

# Klimatiseringsconcepten voor de toekomst

Klimaatinstallaties in bijv. kantoren worden in de praktijk ontworpen op basis van computersimulaties, waarbij gebruik wordt gemaakt van ruim 40 jaar oude weergegevens (1964-1965). In warme zomers zijn er nu al vaak comfortklachten. Om gebouwen te kunnen realiseren die ook in de toekomst goed blijven presteren is een andere benadering bij het ontwerpen nodig. Deze problematiek is het onderwerp geweest van een afstudeeronderzoek aan de Technische Universiteit Eindhoven, in samenwerking met Adviesburo Nieman en Vabi Software, dat in dit artikel wordt besproken.

Ir. J.E.J. (Janneke) Verkerk-Evers, TU Eindhoven, Adviesburo Nieman BV; Dipl.-Ing. C. (Christian) Struck (FH), TU Eindhoven; ir. R.A.P. (Ruud) van Herpen, Adviesburo Nieman BV; prof.dr.ir. J.L.M. (Jan) Hensen, TU Eindhoven; ir. A.J.Th.M. (Aad) Wijsman, VABI Software BV; ir. W. (Wim) Plokker, VABI Software BV

Een veel gebruikt klimatiseringsconcept in Nederlandse kantoren is "topkoeling". Hierbij wordt de lucht centraal gekoeld en door middel van kanalen gedistribueerd over de verdiepingen en vertrekken. De koelingsenergie wordt vrijwel uitsluitend gebruikt om de luchttemperatuur te verlagen en niet om de lucht te ontvochtigen, waardoor de benodigde koelcapaciteit beperkt blijft. De inblaastemperatuur van de lucht is constant (bijv. 18 °C) tot een bepaalde buitenluchttemperatuur (bijv. 28 °C). Daarboven gaat de inblaastemperatuur oplopen, zodat het verschil tussen buitenluchttemperatuur en inblaastemperatuur nooit groter wordt dan bijv. 10 °C (zie figuur 4). Een dergelijke klimaatinstallatie wordt in de praktijk van oudsher ontworpen met behulp van handberekeningen en vuistregels. Tegenwoordig wordt echter ook steeds meer gebruik gemaakt van simulatieprogramma's om gebouwprestaties op het gebied van energiegebruik en thermisch comfort te

voorspellen. Het buitenklimaat wordt daarbij in Nederland standaard gerepresenteerd door een klimaatbestand met de gemeten weergegevens van De Bilt uit de periode 1 april 1964 t/m 31 maart 1965 ("De Bilt 64-65"). In kantoorgebouwen met een topkoelingsconcept, ontworpen op basis van "De Bilt 64-65", blijken tijdens een warme zomer relatief veel comfortklachten voor te komen. Men kan zich dus afvragen in hoeverre deze weergegevens (ruim 40 jaar oud!) nog geschikt zijn om een ontwerp op te baseren. Daarnaast rijst de vraag hoe "topkoeling" zal gaan presteren in de toekomst en of het überhaupt nog wel moet worden toegepast. Deze vragen zijn de aanleiding geweest voor een afstudeeronderzoek [1] aan de Technische Universiteit Eindhoven, in samenwerking met Adviesburo Nieman en Vabi Software.

## **NEN 5060:2008**

De eerste vraag: "In hoeverre is "De Bilt 64-65"

nog actueel?", is al vaker gesteld [2, 3] en heeft geleid tot een nieuwe versie van de norm NEN 5060 [4], die in 2008 is uitgekomen. De norm beschrijft een methode om representatieve klimaatbestanden te maken door losse maanden te selecteren uit een periode van minimaal 20 jaar aan gemeten weergegevens en deze samen te voegen.

