

Praktijkevaluatie thermisch comfort betonkernactivering

Dit artikel geeft unieke praktijkdata van de comfortprestaties van twee gebouwen met betonkernactivering. Over een brede range van buitentemperaturen worden de comfortprestaties van meerdere vertrekken en meerdere zones geëvalueerd conform de ATG-methodiek. Het blijkt in de praktijk mogelijk een comfortklasse B voor het binnenklimaat te realiseren. De instellingen van stook- en koellijnen zijn hiervoor van eminent belang. Bij grotere glaspercentages in de gevel wordt de speelruimte voor de instellingen van stook- en koellijnen kleiner.

Dr.ir. C.J. (Kees) Wisse, DWA

Er is in Nederland al veel informatie beschikbaar over het ontwerp van gebouwen met betonkernactivering (BKA) [1,2]. Het is natuurlijk minstens even interessant om te zien hoe ontwerpbeslissingen in de praktijk uitpakken. Uit het Geotabs-project is gebleken dat gebouwen met betonkernactivering op thermisch comfort beter worden gewaardeerd dan gebouwen zonder betonkernactivering [3]. Dat is goed nieuws natuurlijk, maar een ontwerper is geïnteresseerd in nog veel meer praktijkgegevens. Eén van de kritische ontwerp vraagstukken betreft het indelen van het gebouw in zones, in relatie tot de regeling en het gerealiseerde comfort. Welke comfortklasse is er haalbaar met betonkernactivering? Een ander belangrijk vraagstuk is het temperatuurverschil tussen de aanvoer en retour, niet alleen bij vollast, maar ook bij deellast. DWA heeft hiervoor een onderzoekstraject opgestart. Twee gebouwen zijn onder de loep genomen. Het resultaat:

- praktijkgegevens van het gerealiseerde comfort in relatie tot comfortklassen;
- praktijkgegevens temperatuurverschillen aanvoer- en retour betonkernactivering;
- praktijkgegevens van het schakelgedrag van zones van warmte- naar koudevraag en vice versa;
- praktijkgegevens over de noodzaak van het

aanbieden van zowel warmte als koude aan de verschillende zones (tweepijps- of vierpijpssysteem).

De resultaten worden gepresenteerd in twee delen, waarvan dit artikel het eerste deel betreft. De resultaten zijn voor een deel eerder gepubliceerd in het internationale wetenschappelijke tijdschrift *Energy and Buildings* [4].

Centrale vragen in dit eerste deel van de Nederlandstalige publicatie zijn de volgende.

- kan een systeem met betonkernactivering voldoen aan de comforteisen die worden gesteld in de gangbare comfortnormen?;
- welke comfortklassen zijn in de praktijk bereikbaar?;

■ COMFORT EN REGELING

Betonkernactivering staat bekend om het zogenoemde zelfregelende effect en de buffering van warmte en/of koude in de thermische massa. Een betonoppervlak van bijvoorbeeld 22°C zorgt ervoor dat een vertrek van 21°C wordt verwarmd en dat een vertrek van 23°C wordt gekoeld. De eerste gedachte zou dan zijn: de pieken in de warmtebelasting worden opgevangen door de bufferende werking van het systeem en dus is betonkernactivering in staat de binnentemperatuur te regelen binnen

een beperkte bandbreedte. Er zit echter een addertje onder het gras. De drijvende kracht achter de zelfregelende werking is immers het temperatuurverschil tussen het betonoppervlak en de ruimte:

$$P_{\text{koeling/verwarming}} = \alpha \cdot A (T_{\text{beton}} - T_{\text{ruimte}}),$$

Hierin zijn α de warmteoverdrachtscoëfficiënt en A het betonoppervlak.

Een toename aan benodigd koelvermogen, bijvoorbeeld om een piek in de zonbelasting op te vangen, houdt bij een constante betontemperatuur ook een stijging van de ruimtetemperatuur in. Inherent aan het systeem is dus een zekere bandbreedte in de ruimtetemperatuur. De vraag is alleen: hoe groot is die en hoe pakt die uit ten opzichte van de bandbreedte van de comfortnormen?

De oplossing van het vraagstuk is deels gelegen in de regeling van de betontemperatuur door middel van de cv-temperatuur en de gkw-temperatuur. Daarvoor zijn diverse opties beschikbaar, zie [1], maar het feit blijft dat de traagheid van de thermische massa altijd een rol speelt. De instelling van de stook- en koellijnen voor het cv- en gkw-circuit zijn van cruciaal belang voor het te bereiken comfort. Daarnaast is de zone-indeling van groot belang, evenals de beslissing om wel of niet op gebouwniveau zowel warmte als koude aan te bieden (tweepijps- of vierpijpssysteem).

De stook- en koellijnen komen in dit artikel uitgebreid aan bod. De zone-indeling en het aanbieden van warmte en/of koude worden behandeld in het volgende artikel.

Voor betonkernactivering is de bandbreedte in optredende binnentemperaturen het meest intrigerende ontwerp vraagstuk wat het comfort betreft. Niet alleen in de zomer en winter, maar juist ook in het tussenseizoen.

