

TVVL MAGAZINE

Februari 2011 | Jaargang 40 | Nr 2

JAARGANG 40 NR. 2 TVVL MAGAZINE FEBRUARI 2011

Adaptieve gevels

Evalueren van zomercomfort

Gedetailleerd gebruikersgedrag

Thema:

Gebouwsimulatie



Platform voor mens en techniek

REDACTIERAAD:

Drs.ir. P.M.D. (Martijn) Kruijse (voorzitter)
 Ir. J. (Jan) Aufderheijde
 Mw. dr. L.C.M. (Laure) Itard
 H. (Henk) Lodder
 G.J. (Geert) Lugt
 Mw. drs. C. (Carina) Mulder
 Ing. O.W.W. (Oscar) Nuijten
 Mw. drs.ir. I. (Ineke) Thierauf
 Ing. J. (Jaap) Veerman
 Ing. R. (Rienk) Visser
 Ing. F.J. (Frank) Stouthart (eindredacteur)

REDACTIE:

Drs.ir. P.M.D. (Martijn) Kruijse (voorzitter)
 Ir. J. (Jan) Aufderheijde
 Mw. drs. C. (Carina) Mulder
 Ing. F.J. (Frank) Stouthart (eindredacteur)

REDACTIE-ADRES:

TVVL: De Mulderij 12, 3831 NV Leusden
 Postbus 311, 3830 AJ Leusden
 Telefoon redactie (033) 434 57 50
 Fax redactie (033) 432 15 81
 Email c.mulder@tvvl.nl


UITGAVE:

Merlijn Media BV
 Zuidkade 173, 2741 JJ Waddinxveen
 Postbus 275, 2740 AG Waddinxveen
 Telefoon (0182) 631717
 Email info@merlijnmedia.nl
 www.merlijnmedia.nl

SECRETARIAAT:

Email info@merlijnmedia.nl

ABONNEMENTEN:

Merlijn Media BV
 Postbus 275, 2740 AG Waddinxveen
 Telefoon (0182) 631717
 Email info@merlijnmedia.nl
 Benelux € 107,-
 Buitenland € 210,-
 Studenten € 85,-
 Losse nummers € 18,-
 Extra bewijs exemplaren € 13,-

Het abonnement wordt geacht gecontinueerd te zijn, tenzij 2 maanden voor het einde van de abonnementsperiode schriftelijk wordt opgezegd.

ADVERTENTIE-EXPLOITATIE:

Merlijn Media BV
 Ruud Struijk
 Telefoon (0182) 631717
 Email r.struijk@merlijnmedia.nl

PREPRESS:

Yolanda van der Neut

DRUK:

Ten Brink, Meppel

ISSN

0165-5523

© TVVL, 2011

Niets uit deze uitgave mag worden veeveelvoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze dan ook, zonder schriftelijke toestemming van de uitgever. Publicaties geschieden uitsluitend onder verantwoordelijkheid van de auteurs. Alle daar in vervatte informatie is zorgvuldig gecontroleerd. De auteurs kunnen echter geen verantwoordelijkheid aanvaarden voor de gevolgen van eventuele onjuistheden.

TVVL MAGAZINE

Februari 2011

HYBRIDE ADAPTIEVE THERMISCHE ENERGIEOPSLAG

Ir. P. (Pieter-Jan) Hoes, dr.dipl.-ing. M. (Marija) Trčka, prof.dr.ir. J.L.M. (Jan) Hensen en drs.ir. B. (Bauke) Hoekstra Bonnema 6

PRESTATIESIMULATIE VAN ADAPTIEVE GEVELS

Ir. R.C.G.M. (Roel) Loonen, dr.dipl.-ing. M. (Marija) Trčka, D. (Daniel) Cóstola, MSc. en prof.dr.ir. J.L.M. (Jan) Hensen 12

PIEKVERMOGENS VOOR VERWARMING MET BETONKERNACTIVERING

Dr.ir. C.J. (Kees) Wisse, ir. D.O. (Rick) Rijksen, drs. H. (Henk) Stijnen, dr.ir. T. (Teunis) van Woudenberg en ing. P. (Peter) Pieper 18

IN WELKE MATE KAN ZONNE-ENERGIE BIJDAGEN?

Dr. H. (Henk) Polinder, ir. A. (Arie) Kalkman, ing. A. (Ad) van der Aa 22

PV-SYSTEMEN: DE OPLOSSING VOOR NUL-ENERGIE WONINGEN?

Ir.-arch. R. (Ruben) Baetens, Dr.ir.-arch. D. (Dirk) Saelens, ir. R. (Roel) de Coninck, dr.ir. L. (Lieve) Helsen, ir. B. (Bart) Verbruggen en dr.ir. J. (Johan) Driesen 28

GEDETAILLEERD GEBRUIKERSGEDRAG IN GEBOUWSIMULATIE

Ir. W. (Wout) Parys, prof.dr.ir.-arch. D. (Dirk) Saelens en prof.dr.ir.-arch. H. (Hugo) Hens 34

