

Auteur Dr. Ir. Kees Wisse, DWA

Evaluatie klimaatklasse A in de praktijk

Invloed op persoonlijke comfort, wie wil het niet? Persoonlijke beïnvloeding van het binnenklimaat wordt daarom ook gewaardeerd in de ontwerprichtlijn voor de thermische behaaglijkheid (ISSO 74 ATG-klasse A). Interessant is: hoe gaat persoonlijk beïnvloeding in de praktijk in z'n werk? Heeft bijstelling effect? Dit artikel geeft hiervan een beeld aan de hand van een praktijkcasus met bijna anderhalf jaar aan data, waarbij gebruikers de temperatuur kunnen bijstellen met behulp van een gebruikers-app. Daaruit volgen leerpunten voor ISSO 74 [1] en voor het ontwerpen van apps voor persoonlijke beïnvloeding en de achterliggende regelstrategie.

Invloed? Ja, natuurlijk

De mogelijkheid tot persoonlijke beïnvloeding van het comfort en de perceptie daarvan, leveren een belangrijke bijdrage aan de mate waarover men tevreden is over het binnenklimaat [2,3]. In de Nederlandse richtlijn ISSO 74 over thermische behaaglijkheid is daarom een belangrijke rol weggelegd voor de mogelijkheid van persoonlijke beïnvloeding van het binnenklimaat, in elk geval wanneer je comfortklasse A wil bereiken. Om klasse A te behalen gelden dezelfde temperatuurgrenswaarden als voor klasse B, maar dient er de mogelijkheid aanwezig te zijn om de temperatuur en/of de luchtsnelheid aan te passen [1].

Effect in de praktijk

ISSO 74 richt zich met name op het ontwerp, maar besteedt ook aandacht aan de verificatie tijdens de gebruiksfase. Deze verificatie is echter gericht op een steekproeven onder gecontroleerde en niet al te extreme omstandigheden [1]. In plaats van steekproeven geeft dit artikel een beeld van de persoonlijke beïnvloeding van de binnentemperatuur op basis van continu-metingen van 47 multi-sensors in combinatie met een gebruikers-app over een periode van bijna anderhalf jaar (zie kader 'Casusbeschrijving'). Dit geeft inzicht in de vraag: hoe gaat de bijstelling van de temperatuur in de praktijk in zijn werk en heeft dat ook effect? Om de continu-metingen te

evalueren, wordt er een nieuwe methode ontwikkeld om het functioneren van de installatie te kunnen beoordelen, dit in plaats van de steekproefsgewijze evaluatie. Uit de resultaten volgen leerpunten met betrekking tot de manier waarop we gebruikers-apps ontwerpen. De leerpunten vormen een aanzet voor een verdiepingsslag van Programma's van Eisen, protocollen voor oplevering en commissioning en ook van ISSO 74.