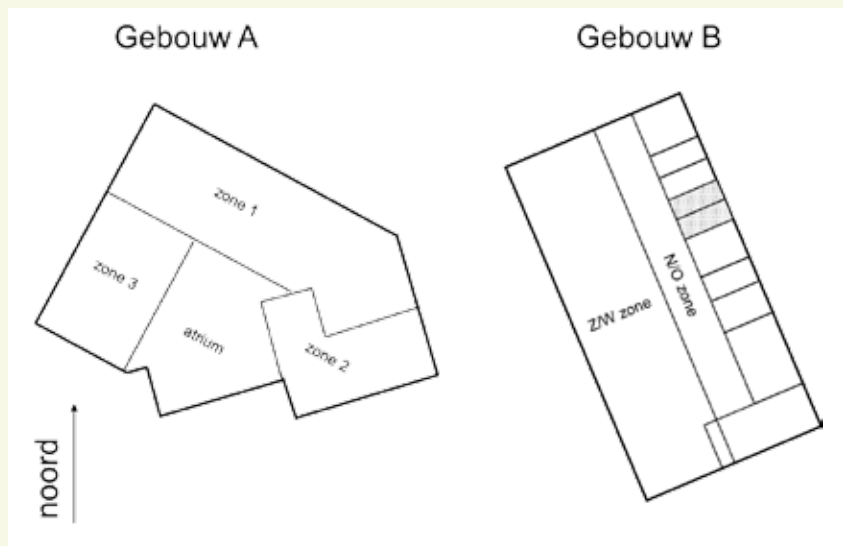
■ PRAKTIJKVOORBEELDEN

Om het vraagstuk van het comfort in relatie tot de zone-indeling en stooklijnen aan te pakken, zijn er twee gebouwen nader onderzocht. Beide gebouwen staan in Nederland en in beide wordt betonkernactivering gebruikt voor verwarming en koeling. Praktijkdata dus van de Nederlandse situatie, dit naast andere beschikbare comfortdata uit België en Duitsland uit het Geotabs-project [5]. Uniek aan de data van dit artikel is dat het comfort van meerdere vertrekken en zones wordt getoond. Voor de Nederlandse situatie is het verder uniek dat over een brede range van buitentemperaturen de ATG-norm in de praktijk wordt geëvalueerd.

De oriëntatie en de zone-indeling van de gebouwen is afgebeeld in figuur 1. Gebouw A en B hebben in totaal respectievelijk acht en twaalf zones met betonkernactivering. Het vloertype bij beide gebouwen betreft een Wing-vloer. Voor gebouw B is er tevens sprake van een verhoogde vloer (computervloer). Voor de evaluatie is het verder interessant dat de gebouwen verschillende glaspercentages in de gevel hebben (gebouw A: 30%, gebouw B: 40 - 45%). Het aandeel glas in de gevel bepaalt in grote mate de dynamiek van de zonbelasting.

■ DE REGELING

De aanvoertemperatuur van het water in het cv- en gkw-distributienet is afhankelijk van de buitentemperatuur door middel van een stooklijn (zie figuur 5 en 6). De bedrijfssituatie van een zone (vraag voor verwarming, vraag voor koeling of uit) wordt bepaald door de gemiddelde luchttemperatuur van de ruimten in een zone. De schakeling tussen de vraag voor koeling en de vraag voor verwarming gebeurt met behulp van een dodebandregeling (zie paragraaf 7.7.1 en 7.7.2 ISSO 85). Beide gebouwen zijn voorzien van een vierpijps hydraulisch circuit. Bij gebouw B is het zodanig uitgevoerd dat het vierpijpsprincipe doorloopt tot in de schacht. Vanaf dit punt is het per zone een tweepijpsysteem dat met omschakelkleppen op het cv- of het gkw-net wordt aangesloten.



-Figuur 1- Zone-indeling van gebouw A (links, totaal drie bouwlagen, aandeel glas in de gevel = 30%) en gebouw B (rechts, totaal zes bouwlagen, aandeel glas in de gevel 40 - 45%)

In gebouw B is naast de betonkernactivering, naverwarming van de ventilatielucht beschikbaar. De naverwarmers kunnen door de gebruiker worden ingeschakeld om de temperatuur in de afzonderlijke vertrekken in de winter na te regelen. In gebouw A kan de luchthoeveelheid per vertrek worden geregeld, dit eveneens met het doel individuele regelbaarheid te bieden.

■ BEOORDELING COMFORT

Het thermisch comfort wordt in dit onderzoek beoordeeld op basis van objectieve criteria, namelijk comfortnormen, zoals die worden gehanteerd gedurende het ontwerp. Er is geen gebruik gemaakt van gebruikerservaringen met enquêtes, zoals bijvoorbeeld in [3,12].

Voor de comfortcriteria wordt gebruikgemaakt van de ATG-methode, zoals vastgelegd in ISSO 74 [8]. Door de beperkte gebruikersinvloed is er sprake van een gebouwtype Bèta. Beide gebouwen geven op beperkte schaal de mogelijkheid om ramen te openen.

In de ATG-methodiek is sprake van drie comfortklassen [8]:

- klasse A (90% acceptatie, als 'zeer goed' gekwalificeerd);
- klasse B (80% acceptatie, als 'goed' gekwalificeerd);
- klasse C (65% acceptatie, voor nieuwbouw als 'onvoldoende' gekwalificeerd).

