



Delft University of Technology

Document Version

Final published version

Citation (APA)

Roelofsen, C. P. G. (2026). Vloerverwarming en vloerkoeling: welke dikte van de tussenlaag is geschikt? Rekenstudie TU Delft. *Verwarming Ventilatie Plus (VV+)*, januari 2026, 28-31.

Important note

To cite this publication, please use the final published version (if applicable).
Please check the document version above.

Copyright

In case the licence states "Dutch Copyright Act (Article 25fa)", this publication was made available Green Open Access via the TU Delft Institutional Repository pursuant to Dutch Copyright Act (Article 25fa, the Taverne amendment). This provision does not affect copyright ownership.
Unless copyright is transferred by contract or statute, it remains with the copyright holder.

Sharing and reuse

Other than for strictly personal use, it is not permitted to download, forward or distribute the text or part of it, without the consent of the author(s) and/or copyright holder(s), unless the work is under an open content license such as Creative Commons.

Takedown policy

Please contact us and provide details if you believe this document breaches copyrights.
We will remove access to the work immediately and investigate your claim.

This work is downloaded from Delft University of Technology.

Rekenstudie TU Delft

VLOERVERWARMING EN VLOER-KOELING: WELKE DIKTE VAN DE TUSSENLAAG IS GESCHIKT?

→ **Systemen voor vloerverwarming en -koeling worden doorgaans aangebracht in een deklaag op de constructievloer. Eventueel kan hiertussen een isolerende tussenlaag worden aangebracht. De dikte van deze tussenlaag kan van invloed zijn op het thermische binnenklimaat. Een rekenstudie, uitgevoerd aan de TU Delft, geeft meer inzicht over de invloed van deze isolerende tussenlaag.**

Tekst: dr.ir. C.P.G. (Paul) Roelofsen, TU Delft, Industrial Design Engineering,

Sustainable Design Engineering and Emerging Materials - Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-3546-7255>

Fotografie: iStock/Karissa

Vloerverwarming en vloerkoeling zijn klimatiseringssystemen waarbij de warmte- respectievelijk de koude-afgevendende elementen zijn opgenomen in de vloerconstructie. Het doel is dit bouwdeel op een hogere, respectievelijk lagere temperatuur dan de omgeving te brengen, waardoor ze bijdraagt aan de handhaving van een thermisch comfortabel binnenklimaat in een ruimte.

Met het ontwerpen van deze klimatiseringssystemen in de dekvloer van een betonvloerconstructie kan al dan niet een tussenlaag, in de vorm van een thermische isolatie, onder de niet-hechtende dekvloer worden aangebracht. Een voor de hand liggende vraag is dan: welke dikte van de tussenlaag is dan geschikt?

Aan de hand van een rekenstudie is, in het geval van een kantoorvertrek met zuidoriëntatie op een begane grondverdieping, nagegaan in hoeverre de thermische isolatiedikte onder de niet-hechtende dekvloer van invloed is op het thermische binnenklimaat in de ruimte, bij gelijkblijvende warmteweerstand van de vloerconstructie (R_c) alsmede vloerkoel- en vloerverwarmingsvermogen.

De vereiste R_c -waarde wordt vooral bepaald door een samenstel van twee isolatielagen: onder en boven de constructievloer. Het uitgangspunt is een vloerisolatie, conform het Besluit bouwwerken leefomgeving (Bbl). Hoe dikker de tussenlaag, hoe dunner de isolatie onder de constructievloer mag worden, opdat wordt voldaan aan de isolatie-eis; met als resultaat dezelfde warmteweerstand (R_c). De isolatie onder de constructievloer dekt echter niet de warmtecapaciteit van