Kantttekeningen bij ISSO 74

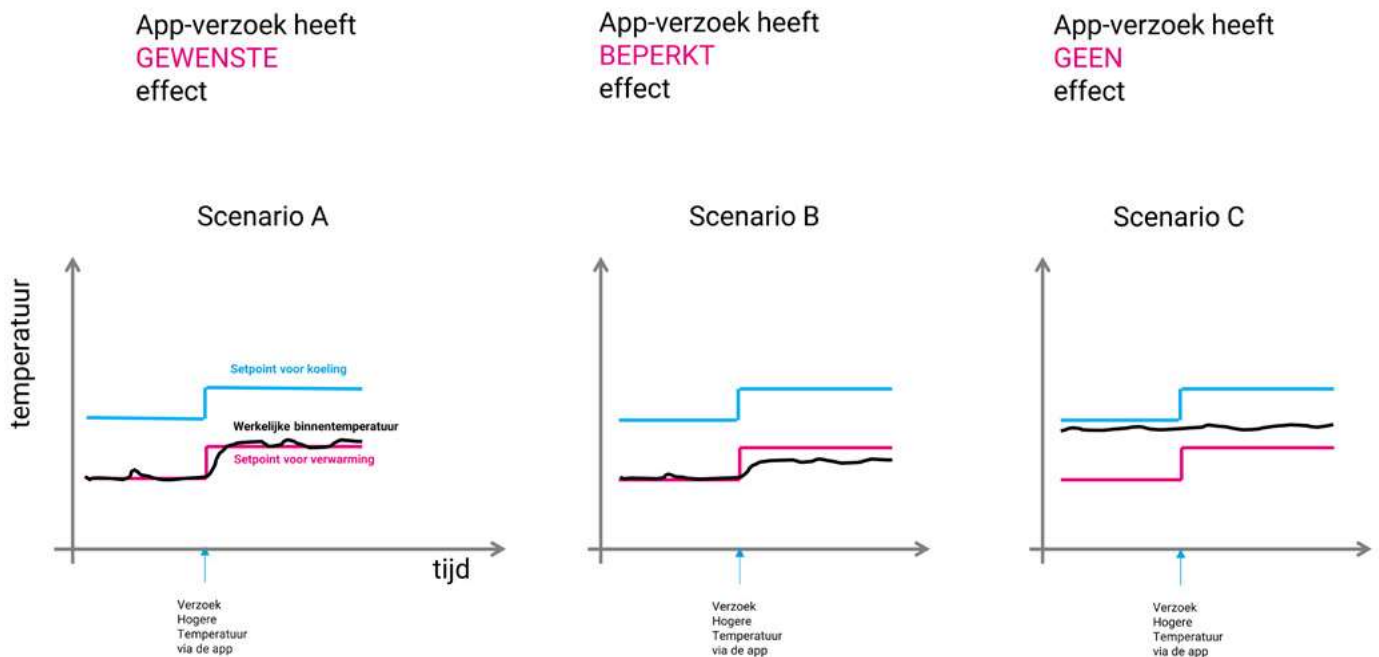
In de ontwerprichtlijn ISSO 74 'Thermische behaaglijkheid' [1] worden als volgt een aantal voorbeeldcriteria voor een Programma van Eisen gegeven:

- Er is de mogelijkheid aanwezig om de temperatuur met plus of min 2°C te beïnvloeden ten opzichte van het wintersetpoint van 21°C.

Casusbeschrijving

De evaluatie in dit artikel betreft het pand van DWA in Gouda, een jaren '80 pand dat een aantal jaar geleden is gerenoveerd tot een smart building. Het pand heeft als eerste in Nederland het zogenoemde binnenklimaatlabel behaald (klasse A).

De evaluatie in dit artikel is gebaseerd op 47 multi-sensoren, deze corresponderen met de ruimten waar medewerkers invloed kunnen uitoefenen op het binnenklimaat (werkplekken en vergaderzalen). Er is sprake van 1 multi-sensor per stramien, die onder meer de temperatuur, en aanwezigheid van personen meet. Met behulp van een app kunnen de gebruikers de temperatuur bijstellen (Figuur 2). Naast de werkelijke temperatuur worden ook alle setpoints van de installatie opgeslagen, evenals de setpointverstellingen. De dataset heeft een tijdsresolutie van 3'. De evaluatie heeft betrekking op de periode 1 januari 2021 tot en met 1 juni 2022



Figuur 1: Achterliggende scenario's tijdens het app-gebruik (selectie).

- Er is de mogelijkheid aanwezig om de temperatuur met plus of min 2°C te beïnvloeden ten opzichte van het zomersetpoint van 24,5°C.

Voor beide situaties wordt er een reactiesnelheid van 2°C per uur gevraagd. Dat zou kunnen betekenen dat je als gebruiker het in de winter binnen beperkte tijd van 21°C naar 19°C moet kunnen krijgen. Als je geen raam opent moet je dan dus waarschijnlijk gaan koelen. In de praktijk worden installaties vaak geblokkeerd voor koelbedrijf in de winter en verwarmingsbedrijf in de zomer. Dat is wel duurzaam, maar per saldo vormt het een beperking van de invloedssfeer van de gebruiker. ISSO 74 besteedt hier weinig aandacht aan. De beperkingen die wel in ISSO 74 staan, hebben betrekking op het verwarmingsbedrijf in de winter en koelbedrijf in de zomer. Voor een 'Running Mean Outdoor Temperature' (RMOT) beneden de 0°C vervalt de eis om te kunnen verwarmen tot 23°C, voor een RMOT boven de 19°C vervalt de eis om de binnentemperatuur tot 22,5°C te kunnen verlagen.