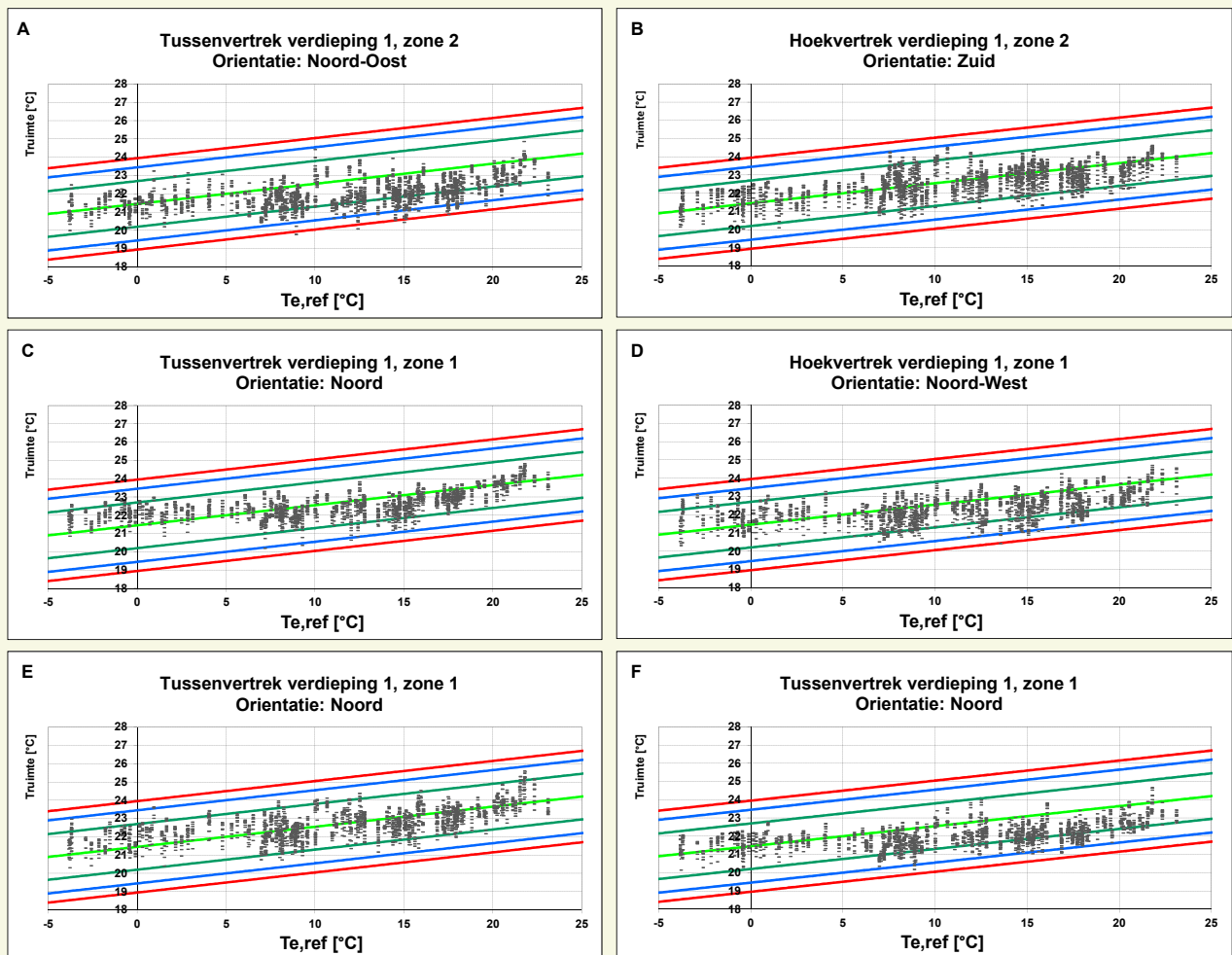
Ter toelichting wordt nog opgemerkt dat in de Breeam-certificering klasse B één punt oplevert en klasse A twee punten (paragraaf thermisch comfort BRA-2011 [9]). Comfortprestaties op basis van klasse

C leveren geen punten op. In de Breeam-certificering wordt ook de mogelijkheid geboden om te evalueren conform de ISO 7730:2005. Hierin is echter alleen sprake van een zomer- en winterseizoen (heating and cooling season) en wordt er geen (kleding) norm voor het tussenseizoen gedefinieerd [10]. De ATG-methodiek biedt de mogelijkheid om integraal de zomer- en wintersituatie met het tussenseizoen te beoordelen. Wel is het zo dat de wintersituatie en het tussenseizoen bij toepassing ervan vaak onderbelicht blijven, althans dat is de praktijkervaring van de scribent. Ook het voorbeeld in hoofdstuk 10 van ISSO 74 beperkt zich tot de maanden mei tot en met september [8].

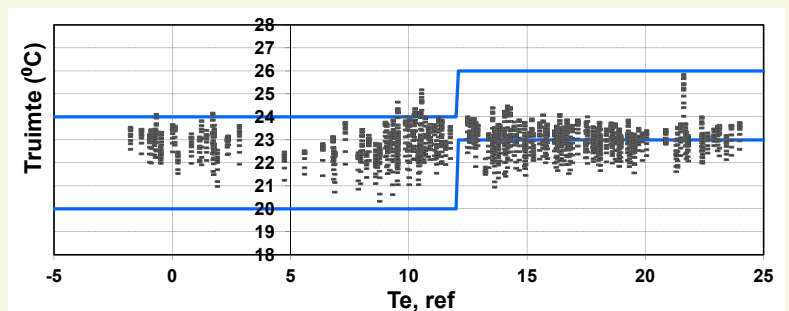
Voor betonkernactivering zijn de wintersituatie en het tussenseizoen echter ook van groot belang. De metingen in deze evaluatie betreffen een brede range van buitentemperaturen (gewogen gemiddeldes van -4 tot 24 °C).

De ISO 7730:2005 is minder geschikt als norm voor het comfort bij betonkernactivering. Er zijn alleen zomer- en wintercondities gedefinieerd. De norm voor het tussenseizoen is niet goed vastgelegd. De ATG-methodiek kent dit bezwaar niet.

Ter illustratie wordt eenmaal een evaluatie van het comfort conform ISO 7730 getoond (figuur 3). Voor de overige data worden de gemeten luchttemperaturen weergegeven in relatie tot de ATG-normen en de gewogen gemiddelde buitentemperatuur (figuur 2 + figuur 4). In de ATG-methodiek dient eigenlijk de operationele temperatuur te worden weerge-



-Figuur 2- Gemeten ruimtetemperaturen gebouw A versus comfortklassen ATG voor gebouwtype Beta: klasse A (groene lijnen), klasse B (blauwe lijnen), klasse C (rode lijnen). Zones: zie figuur 1. $T_{e,ref}$ is de gewogen gemiddelde buitentemperatuur conform de ATG-definitie [8].



