te isoleren met een R_c -waarde van $6,3$ in plaats van $6,0 m^2.K/W$.

Zoetermeer,

Dit rapport bevat 13 pagina's en 1 bijlage.

A handwritten signature in black ink, consisting of several loops and a long horizontal stroke extending to the right.

**Bijlage 1
Rekenbladen
warmteverliezen vloer**

PEUTZ

Berekening conform NEN 1068:2012 + C1:2014

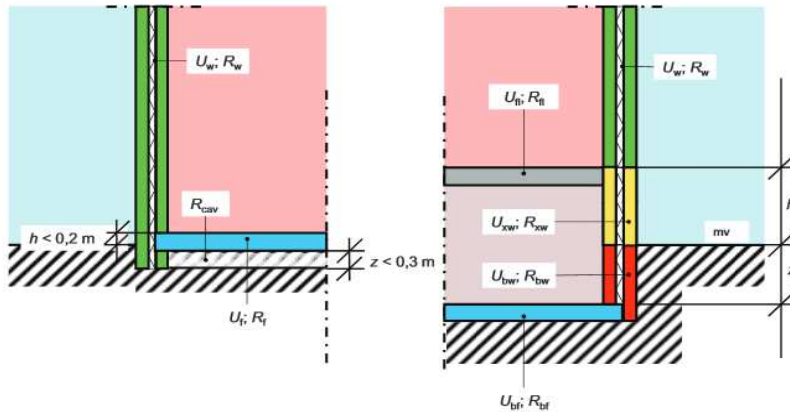
Variant 1 – volledige vloer niet geïsoleerd

Datum: 14 februari 2019

Berekening compensatie warmteverliezen van ongeïsoleerde vloer direct op grond

- vloer gelegen onder of op maaiveldniveau of < 0,2m daarboven
- maximale hoogte spouw onder vloer tot grond < 0,3 m
- spouw onder vloer niet geventileerd

berekening conform §7.4.1 en §7.5.2 van NEN 1068



Invoer	
oppervlakte vloer (A_f ofwel A_{bf})	70963 m
perimeter (P)	1102 m
hoogte ruimte onder vloer (z)	0 m
dikte vloer (d_f of d_{bf})	0,2 m
warmtegeleidingscoëfficiënt vloer (λ)	2 W/mK
verticale afstand tussen bovenzijde van de vloer en het maaiveld (Z)	0,0 m
dikte wanden (d_{bw}) (in dit geval de breedte van de geïsoleerde vloerrand)	0,25 m

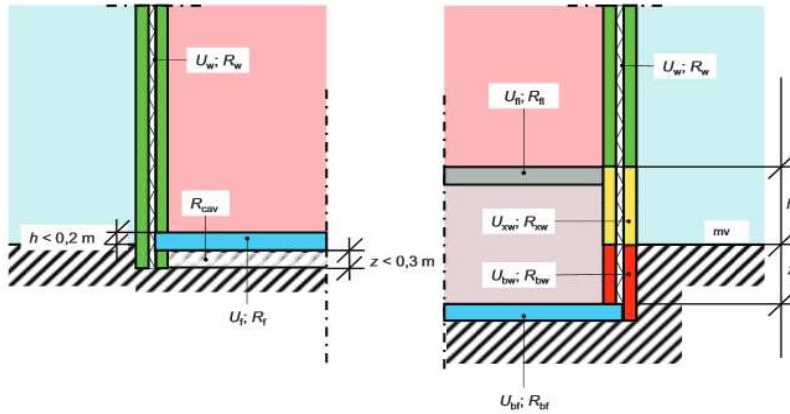
Uitvoer	
U_f ofwel U_{bf}	0,061 W/m ² K
psi	0,038 W/m.K
Hg totaal	4377 W/K

Berekening conform NEN 1068:2012 + C1:2014
Variante 1 – volledige vloer geïsoleerd met $R_c = 3,5 \text{ m}^2\cdot\text{K}/\text{W}$
Datum: 14 februari 2019

Berekening compensatie warmteverliezen van ongeïsoleerde vloer direct op grond

- vloer gelegen onder of op maaiveldniveau of < 0,2m daarboven
- maximale hoogte spouw onder vloer tot grond < 0,3 m
- spouw onder vloer niet geventileerd

berekening conform §7.4.1 en §7.5.2 van NEN 1068



Invoer	
oppervlakte vloer (A_f ofwel A_{bf})	70963 m ²
perimeter (P)	1102 m
hoogte ruimte onder vloer (z)	0 m
dikte vloer (d_f of d_{bf})	0,3 m
warmtegeleidingscoëfficiënt vloer (λ)	0,08571 W/mK
verticale afstand tussen bovenzijde van de vloer en het maaiveld (Z)	0,0 m
dikte wanden (d_{bw}) (in dit geval de breedte van de geïsoleerde vloerrand)	0,25 m

Uitvoer	
U_f ofwel U_{bf}	0,041 W/m ² K
Psi-waarde vloerrand	0,052 W/m.K
Hg totaal	2947 W/K

