

Impact van individuele ruimte-regelingen op energievraag in kantoren

In kantoorgebouwen worden veelvuldig individuele (na)regelingen aangebracht om gebruikers keuzevrijheid over de ruimtetemperatuur te geven. Het effect hiervan is dat het mogelijk is om nabij gelegen of zelfs aangrenzende kantoren gelijktijdig en wisselend te verwarmen en koelen. Dit zou tot een hoge energievraag kunnen leiden. Zeker wanneer gebruikers de deuren van de kantoorruimte open laten staan is de verwachting dat er veel energie weglekt. Door middel van een simulatiestudie is onderzocht wat de impact van individuele ruimteregelingen is op de energievraag en hoe hier op ingespeeld kan worden.

Ir. B.P.A. (Bas) Peeters, Royal HaskoningDHV, TVVL Expertgroep Klimaattechniek;
Ing. Jaap Veerman, Royal HaskoningDHV

Verschillende mensen, verschillende wensen. Om er voor te zorgen dat de temperatuur in kantoren voldoet aan de wensen van de gebruiker worden er vaak individuele regelingen toepast. Eerder onderzoek van onder meer Boerstra [1] toont aan dat gebruikers het comfort positiever beoordelen wanneer zij hier zelf invloed op uit kunnen oefenen. Dit pleit er voor om naregelingen toe te passen. Echter, op dit moment zijn er geen onderzoeken bekend die op praktische wijze informatie geven over de effecten van individuele regelingen op de energievraag en de mogelijkheden om de energievraag te beperken. Op initiatief van de Expertgroep Klimaattechniek van TVVL is een simulatiestudie uitgevoerd naar de effecten en de impact van individuele ruimteregelingen op de energievraag van kantoren met daarbij een aanbeveling hoe je hier als ontwerper mee om kunt gaan.

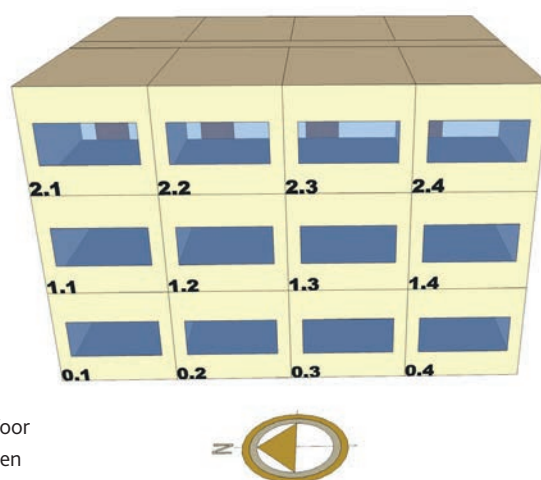
METHODE

In deze studie is uitgegaan van een standaard

cellen-kantoor met tweepersoons kantoorcellen, grenzend aan een corridor. Op deze manier kan de energie-uitwisseling tussen vertrekken eenvoudiger worden beoordeeld. In een open kantoor is het complexer om de energie-uitwisseling te beoordelen, omdat luchtstromingen daar een dominantere rol spelen. In de studie wordt uitgegaan van een volledige bezetting van de ruimte tijdens kantooruren. Het aantal ruimten dat te zien is in figuur 1, is gekozen omdat in deze configuratie de ruimten verschillende hoeveelheden aan verliesoppervlak met buiten hebben.

In tabel 1 zijn de bouwkundige- en installatietechnische uitgangspunten van de simulatiestudie omschreven. Voor de bouwkundige opzet zijn de basiseisen van het bouwbesluit aangehouden en voor overige parameters is getracht deze zoveel

mogelijk aan te laten sluiten op standaard utiliteitsbouw in Nederland. Wanneer gekozen wordt voor individuele naregeling, ligt het voor de hand om een systeem te kiezen met een relatief korte reactietijd. Daarom is er in



Figuur 1. Visualisatie van het simulatiemodel.