-Figuur 3- Evaluatie comfort volgens category B ISO 7730, tussenvertrek verdieping 4, zone Zuid-West; vergelijk data met figuur 4b

geven. Het weergegeven van de luchttemperatuur in plaats van de operationele temperatuur is een vereenvoudiging. Bij betonkernactivering is er echter nauwelijks sprake van een verschil tussen de stralingstemperatuur en de luchttemperatuur (zie [4]). Op een meetpositie met directe zonnestraling kan er wel een verschil optreden [12]. Daar is in dit onderzoek geen rekening mee gehouden. De metingen betreffen de volgende perioden.

- gebouw A: januari 2010 tot januari 2011;
- gebouw B: april 2010 tot januari 2011.

De weergegeven data betreffen de uurlijks gemiddelde luchttemperaturen tijdens werk-

tijden (8 tot en met 18 uur op de werkdagen maandag tot en met vrijdag). De buitentemperaturen zijn zodanig dat er voldoende bandbreedte aanwezig is voor evaluatie van de ATG-norm.

Voor kantoorgebouw A is voldoende afgiftevermogen beschikbaar in de zomer en winter. De binnentemperaturen vallen binnen de bandbreedte van klasse B.

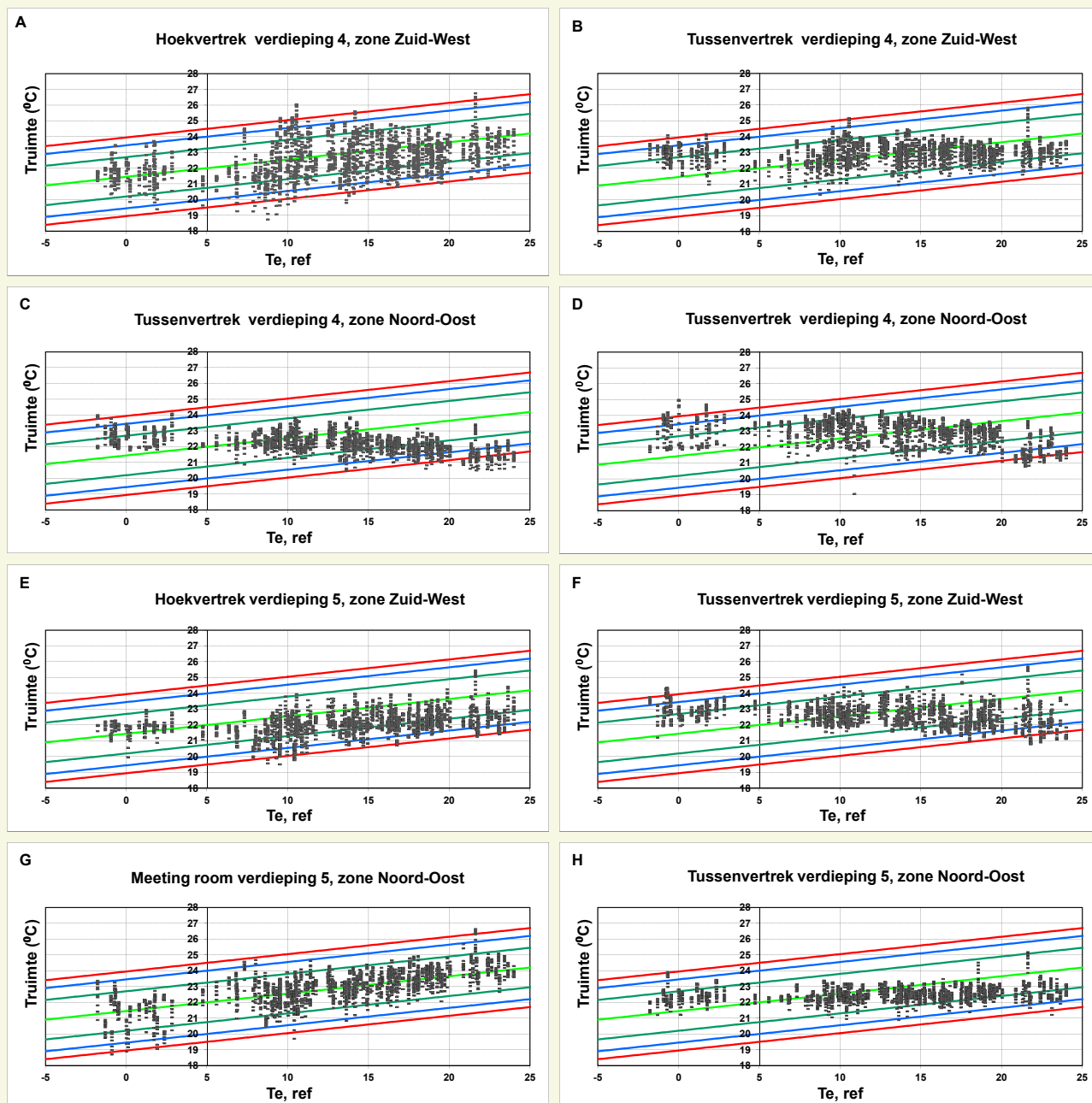
■ OBSERVATIES GEBOUW A

Figuur 2 toont de evaluatie van het thermisch comfort voor zes vertrekken. Het betreft data van twee zones van de eerste verdieping (zie

figuur 1 voor de oriëntatie).

Figuur 2 a en b geven de resultaten van een tussenvertrek met gevel op Noordoost en een hoekvertrek met de gevel op Zuid. Beide vertrekken maken onderdeel uit van één zone. De bandbreedte in de optredende temperaturen van beide vertrekken blijft binnen de lijnen van comfortklasse B, dit afgezien van incidentele onderschrijdingen in het tussenvertrek (figuur 2a).

Figuur 2c tot en met f geven de temperaturen van vier vertrekken binnen de zone aan de Noordgevel. Behoudens enkele incidentele, minieme onderschrijdingen vallen de temperaturen binnen de bandbreedte van klasse B.