Wat ook verder aandacht en verdieping vraagt, is de manier waarop installaties omgaan met setpoints. Vaak is er geen sprake van één setpoint waarop geregeld wordt. Er wordt gebruik gemaakt van een setpoint voor verwarming en setpoint voor koeling. Zoals zal blijken uit het vervolg: Dit zorgt ervoor dat bijstelling van de temperatuur in een aantal gevallen eigenlijk geen effect heeft.

Als je op de knop drukt

Hoe gaat dat in de praktijk eigenlijk in z'n werk als je de temperatuur wil wijzigen? Figuur 1 laat zien hoe het in de praktijkcasus van dit artikel werkt. De installatie werkt standaard met twee zogenoemde setpoints, de twee gekleurde lijnen in Figuur 1.

Als de temperatuur voldoende onder het verwarmings-setpoint komt, dan komt de installatie in actie voor verwarming. Komt de temperatuur in voldoende mate boven het koel-setpoint uit, dan vraagt het vertrek om koelbedrijf aan het gebouwbeheersysteem. Ligt de gemeten temperatuur tussen beide, dan komt de installatie niet in actie, de zogenoemde 'dode band'. Hoe gaat dat in zijn werk als je de app gebruikt om de temperatuur bij te stellen? Drie mogelijke scenario's laten dit zien voor de wintersituatie:

Scenario A: Bijstelling heeft effect

In Figuur 1A, het linkerplaatje van Figuur 1, laat het ideaalscenario zien. Als je binnenkomt is de werkelijke binnentemperatuur (zwarte lijn) zo ongeveer gelijk aan de ingestelde waarde (roze lijn). Bij je verzoek om een hogere binnentemperatuur via de app gaat het setpoint omhoog (de roze lijn gaat een stap omhoog) en de installatie gaat dan ook daadwerkelijk die temperatuur voor je maken. Als gebruiker merk je dat de temperatuur hoger wordt.

Scenario B: Bijstelling heeft beperkt effect

Soms lukt dat niet helemaal zoals in Figuur 1B en heeft het app-verzoek beperkt effect. De ingestelde waarde (roze lijn) gaat omhoog, de werkelijke waarde ook (zwarte lijn), maar de installatie

heeft bijvoorbeeld onvoldoende capaciteit om de zwarte lijn weer op de roze lijn te krijgen. Als gebruiker merk je dus een beperkt of soms een minimaal effect.

Scenario C: Bijstelling heeft geen effect

Soms kan het ook voor komen dat er niks gebeurt. Dat kan gebeuren als de werkelijke temperatuur al lang boven het setpoint voor verwarming ligt. De zonnewarmte heeft bijvoorbeeld een handje geholpen waardoor het warmer is geworden. De installatie krijgt geen commando om iets te doen. Ook na verhoging van het setpoint met de app, ligt de werkelijke temperatuur al boven de nieuw ingestelde waarde en krijgt de installatie nog steeds geen commando om iets te doen. De werkelijke temperatuur blijft ongeveer gelijk. Als gebruiker merk je dat het niet warmer wordt.

Niet gewenst maar wel duurzaam

Dat is natuurlijk jammer voor de gebruiker, die krijgt bij B en C per saldo niet waar om gevraagd is, namelijk een verhoging van de temperatuur. Maar vanuit duurzaamheidsoogpunt is er wel heel wat voor te zeggen. De zogenoemde 'dode band' tussen het setpoint voor verwarming en koeling voorkomt heel wat uurtjes energiegebruik. De vraag zou op kunnen komen: komt dit vaak voor, zo'n regeling met 'dode band'? Het antwoord is: eigenlijk is dat heel gebruikelijk. Natuurlijk valt er best wat te verzinnen om met scenario C regeltechnisch wat slimmer om te gaan. Maar daaraan voorafgaand zijn er best wat vragen te stellen. Moet de gebruiker altijd de temperatuur plus of min 2 graden hoger of lager kunnen instellen? Ook buiten de range van +2°C of -2°C ten opzichte van het basis-setpoint? En is een basis-setpoint daarbij de juiste referentie? De gebruiker heeft geen boodschap aan een verhoging ten opzichte van basis-setpoint uit een Programma van Eisen of ISSO 74, de gebruiker wil gewoon een hogere binnentemperatuur.