QUASI-STEADY-STATE BEPALINGSMETHODE

Ir.-Arch. K. (Kim) Goethals en prof.dr.ir.-Arch. A. (Arnold) Janssens 40

EENVOUDIG EVALUEREN VAN ZOMERCOMFORT

L. (Lieve) Weytjens en dr.ir.-arch. G. (Griet) Verbeeck 46

EDITORIAL 5

INTERVIEW 52

PROJECTBESCHRIJVING 56

ACTUEEL 61

UITGELICHT 65

REGELGEVING 67

INTERNATIONAAL 69

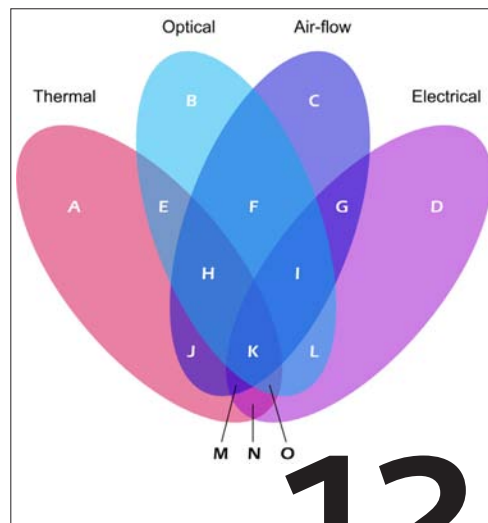
NIEUWS 70

SUMMARY 72

VOORBESCHOUWING 73

AGENDA 74

REVIEWED: Artikelen in TVVL Magazine zijn beoordeeld 'door gelijken'. De uniforme 'peer review' waarborgt de onafhankelijke en kwalitatieve positie van TVVL Magazine in het vakgebied. Een handleiding voor auteurs en beoordelingsformulier voor de redactieraadleden ('peer reviewers') zijn verkrijgbaar bij het redactie-adres.



SIMULATIE ADAPTIEVE GEVELS

12



INTERVIEW: JAAP WIEDENHOF



PROJECT: DUO & BELASTINGDIENST

56

TVVL Magazine is het officiële orgaan van TVVL Platform voor Mens en Techniek. De vereniging, opgericht op 26 mei 1959, heeft tot doel de bevordering van wetenschap en techniek op gebied van installaties in gebouwen en vergelijkbare objecten. Als lid kunnen toetreden personen, werkzaam (geweest) in dit vakgebied, van wie mag worden verwacht, dat zij op grond van kennis en kunde een bijdrage kunnen leveren aan de doelstelling van de vereniging. Het abonnement op TVVL Magazine is voor leden en begunstigers van TVVL gratis. De contributie voor leden bedraagt € 111,- per jaar. Informatie over de bijdrage van begunstigers wordt op aanvraag verstrekt.

Simulatie: *efficiënt én producerend*

Het ontwerpen van energie-efficiëntere of energieproducerende gebouwen is een ontwikkeling die hoe dan ook zal plaatsvinden. Duidelijk is dat integraal denken vereist is om tot energie-efficiëntie dan wel -productie te komen. De complexiteit die hiermee gepaard gaat, noodzaakt vaak de inzet van gebouwsimulatie om een oordeel te kunnen vellen over de energiestaat.

M.G.L.C. (Marcel) Loomans, prof.dr.ir. J.L.M. (Jan) Hensen en ir. P. (Pieter-Jan) Hoes, Technische Universiteit Eindhoven

Bij de eerste versie van het Ibpsa-NVL Event in 2008 stond de betekenis van gebouwsimulatie in de praktijk centraal. Op 14 oktober jl. werd het tweede Event gehouden aan de Technische Universiteit Eindhoven. Nu ging de aandacht vooral uit naar de betekenis van simulatie in de nabije toekomst.

Het blijkt dat de interactie tussen gebruiker en gebouw steeds belangrijker wordt. Ook is er de wens om eenvoudige simulatietools steeds beter beschikbaar te maken voor een grotere groep (denk aan de architecten). Zo kunnen al vroeg in het ontwerpproces goede keuzes gemaakt worden. Een andere trend is het introduceren van nieuwe technieken en ontwerp-oplossingen in gebouwen en het verwerken ervan in simulaties. Dit om met name ook de potentie van nieuwe technieken en ontwerp-oplossingen helder te krijgen.

Ibpsa-NVL 2010 Event bestond, evenals in 2008, uit een conferentie- en symposiumdeel. Het symposium bood een goed overzicht van ontwikkelingen op het gebied van energie-efficiënte gebouwen en de rol die simulatie hierin speelt dan wel kan gaan spelen. Deze ontwikkelingen werden beschouwd vanuit zowel een nationale als internationale context. De presentaties zijn beschikbaar op www.ibpsa-nvl.org.

De conferentie liet met twintig papers en bijbehorende presentaties zien dat er in Nederland en Vlaanderen veel aandacht is voor gebouwsimulatie; enerzijds voor het gebruik bij het bepalen van prestaties en de beperkingen en mogelijkheden hiervan; anderzijds voor onderzoek naar een betere verwerking van nieuwe technieken, uitgangspunten etc. in

gebouwsimulatie om nog betere uitspraken te kunnen doen.

In deze speciale uitgave van TVVL Magazine zijn acht artikelen opgenomen. Ze beschrijven resultaten die zijn gepresenteerd op het Event. De artikelen geven een goed overzicht van de dag. Ze laten zien dat gebouwsimulatie een positie heeft verworven in het proces om meer energie-efficiënte dan wel energieproducerende gebouwen te realiseren. Ibpsa-NVL (www.ibpsa-nvl.org) is dank verschuldigd aan TVVL om gebouwsimulatie op deze manier aan een breder publiek kenbaar te kunnen maken. Dit is één van de kerntaken waar Ibpsa-NVL voor staat.