-Figuur 4- Gemeten ruimtetemperaturen gebouw B, ruimten verdieping 4 en 5, versus comfortklassen ATG voor gebouwtype Beta: klasse A (groene lijnen), klasse B (blauwe lijnen), klasse C (rode lijnen). De verdiepingen zijn opgedeeld in de zones Noordoost en Zuidwest. $T_{e,ref}$ is de gewogen gemiddelde buitentemperatuur conform de ATG-definitie [8].

OBSERVATIES GEBOUW B

De comfortprestaties van gebouw B zijn weergegeven in figuur 3 en figuur 4. Van twee verdiepingen (4 en 5) zijn van twee zones (Noordwest en Zuidwest) twee vertrekken weergegeven. In figuur 3 zijn dezelfde data weergegeven als in figuur 4b, alleen dan geëvalueerd conform ISO 7730.

De gemeten temperaturen blijven in figuur 4 boven de minimumgrens in de winter en beneden de maximumgrens in de zomer (klasse B). Voor deze condities is er dus genoeg afgiftevermogen beschikbaar. De doorstroming van de BKA-leidingen is voldoende en er is geen sprake van grootschalig disfunctione-

ren van het afgiftesysteem.

De volgende zaken zijn echter opvallend in vergelijking met gebouw A:

- de bandbreedte van de gemeten vertrektemperaturen is groter in gebouw B dan in gebouw A;
- er is grosso modo sprake van een constante temperatuur met een bandbreedte, onafhankelijk of het zomer of winter is. In de wintersituatie dreigen te hoge temperaturen, in de zomersituatie te lage temperaturen. Dit heeft behalve met de naverwarming van de ventilatielucht ook te maken met de instellingen van de stook- en koellijnen. Dit wordt hierna verder uitgewerkt. Hierbij wordt

wel opgemerkt dat bij evaluatie conform ISO 7730 er geen sprake is van dreigende oververhitting in de winter (vergelijk figuur 3 met figuur 4b);

- een aantal vertrekken voldoet qua bandbreedte zelfs ternauwernood aan klasse C (figuur 4a en figuur 4g). Dit betreft een hoekvertrek en een meeting room;
- de overige vertrekken zouden binnen de ATG-klasse B kunnen vallen, mits het gehele patroon 'gekanteld' zou kunnen worden. Het is niet zinvol alle incidentele pieken in de temperaturen te beschrijven en te verklaren. De volgende invloedfactoren zijn te noemen voor de afwijkingen die te zien zijn:

- afwijkingen in de lokale temperatuursensor van het gebouwbeheersysteem;
- het incidenteel niet in bedrijf komen van de koude-opwekking. Een voorbeeld hiervan treedt op bij een buitentemperatuur van 21,5°C. Dit geeft voor alle vertrekken een piek in de binnentemperatuur;
- het gebruik van de mogelijkheid om op vertrekniveau de toegevoerde ventilatielucht na te verwarmen;
- lokale afwijkingen in het gebruikersgedrag in het openen van de ramen (raam nacht open);
- lokaal falen van het afgiftesysteem (beperkte doorstroming);
- lokaal sterk afwijkende interne warmtelast. Dit is de meest waarschijnlijke verklaring voor het afwijkende gedrag van de meeting room.

Het is onduidelijk waarom het hoekvertrek in figuur 4a sterk afwijkt van de comfortnormen, maar ook aanzienlijk slechter presteert dan het hoekvertrek op dezelfde oriëntatie, maar een verdieping hoger (figuur 4e). Men zou juist verwachten dat het hoekvertrek uit figuur 4E slechter zou presteren omdat het een dakverdieping betreft. Er is daar meer invloed van buiten en dus verwacht je een grotere bandbreedte in de temperaturen in vergelijking met een tussenverdieping (figuur 4A). Het omgekeerde is echter het geval. De hiervoor genoemde factoren spelen een rol. Het gaat in dit onderzoek echter om generieke conclusies over betonkernactivering. De lokale afwijkingen zijn daarom niet nader onderzocht.

Voor kantoorgebouw B is er voldoende afgiftevermogen aanwezig voor verwarming en koeling. In de winter dreigt oververhitting en in de zomer onderkoeling. Bij gewijzigde regelparameters kan voldaan worden aan comfortklasse B.

NAVERWARMING VENTILATIELUCHT

In gebouw B kan de ventilatielucht op vertrekniveau worden naverwarmd tot een temperatuur van maximaal 25°C. In hoeverre de naverwarming daadwerkelijk is ingeschakeld, is niet kwantitatief in kaart gebracht. De vraag in het kader van dit artikel is of de naverwarming oorzaak kan zijn van de relatief hoge vertrektemperaturen in de winter. Naar verwachting is dit niet het geval. Bij grootschalig gebruik van de naverwarming zou men een grotere bandbreedte in de binnentemperaturen in de winter verwachten ten opzichte van de zomer (grote spreiding door individueel gedrag).

AANVOER- EN RETOURTEMPERATUREN

De watertemperaturen zijn nader onderzocht

om te kijken of dit voor gebouw B een oorzaak kan zijn van de dreigende oververhitting in de winter en onderkoeling in de zomer.

De aanvoertemperaturen van de cv- en gkw-circuits van de betonkernactiveringsgroepen zijn weergegeven in figuur 5 (gebouw A) en figuur 6 (gebouw B). De setpoints zijn weergegeven en de gemeten, uurlijks gemiddelde waarden. Opgemerkt wordt dat alleen de data zijn weergegeven waarbij de warmte- en/of koude-opwekking daadwerkelijk in bedrijf zijn.