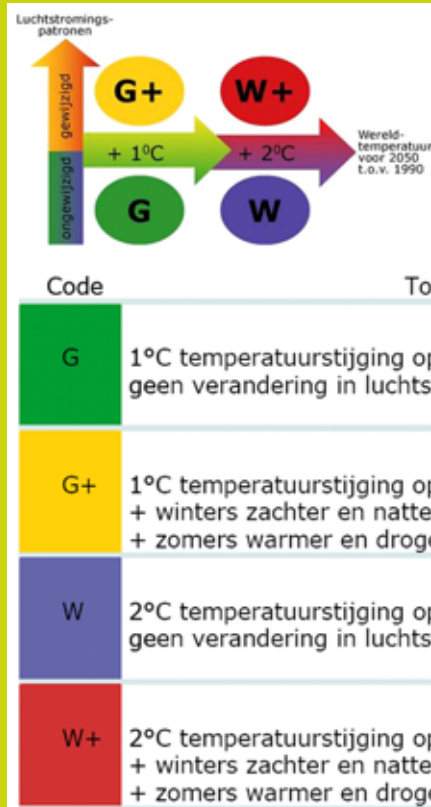
De methode wordt toegepast op de gemeten weergegevens van De Bilt van 1986 t/m 2005 om vier nieuwe klimaatbestanden te genereren ter vervanging van "De Bilt 64-65". Het eerste bestand is bedoeld voor het maken van energieberekeningen, zoals de energieprestatiecoëfficiënt (EPC), en representeert een gemiddeld jaar. De overige drie bestanden bevatten meer extremen en zijn bedoeld voor simulatieberekeningen, zoals de voorspelling van het thermische comfort. In een eerder artikel in dit blad [5] werden de eerste ervaringen met deze nieuwe klimaatbestanden besproken.

## ROBUUSTHEID VOOR KLIMAATVARIATIES

De klimaatbestanden van NEN 5060:2008 zijn gebaseerd op gegevens uit 1986 t/m 2005 en representeren het actuele klimaat. Het baseren van een ontwerp op gegevens uit het verleden, hoe recent dit ook is, geeft echter het risico dat misschien niet meer aan de verwachtingen kan worden voldaan, wanneer de condities veranderen. Dit wordt gekenmerkt in de "robustheid" van het ontwerp voor de betreffende condities. Een robuust gebouw is in staat om naar verwachting te blijven presteren, ook wanneer de condities in de praktijk afwijken van de ontwerpcondities. Om de robustheid te kunnen beoordelen voor klimaatveranderingen in de toekomst, zijn de vier klimaatscenario's van het KNMI gebruikt (zie [6] en figuur 1). De toekomstscenari'o's worden toegepast op de referentieklimaatbestanden van NEN 5060:2008. Op deze manier ontstaan klimaatbestanden die de toekomstverwachtingen over 30 jaar weergeven volgens de vier klimaatscenario's. Daarnaast zijn bestanden met een tijdpad van 15 jaar gemaakt door lineair te interpoleren. De periodes van 15 en 30 jaar komen overeen met de verwachte levensduur van (onderdelen van) klimaatinstallaties.

## CASE STUDIE

De "klimaatbestanden voor de toekomst" worden gebruikt in de studie van een tussenverdieping van een kantoorgebouw (zie figuur 2 en 3). Het topkoelingsconcept wordt daarbij vergeleken met twee andere klimatiseringsconcepten: traditionele vierpijps fancoilunits en vloerkoeling/ -verwarming (zie figuur 4). De prestaties van deze concepten worden geëvalueerd met behulp van gebouwsimulaties met het programma VA114 [7]. Om de klimatiseringsconcepten met elkaar te kunnen vergelijken worden ze gekalibreerd, zodat ze in de uitgangssituatie gelijk scoren op het gebied van thermisch comfort. De capaciteit van de installatie wordt beperkt, zodat exact wordt voldaan aan het comfortcriterium. Dit komt overeen met de ontwerp praktijk, waarbij de capaciteit van de installatie ook wordt bepaald aan de hand van de comfortprestatie. We gaan echter wel precies "op het randje" zitten, terwijl het in de praktijk gangbaar is om een marge aan te houden. De constructieopbouw, vertrekindeling, set-points en dergelijke worden zo veel mogelijk gelijk gehouden. Voor de uitgangssituatie wordt het tot op heden gebruikte klimaatbestand "De Bilt 64-65" gebruikt. Vervolgens worden simulaties uitgevoerd met de klimaatbestanden van NEN 5060:2008 en met de "klimaatbestanden voor de toekomst". Zie