■ VOORAF

In verschillende artikelen komt het simulatieprogramma Trnsys ter sprake. Trnsys (uitgesproken als 'tran-sis') is een programma voor het simuleren van transiënte prestaties van thermische energiesystemen. Het is gebaseerd op een bibliotheek van componenten, waarmee complexe energiesystemen kunnen worden opgebouwd. Denk bijvoorbeeld aan een gebouw met actieve systemen. De ontwikkeling van Trnsys is gestart in 1970 in de Verenigde Staten. Door zijn opzet is het mogelijk om relatief eenvoudig nieuwe componenten (technologieën) toe te voegen aan de bibliotheek en daarmee innovatieve energiesystemen te onderzoeken. Meer informatie: www.trnsys.com.

Hybride adaptieve thermische energieopslag

In conventionele gebouwen is de thermische massa een permanente gebouweigenschap die afhankelijk is van het gebouwontwerp. Maar gebouwen met een permanente thermische massa zullen niet onder alle omstandigheden optimaal presteren. Dit artikel introduceert een gebouwconcept dat de voordelen benut van zowel een thermisch licht als thermisch zwaar gebouw. Het concept bestaat uit een lichtgewicht constructie met een hybride adaptieve thermische energieopslagcapaciteit. Dit concept verbetert de gebouwprestaties en vergroot de robuustheid voor veranderend gebruikersgedrag, seizoenswisselingen en klimaatveranderingen. Met behulp van gebouwsimulatie is het potentieel van het concept onderzocht en gekwantificeerd.

Ir. P. (Pieter-Jan) Hoes, Materials innovation institute (M2i) en Technische Universiteit Eindhoven; dr.dipl.-ing. M. (Marija) Trcka, prof.dr.ir. J.L.M. (Jan) Hensen, Technische Universiteit Eindhoven; drs.ir. B. (Bauke) Hoekstra Bonnema, Tata Steel Construction Centre

■ INLEIDING

In de komende jaren wordt de energieprestatie-eis voor woningbouw steeds verder aangescherpt. Daarnaast zullen er nieuwe eisen worden gesteld aan de woningbouw. Zo leidt de groeiende vraag naar gebouwen met een duurzaamheidcertificaat (bijvoorbeeld Breeam of LEED) ertoe dat tijdens het ontwerpen van een gebouw ook eisen worden gesteld aan bijvoorbeeld het materiaalgebruik. Samen zorgen deze strengere en nieuwe eisen ervoor dat ontwerpers gedwongen worden om niet zondermeer voor een conventionele manier van bouwen te kiezen. Om te kunnen blijven voldoen aan de eisen moeten nieuwe gebouwconcepten worden ontwikkeld (een samenspel van gebouwvorm, bouwmethode en gebouwinstallatie).

Dit artikel presenteert het potentieel van een nieuw lichtgewicht gebouwconcept. Dit concept verlaagt de warmtevraag en verhoogt tegelijkertijd het thermische comfort. Verder vergroot het concept de robuustheid voor veranderend gebruikersgedrag (bijvoorbeeld door veranderingen in aanwezigheidspatronen), seizoenswisselingen en klimaatveranderingen.

■ LICHT EN ZWAAR

Lichtgewicht gebouwconstructies (bijvoorbeeld hout of staal) bieden voordelen vergeleken met zwaargewicht constructies (bijvoorbeeld baksteen of beton). Een belangrijk voordeel is de vermindering van het materiaalgebruik en daardoor afnemende milieubelasting van het gebouw. Een vermindering van het materiaalgebruik leidt namelijk

tot een vermindering van het bouwafval (nu wordt een derde van de totale Nederlandse afvalberg toegeschreven aan de bouw), vermindering van grondstofwinning, verlaging van de energiebehoefte voor de productie van bouwmaterialen en lichter transport [1]. Verder zijn lichtgewicht constructies geschikt voor 'top-up' renovaties van bestaande gebouwen. Door de hoge prijzen voor bouwgrond in Nederland staan dit soort renovatiemethoden in de belangstelling. Staalskeletbouw is een bekende lichtgewicht constructiemethode. Naast de bovengenoemde voordelen leidt staalskeletbouw bovendien tot een kortere bouwtijd en daardoor lagere bouwkosten dan de in Nederland conventionele constructiemethoden die gebruik maken van baksteen of beton. Een nadeel van lichtgewicht gebouw-

constructies is echter dat het leidt tot gebouwen met een lage thermische massa, waardoor de kans op comfortproblemen (oververhitting) toeneemt.

■ THERMISCHE MASSA

De thermische massa geeft aan in welke mate een materiaal energie kan opslaan en afgeven. Materialen met een hoge specifieke warmtecapaciteit, een gemiddelde warmtegeleiding en een hoge infrarood emissiecoëfficiënt hebben een geschikte thermische massa om te gebruiken in gebouwen [2]. Om effectief gebruik te kunnen maken van de thermische massa moet de massa (thermisch) gekoppeld zijn aan de ruimten in het gebouw. De massa moet bijvoorbeeld niet bedekt worden met warmte-isulerende materialen. Over het algemeen zorgen betonnen gebouwconstructies (muren, vloeren) voor zware gebouwen met een hoge thermische massa.