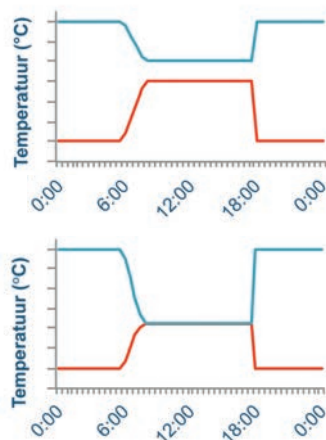
Categorie	Onderdeel			Toelichting
Dimensies	Lengte	5,4	m	h.o.h. maten
	Breedte	3,6	m	h.o.h. maten
	Hoogte	2,6	m	2,6 m tot o.k. plafond
	Ramen breedte	2,8	m	
	Ramen hoogte	1,2	m	g-waarde glas = 0,4. Zonder aanvullende zonwering
Warmteveerstanden	BG vloer	3,5	m ² /K/W	Geïsoleerde betonvloer (130 mm)
	Gevels	4,5	m ² /K/W	Bakstenen buitenblad, isolatie, cellenbeton binnenblad
	Dak	6	m ² /K/W	Betonnen dek (300 mm), isolatie, dakbedekking
	Raam	1,6	W/m ² /K	Geïsoleerd dubbel glas (g = 0,4)
	Vloeren intern	0,5	m ² /K/W	Verlaagd plafond, spouw, 300mm beton, vloerafwerking
	Binnenwanden	2	m ² /K/W	Metal-stud wand met 60mm minerale wol
HVAC	Verwarming	1,8	kW	Per ruimte
	Koeling	0,8	kW	Per ruimte
	Ventilatie	100	m ³ /h	20 °C inblaas temperatuur o. b.v. 2 personen. Aanwezig van 8-18u, ma-vr.
	Nachtkoeling	100	m ³ /h	buitentemp +2K als inblaas temperatuur van 21-8u
Interne warmtelast	Verlichting	6	W/m ²	LED verlichting
	Apparatuur	11	W/m ²	Totaal van alle aanwezige apparatuur
	2 Personen	146	W	Voelbare energie o. b.v. 2 personen per ruimte voor kantoorwerk
	Gebruikstijden	08:00 – 18:00		Dit geldt voor alle interne warmtelasten
	Infiltratie	0,4	l/s/m ²	≈ 0,55 ACH
Klimaatfile: Amsterdam Schiphol				

Tabel 1. Uitgangspunten van het simulatiemodel.

deze studie een constant volume systeem toegepast met naverwarming en koeling, dit kan bijvoorbeeld met 4-pijps inductieunits of ventilatorconvectoren. De corridors worden niet actief geklimatiseerd. Voor alle varianten zijn dezelfde capaciteiten toegekend voor verwarmen en koelen. Er is bewust gekozen om in het model niet uit te gaan van een ongeïmiteerd vermogen, om dicht bij de realiteit te blijven. In het koelseizoen wordt gebruik gemaakt van nachtkoeling met buitenlucht om de thermische massa buiten bedrijfstitijden te koelen.

REGELSTRATEGIEËN

In tabel 2 zijn de verschillende regelstrategieën weergegeven. Variant 1 en 2 representeren een regelstrategie met een dode band. Bij variant 3 en 4 zijn de door de gebruiker ingestelde setpoints ook de exacte temperaturen waarop wordt geregeld. In figuur 2 zijn beide regelstrategieën weergegeven.



Figuur 2. Regelstrategieën met in de bovenste afbeelding de strategie voor variant 1+2 en in de onderste afbeelding de strategie voor variant 3+4.