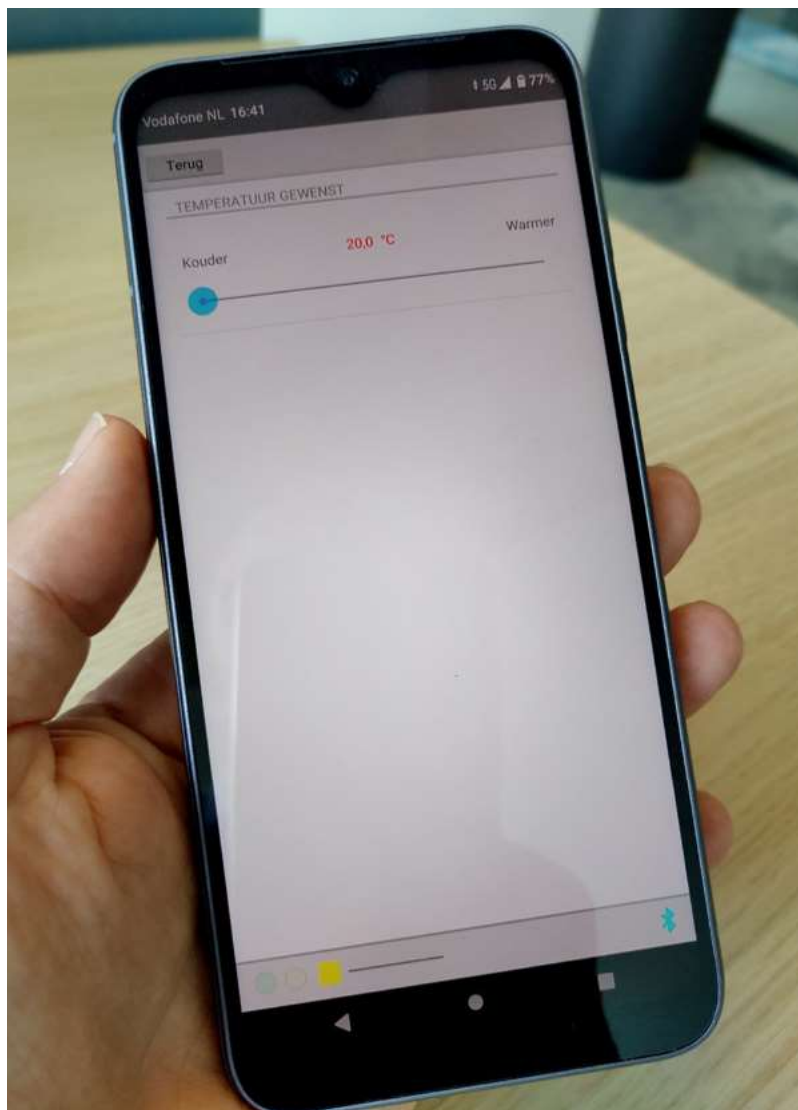
Effect 'dode-band'-regeling

Een verzoek om een hogere temperatuur door de gebruiker heeft in 30% van de gevallen geen effect, omdat de temperatuur binnen de bandbreedte valt, of net op de door de gebruiker bijgestelde setpointlijn valt. Tabel 1 geeft de samenvatting van het effect voor deze onderzochte casus. Voor de evaluatie is ervan