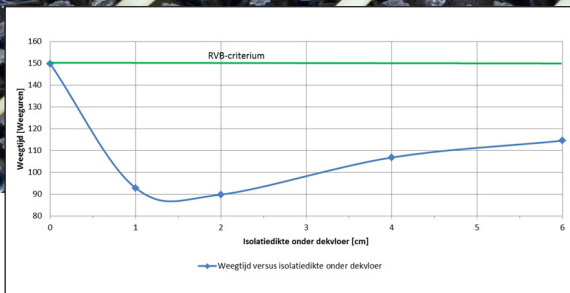
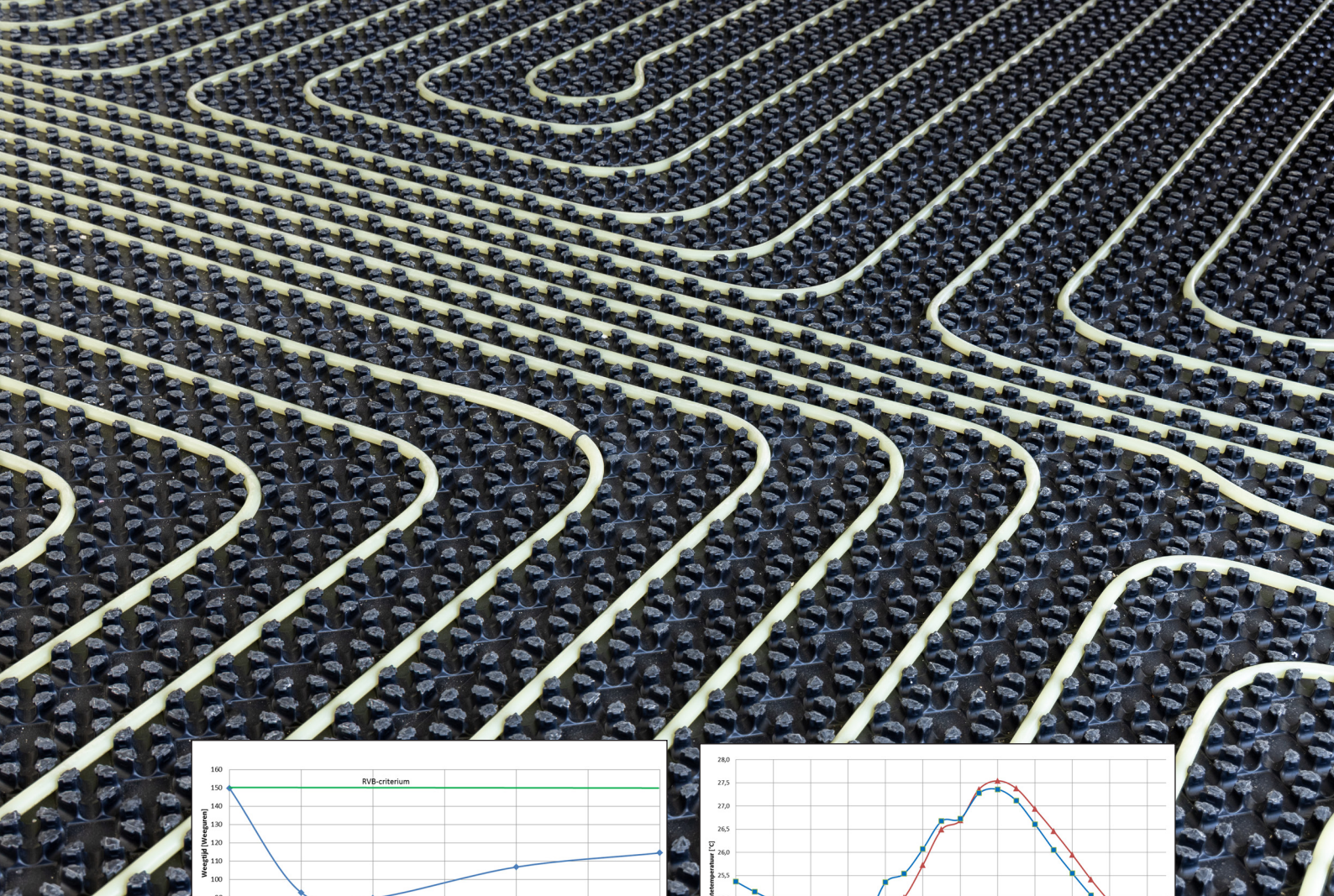
de constructievloer af zoals de tussenlaag dat wel doet. De tussenlaag daarentegen voorkomt echter dat de aan de vloer toegevoerde warmte of koude te zeer in de constructievloer verdwijnt. Het is dus interessant om op deze manier naar de optimale isolatiedikte van de tussenlaag te zoeken, rekening houdend met geleiding en opslag in de vloer.

