

Convectieve warmteoverdracht in gebouwsimulatie

Er zijn drie vormen van warmteoverdracht: straling, geleiding en convectie.

Terwijl de eerste twee accuraat en relatief eenvoudig analytisch kunnen worden uitgeschreven, is dat voor convectie minder evident. Een convectieve stroming is afhankelijk van een hele reeks parameters, die in min of meerdere mate relevant zijn voor de energieberekeningen in gebouwsimulatie. Het is dus van belang om te weten waar die sensitiviteiten liggen en hoe die worden gemodelleerd in gebouwsimulatie. Dit artikel geeft een analyse van de relevante parameters voor modellering van convectie in twee veel gebruikte simulatiecodes.

Dr.ir. L.F.R. (Leen) Peeters, departement Mechanica, Vrije Universiteit Brussel (VUB)

Convectie treedt op wanneer een fluidum, i.e. een gas of een vloeistof, langs een oppervlak met een andere temperatuur stroomt. Wanneer de stroming slechts ontstaan is door het temperatuurverschil, dan hebben we te maken met natuurlijke convectie. De stroming is dan het gevolg van een reorganisatie van de deeltjes onder invloed van de zwaartekracht. Wanneer er een externe aanleiding is voor de stroming (een pomp of ventilator) betreft het gedwongen convectie. Het is dan in de eerste plaats de uitwendig opgelegde snelheid die bepalend is voor de warmteoverdracht. Uiteraard is een tussenvorm ook mogelijk: een stroming die bepaald is door een temperatuurverschil en een uitwendige aanleiding

■ SITUERING EN BELANG

Convectie wordt in gebouwsimulatie ingebed in constanten of in correlaties die een functie zijn van temperatuurverschillen en/of luchtsnelheden. Die correlaties worden opgenomen in de energiebalans van bouwdeelen en van de lucht in het gebouw. Een variatie in de convectiecoëfficiënt heeft zo een invloed op de energievraag voor verwarming en koeling en door de impact op de berekende kamertemperatuur eveneens op de werking van de gesimuleerde HVAC-componenten.

Omdat convectiecoëfficiënten bepalen niet evident is, is er weinig onderzoek naar gedaan. Voor de typische aspecten als verwarming, koeling en ventilatie van lege gebouwzones werden wel correlaties uitgewerkt. Verschillende onderzoekers hebben analyses uitgevoerd om de impact van die convectiecoëfficiënten op de resultaten van hun gebouwsimulatie te analyseren. Beausoleil-Morrison and Strachan [1] analyseerden de impact van een hele reeks parameters op de resultaten van gebouwsimulatie en toonden aan dat binnen de normale nauwkeurigheidsgraad van de parameters, simulatieresultaten het meest gevoelig zijn aan variaties in convectiecoëfficiënten. Zo werd voor het gebruik van verschillende, vaak toegepaste correlaties een verschil gevonden van 8% bij de resultaten van een testgebouw met een stralingsverwarming. Ook Clarke [2] analyseerde de impact van convectiecoëfficiënten op de resultaten voor een massief gebouw met een meer dan gemiddeld glasoppervlak. De resultaten toonden een verschil in 42% voor de PPD-waarden bij gebruik van verschillende convectiecoëfficiënten. De impact op de energieconsumptie en de piekwaarden was eveneens significant met respectievelijk 60% en 58%.

Er is weinig onderzoek gedaan naar de bepaling van convectiecoëfficiënten bij normaal gebruik van een gebouwzone. Impact van meubilair, mensen, interne warmtewinsten, gordijnen, etc. wordt zelden bekeken. Om na te gaan of dergelijke aspecten effectief gemodelleerd dienen te worden, werden in het kader van het Ashrae RP 1416 een literatuurstudie en bijkomende metingen uitgevoerd. De belangrijkste bevindingen worden in dit artikel samengevat. Er wordt eveneens bekeken hoe de modellering in ESP-r en EnergyPlus gebeurt.

Er wordt eveneens bekeken hoe de modellering in ESP-r en EnergyPlus gebeurt.

Er wordt eveneens bekeken hoe de modellering in ESP-r en EnergyPlus gebeurt.