LAGE CV-TEMPERATUREN

In gebouw A is de stooklijn voor verwarming bij lage buitentemperaturen lager ingesteld dan in gebouw B. In een eerdere periode was de stooklijn voor gebouw A vergelijkbaar met die van gebouw B. Warmteklachten in de winterperiode waren aanleiding deze naar beneden bij te stellen. Dit komt overeen met de observaties in gebouw B waar, gerelateerd aan de ATG-norm oververhitting voor de winterperiode dreigt. Hierbij wordt nogmaals aangetekend dat conform de ISO 7730 er nauwelijks sprake is van oververhitting (zie figuur 3).

Betonkernactivering valt onder de categorie '(Zeer) Lage-Temperatuurverwarming' voor afgiftesystemen. Te hoge aanvoertemperaturen van het cv-circuit kunnen zelfs leiden tot oververhitting in de winter (gebouw B).

HOGE GKW-TEMPERATUREN

Voor buitentemperaturen hoger dan 20°C zijn de aanvoertemperaturen van het gkw-circuit voor gebouw B vergelijkbaar met die van gebouw A. Bij gebouw A is er sprake van een relatief grote spreiding. Door de traagheid van de betonmassa heeft dat geen nadelige gevolgen voor het comfort. Bij gebouw B dreigt onderkoeling ten opzichte van de ATG-norm. De aanvoertemperatuur van het gkw-circuit zou iets hoger kunnen zijn om onderkoeling te voorkomen. De observatie van onderkoeling in de zomer komt overeen met de resultaten uit het Geotabs-project. In bijna alle gebouwen treedt dit effect op (vier gebouwen totaal in Duitsland en België, zie [5]).

De gekoeldwatertemperaturen mogen voor de zomerperiode niet te laag worden ingesteld. Voor gebouw B treedt er voor een aanvoer van 17°C al onderkoeling op in vergelijking met de ATG-norm.

TUSSENSEIZOEN

Voor gebouw B is het opvallend dat de aanvoertemperaturen van het cv-circuit en het gkw-circuit steeds dicht bij elkaar komen voor het tussenseizoen (Tbuiten = 10°C). De

temperaturen komen ook steeds dicht bij de gewenste binnentemperatuur. Als gevolg hiervan is het beschikbare vermogen voor verwarming en koeling ook beperkt. Door in het tussenseizoen hogere cv-temperaturen en lagere gkw-temperaturen te kiezen, is er meer vermogen beschikbaar om de comforttemperaturen binnen de gewenste bandbreedte te regelen.

Als de passieve buffering van het beton onvoldoende is, loopt de binnentemperatuur te hoog op (koelsituatie) of wordt de binnentemperatuur te laag (verwarmingssituatie). Het is dan dus noodzakelijk de vloer actief te verwarmen of te koelen. De watertemperaturen dienen dan zodanig gekozen te worden dat er genoeg vermogen beschikbaar is, ook in het tussenseizoen. Dit is dus een wezenlijk andere methode dan de in [6] voorgestelde watertemperatuur die zo dicht mogelijk bij de ondergrens van het comfort voor de luchttemperatuur wordt gekozen (de zogenoemde C⁴-regeling). Die aanpak heeft als consequentie dat de betonkernactivering een beperkt vermogen heeft en er al snel aanvullende afgiftesystemen nodig zijn.

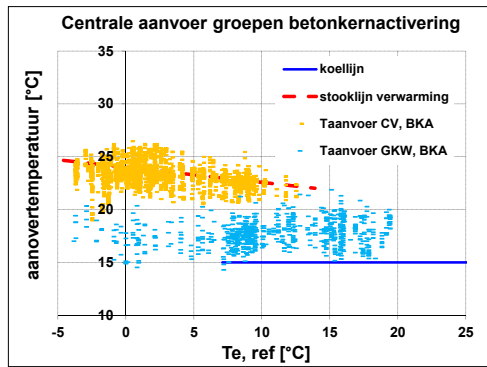
In het tussenseizoen is het belangrijk om genoeg vermogen te hebben om de bandbreedte in de comforttemperaturen te reduceren. Dit is mede bepalend voor de stook- en koellijn. Voor het tussenseizoen is tijdig inschakelen van de koude-opwekking ook van belang.

KOELEN IN DE WINTER?

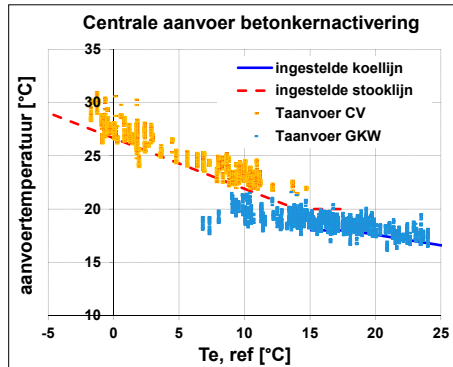
Voor gebouw A is er ook sprake van actieve koude-opwekking tijdens de winterperiode en het tussenseizoen (figuur 5). Een deel hiervan betreft koudeproductie door de warmtepomp in warmtebedrijf. In gebouw B is er sprake van ketels en koelmachines en wordt de koude-opwekking in de winter geblokkeerd. De koude-opwekking in het tussenseizoen wordt soms te laat of niet ingeschakeld. Het eerder vrijgeven van de koude-opwekking, kan bijdragen aan het voorkomen van temperatuuroverschrijding in het tussenseizoen.