In de basissituatie (a) hebben alle ruimten dezelfde temperatuursetpoints ($\Delta T=0$ K), bij de overige profielen is het temperatuurverschil tussen de ruimten resp. 2(b), 3(c) of 4(d) K. Ter illustratie is in figuur 3 een variant uitgewerkt. Gekozen is om de aangegeven temperatuurverschillen over het jaar gelijk te houden en niet per dag te variëren. Hierdoor wordt de maximale energievernietiging inzichtelijk gemaakt. Om te onderzoeken wat het effect is van openstaande deuren op de energievraag, zijn alle varianten doorgerekend met zowel gesloten (variant 1 en 3) als met open deuren (variant 2 en 4). De deuren staan hierbij gedurende gebruikstijden open.

SYSTEMRENDEMENT

In deze studie wordt het systeemrendement van de installatie buiten beschouwing gelaten en wordt gefocust op de energievraag op ruimteniveau. Dit is de thermische energievraag voor koeling en verwarming.

SIMULATIES

Voor de simulatiestudie wordt het pakket IES Virtual Environment 2017 (IES-VE) gebruikt. Binnen dit pakket wordt de 'Apache-module' gebruikt die bedoeld is voor thermische calculaties en simulaties. De 'MarcoFlo-module' wordt gebruikt om het effect van open deuren mee te nemen.

ENERGIEVRAAG PER RUIMTE

Figuur 4 geeft de totale maandelijkse energievraag voor koelen en verwarmen weer voor variant 1c (de variant met gesloten deuren, dode band en een temperatuurverschil van

3 K). In figuur 3 zijn de ingestelde setpoints terug te vinden. Alle andere varianten laten deze zelfde trend zien.

In de grafiek is duidelijk te zien welke ruimten een hoger- en lager setpoint hebben. De ruimten met een lager verwarming- en koeling setpoint laten een relatief hoge koelvraag in de zomer en minder verwarming in de winter zien. Voor de ruimten met een hoger verwarming- en koeling setpoint is dit omgekeerd. Het valt op dat de totale jaarlijkse energievraag van de ruimten grenzend aan buiten kleiner is dan de ruimten die inpandig liggen. Het effect van een oost- of west oriëntatie op de energievraag is verwaarloosbaar klein (0,4%).

Variant	Verwarming	Koeling	ΔT	Deur
1a	21 °C	23 °C	0 K	Gesloten
1b	21 °C ± 1 K	23 °C ± 1 K	2 K	Gesloten
1c	21 °C ± 1,5 K	23 °C ± 1,5 K	3 K	Gesloten
1d	21 °C ± 2 K	23 °C ± 2 K	4 K	Gesloten
2a	21 °C	23 °C	0 K	Open
2b	21 °C ± 1 K	23 °C ± 1 K	2 K	Open
2c	21 °C ± 1,5 K	23 °C ± 1,5 K	3 K	Open
2d	21 °C ± 2 K	23 °C ± 2 K	4 K	Open
3a	21 °C	23 °C	0 K	Gesloten
3b	21 °C ± 1 K	23 °C ± 1 K	2 K	Gesloten
3c	21 °C ± 1,5 K	23 °C ± 1,5 K	3 K	Gesloten
3d	21 °C ± 2 K	23 °C ± 2 K	4 K	Gesloten
4a	21 °C	23 °C	0 K	Open
4b	21 °C ± 1 K	23 °C ± 1 K	2 K	Open
4c	21 °C ± 1,5 K	23 °C ± 1,5 K	3 K	Open
4d	21 °C ± 2 K	23 °C ± 2 K	4 K	Open

Tabel 2. Uitgangspunten voor de verschillende varianten.