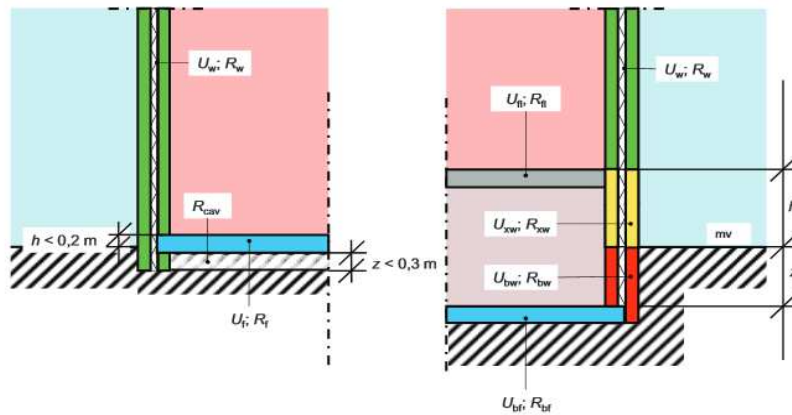
Berekening conform NEN 1068:2012 + C1:2014**Variante 2 – midden vloer niet geïsoleerd**

Datum: 14 februari 2019

Berekening compensatie warmteverliezen van ongeïsoleerde vloer direct op grond

- vloer gelegen onder of op maaiveldniveau of < 0,2m daarboven
- maximale hoogte spouw onder vloer tot grond < 0,3 m
- spouw onder vloer niet geventileerd

berekening conform §7.4.1 en §7.5.2 van NEN 1068



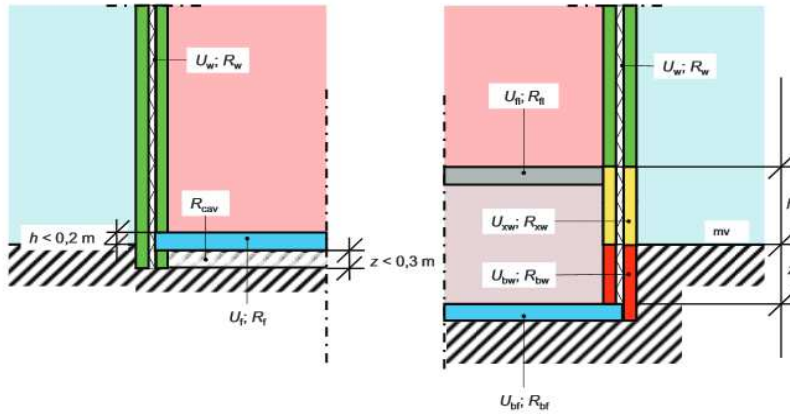
Invoer	
oppervlakte vloer (A_f ofwel A_{bf})	65453 m
perimeter (P)	1102 m
hoogte ruimte onder vloer (z)	0 m
dikte vloer (d_f of d_{bf})	0,2 m
warmtegeleidingscoëfficiënt vloer (λ)	2 W/mK
verticale afstand tussen bovenzijde van de vloer en het maaiveld (Z)	0,0 m
dikte wanden (d_{bw}) (in dit geval de breedte van de geïsoleerde vloerrand)	5 m

Uitvoer	
U_f ofwel U_{bf}	0,045 W/m ² K
Hg	2915 W/m.K

Berekening conform NEN 1068:2012 + C1:2014
Variante 2 – midden vloer geïsoleerd met $R_c = 3,5 \text{ m}^2\text{K/W}$
Datum: 14 februari 2019

Berekening compensatie warmteverliezen van ongeïsoleerde vloer direct op grond

- vloer gelegen onder of op maaiveldniveau of $< 0,2\text{m}$ daarboven
- maximale hoogte spouw onder vloer tot grond $< 0,3 \text{ m}$
- spouw onder vloer niet geventileerd



Invoer	
oppervlakte vloer (A_f ofwel A_{bf})	65453 m
perimeter (P)	1102 m
hoogte ruimte onder vloer (z)	0 m
dikte vloer (d_f of d_{bf})	0,3 m
warmtegeleidingscoëfficiënt vloer (λ)	0,08571 W/mK
verticale afstand tussen bovenzijde van de vloer en het maaiveld (Z)	0,0 m
dikte wanden (d_{bw}) (in dit geval de breedte van de geïsoleerde vloerrand)	5 m

Uitvoer	
U_f ofwel U_{bf}	0,037 W/m ² K
Hg	2420 W/m.K

berekening psi waarde vloerrand op basis van Trisco uitvoer

	ongeisoleerde vloer	geisoleerde vloer
psi	0,038 W/m.K	0,052 W/m.K
L2D	2,34 W/m.K	1,56 W/m.K
hw	1,00 m	1,00 m
Uw	0,21 W/m ² .K	0,21 W/m ² .K
L2dA	2,09 W/m.K	1,31 W/m.K

Samenvatting resultaten

Variant 1: Gehele vloer niet geïsoleerd, compensatie door verbeterde dakisolatie

Situatie			Hg	
Gehele vloer geïsoleerd $R_c = 3,5 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$			2947	W/K
Gehele vloer ongeïsoleerd $R_c = 0,1 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$			4377	W/K
verschil			1430	W/K
Compenserende maatregelen			Uf (W/m ² ·K)	m ²
totale warmteverliezen dak met $R_c = 6,0 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$			0,163	70963
totale warmteverliezen dak met $R_c = 6,9 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$			0,142	70963
verschil			1478	W/K

Variant 2: vloerrand over 5 m geïsoleerd, midden vloer niet geïsoleerd, compensatie door verbeterde dakisolatie

Situatie			Hg	
Midden vloer geïsoleerd $R_c = 3,5 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$			2420	W/K
Midden vloer ongeïsoleerd $R_c = 0,1 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$			2915	W/K
verschil			495	W/K
Compenserende maatregelen			Uf (W/m ² ·K)	m ²
totale warmteverliezen dak met $R_c = 6,0 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$			0,163	70963
totale warmteverliezen dak met $R_c = 6,3 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$			0,155	70963
verschil			538	W/K