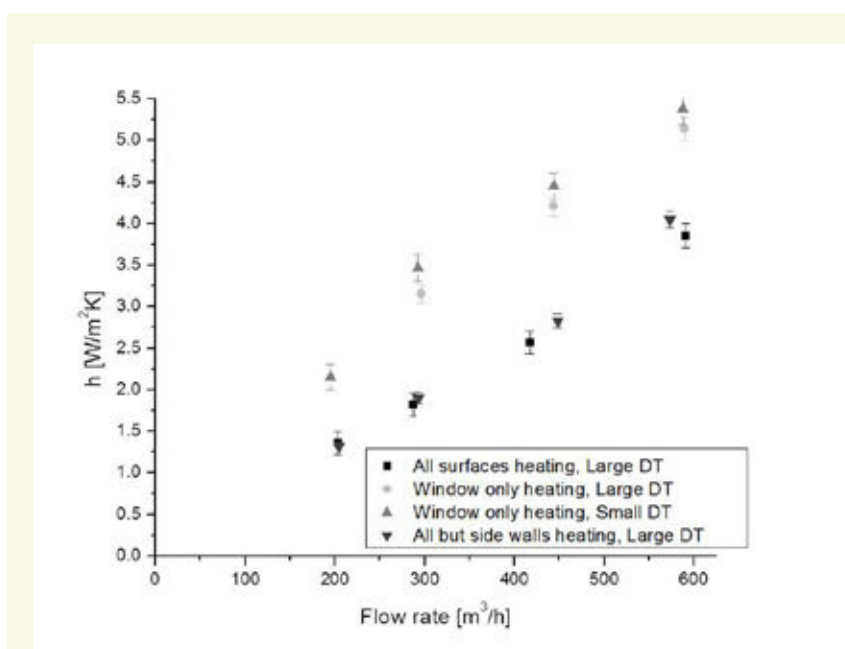
■ PARAMETERS

De aard van convectie maakt dat een reeks parameters evident zijn om mee te rekenen. Daarbij hoort in de eerste plaats het tempera-

tuursverschil tussen fluidum en oppervlak en/of de snelheid van het fluidum bij gedwongen convectie. Omdat de zwaartekracht een rol speelt, is eveneens de oriëntatie van het oppervlak van belang. Een stroming heeft een bepaalde lengte nodig om zich te ontwikkelen, wanneer een vlak wordt onderbroken door een element in een andere dimensie, dan verstoort dat de stroming. Dit wordt vervat onder algemene noemer van *geometrische kenmerken*. Eerder onderzoek legde de focus op de ontwikkeling van convectiecoëfficiënten voor alle oppervlakken van een ruimte die werd verwarmd door een radiator [3] en de in- en uitblaasopeningen van ventilatiesystemen die in detail werden bekeken [4]. Deze onderzoeken toonden aan dat de locatie van een oppervlak in vergelijking met de positie van het HVAC-element belangrijk zijn.

Indirect kan die relatie worden doorgetrokken naar de thermische toestand van de verschillende oppervlakken in de ruimte. In het recente Ashrae RP1416 werd in een goed gecontroleerde laboratoriumomgeving [5,6] een reeks experimenten uitgevoerd waarbij de convectiecoëfficiënt langs een raam werd opgemeten bij verschillende temperaturen van de omliggende wanden. Het resultaat laat variaties zien van meer dan 30% tussen de verschillende scenarios (figuur 1).

In het kader van hetzelfde Ashrae onderzoek werd eveneens bestudeerd wat de invloed van *binnenzonnewering in de vorm van jaloeziën* is. Hierbij werd aangetoond dat de aanwezigheid en de hoek van dergelijke zonnewering de convectie langs het raam sterk kan verminderen. Wanneer de nadruk ligt op de correlaties zelf, dan kunnen zowel correlaties worden gevonden die gebaseerd zijn op de lokale temperatuur als op de gemiddelde temperatuur in de zone. Die laatste wordt standaard berekend in gebouwsimulatie, de eerste is meestal niet voorhanden. Het is dus van belang om de beschikbare referentietemperatuur in de simulatiecode in het achterhoofd te houden bij de ontwikkeling van nieuwe correlaties. Dezelfde redenering is geldig voor de selectie van de referentielengte in de correlaties. In het kader van Ashrae RP1416 werd geanalyseerd wat de impact is van de positie van het raam in de muur. Hierbij werd aangetoond dat er een significant verschil is tussen de convectiecoëfficiënten voor een raam boven een muur versus een muur boven een raam. Die informatie is echter niet altijd beschikbaar in gebouwsimulatie en na analyse blijkt de meest correcte benadering het gebruik van een oppervlaktegemiddelde correlatie voor de gehele wand, i.e. muur en raam.