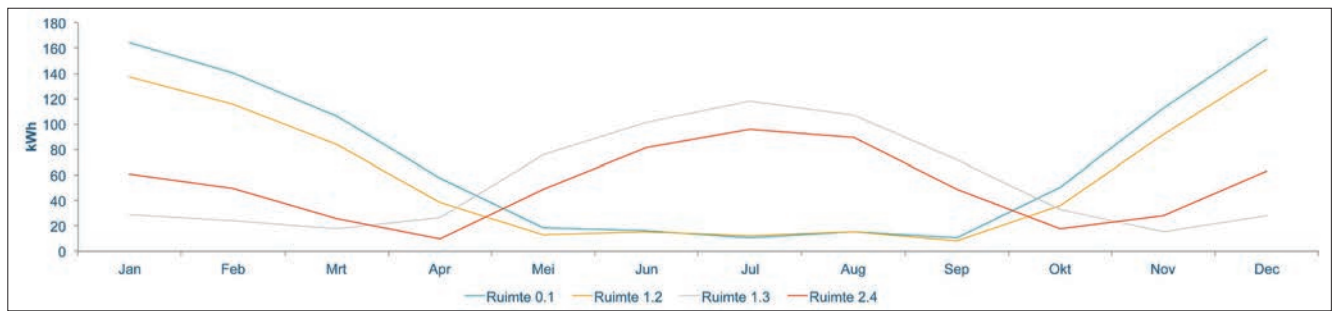
ENERGIEVRAAG OP GEBOUWNIVEAU

In figuur 5 is de jaarlijkse energievraag per m² voor het gehele gebouw weergegeven, dit is de som van de energievraag per ruimte. Hierbij zijn de twee verschillende regelstrategieën gesplitst van elkaar.

De relatieve toename in energievraag ten opzichte van de basissituatie (a) neemt toe naar gelang het temperatuurverschil tussen de verschillende ruimten toeneemt. Uit de resultaten blijkt dat het verlagen van het koeling setpoint hierin bepalend is. Figuur 6 geeft dat de energievraag significant toeneemt wanneer de deuren openstaan.

CONCLUSIES

Uit de simulatiestudie blijkt dat het toepassen van individuele ruimteregelingen een duidelijke impact heeft op de energievraag van een kantoorgebouw. De studie maakt duidelijk hoe groot de toename in energievraag maximaal wordt bij het aanbieden van verschillende regelingen. Bij het aanbieden van een regeling van ± 2 K kan dit oplopen tot een toename van bijna 30% ten opzichte van de situatie zonder individuele regeling. Wanneer de deuren van de kantoren gedurende kantoor tijden openstaan, kan dit



Figuur 4. Totale energievraag (verwarming + koeling) per maand voor een aantal verschillende ruimten van variant 1c.

zelfs toenemen tot bijna een verdubbeling van de energievraag. In de meest extreme situatie die gesimuleerd is (4d), heeft de helft van de ruimten een setpoint van 19 °C en de andere helft een setpoint van 23 °C en staan de deuren tegen elkaar open. Dit betekent dat de koeling op vol vermogen draait en dat het setpoint alsnog niet altijd gehaald wordt. Dit laat zien wat de potentiële toename in energievraag is wanneer een groot deel van het jaar tegelijk verwarmd en gekoeld wordt met een open verbinding tussen de ruimten. Dit geeft een doorkijk naar het effect bij een situatie met een open kantoor.

De studie geeft een duidelijk beeld van de bandbreedte waarin energieverliezen ten gevolge van individuele ruimteregelingen in

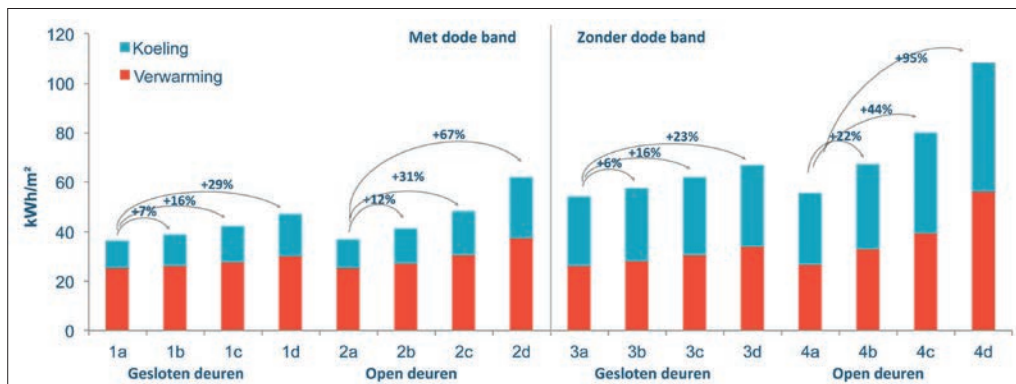
praktijk zullen liggen. Als ontwerper van een gebouw (installatie) is het goed om zorgvuldig af te wegen hoeveel vrijheid de gebruiker krijgt. Het verschil in energievraag wordt groter naar mate de gebruiker een grotere bandbreedte krijgt en dit wordt versterkt door het effect van openstaande deuren.