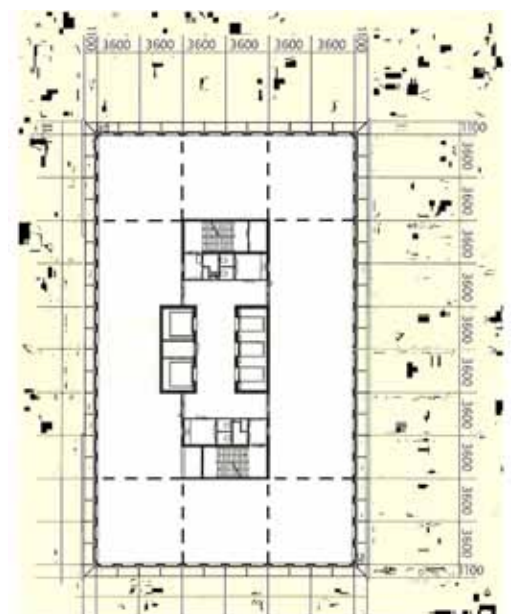
-Figuur 1- Schematische weergave van klimaatscenario's KNMI en toelichting.

## TOEKOMSTSCENARIO'S

In Nederland wordt de klimaatverandering vooral beïnvloed door een wereldwijde temperatuurstijging en door veranderingen in de luchtstromingspatronen boven West-Europa. De toekomstscenari'o's zijn daarom op deze twee aspecten gebaseerd. Er wordt onderscheid gemaakt in een wereldwijde temperatuurstijging van 1 °C (G-scenario) of 2 °C (W-scenario) in de periode van 1990 tot 2050. Van beide scenario's is een scenario met en zonder verandering in luchtstromingspatronen opgesteld. Een gewijzigd luchtstromingspatroon betekent nattere winters, drogere zomers en hogere temperaturen het hele jaar door. Wijziging in de luchtstroming wordt aangegeven met een plus (G+ en W+). Met de huidige kennis is het niet mogelijk om aan te geven welk van de vier scenario's het meest waarschijnlijk is. Ze worden daarom voor de simulaties in dit onderzoek als gelijkwaardig beschouwd.



-Figuur 2- Kantoorgebouw 'La Tour' in Apeldoorn.



-Figuur 3- Plattegrond (vertrekhoogte: 3,4 m).

tabel 1 en figuur 4 voor de overige uitgangspunten van de simulaties.

Beschouwde periode: Zomer (1 april t/m 31 oktober). Deze periode komt overeen met NEN 5060:2008.

Beoordeling thermisch comfort: Adaptieve Temperatuur Grenzen, klasse B (zie figuur 5)

Beoordeling energiegebruik:

Energiegebruik bij "De Bilt 64-65" = 100 % (per klimatiseringsconcept).

Opwekkingsrendement en distributieverliezen buiten beschouwing.

## ■ ONDERZOEKSRESULTATEN

Wanneer wordt gesimuleerd met een aantal verschillende klimaatbestanden, geeft de spreiding in de resultaten de mate van robuustheid weer. Een kleine spreiding betekent dat het gebouw niet erg gevoelig is voor veranderingen in de condities en dus robuust is. In deze case studie blijkt het vloerkoelingsconcept het meest robuust te zijn voor klimaatvariaties, wat betreft comfortprestatie (figuur 6). Tussen topkoeling en het vierpijps-fancoil-concept is het verschil niet doorslaggevend. Wat betreft energiegebruik (figuur 7) is het topkoeling-concept echter veel minder robuust dan vierpijps-fancoilunits. Door combinatie van het comfort- en het energie-criterium worden de klimatiseringsconcepten als volgt gerangschikt in volgorde van meest naar minst robuust:

1. vloerkoeling;
2. vierpijps-fancoil;
3. topkoeling.

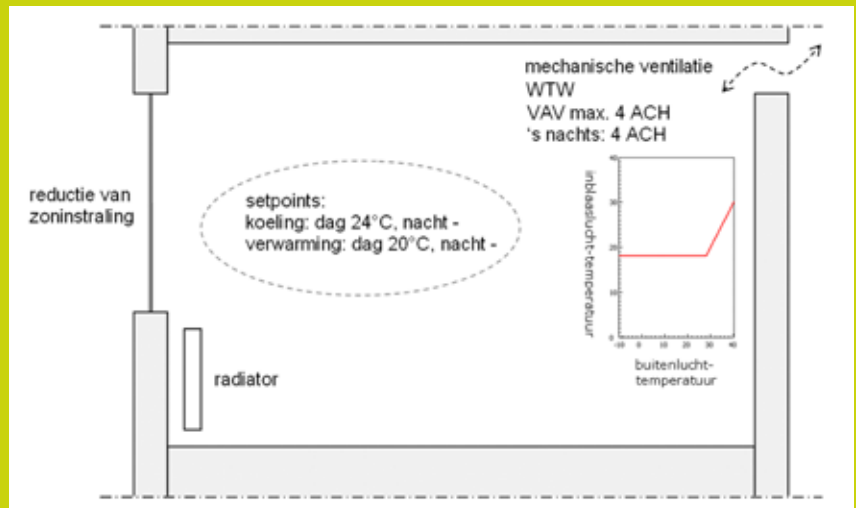
In dit artikel worden de resultaten weergegeven, wanneer de Adaptieve Temperatuur Grenzen (ATG) worden gebruikt als comfortindicator. De studie is ook uitgevoerd voor Temperatuur Overschrijdingsuren (TO) van 25 °C en voor Gewogen Temperatuur Overschrijdingsuren (GTO). Dit leidt tot vergelijkbare conclusies.