-Figuur 1- Convectie coëfficiënten voor raam als functie van het volumedebiet door de vloeropening bij aanvoer van een koude luchtstroom. Small and large ΔT duiden temperatuurverschillen tussen aanvoer en retour aan, respectievelijk van 4°C en 10°C.

■ HUIDIGE AANPAK

Het is Beausoleil-Morrison [7,8] die als eerste een algoritme voorstelde om de selectie van de convectiecoëfficiënt in te bedden in de simulatiecode (figuur 2). Beausoleil-Morrison deelde daartoe de stromingsregimes in gebouwen op in klassen en kende per oppervlak en per klasse bepaalde correlaties toe. Die correlaties zijn ingebed in de code; de gebruiker dient enkel een beperkt aantal keuzes te maken. Na de aanpak in ESP-r werd recent ook de aanpak van convectie in EnergyPlus meer in detail uitgewerkt. Hiertoe baseerde de programmeurs zich op de aanpak van Beausoleil-Morrison, maar werd een aantal aanpassingen doorgevoerd om enerzijds meer flexibel en anderzijds meer robuust te zijn. De meer gedetailleerde beschrijving is te vinden in [9,10], de belangrijkste aanpassingen zijn enerzijds het weglaten van de positie-afhankelijkheid van de HVAC-elementen en anderzijds het mogelijk maken om user-supplied correlations te gebruiken.

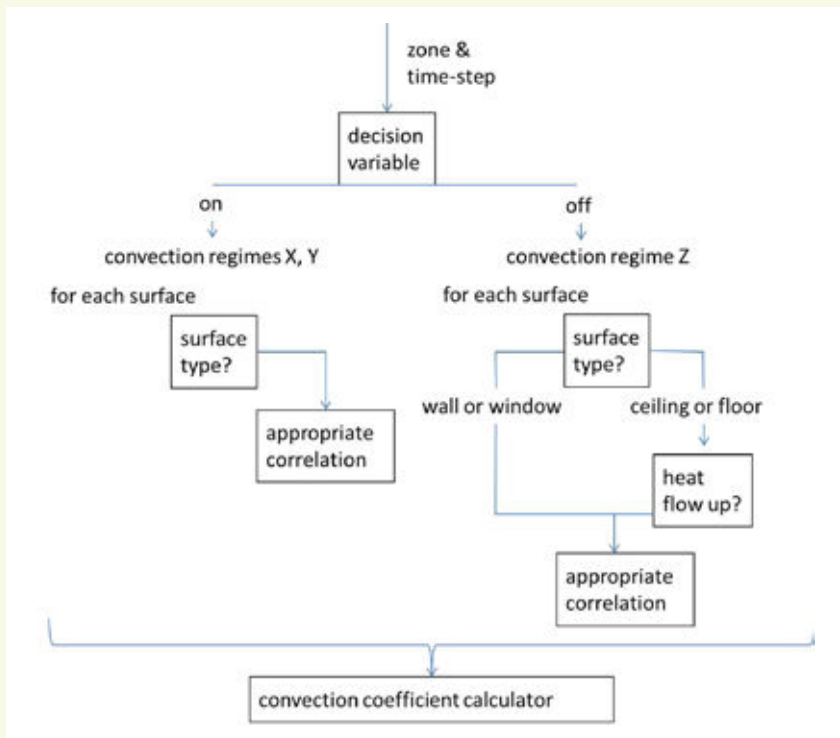
■ CONCLUSIES

De conclusie van het onderzoek toonde een hele reeks parameters die mogelijk ingerekend kunnen worden bij gebouwsimulatie. De analyse maakt duidelijk dat het gedetailleerd modelleren voor de gebruiker niet noodzakelijk een extra last moet zijn, maar dat wel wordt