In Nederland denken bouwontwerpers veelal dat gebouwen met een hoge thermische massa altijd leiden tot een lager energiegebruik en een hoger thermisch comfort dan gebouwen met een lage thermische massa. Enkele studies laten dit soort resultaten inderdaad zien [2, 3, 4]. Andere studies laten echter zien dat de positieve invloed van de thermische massa niet moet worden overschat [5]. Onder bepaalde omstandigheden kan de traagheid van de thermische massa er bijvoorbeeld voor zorgen dat een snel reagerend gebouw met een lage thermische massa energie-efficiënter is dan een traag reagerend gebouw met een hoge thermische massa.

In conventionele gebouwen is de thermische massa een permanente gebouweigenschap die afhankelijk is van het bouwontwerp. Maar gebouwen met een permanente thermische massa zullen niet onder alle omstandigheden optimaal kunnen presteren, zoals hiervoor al beschreven. Dit artikel introduceert daarom een gebouwconcept dat de voordelen benut van zowel een thermisch licht als een thermisch zwaar gebouw. Dit gebouwconcept wordt hierna beschreven.

■ HATS

Met behulp van thermische energieopslagsystemen (TES) en TES-materialen is het mogelijk om de thermische energieopslagcapaciteit van een gebouw te vergroten. In de literatuur worden verschillende TES-systemen beschreven [6]. De TES-systemen kunnen worden ingedeeld naar kortetermijnopslag (uur, dag) en langetermijnopslag (seizoen, jaar). Verder kunnen de systemen worden gecategoriseerd naar de volgende drie groepen:

- *voelbare energieopslag*: energie wordt opgeslagen of onttrokken aan een medium met

een continue temperatuurverandering in de tijd (bijvoorbeeld energieopslag in water of beton);

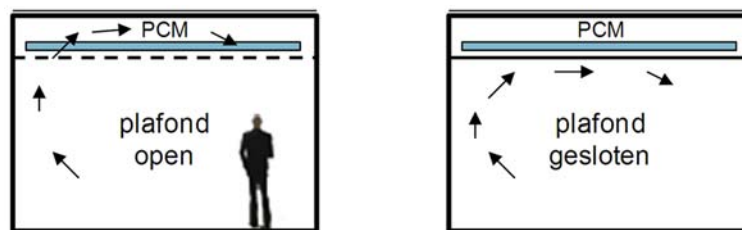
- *latente energieopslag*: energie wordt opgeslagen in een medium door middel van een faseverandering van het medium (energieopslag in zogenaamde Phase Change Materials (PCM's) zoals paraffine of zouthydraten);
- *thermochemische energieopslag*: energie wordt opgeslagen in thermochemische reacties.

Twee of meerdere TES-systemen kunnen worden gecombineerd tot een hybride thermisch energieopslagsysteem, bijvoorbeeld PCM's in lichtgewicht betonnen wanden: latente energieopslag gecombineerd met voelbare energieopslag. Door gebruik te maken van dergelijke TES-systemen kan een lichtgewicht gebouw een extra thermische opslagcapaciteit krijgen. Daardoor gedraagt het zich, vanuit thermisch perspectief, als een zwaargewicht gebouw. Om echter gebruik te kunnen maken van de voordelen van zowel een lage als hoge thermische massa, moet de opslagcapaciteit adaptief zijn in de tijd. Dergelijke systemen heten hybride adaptieve thermische energieopslagsystemen (HATS). Een voorbeeld van een HATS-concept is een ruimte met PCM's, waarvan de PCM's op ieder gewenst moment kunnen worden geïsoleerd van de ruimte. Dit zou bijvoorbeeld kunnen door de PCM's te plaatsen boven een verlaagd plafond dat

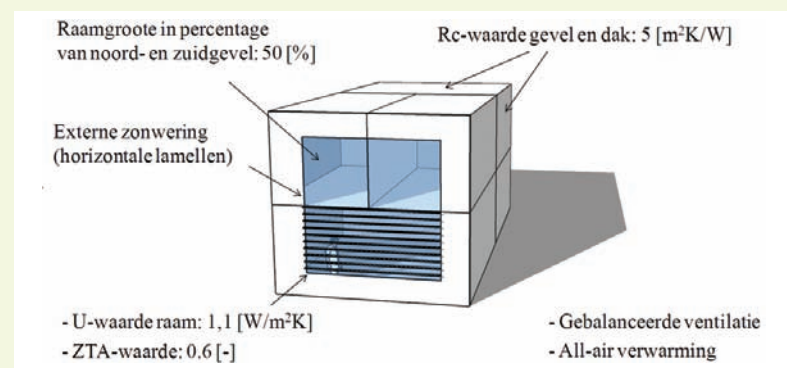
(thermisch) geopend en gesloten kan worden (zie figuur 1). Een HATS-concept kan bijvoorbeeld ook bestaan uit zogenaamde thermisch actieve bouwdeelsystemen (TABS).