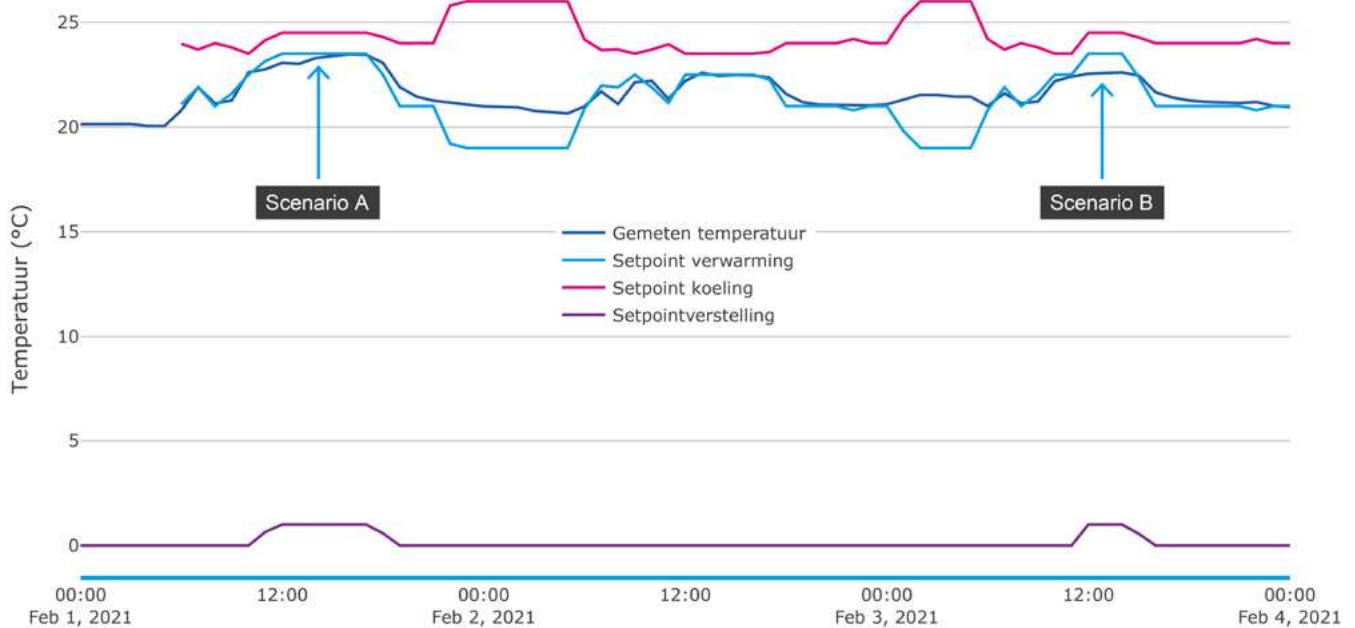
uitgegaan dat bij een 'druk op de knop voor een hogere temperatuur', de werkelijk temperatuur 0,5°C lager moet liggen dan het bijgestelde setpoint voor verwarming (binnen de tijdsresolutie van 3 minuten). Bij een verzoek om een lagere temperatuur is het net andersom: de werkelijke temperatuur moet minimaal 0,5°C hoger liggen dan het bijgestelde koelsetpoint om effect te hebben. Bij een verzoek om een lagere temperatuur treedt er dan in 60% van de gevallen geen effect op voor de gebruiker als gevolg van de 'dode band'.

	Geen effect door 'dode band'-regeling
Verzoek om een hogere temperatuur	30%
Verzoek om een lagere temperatuur	60%

Tabel 1: Kwantificering van het effect van het app-gebruik.



Figuur 2: Menu van de app voor bijstelling van de temperatuur.



Figuur 3: Voorbeelden scenario A (1 Februari 2021) en scenario B (3 Februari 2021). Uurlijkse data van 1 vertrek.

Doet 'dat ding' wel iets?

De invloedssfeer van de gebruiker wordt dus behoorlijk beperkt door regeling op basis van de 'dode-band'. Duurzaam is het wel, alleen de gebruiker wordt daar niet over geïnformeerd en dat is eigenlijk wel jammer. Werk aan de winkel dus voor app-ontwikkelaars, met meteen een uitdaging, hoe ga je de gebruiker hierover feedback geven? In de praktijk krijgen ze nu in elk geval geen feedback en hebben ze hooguit een vermoeden dat 'het ding niks doet'. Dat daar soms een (goede) reden achter zit: daarvan heeft de app-gebruiker nu geen weet.

Verdere evaluatie effect bijstelling

Naast beperking door de 'dode band' treedt er ook beperking van het werkelijk effect op door scenario B, wanneer de installatie de gevraagde setpointverstelling niet (helemaal) kan waarmaken. Hoe vaak treedt dat op? Verder is wat betreft scenario A in Figuur 1 nog onderbelicht hoe snel de gebruiker reactie krijgt op z'n verzoek. Wat zijn de mogelijkheden om dat te kwantificeren? Aan de hand van een voorbeeld volgt hier een verkenning van de mogelijkheden en een voorstel om gebruikersbeperkingen van beide scenario's in één geïntegreerde methode te kunnen evalueren.