verwacht dat deze een redelijke basiskennis heeft van de warmtestromingen in gebouwen. Er blijken verder een heleboel parameters niet ingebed te zijn in correlaties voor convectiecoëfficiënten, met indirect nog een groot onontgonnen terrein voor verdere verbetering. Toch dient in het achterhoofd gehouden te worden dat niet alles kan worden ingerekend. Er wordt daarom opgeroepen tot de ontwikkeling van een testprogramma dat nagaat of een bepaalde correlatie van die aard is dat ze ontwerpbeslissingen zal beïnvloeden, alvorens een bijkomende correlaties te implementeren in bestaande gebouwsimulatiecodes. De kritische gebruiker van vandaag kan in de recente literatuur [o.a. 5] een hele reeks correlaties vinden die vrij eenvoudig te implementeren zijn in een hele reeks gebouwsimulatiecodes om de algemene nauwkeurigheid van het simulatieresultaat te verhogen.

■ REFERENTIES

1. Beausoleil-Morrison I., Strachan P., 1999. On the significance of modelling internal surface convection in dynamic whole-building simulation programs, Ashrae Transactions, vol. 105, p. 929-940
2. Clarke J., 2001a. Internal convective heat transfer coefficients: A sensitivity study, Report to ETSU, University of Strathclyde, Glasgow, UK



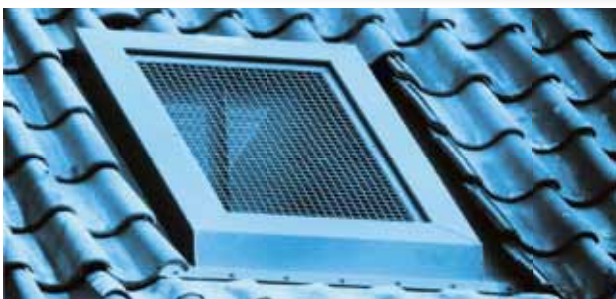
-Figuur 2- Adaptief convectie algoritme in ESP-r

3. Khaliffa A.. 1989. Heat transfer processes in buildings, PhD dissertation, University of Wales, College of Cardiff
4. Spitler J., Pederson C., Fisher D.. 1991. Interior convective heat transfer in buildings with large ventilation flow rates, Ashrae Transactions, vol. 97, pp. 505-515
5. Peeters, L., Beausoleil-Morrison I., Novoselac, A. 2011 a. Internal Convective Heat Transfer for Building Modeling: Critical Review and Discussion on Experimentally Derived Correlations. Energy and Buildings, vol. 43, pp 2227-2239.
6. Goldstein K., Novoselac A.. 2010. Convective heat transfer in rooms with ceiling slot diffusers, HVAC&R Research Journal, vol. 16, p. 629-655
7. Beausoleil-Morrison I., 2001. An algorithm for calculating convection coefficients for internal building surfaces for the case of mixed flow in rooms, Energy and Buildings, 33, p. 351-361
8. Beausoleil-Morrison I., 2002. The adaptive simulation of convective heat transfer at internal building 9. Peeters, L., Beausoleil-Morrison I., Griffith B., Novoselac, A., 2011 b. Internal Convective Coefficients for building simulation. Building Simulation Conference, Sydney, Australia.
10. EnergyPlus. 2010. EnergyPlus Engineering Reference, US Department of Energy surfaces, Building and Environment, vol. 37, p. 791-806

Wist u dat:

Smitsair gebouwen in zijn waarde laat?

smitsair.nl



De verzonken dakkappen van Smitsair zijn uniek in zijn soort. Met dit product kunt u lucht toe - of afvoeren wanneer de toelaatbare hoogte op het dak beperkt is. De architectonische lijnen van een gebouw blijven met de verzonken dakkap optimaal behouden.

Smitsair
Kwaliteit op Maat.

Smitsair Luchttechniek sinds 1945 specialist in: Luchttechnische installaties, Buitenluchtroosters, Brandkleppen, Kleppenregisters, Dakkappen, Schachtkappen, Druppelvangers, Wasem-vevangkappen, Geluiddempers, Luchtkanalen, Plaatwerken en Lasersnijden.