■ CASESTUDY

In samenwerking met het Tata Steel Construction Centre is een casestudy gedefinieerd van een woning. Deze casestudy is gebruikt om het potentieel van HATS (verlagen warmtevraag en verhogen comfort) te onderzoeken. De casestudy is gebaseerd op de woningen van het Zonne-entree project in Apeldoorn. De woning is gesimuleerd met behulp van het gebouw simulatieprogramma ESP-r [7]. De woning bestaat uit vijf ruimten: zone A (zuid georiënteerd) en B (noord georiënteerd) op de begane grond en zone C en D (zuid georiënteerd) en E (noord georiënteerd) op de eerste verdieping (zie figuur 2). In deze casestudy wordt de woning verwarmd door middel van een all-air systeem. De luchttemperatuur wordt geregeld op 21 °C wanneer de ruimten worden gebruikt en 14 °C wanneer ze niet worden gebruikt; meer details worden gegeven in tabel 1 en figuur 2. De zuidgevel is voorzien van buitenzonwering (horizontale lamellen). Tijdens de wintermaanden is de zonwering opgetrokken om optimaal gebruik te kunnen maken van de zon. Tijdens de zomer wordt de zonwering neergelaten met de lamel-



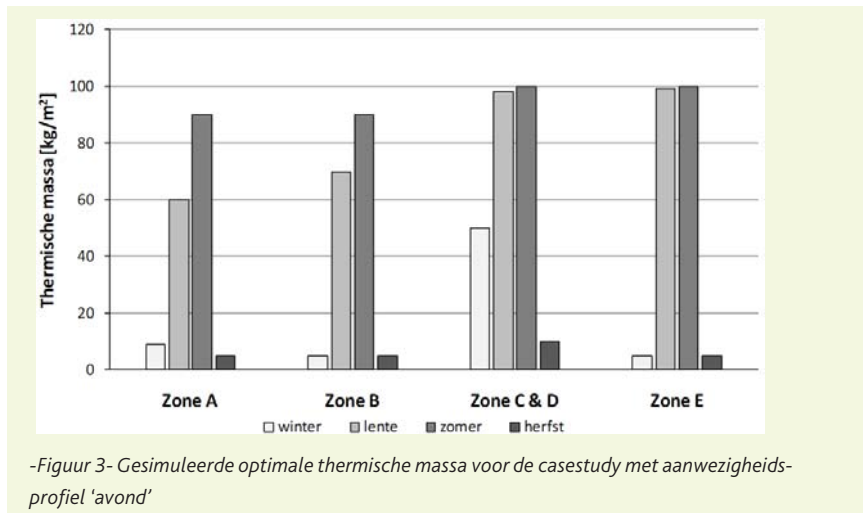
-Figuur 1- Voorbeeld van een HATS-concept. De PCM's kunnen thermisch worden geïsoleerd van de ruimte



-Figuur 2- Casestudy gebaseerd op de woningen van Zonne-entree Apeldoorn, aanzicht op de zuidgevel

	Inputparameters	Basiswaarde	Gevoeligheidsanalyse		Eenheid
			Waarde 1	Waarde 2	
1	Aanwezigheidsprofiel	avond	avond	avond	-
2	Interne warmtelasten	4,0	2,0	6,0	W/m ²
3	Glastype (U-waarde)	1,3	0,7	2,7	W/m ² K
4	Raamgrootte	50	25	90	%
5	Warmteweerstand gevel/dak	5	3	8	m ² K/W
6	Infiltratie (qinfiltratie;qv10;spec)	0,08	0,03	0,12	dm ³ /s p.m ²
7	Temperatuur aanwezigheid	21	20	22	°C
8	Temperatuur afwezigheid	14	13	15	°C
9	Ventilatie	1,0	0,8	1,2	dm ³ /s p.m ²

-Tabel 1-
Inputparameters van de casestudy Zonne-entree Apeldoorn (basiswaarde) en voor de gevoeligheidsanalyse (waarden 1 en 2)



-Figuur 3- Gesimuleerde optimale thermische massa voor de casestudy met aanwezigheidsprofiel 'avond'

len onder een hoek van nul graden (horizontaal). Bij een intensiteit van de zonnestraling (irradiantie) hoger dan 300 W/m² worden de lamellen gedraaid naar tachtig graden. Twee gebruikersprofielen zijn gedefinieerd:

- aanwezigheidsprofiel 'avond': bewoners zijn aanwezig van 18 uur tot 24 uur;
- aanwezigheidsprofiel 'dag & avond': bewoners zijn aanwezig van 8 uur tot 24 uur.

Prestatie-indicatoren

De gebouwprestatie is beoordeeld aan de hand van twee prestatie-indicatoren: de warmtevraag en de gewogen temperatuuronder- en overschrijdingsuren (GTO-uren). De warmtevraag is berekend in kWh/m² per jaar. De onder- en overschrijdingsuren zijn gewogen door middel van een functie die afhankelijk is van de PPD [8] en zijn vervolgens gesommeerd voor het hele jaar.

HET POTENTIEEL

De potentiële meerwaarde van HATS voor de casestudy is onderzocht door de optimale hoeveelheid thermische massa van de casestudy te onderzoeken. De optimale hoeveelheid thermische massa is gedefinieerd als de hoeveelheid (permanente) thermische massa die de beste gebouwprestaties levert (gebaseerd op een 'trade-off' tussen beide prestatie-indicatoren). De gevoeligheid van

de optimale hoeveelheid thermische massa (in het vervolg van dit artikel: 'de optimale massa') voor bijvoorbeeld seizoenswisselingen, betekent dat de gebouwprestatie zal profiteren van de implementatie van HATS.