Thermisch binnenklimaat

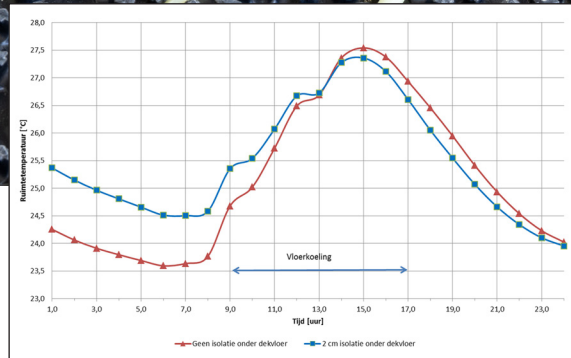
Om een indruk te krijgen van het thermische binnenklimaat in het kantoorvertrek zijn temperatuursimulatieberekeningen uitgevoerd voor een op de begane grondverdieping gelegen ruimte (b x d x h: 3,6 x 5,4 x 2,7 m), georiënteerd op het zuiden.

Met behulp van een computerprogramma, gebaseerd op een mathematisch model en opgesteld volgens de eindige elementenmethode, is de dynamische warmtehuishouding van de ruimte per uur gesimuleerd. Dit computerprogramma biedt de mogelijkheid om de thermische activatie van de bouwkundige constructie in de berekeningen mee te nemen. Met dit computerprogramma is voor elk uur onder andere de binnentemperatuur, de PMV-waarde en de weegfactor berekend [1]. De PMV (predicted mean vote) is de voorspelde gemiddelde uitspraak over het thermisch binnenklimaat, van een grote groep gezonde personen. De weegfactor is een functie van de PMV-waarde waarmee een over- of onderschrijdingsuur ($PMV \geq 0.5$ respectievelijk $PMV \leq -0.5$) wordt gewogen. Een en ander is nader omschreven in ISSO-publicatie 74.

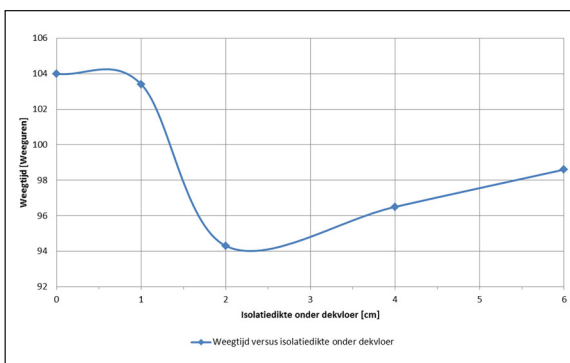




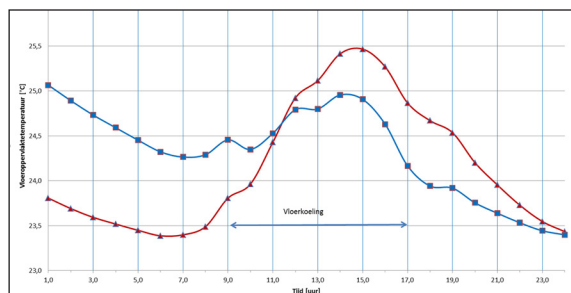
1. Weegtijd ($PMV \geq 0,5$) gelijkblijvend vloerkoelvermogen en Rc-vloer.