Figuur 3 geeft een voorbeeld van zowel scenario A als scenario B. Het gaat hier in beide gevallen om een setpointverzoek

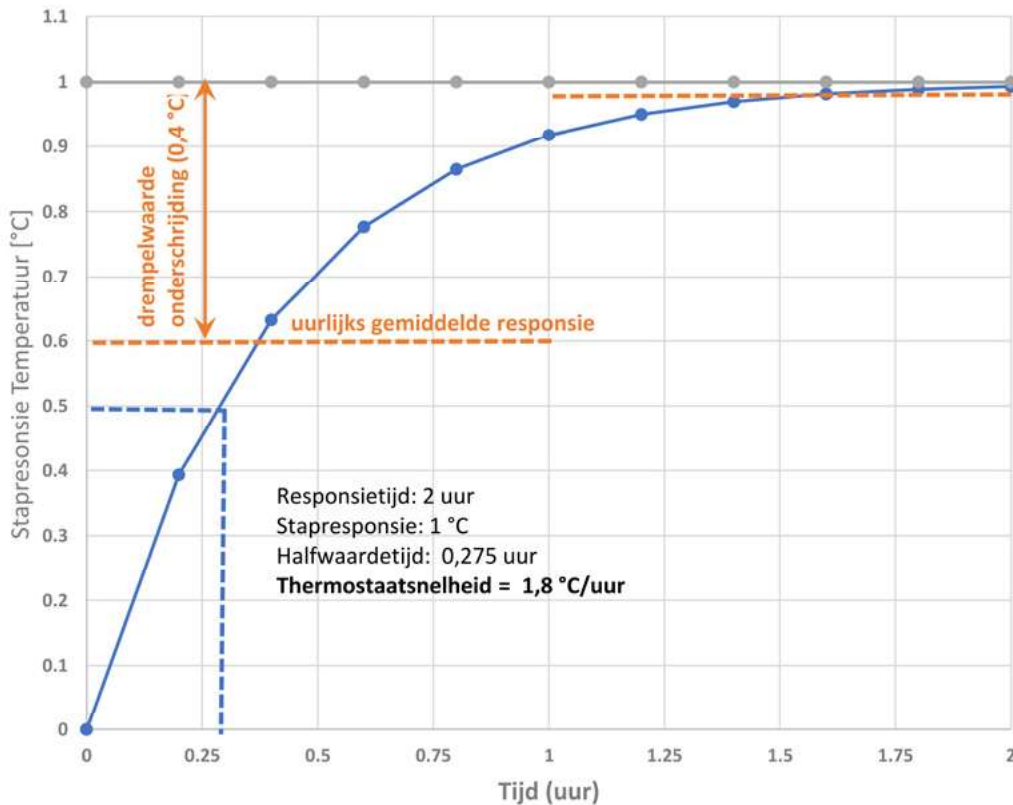
van 23,5°C. In het ene geval wordt dit setpoint wel gehaald in het andere geval niet. In het voorbeeld van scenario A duurt het ook nog enige tijd voordat de werkelijke temperatuur de setpointwaarde heeft bereikt. Om dit te kwantificeren is overwogen om van elke setpointverstelling de responsiesnelheid te bepalen, op basis van de halfwaardetijd (zie tekstkader 'Effectiviteit thermostaat'). Hier is vanaf gezien omdat in de praktijk er niet altijd sprake is van een nette stapresponsie met een goed gedefinieerde eindwaarde. Dat maakt een eenduidige bepaling van de responsietijd niet eenvoudig. Ook wordt dit behoorlijk rekenintensief en vereist het een hoge tijdsresolutie van de data, met bijbehorende opslagcapaciteit. Er is daarom gezocht naar een methode voor evaluatie van continu-metingen die ook in dashboarding in de praktijk bruikbaar en hanteerbaar is.