OMSCHAKELEN WARMTE EN KOUDE

De bandbreedte in de optredende luchttemperaturen wordt behalve door de stook- en koellijn ook beïnvloed door de temperatuur waarbij de BKA-zone om warmte vraagt én waarbij om koeling wordt gevraagd (inclusief bijbehorende hysteresis). Deze vraagbepaling vindt echter plaats op zone-niveau en niet op vertrekniveau. Doordat de lokale temperatuur op vertrekniveau altijd afwijkt van het gemiddelde op zone-niveau, gebeurt de omschakeling vanuit



-Figuur 5- Gebouw A: centrale aanvoertemperatuur cv en gkw voor groepen betonkernactivering



-Figuur 6- Gebouw B: centrale aanvoer setpoint + metingen; $T_{e,ref}$ is de gewogen gemiddelde buitentemperatuur conform de ATG-definitie [8].

het vertrek zelf veel minder nauwkeurig. De invloed van de ingestelde omschakelwaarden op de bandbreedte van de binnentemperatuur is daarom naar verwachting beperkt. Meetdata van de omschakeling volgen in het vervolgartikel. In het vervolgartikel wordt verder nader ingegaan op de gelijktijdigheid van de warmte- en koudevraag.

GLASPERCENTAGE

Voor gebouw A blijkt het eenvoudiger om binnen de grenzen van comfortklasse B te blijven dan voor gebouw B. Naast het verschil in stook- en koellijnen is er sprake van twee verschillende gebouwen. Gebouw B heeft een groter aandeel glas in de gevel (45%) dan gebouw A (30%). Een interessante vraag is of het verschil in comfortprestatie te maken kan hebben met het hogere glaspercentage. Op basis van de metingen alleen blijft dit natuurlijk een beetje speculeren. Behalve de glaspercentages verschillen de gebouwen ook

nog in andere opzichten (ZTA-waarde van het glas, oriëntatie van de gevels etcetera). Om het vermoeden verder te onderzoeken is daarom gebruik gemaakt van simulaties. Daarin is het mogelijk om van één referentiegebouw het glaspercentage te variëren en om andere relevante eigenschappen constant te houden. In eerder werk is het benodigde koelvermogen onderzocht in relatie tot het comfort door middel van simulaties [7].

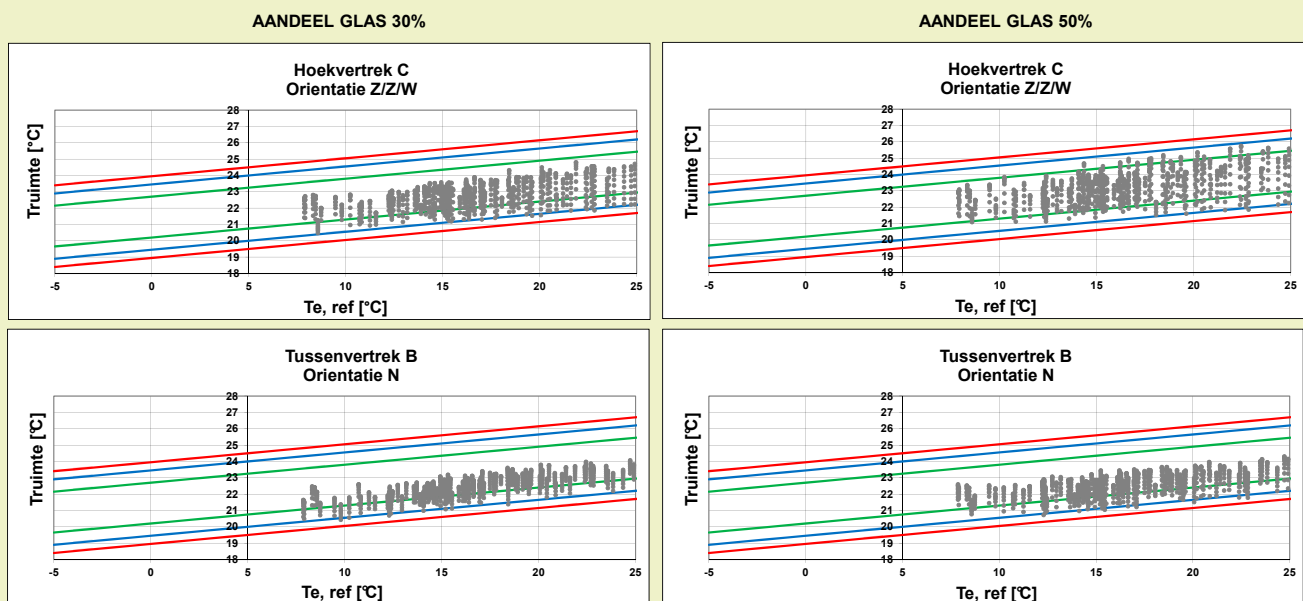
Figuur 7 geeft uit deze simulatiedata de comforttemperaturen van een referentiekantoor voor twee glaspercentages: 30% en 50%. Bij 50% glas worden voor het referentiekantoor de grenzen bereikt van comfortklasse B. Figuur 7 laat twee vertrekken zien voor zowel 30% als 50% glas in de gevel: een hoekvertrek op Zuid/Zuidwest en een tussenvertrek op Noord. Met geoptimaliseerde koellijnen worden de grenzen van klasse B bereikt voor een glaspercentage van 50% en een hoekvertrek op Zuid/

Zuidwest. Geconcludeerd kan worden dat bij hogere glaspercentages op Zuid/Zuidwest de sterk wisselende zonbelasting zorgt voor een grotere bandbreedte in de binnentemperaturen. De wisselende warmtelast wordt voornamelijk weggekoeld door het grotere temperatuurverschil tussen de ruimte en het betonoppervlak. Een beperkt bijkomend effect is dat er bij 50% glas er minder thermische massa in het vertrek aanwezig is en dat daardoor de temperatuurfuctuaties toenemen. Over het geheel genomen kunnen we dus concluderen dat de speelruimte voor instelling van de stooklijnen afneemt naarmate het glaspercentage in de gevel toeneemt.