De optimale massa is onderzocht met behulp van het Non-dominated Sorting Genetic Algorithm II (NSGA-II) [9]. Dit is een bekend en veel gebruikt optimalisatie algoritme, dat eerder is gebruikt in gebouwprestatiesimulatie. Het optimalisatie algoritme verandert de thermische massa van het gebouw door de dichtheid van de materialen te variëren die thermisch gekoppeld zijn met het binnenklimaat. De benodigde dichtheid is berekend aan de hand van de specifieke werkzame massa (SWM). De SWM is een vereenvoudigde methode om de thermische massa te kwantificeren. De SWM is gedefinieerd als het quotiënt van de massa van de thermisch actieve lagen van alle oppervlakken in een ruimte en de som van alle oppervlakken in de ruimte. Een lage thermische massa is bijvoorbeeld een SWM van 5 kg/m² (lichtgewicht vloeren en muren), een gemiddelde thermische massa is een SWM van 50 kg/m² (betonnen vloeren en lichtgewicht wanden) en een hoge thermische massa is een SWM van 100 kg/m² (zwaar betonnen vloeren en muren).

De optimale massa is berekend per oriëntatie en per vloerniveau (m.a.w. voor ruimte 'A',

'B', 'C en D' en 'E') voor elk seizoen met het aanwezigheidsprofiel 'avond'. De thermische massa van de ruimten is gevarieerd van 5 kg/m² tot 100 kg/m². De ruimten zijn onderling thermisch ontkoppeld door middel van een laag isolatiemateriaal in de ruimtescheidende wanden.

Seizoenswisselingen

Figuur 3 laat de optimale thermische massa zien per ruimte en per seizoen. De invloed van seizoenswisselingen op de optimale thermische massa is duidelijk te zien. Een lage thermische massa is vereist in de winter en een hoge thermische massa in de zomer. De invloed kan worden gekwantificeerd met behulp van de gemiddelde relatieve verandering (GRV) van de optimale massa gedurende de seizoenen (een relatieve verandering ten opzichte van de gemiddelde waarde van de thermische massa van de specifieke ruimte). Een hoge GRV betekent een sterke gevoeligheid van de optimale massa voor de seizoenswisselingen. De ruimten in deze casestudy laten hoge GRV's zien: voor ruimten A, B, C, D en E respectievelijk 83%, 88%, 54%, 54% en 90%.

Deze resultaten laten zien dat de optimale massa gevoelig is voor seizoenswisselingen. Dit betekent dat het toepassen van een adaptieve thermische massa of een adaptieve thermische energieopslagcapaciteit potentieel heeft om de warmtevraag te verlagen en het aantal GTO-uren te verkleinen. In [8] is de optimalisatie van de thermische massa in detail beschreven. Uit [8] volgt dat de optimale massa ook gevoelig is voor veranderingen in de gebruikersprofielen.

KWANTIFICEREN

Het potentieel van HATS voor deze casestudy is gekwantificeerd door middel van een vereenvoudigd HATS-model. In het HATS-model wordt aangenomen dat het mogelijk is om dagelijks een 'ideale' wisseling te hebben tussen een lage thermische massa en een hoge thermische massa. Hiertoe zijn twee simulaties uitgevoerd: een simulatie met een SWM van 5 kg/m² (lichtgewicht) en een simulatie met een SWM van 100 kg/m² (zwaargewicht).

Aanwezigheids-Profiel	Warmtevraag				GTO-uren					
	Lage thermische massa (5 kg/m ²)		Hoge thermische massa (100 kg/m ²)		Vereenvoudigde HATS-model		Lage thermische massa (5 kg/m ²)		Hoge thermische massa (100 kg/m ²)	
Avond	15.9	(+7%)	18.5	(+25%)	14.8	699	(+10325%)	7	(+0%)	7
Dag & avond	25.0	(+27%)	20.9	(+6%)	19.7	2850	(+1358%)	196	(+0%)	196

-Tabel 2- Warmtevraag (kWh/m² per jaar) en het aantal GTO-uren (uren per jaar) voor het hele gebouw.

	Warmtevraag				GTO-uren					
	Lage thermische massa (5 kg/m ²)		Hoge thermische massa (100 kg/m ²)		Vereenvoudigde HATS-model	Lage thermische massa (5 kg/m ²)		Hoge thermische massa (100 kg/m ²)	Vereenvoudigde HATS-model	
Variant 1	14.1	(+9%)	17.4	(+35%)	12.9	2059	(+1295%)	149	(+1%)	148
Variant 2	8.5	(+15%)	9.7	(+31%)	7.4	1844	(+1076%)	157	(+0%)	157

-Tabel 3- Warmtevraag (kWh/m² per jaar) en het aantal GTO-uren (uren per jaar) voor het hele gebouw; tussen de haakjes is het verschil met het vereenvoudigde HATS-model weergegeven

Het HATS-model selecteert de optimale thermische massa per ruimte gebaseerd op de laagste warmtevraag of het hoogste comfort. Op deze manier veronderstelt het model dat er een ideaal geregelde adaptieve thermische massa bestaat. Met andere woorden: er is geen vertraging in de systeemrespons en er worden geen effecten meegenomen van het op- en ontladen van de thermische massa wanneer deze is geïsoleerd van de ruimte. In werkelijkheid zal de invloed van deze effecten afhankelijk zijn van het gekozen HATS-concept en de gekozen regelstrategie.