3. Ruimtetemperatuur warmste dag (maandag), vloerkoeling in werktijd.



2. Weegtijd ($PMV \leq -0,5$) gelijkblijvend vloerverwarmingsvermogen en Rc-vloer.



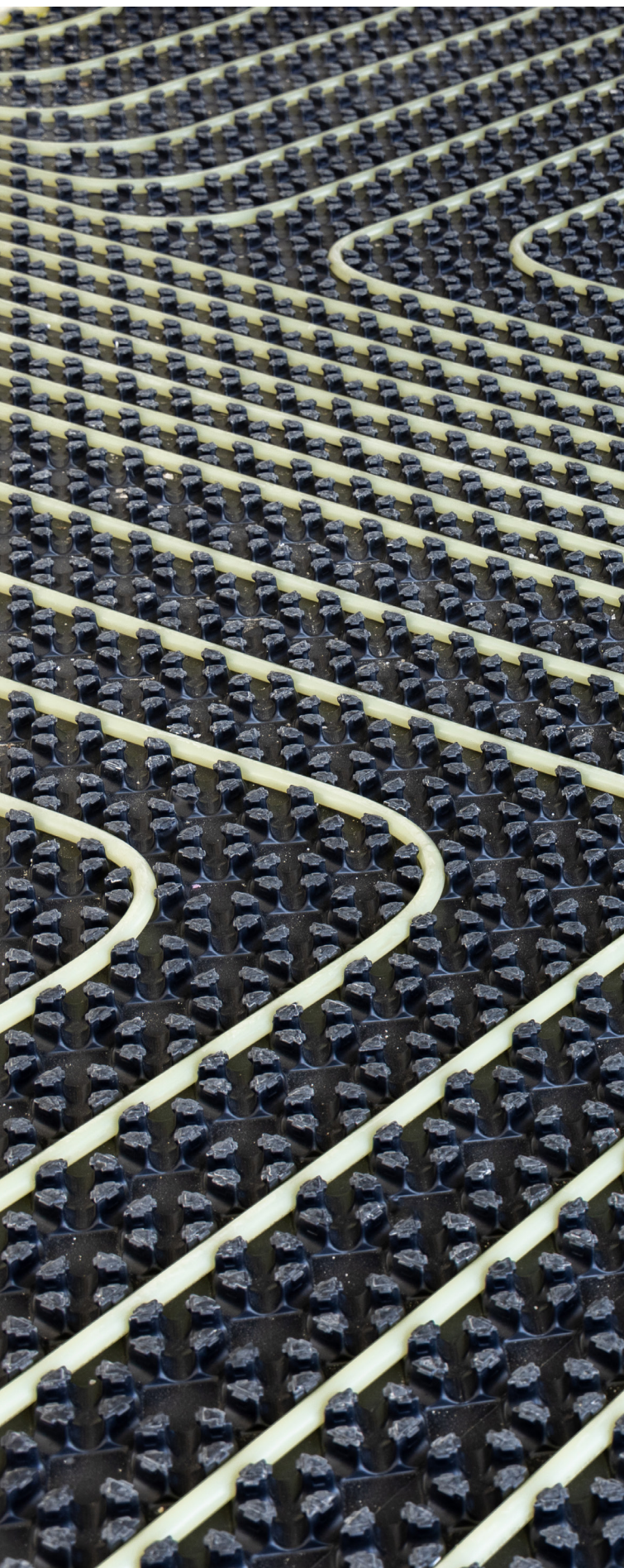
4. Vloeroppervlaktetemperatuur warmste dag (maandag), vloerkoeling in werktijd.

In Nederland is het gebruikelijk de richtlijnen van de voormalige Rijksgebouwendienst (RGD), het huidige Rijksvastgoedbedrijf (RVB), te hanteren voor de beoordeling van het thermische binnenklimaat in kantoren op jaarbasis [2]. De in de RGD-richtlijnen gegeven methoden (TO- en GTO-methode) en criteria, die zijn afgeleid van het model NEN-EN-ISO-7730 [3], hebben zich in de praktijk gedurende een groot aantal jaren als betrouwbare ontwerpmethodes bewezen en zijn goed bruikbaar als hulpmiddel bij het ontwerpen en toetsen van de klimaatinstallaties in gebouwen

waarin het klimaat voornamelijk door de installaties wordt bepaald. Voor de hier beschouwde situatie is uitgegaan van de zogenaamde GTO-methode en de voorwaarde dat alle varianten voldoen aan het RGB/RVB-criterium (weegtijd ≤ 150 weeguren) [1, 2].