CONCLUSIES

De volgende hoofdconclusies kunnen worden getrokken:

- comfortklasse B is in de praktijk haalbaar gebleken voor gebouwen met betonkernactivering;
- de instellingen van de stook- en koellijnen spelen een belangrijke rol bij het regelen van de binnentemperatuur binnen de toegestane bandbreedte van de comfortnormen;
- naarmate het glaspercentage toeneemt, wordt de speelruimte voor instelling van de stook- en koellijnen kleiner;
- hoekvertrekken en vergaderzalen vergen meer aandacht in het ontwerp door middel van toekenning aan een andere zone of aanvullende voorzieningen voor warmte of koude;
- Bij het toepassen van comfortnormen is het belangrijk ook de wintersituatie en het tussenseizoen mee te nemen en de beoordeling



-Figuur 7- Simulaties ruimtetemperaturen referentiekantoor, regelinstellingen geoptimaliseerd op comfortgrenzen klasse B voor zomerperiode; referentiekantoor, zie [7]

van de over- en onderschrijdingen niet te beperken tot de zomersituatie.

In de hiervoor genoemde analyse zijn de grenzen van de ATG-norm als maatgevend gehanteerd. Dat wil niet zeggen dat daar geen vragen bij te stellen zijn, maar het is ook een bepaalde vorm van gemakzucht om de norm ter discussie te stellen als je bezig bent metingen te beoordelen. Het belangrijkste resultaat van de analyse is dat nu duidelijk is hoe de comforttemperaturen binnen de grenzen van een norm gestuurd kunnen worden en welke factoren de speelruimte bepalen. Wel zijn er natuurlijk interessante vervolgvragen te stellen:

- hoe verhoudt de ISO 7730 zich tot de ATG-norm? Beide normen worden in Nederland gehanteerd, maar er is wel een discrepantie;
- hoe denken de gebouwgebruikers over de geconstateerde mogelijke oververhitting in de winter en onderkoeling in de zomer?

Bij de conclusies dient men zich verder te realiseren dat deze zijn afgeleid voor betonvloeren

met (voornamelijk) afgifte via de plafondzijde. In combinatie met andere ventilatievouden en andere vloertypen zijn mogelijk andere conclusies te trekken.

De thematiek van zone-indeling, gelijktijdigheid van de warmte- en koudevraag wordt uitgewerkt in een volgend artikel.

LITERATUUR

1. ISSO 85, Thermisch Actieve vloeren, Betonkernactivering, Stichting ISSO, maart 2011
2. CUR-Ontwerprichtlijn 237, Thermische actieve gebouwen
3. Hoogmartens, J., et al.; Comfortervaring in kantoren met en zonder Geotabs, TVVL Magazine, mei 2013
4. de Wit, A.K., Wisse, C.J.; Hydronic circuit topologies for thermally activated building systems - design questions and case study. Energy and Buildings 52 (2012) 56 - 67
5. Lemort, V.; et al.; Monitoring of real GEO-HP-TABS nergy performance and control evaluation. Geotabs 2012
6. Sourbron, M., et al.; Regeling van betonkernactivering, TVVL Magazine, mei 2013
7. Rijkse, D.O., Wisse, C.J., Halvering koudeopwekking door betonkernactivering (deel 2), VV+, oktober 2007
8. ISSO 74, Thermische behaaglijkheid, Eisen voor binnentemperatuur in gebouwen, Stichting ISSO, maart 2004.
9. Breeam-NL 2011, Keurmerk voor duurzame vastgoedobjecten, Beoordelingsrichtlijn Nieuwbouw Versie 1.0, augustus 2011
10. NEN-EN-ISO 7730 Ergonomics of the thermal environment - Analytical determination and interpretation of thermal comfort using calculation of the PMV and PPD indices and local thermal comfort criteria
11. ISSO 39, Ontwerp, realisatie en beheer van een energiecentrale met warmte- en koudeopslag (WKO)
12. Van Kemenade, P.L.W., Building comfort performance assessment using a monitoring tool. MSc-thesis, TU-Eindhoven, November 2013.



Gezond en duurzaam verwarmen en koelen

Toepassing:

Vloerverwarming, plafond- en wandverwarming/koeling



BioClima capillaire klimaatmatten als oppervlakte afgiftesysteem zet nieuwe maatstaven en geeft verwarmen vanuit plafond, wand (d.m.v. straling) of vloer en koelen vanuit plafond of wand een nieuwe dimensie.

Door een overdrachtsoppervlak dat tot 300% groter is dan bij traditionele afgiftesystemen, kan de installatieontwerper technisch betere ontwerpen realiseren dan voorheen met traditionele systemen niet, of alleen tegen hoge meerinvesteringen, mogelijk was.

Vanwege de hoog efficiënte activering, dicht aan de oppervlakte (6 tot 10 mm), de kleine capillaire buisdiameter ($\varnothing$ 4,3 mm), de geringe buisafstand (20 mm) en het kleine temperatuurverschil tussen aanvoer en retour (2K), kunnen ruimten al voldeende worden verwarmd met watertemperaturen van 30/28°C, tot ver onder het vriespunt.

Als bijkomend voordeel op het zeer hoge belevingscomfort bij toepassing van het BioClima systeem, is dat door de lage wateraanvoertemperaturen het rendement van een warmtepomp met meer dan 35% wordt verbeterd. De reactiesnelheid van het BioClima systeem bedraagt slechts 6-15 minuten. Dit geldt ook bij toepassing als vloerverwarming. En niet 4 uur, zoals gebruikelijk bij traditionele vloerverwarmingssystemen.

Voor behaaglijkheid en een superieur comfort kiest u voor BioClima. Meer voordelen en informatie: www.BioClima.nl

Navos Klimaattechniek B.V.
Kleveringweg 20, 2616 LZ Delft
T: 015 - 215 37 28
W: www.BioClima.nl
E: Navos@Navos.nl

Winnaar
Innovatieprijs
ENERGIE2009
DE VAKBEURS VOOR OPTIMAAL BESPALEN

Partner
Duurzaam Gebouwd