AANBEVELINGEN EN VERDER ONDERZOEK

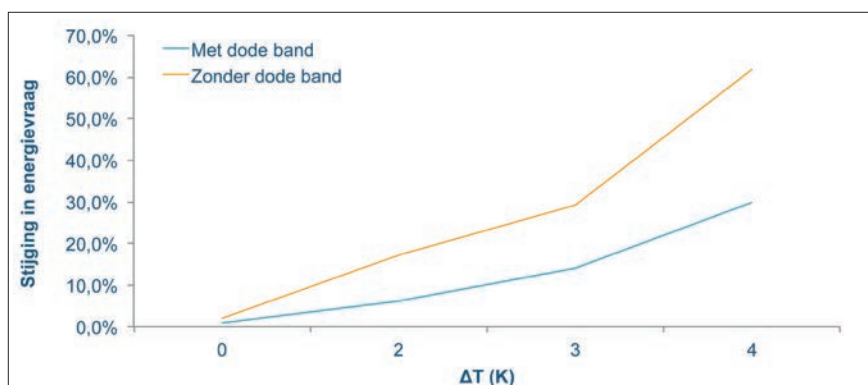
Op basis van de resultaten is maximaal een bandbreedte van ±1 K aan te bevelen, om de energievraag te beperken en in de hand te houden. Bij bestaande situaties kan het voor gebouwbeheerders interessant zijn om de ingestelde bandbreedtes te controleren en aan te passen naar de voorgestelde waarde van ±1 K.

Wanneer er actieve monitoring plaatsvindt, kunnen consequenties van wijzigingen in de regelstrategie op het energiegebruik in de gaten gehouden worden. Zo kan het in bijzondere situaties wel acceptabel zijn om deze bandbreedte iets op te rekken. In dit onderzoek is een bepaalde afbakening en invalshoek gekozen om het effect te bepalen. Verder onderzoek is nodig om te komen tot meer inzicht in het gedrag van energievraag in combinatie met individuele naregelingen. Voor verder onderzoek zijn interessante resultaten te verwachten bij open kantoorruimten en/of flexibele indelingen met verschillende ruimteregelingen. Om het huidige model en vervolg onderzoek te valideren is het noodzakelijk om de gevonden resultaten te verifiëren met mogelijk

beschikbare meetdata van een praktijksituatie of aanvullende door metingen uit te voeren in een bestaande omgeving. Ten slotte is het interessant om, naast het systeemrendement, te onderzoeken welke invloed aan- en afwezigheid van gebruikers heeft op de energievraag en welke strategieën ten aanzien van bezetting energetisch het voordeligst zijn.



Figuur 5. Jaarlijks energievraag geheel gebouw per m², inclusief de procentuele toename ten opzichte van de basissituatie (a).



Figuur 6. Stijging in jaarlijkse totale energievraag wanneer de deuren openstaan.

REFERENTIES

1. Boerstra, A., Personal Control Over Indoor Climate in Offices. Department of the Built Environment of the Eindhoven University of Technology, Rotterdam, Netherlands, 2016.

DANKBETUIGING

Deze studie is uitgevoerd in opdracht van TVVL. Naast TVVL heeft ook Platform Duurzame Huisvesting (PDH) en Stichting Promotie Installatietechniek (PIT) dit project gesteund. Hiervoor een speciaal woord van dank, zonder deze steun was dit project niet mogelijk geweest.