Methode voor evaluatie met continu-metingen

De methode maakt gebruik van over- en onderschrijdingsuren gedurende de tijd dat de setpointverstelling actief is. Als het setpoint voor verwarming niet gehaald wordt (scenario B), dan telt dit mee als onderschijding. Als het setpoint voor koeling niet gehaald wordt, en de werkelijke temperatuur hoger is dan het setpoint, dan telt dit als overschijding. Deze evaluatie gebeurt op uurlijkse basis, met een drempelwaarde voor overschijding/onderschijding van 0,4°C. De drempelwaarde wordt gehanteerd om twee redenen. De eerste is dat installaties de temperatuur binnen een bepaalde marge regelen ten opzichte van het setpoint. De tweede is dat

Effectiviteit thermostaat

Als gebruiker wil je natuurlijk dat je verzoek ook tijdig effect heeft. ISSO 74 geeft daarom ook voorbeeldcriteria voor de snelheid waarmee de temperatuurverandering plaats vindt: bij voorkeur 2°C per uur. Wat kun je dan als gebruiker verwachten? Stel je wil het 1°C warmer, de systeemresponsie kan er dan uit zien zoals weergegeven in Figuur 4. Als eenvoudige gebruiker zou je dan kunnen zeggen: binnen 2 uur heb ik het 1°C warmer gekregen, dus de thermostaatsnelheid is 0,5°C. Klinkt logisch, alleen gaat het in het begin relatief veel sneller. Dat effect kan ook gekwantificeerd worden. Boerstra [2] maakt bijvoorbeeld gebruik van de halfwaardetijd, de tijd waarop de helft van eindwaarde is bereikt (blauwe stippellijnen in Figuur 4). Door de helft van de eindwaarde te delen door de halfwaardetijd krijg je de thermostaatsnelheid. Op basis daarvan kom je in dit voorbeeld uit op 1,8°C/uur, een stuk hoger dan de 0,5°C per uur. In veel Programma's van Eisen wordt standaard de 2°C overgenomen, zonder dat eigenlijk precies duidelijk is wat de gebruiker dan echt krijgt. Het goed specificeren van wat er bedoeld wordt met de thermostaatsnelheid verdient meer aandacht in Programma's van Eisen.

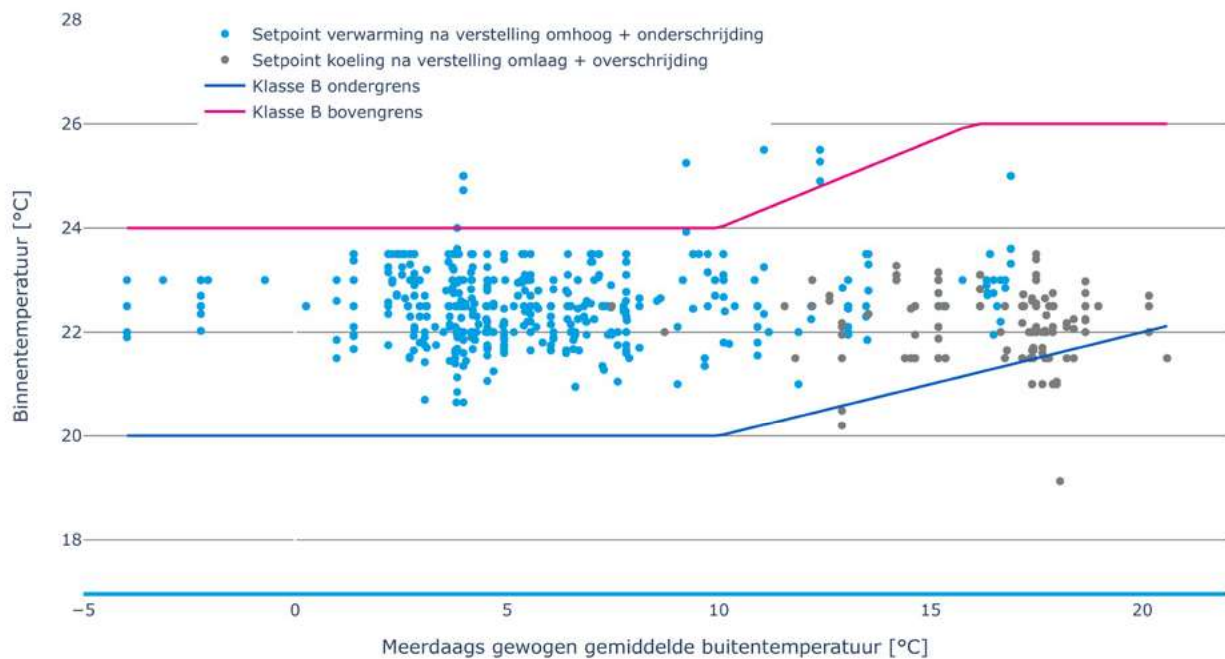


Figuur 4: Stapresponsie met thermostaatsnelheid op basis van halfwaardetijd.