## ■ EVALUATIE

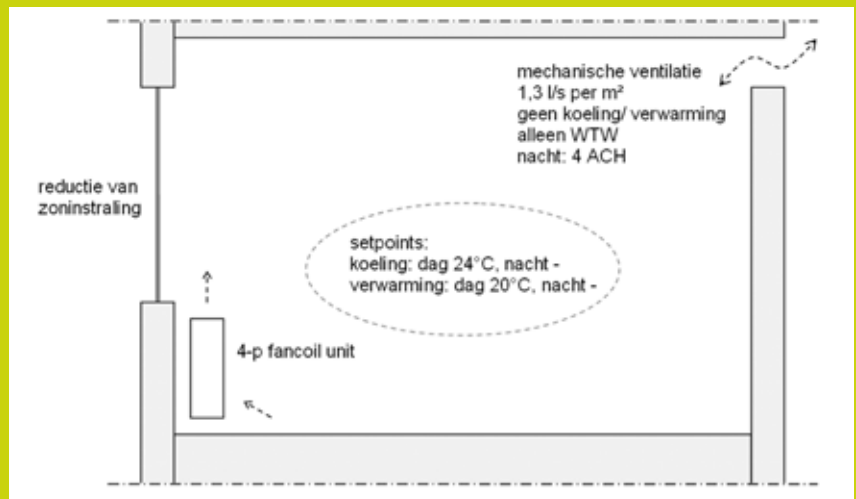
Het topkoeling-concept blijkt het minst robuust qua prestaties op het gebied van thermisch comfort en energiegebruik. Het vermogen van de installatie kan worden verhoogd, maar er is een maximum gesteld aan de hoeveelheid lucht die kan worden ingeblazen in de vertrekken. Dit heeft te maken met het voorkomen van tochtklachten door te hoge luchtsnelheden. Een hoger vermogen verlaagt de temperatuur in de vertrekken niet meer, omdat er niet genoeg lucht beschikbaar is om de energie af te geven. Door het verlagen van de inblaastemperatuur van de lucht kan meer energie worden afgegeven, maar dit is niet wenselijk omdat het ook comfortklachten

Beschouwde periode:	Zomer (1 april t/m 31 oktober). Deze periode komt overeen met NEN 5060:2008.
Beoordeling thermisch comfort:	Adaptieve Temperatuur Grenzen, klasse B (zie figuur 5)
Beoordeling energiegebruik:	Energiegebruik bij "De Bilt 64-65" = 100 % (per klimatiseringsconcept). Opwekkingsrendement en distributieverliezen buiten beschouwing.

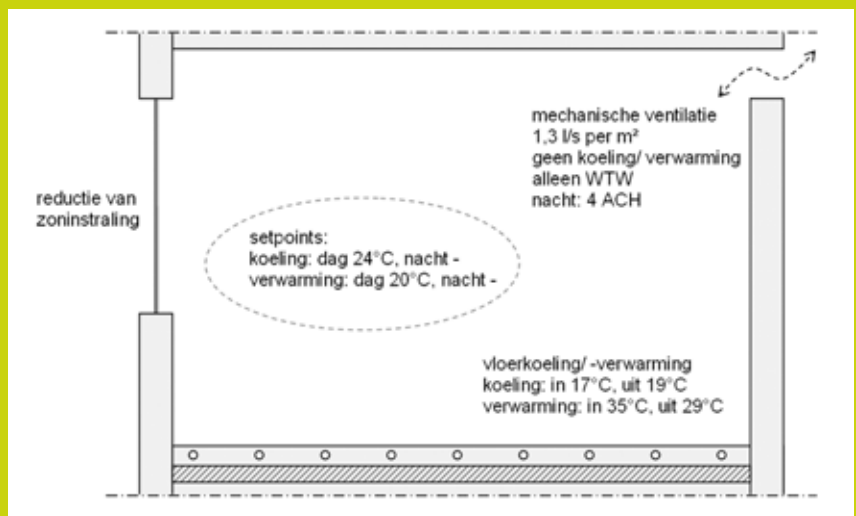
-Tabel 1- Uitgangspunten simulaties.