Uitgangspunten

Voor de berekeningen is gebruik gemaakt van uurlijkse klimaatgegevens van het referentieklimaatjaar, conform NEN-5060 [4]. Het referentieklimaatjaar heeft een kans van



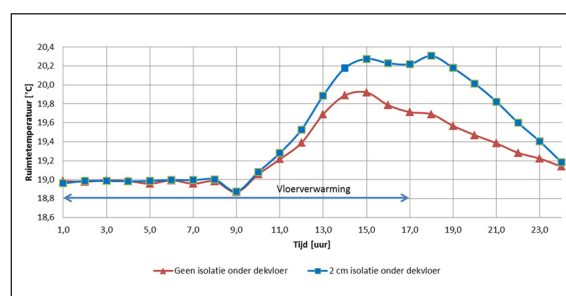
1 procent dat de werkelijk optredende buitentemperatuur hoger zal zijn. Van dit jaar is voor de beoordeling van het thermische binnenklimaat in de actuele situatie, het volledige jaar beschouwd met inachtneming van de zomertijd. Teneinde de PMV-waarde [3] te kunnen berekenen is uitgegaan van:

- een gemiddeld activiteitsniveau: 70 W/m^2 (lichte zittende werkzaamheden),
- een gemiddelde lichtsnelheid: $0,10 \text{ m/s}$,
- een kledingweerstand: $0,7 / 0,9 \text{ clo}$ (buiten/binnen stookseizoen).

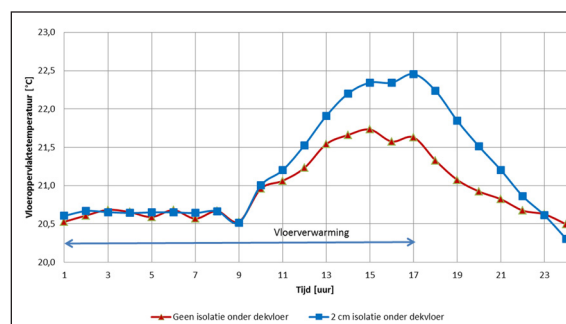
Voor de begane grondvloer op zand geldt voor alle varianten een R_c -waarde van $3,7 \text{ m}^2\text{K/W}$, conform het Besluit Bouwwerken Leefomgeving [5] (voor de overige uitgangspunten zie kader).

Berekeningen

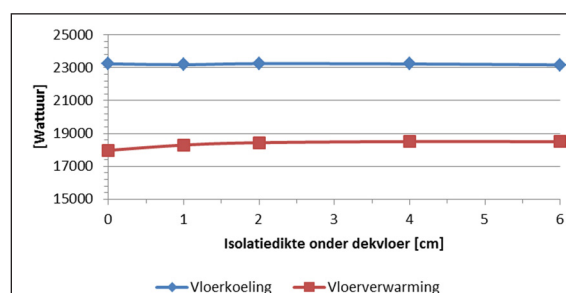
Voor een standaard kantoorvertrek, op de begane grond en op een zuidoriëntatie van een kantoorgebouw, zijn een



5. Ruimtetemperatuur koudste dag (woensdag), variant op basis van berekening 1 en 3: $Q_{\text{intern}} = 0 \text{ W}$.



6. Vloeroppervlaktetemperatuur koudste dag (woensdag), variant op basis van berekening 1 en 3: $Q_{\text{intern}} = 0 \text{ W}$.



7. Energiegebruik vloer.

aantal berekeningen uitgevoerd. Op basis van de uitgangspunten (zie kader) zijn voor dit vertrek de volgende berekeningen gemaakt:

1. 0 cm isolatie onder dekvloer, 12 cm isolatie onder de constructievloer,
2. 1 cm isolatie onder dekvloer, 11 cm isolatie onder de constructievloer,
3. 2 cm isolatie onder dekvloer, 10 cm isolatie onder de constructievloer,
4. 4 cm isolatie onder dekvloer, 8 cm isolatie onder de constructievloer,
5. 6 cm isolatie onder dekvloer, 6 cm isolatie onder de constructievloer,

De belangrijkste berekeningsresultaten zijn grafisch weergegeven in figuur 1, 2, 3, 4 en 7. Figuur 5 en 6 betreffen een variant op basis van berekening 1 en 3 waarbij geen interne warmte aanwezig is verondersteld.