	Aandeel van de tijd
Verzoek om een hogere temperatuur	22% overschrijding setpoint verwarming
Verzoek om een lagere temperatuur	24% overschrijding setpoint koeling

Tabel 2: Aandeel overschrijding/ onderschrijdingsuren tijdens uren dat de setpointverstelling actief is. Drempelwaarde voor afwijking van het setpoint om mee te tellen: 0,4°C.

bij een stapsgewijze verhoging de installatie ook tijd nodig heeft om de temperatuursverhoging of verlaging te kunnen realiseren (zie Figuur 4). De reactiesnelheid van de installatie wordt dus indirect verdisconteerd, als de setpoint-temperatuur niet binnen het uur gehaald wordt, dan telt dit als een overschrijding of een overschrijding.



Figuur 5: Setpoints na wijziging door de gebruiker waarbij overschrijding van het setpoint plaats vindt (grijze punten) of overschrijding (blauwe punten). Uurlijkse data.

Resultaat evaluatiemethode

Tabel 2 geeft de resultaten als aandeel van het totaal van de uren dat de setpointverstelling actief is. De resultaten hebben betrekking op alle 47 sensoren in de periode van 1 januari 2021 tot en met 1 juni 2022. Een gedeelte van de tijd kan de installatie dus niet (op) tijd de gevraagde bijstelling leveren. Figuur 5 geeft de betreffende setpointverzoeken weer in de ATG-grafiek. Het blijkt vooral te gaan om 'nog warmer' in de winter (bijvoorbeeld van 23,5°C uit Figuur 3), en 'nog kouder' in de zomer waarbij de installatie 'niet thuis' geeft. Vanuit duurzaamheid zou je kunnen zeggen: dat is geheel niet onredelijk. Met het informeren van de gebruiker valt ook hier veel te winnen, gebruikers kunnen daar waarschijnlijk wel begrip voor opbrengen.

Lessen voor de toekomst

De belangrijkste leerpunten gaan over het geven van feedback aan de gebruiker en over de goede uitwerking van de achterliggende regelstrategie in relatie tot gebruikerseffectiviteit enerzijds en duurzaamheid anderzijds. Samenvattend:

- Geef feedback aan de gebruiker als de installatie een verzoek niet waar kan maken, bijvoorbeeld vanuit duurzaamheidsoverwegingen.
- Specificeer welke temperatuurverstelling er werkelijk geboden wordt en wat er bedoeld wordt met reactiesnelheid. Dat is van belang voor zowel het Programma van Eisen als het Technisch Ontwerp. Met het huidige uitwerkingsniveau zoals bijvoorbeeld in ISSO 74 is vastgelegd, is het onvoldoende duidelijk wat de gebruiker echt krijgt.

- Monitor het functioneren van de installatie in de exploitatiefase. De ontwikkelde evaluatiemethode uit dit artikel biedt een uitwerking die ook bruikbaar is voor dashboarding in de praktijk.
- Haal gebruikerservaring op, want ondanks de beperkingen van het werkelijk effect, de app wordt in de praktijk wel degelijk gebruikt. Dit wordt uitgewerkt in een volgend artikel.

Dit onderzoek is deels tot stand gekomen met steun van het TKI-project Brains4Buildings.



Dr. Ir. Kees Wisse, DWA

Referenties

1. ISSO-publicatie 74, Thermische behaaglijkheid, 2014.
2. Boerstra, A.C. Personal Control over Indoor Climate in Offices, PhD-thesis TU-Eindhoven 2016
3. Huijbers, M., te Kulve, M. (2022), The value of user feedback to improve the indoor environment in offices. Proceedings CLIMA 2022.