4a Topkoeling + radiatoren

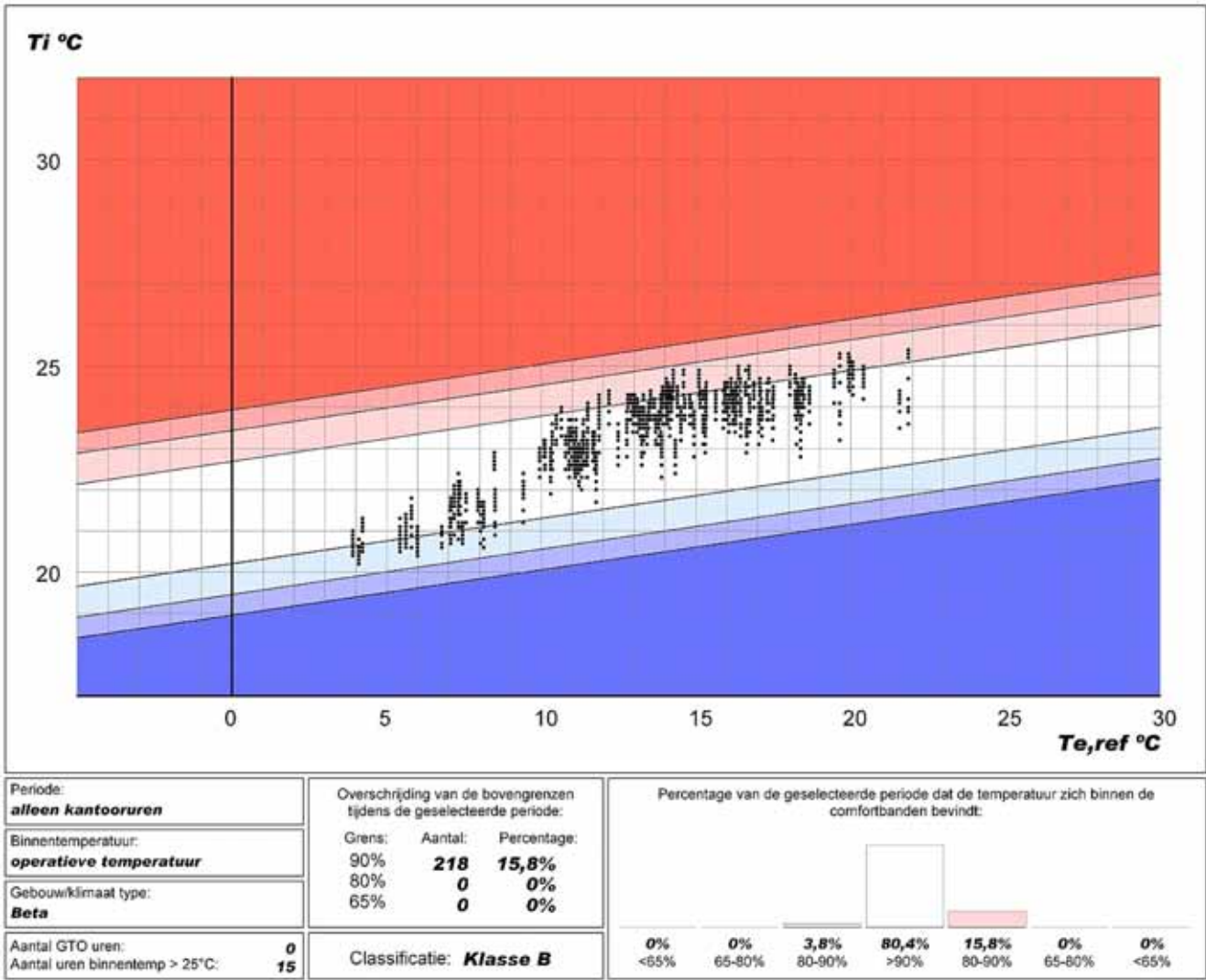


4b Vierpijps-fancoilunits



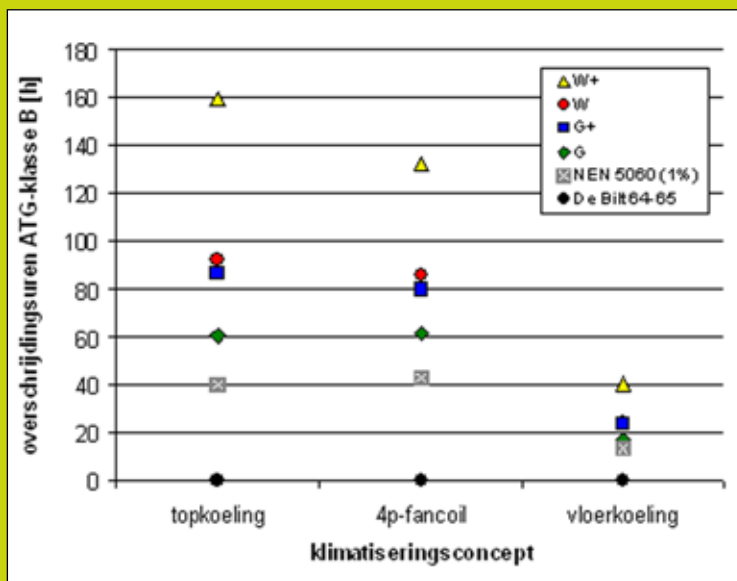
4c Vloerverwarming/-koeling

-Figuur 4- Grafische weergave van de drie klimatiseringsconcepten.

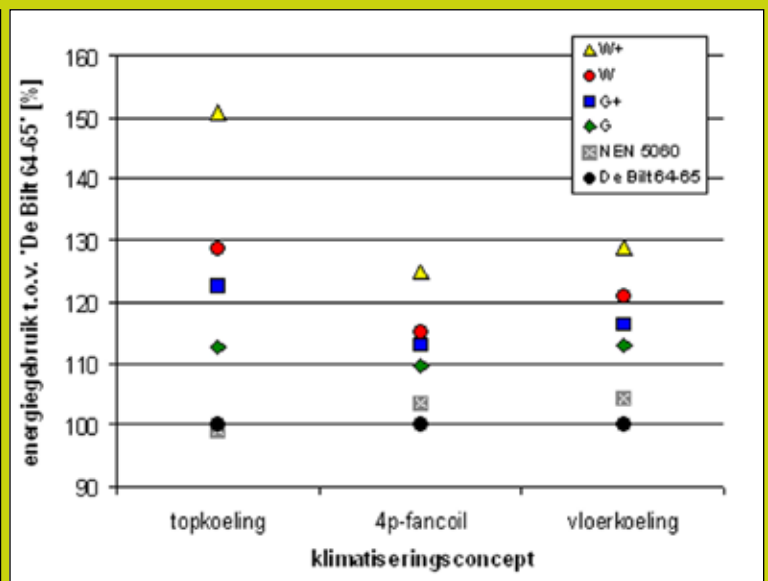


$$T_{e,ref} = \frac{T_{vandaag} + 0,8 \cdot T_{gisteren} + 0,4 \cdot T_{eergisteren} + 0,2 \cdot T_{eer-eergisteren}}{2,4}$$

-Figuur 5- Grafische weergave van de adaptieve temperatuurgrenzen (ATG) voor een bèta-type gebouw.



-Figuur 6- Vergelijking van drie klimatiseringsconcepten: overschrijdingsuren van ATG-klasse B, NEN 5060:2008 klimaatbestand voor comfortberekeningen met 1% over-/ onderschrijdingskans, KNMI klimaatscenario's na 30 jaar, referentie: 'De Bilt 64-65'.



-Figuur 7- Vergelijking van drie klimatiseringsconcepten: totale afgegeven koelenergie, NEN 5060:2008 klimaatbestand voor energieberekeningen, KNMI klimaatscenario's na 30 jaar, referentie: 'De Bilt 64-65'.

veroorzaakt.