De berekeningen zijn uitgevoerd met een autonome adaptieve thermische massa per ruimte. De warmtevraag en het aantal GTO-uren per ruimte zijn gesommeerd om de gebouwprestatie van het hele gebouw te kunnen analyseren. De resultaten laten zien dat het vereenvoudigde HATS-model de warmtevraag van het hele gebouw verlaagd met 6% tot 27% vergeleken met respectievelijk de lage en hoge thermische massa. Tegelijkertijd wordt het comfortniveau van de hoge thermische massa gehandhaafd (tabel 2). De resultaten laten zien dat in het bijzonder de casestudy met het aanwezigheidsprofiel 'avond' profiteert van HATS. In [10] worden de resultaten uitgebreider besproken. De resultaten van de vorige paragrafen tonen aan dat het aanwezigheidsprofiel een grote invloed heeft op het potentieel van HATS. De invloed van andere parameters wordt onderzocht in de volgende paragraaf.

■ GEVOELIGHEIDSANALYSE

Het potentieel van HATS is gekwantificeerd voor de casestudy, zoals het gebouw is ontworpen door de architect. Nu onderzoeken we of het mogelijk is om het potentieel te

vergroten door het originele ontwerp aan te passen. Als eerste definiëren we de parameters die het potentieel van HATS beïnvloeden. Deze invloedrijke parameters worden bepaald door het toepassen van een gevoeligheidsanalyse op het vereenvoudigde HATS-model. Als methode voor de gevoeligheidsanalyse wordt een Monte Carlo-analyse met regressieanalyse (MCA) gebruikt. De invloedrijke parameters worden gebruikt om (realistische) varianten van de casestudy (basis case) te maken. Vervolgens is het gekwantificeerde potentieel per variant berekend met het vereenvoudigde HATS-model. Ten slotte zijn de resultaten geanalyseerd en is het maximale potentieel bepaald.

Inputparameters

De waarden van de inputparameters voor de gevoeligheidsanalyse zijn gebaseerd op waarden gebruikt in de praktijk (zie tabel 1). De 'basiswaarden' zijn gebaseerd op het ontwerp van het Zonne-entree project (tabel 1). De minimale eisen uit de tabel zijn gebaseerd op de eisen uit het Bouwbesluit. De strenge eisen zijn gebaseerd op de waarden die gebruikt worden voor Passief Huizen. In de Monte Carlo-analyse is het 'avond'-aanwezigheidsprofiel gebruikt (dit profiel liet in de vorige paragraaf het hoogste potentieel zien).

Resultaten

De parameters 'temperatuur aanwezigheid' en 'warmteweerstand gevel en dak' zijn door de gevoeligheidsanalyse geïdentificeerd als de twee invloedrijkste parameters voor de warmtevraag. 'Raamgrootte' en 'ventilatie' zijn aangewezen als de invloedrijkste parameters voor het aantal GTO-uren.

Deze vier invloedrijkste parameters zijn gebruikt om verschillende casestudy-varianten te definiëren. De niet invloedrijke parameters zijn gefixeerd op de basiswaarden; de invloedrijke parameters zijn gevarieerd tussen 'waarde 1' en 'waarde 2' van tabel 1.

Om zeker te zijn van een comfortabel binnenklimaat worden alleen de varianten beschouwd met een aantal GTO-uren lager dan 200 per jaar. In tabel 3 zijn voor beide prestatie-indicatoren de resultaten te zien voor de varianten met de grootste verbetering door toepassing van HATS.

Variant 1 bestaat uit een gebouw met een raamgrootte van 90% (waarde 2), een warmteweerstand van gevel en dak van 3 m²K/W (waarde 1), een setpoint voor verwarming van 20 °C (waarde 1), een ventilatiehoeveelheid van 1,2 dm/s per m² (waarde 2) en met de overige parameters op de basiswaarden. Variant 2 is hetzelfde als variant 1 met uitzondering van de warmteweerstand. Deze is 8 m²K/W (waarde 2). De resultaten tonen een maximale verlaging van de warmtevraag van 35% en een maximale vermindering van het aantal GTO-uren van 1.295% (variant 1).

■ CONCLUSIE

De resultaten van de optimalisatie van de thermische massa laten zien dat de optimale hoeveelheid thermische massa gevoelig is voor seizoenswisselingen en gebruikersgedrag. Dit betekent dat het toepassen van HATS potentieel heeft om de warmtevraag van de casestudy te verlagen en het aantal GTO-uren te verkleinen. De resultaten van berekeningen met een vereenvoudigd HATS-model laten zien dat het voor deze casestudy mogelijk is om de warmtevraag maximaal met 35% te verlagen,

vergeleken met een conventioneel gebouw met hoge thermische massa. Verder is het HATS-concept in staat om het aantal GTO-uren te verminderen met maximaal 1.295% vergeleken met een conventioneel gebouw met lage thermische massa. In het verdere verloop van dit project zullen verschillende HATS-concepten worden gedefinieerd en gemodelleerd. De prestaties van deze concepten zullen sterk afhangen van de toegepaste regelsystemen. Om de HATS-concepten optimaal te laten presteren zullen daarom nieuwe regelmethoden moeten worden ontwikkeld. Deze methoden zullen de optimale regelstrategie bepalen door gebruik te maken van modellen die het thermisch gedrag van het gebouw en relevante verstoringen (bijv. gebruikersgedrag) kunnen voorspellen, zogenaamde Model Predictive Controls (MPC).