Conclusie

Bij gelijkblijvende warmteweerstand van de constructie ($R_c = 3,7 \text{ m}^2\text{K/W}$) alsmede vloerkoel- en vloerverwarmingsvermogen kan, op grond van de berekeningsresultaten van deze vergelijkende studie, het volgende worden geconcludeerd:

- Alle beschouwde situaties voldoen aan het weegtijdcriterium (weegtijd ≤ 150 weeguren).
- Het hoogst resulterende thermische comfortniveau, inzake de algemene thermische behaaglijkheid, ligt in de beschouwde situatie bij een dikte van de tussenlaag van circa 20 mm thermische isolatie (R_c -waarde = $0,57 \text{ m}^2\text{K/W}$). Bij die dikte blijkt de thermische massa van de constructievloer gunstig mee te werken in de warmtehuishouding (figuur 1 en 2).
- Met de afwezigheid van interne warmte en een nachtverlaging van 2 K, is de minimaal gewenste ruimtetemperatuur van 21 °C in werktijd, op de koudste dag, met en zonder tussenlaag, niet te handhaven. Zonder tussenlaag blijkt de afwijking echter het grootst (figuur 5).
- De aan- of afwezigheid van thermische isolatie alsmede de dikte van de thermische isolatie onder de dekvloer is significant van invloed op de oppervlaktetemperatuur van de vloer en het resulterende thermische comfortniveau in de ruimte (figuur 1 en 2 en figuur 4, 5 en 6).
- De dikte van de thermische isolatie onder de niet-hechtende dekvloer, oftewel tussenlaag, is niet significant van invloed op het energiegebruik van de vloer (figuur 7). <<

Bronnen en verwijzingen

1. ISSO-publicatie 74, 'Thermische behaaglijkheid', ISSO, Rotterdam (ISBN 978-90-5044-405-7).
2. Roel, M.K.W., 'Wettelijke eisen en RGD-richtlijnen voor bouwfysica', Rijksgebouwendienst, Den Haag, 1994 (pagina 1 - 54).
3. Nederlands Normalisatie Instituut, 'NEN-EN-ISO-7730 Ergonomics of the thermal environment - Analytical determination and interpretation of thermal comfort using calculation of the

Uitgangspunten bij de temperatuuroverschrijdingsberekeningen

Begane grond verdieping

Glaspercentage gevel	40 procent ten opzichte van netto geveleoppervlak
U-waarde beglazing	1,00 W/(m ² K)
ZTA-waarde beglazing	0,30
LTA-waarde beglazing	0,60
Personenbezetting	1 persoon à 80 W per 10 m ²
Geïnstalleerd	verlichtingsvermogen 8,0 W/m ²
Verlichting daglichtgeregeld	1.000 lux uit, 300 lux aan
Warmteafgifte apparatuur	8,7 W/m ²
Plenumfunctie	onderdruk
Infiltratievoud	0,3
Mechanische ventilatie	50 m ³ /hpp.
Inblaastemperatuur	buitentemperatuur
Minimale inblaastemperatuur	16,0 °C
Maximale inblaastemperatuur	18,0 °C
Ventilator- en kanaalopwarming	1,5 °C
Nacht-/weekendventilatie	geen
Werktijd	09.00 uur tot en met 17.00 uur
Minimale ruimtetemperatuur	21,0 °C in werktijd
Minimale ruimtetemperatuur	19,0 °C na werktijd
Regeling vloer	ruimtetemperatuur
Qvloerkoeling	30 W/m ² (in werktijd)
Qvloerverwarming	30 W/m ² (in en na werktijd)
Binnenwanden	Metal Stud
Tussenvloer (boven - beneden)	projecttapijt 50 mm dekvloer 200 mm betonvloer plenum verlaagd plafond
Vloer begane grond (binnen - buiten)	projecttapijt 60 mm dekvloer tussenlaag: 0 - 60 mm thermische isolatie 200 mm betonvloer 120 - 60 mm thermische isolatie

PMV and PPD indices and local thermal comfort criteria (ISO 7730:2005.IDT)', NEN, Delft, 2005.

4. Nederlands Normalisatie Instituut, 'NEN 5060 Hygrothermische eigenschappen van gebouwen – Referentieklimaatgegevens', NEN, Delft, 2018.
5. Ministerie van Volkshuisvesting en Ruimtelijke Ordening (VRO), 'Besluit Bouwwerken Leefomgeving', VRO, Den Haag, 2018 (www.briswarenhuis.nl/docs/wet/bbl).