Fancoilunits zijn van de drie systemen het gemakkelijkst aan te passen. De capaciteit is vrij eenvoudig te verhogen door het bijplaatsen of vervangen van units. Dit houdt echter ook meteen een verhoging van het energiegebruik in. Het vloerkoelingsconcept blijkt het meest robuuste systeem te zijn. Dit is prettig, want wanneer het systeem eenmaal is geïnstalleerd biedt het nog maar beperkte mogelijkheden voor aanpassing, omdat de constructieopbouw vastligt en de aanvoertemperatuur van het water binnen bepaalde grenzen moet blijven om condensatie en stralingsasymmetrie te voorkomen.

## ■ RELEVANTIE VOOR DE PRAKTIJK

In dit onderzoek is een case studie uitgevoerd van een tussenverdieping van een kantoorgebouw. In de bouwkundige constructie zijn drie verschillende klimatiseringsconcepten met elkaar vergeleken. Hoewel de conclusies van een case studie niet zomaar representatief kunnen worden verondersteld voor alle kantoren in Nederland, geven de resultaten toch stof tot nadenken.

Bewust is gekozen voor een gangbaar voorbeeld van de Nederlandse kantoorvoorraad. De uitgangspunten zijn zelfs nog conservatief te noemen; een glaspercentage van 20 % in de gevel is niet erg hoog en vooral de tussenvertrekken hebben behoorlijk wat thermische massa tot hun beschikking. Daarnaast zijn

overstekken aangebracht op de oost-, zuid- en westgevel en is zonwerend glas toegepast (ZTA = 0,30).

De resultaten tonen aan dat om gebouwen te realiseren die ook over 30 jaar nog hun waarde bezitten een andere ontwerpaanpak nodig is. Uitsluitend toetsen aan de comfortcriteria zoals die op dit moment worden gehanteerd, geeft geen informatie over de prestaties in de toekomst. De condities in de toekomst zijn (vanzelfsprekend) nog niet bekend. Het is daarom verstandig gebouwen neer te zetten die niet al te gevoelig zijn voor veranderende omstandigheden. Het begrip "robuustheid" is daarvoor geschikt. Het geeft de mate aan waarin een gebouw goed blijft presteren wanneer de condities veranderen.

## ■ VERVOLGONDERZOEK

Voor een echte praktische toepassing van de inzichten uit dit onderzoek zijn ontwerprichtlijnen nodig. Welke huidige klimatiseringsconcepten zijn "robuust"? Welke klimatiseringsconcepten zijn met kleine aanpassingen robuust te maken? En welke klimatiseringsconcepten kun je beter niet meer toepassen?

Om algemene conclusies te kunnen trekken is een uitbreiding van het onderzoek nodig: andere bouwkundige constructies met variaties in geometrie, thermische capaciteit, isolatie, glaspercentage en dergelijke. Ook is het interessant om daarin veel meer verschillende klimatiseringsconcepten te beschou-

wen. Daarnaast zou je het onderzoek kunnen uitbreiden naar andere gebruiksfuncties, zoals scholen, gezondheidszorg en woningen.

## ■ REFERENTIES

1. Evers, J.E.J. (2009) Robuustheid voor klimaatvariaties – vergelijking van klimatiseringsconcepten met behulp van gebouw-simulatie. Afstudeerverslag Technische Universiteit Eindhoven.
2. Schijndel, H. M. & Zeiler, W. (2006) Referentiejaar bij Gebouwsimulaties. Nederlands Technische Vereniging Voor Installaties In Gebouwen (TVVL). Oktober 2006.
3. Weele, A. M. van (2005) Het gebruik van klimaatfiles voor simulatie-berekeningen. Rotterdam, Instituut Voor Studie En Stimulering Van Onderzoek Op Het Gebied Van Gebouwinstallaties (ISSO).
4. NEN 5060:2008 Hygrothermische eigenschappen van gebouwen – Referentieklimaatgegevens. Nederlands Normalisatie-Instituut (NNI).
5. Evers, J.E.J., Struck, C., Hensen, J.L.M., Wijsman, A.J.Th.M., Plokker, W., Van Herpen, R.A.P. (2008) Klimaatscenario's in gebouw-simulatieprogramma's - eerste gebruikservaringen. TVVL Magazine 11, blz. 18-27.
6. [www.knmi.nl/klimaatscenarios](http://www.knmi.nl/klimaatscenarios), voor het laatst bezocht in februari 2009
7. [www.vabi.nl](http://www.vabi.nl), voor het laatst bezocht in februari 2009