■ DANKBETUIGING

Dit artikel beschrijft enkele resultaten van een lopend promotieonderzoek. Dit onderzoek is uitgevoerd onder projectnummer M811.08319 in het kader van het onderzoeksprogramma

van het Materials innovation institute M2i (www.m2i.nl).

■ LITERATUUR

1. Lichtenberg, J.J.N. (2009) – Nieuwe benadering van bouwen: duurzaam en economisch tegelijk – Facility Management Magazine, vol. 173, pp. 29-33.
2. Walsh R., Kenny, P., Brophy, V. (2006) – Thermal mass & sustainable building – Irish concrete federation, UCD Energy Research Group, University College Dublin.
3. Balaras, C.A. (1995) – The role of thermal mass on the cooling load of buildings – Energy and Buildings, vol. 24, pp. 1-10.
4. Kosny, J., Petrie, T., Gawin, D., Childs, P., Desjarlais, A., Christian, J. (2001) – Thermal storage Energy savings potential in residential buildings – Buildings Technology Center, ORNL.
5. Vaan de, C.F.M., Wiedenhoff, F.J.M., Hensen, J.L.M. (2009) - Massa is genuanceerde ballast - Bouwen met Staal, Vol. 42, No. 211, p. 42-46.
6. Dincer, I. (2002) – On thermal energy storage systems and applications in buildings – Energy and Buildings, vol. 34, pp. 377-388.
7. Clarke, J.A. (2001) – Energy simulation in building design – second edition, Oxford, Butterworth-Heinemann.
8. Hoes, P., Trcka, M., Hensen, J.L.M., B. Hoekstra Bonnema (2010) – Exploring the optimal thermal mass to investigate the potential of a novel low-energy house concept – Proceedings 10th International Conference for Enhanced Building Operations (ICEBO).
9. Deb, K., Meyarivan, T., Pratap, A., Agarwal, S. (2002) - A Fast and Elitist Multiobjective Genetic Algorithm: NSGA-II - IEEE Transactions on Evolutionary Computation, vol. 6, no. 2, pp. 182-197.
10. Hoes, P., Trcka, M., Hensen, J.L.M., B. Hoekstra Bonnema (2010) – Investigating the potential of a novel low-energy house concept with hybrid adaptable thermal storage – Proceedings 9th International Conference on Sustainable Energy Technologies (SET).

-Oproep-

TNO zoekt moderne kantoorgebouwen voor EU onderzoek!

Bij TNO vindt onderzoek plaats naar het binnenmilieu (klimaat, comfort en luchtkwaliteit) in kantoorgebouwen. Voor een EU-onderzoek is TNO op zoek naar twintig moderne kantoorgebouwen in Delft en omgeving.

In het kader van het Europese project Officair zal het binnenmilieu van twintig kantoorgebouwen in acht Europese landen onderzocht worden. Dit gebeurt met behulp van een vragenlijst en een inspectie tijdens de winter van 2011-2012. In vijf van die twintig gebouwen zal vervolgens een aantal chemische en fysieke metingen op de werkplek plaatsvinden. Maar er zullen ook fysiologische metingen (medisch onderzoek) worden verricht bij een aantal kantoormedewerkers, zowel in de winter als de zomer van 2012. Met de verkregen gegevens zal strikt vertrouwelijk worden omgegaan. Het betreft een onderzoek dat past in de nieuwe opzet van TVVL en zich richt op de driehoek Mens – Omgeving – Techniek. TNO zal over de resultaten van dit onderzoek t.z.t. publiceren in TVVL Magazine. Waarom zou u zich aanmelden? Behalve dat

de uitkomst zal worden gebruikt om Europese regelgeving over bronbeheersing in het binnenmilieu te verbeteren, zullen de resultaten ook voor uw eigen gebruik inzichtelijk worden gemaakt. Dit betekent dus een gratis onderzoek naar hoe uw gebouw door uw medewerkers wordt ervaren.

Het moderne kantoorgebouw waar Officair in is geïnteresseerd, zal aan de volgende eisen moeten voldoen:

- toegang tot informatie over gebouw, installaties en services, etc.;
- voldoende medewerkers (liefst meer dan 75);
- gebouwen verkeren tot het moment van het onderzoek ten minste één jaar, liefst twee jaar, in dezelfde hoedanigheid (geen veranderingen van organisatie, indeling of services);
- niet ouder dan tien jaar (tenzij het gaat om een gerenoveerd gebouw);

- bereidheid van de werknemers tot het invullen van een toestemmingsformulier voor de enquête en het eventueel ondergaan van het fysiologische onderzoek;
- toegang tot internet voor het invullen van de digitale vragenlijst;
- er zijn geen belangrijke renovatieactiviteiten gepland voor de herfst van 2012.

Indien u geïnteresseerd bent om mee te doen, als gebouweigenaar, gebouwbeheerder of als huurder van een kantoorgebouw, dan kunt u uw gebouw aanmelden via onderstaand mailadres. U kunt zich aanmelden tot medio april 2011.

Aanmelding Modern kantoorgebouw:

eric.cornelissen@tno.nl
Ing. H.J.M. (Eric) Cornelissen
TNO Bouw en Ondergrond
Bouw en Installaties
Afdeling Energie Comfort en Binnenmilieu
Van Mourik Broekmanweg 6
Postbus 49
2600 AA Delft
Tel. 0888663307
Fax. 015 2763023